



HAL
open science

Exploitation des réseaux principaux des voiries d'agglomération : schéma directeur d'exploitation de la route : réseaux de niveau 1. Guide méthodologique

Yves Robin-Prévallée, J. P. Mizzi

► To cite this version:

Yves Robin-Prévallée, J. P. Mizzi. Exploitation des réseaux principaux des voiries d'agglomération : schéma directeur d'exploitation de la route : réseaux de niveau 1. Guide méthodologique. [Rapport de recherche] Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU). 1996, 345 p., figures, tableaux, références bibliographiques p. 332 à 340. hal-02165579

HAL Id: hal-02165579

<https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-02165579>

Submitted on 26 Jun 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

rapport d'étude

Guide Méthodologique

Exploitation des Réseaux Principaux des Voiries d'Agglomération

**Schéma Directeur
d'Exploitation de la Route
Réseaux de niveau 1**

décembre 1996

Nous remercions tous ceux qui ont participé au groupe de travail, à la rédaction, à l'illustration ou à la relecture de ce document.

Nos remerciements vont également à toutes les personnes qui ont fourni des documents d'illustrations et apporté leurs conseils.

La rédaction de ce guide a été réalisée à partir des contributions des personnes suivantes :

M. JACQUART	DSCR	M. FRANCES	DDE Haute-Garonne
Mme. GUICHARD	DSCR	M. PLATTNER	DDE Loire-Atlantique
M. BASCOUL	DSCR	M. BEAUSSARD	DDE Nord
		M. DELAHAYE	DDE Nord
M. LEMAITRE	CETE Méditerranée	M. SAMSONOFF	DDE Île et Vilaine
M. LIEUTIER	CETE Méditerranée	M. DURR	CRICR Marseille
M. MARTIN	CETE Ouest	M. DELAGE	CRICR Bordeaux
M. GIRARD	CETE Ouest		
M. GILLY	CETE Sud-Ouest	M. COHEN	INRETS
M. MANSUY	CETE de Lyon	Mme. TATTEGRAIN-VESTE	INRETS
M. COLOMBIER	CETE de l'Est		
M. POUBLON	CETE de Lille	M. PEYRONNE	SETRA
M. CHAUVIN	CETE Normandie	Mme. BARC	SETRA
M. GLEMIN	SIER	M. ROBIN-PREVALLEE	CETUR puis CERTU
M. LAVENU	SIER	Mme. SOUSSAN	CETUR puis SETRA
Mme. LEROUX	SIER		
Mme. THORIN	SIER	M. ELLENBERG	CERTU
		M. CHARVIN	CERTU
M. MARTENS	DDE Bouches-du-Rhône	M. BALME	CERTU
M. LABORIE	DDE Rhône puis DSCR	M. GARDES	CERTU
M. RICARD	DDE Rhône	M. LEBRECH	CERTU
M. PETRUCCI	DDE Rhône	M. NODIN	CERTU
M. VERMOREL	DDE Rhône	M. MIZZI	CERTU

La conduite du groupe de travail et la synthèse de cet ouvrage ont été effectuées par Yves ROBIN-PREVALLEE puis par Jean-Paul MIZZI du Département Systèmes Techniques pour la Ville, groupe Transports au CERTU

Avertissement au lecteur

Le guide : présentation et démarche générale d'utilisation

Le guide pour l'exploitation des réseaux de niveau 1 s'inscrit dans le cadre du Schéma Directeur d'Exploitation de la Route ; il est destiné en premier lieu aux gestionnaires de réseaux, mais également aux concepteurs de la politique d'exploitation, qu'ils soient les uns et les autres liés à l'État ou aux collectivités locales.

Ce document est un guide méthodologique au sens strict du terme, c'est-à-dire qu'il propose une démarche allant de la définition de la problématique à non pas la conception du projet mais plutôt à la fourniture des éléments de réflexion pour avancer dans les études préalables à cette conception.

Les recommandations données dans cet ouvrage sont le fruit d'expériences. Néanmoins sur un certain nombre de points, l'état actuel des connaissances ne permettant pas de se prononcer, le parti a été de porter à connaissance les solutions envisageables sans se prononcer de façon décisive. C'est pourquoi, les éléments proposés ne constituent en aucun cas un cadre rigide mais bien au contraire une base pour mettre en lumière les pièges à éviter et donner quelques conseils. De plus, en fonction du contexte local, des amendements à la démarche générale pourront être proposés. Le domaine traité étant en constante évolution, des éditions ultérieures pourront s'enrichir des expériences et des technologies à venir.

Le guide se compose de **quatre grandes parties** :

- la première propose une démarche d'études lors de ce que nous avons appelé la phase préparatoire,
- la deuxième développe plutôt les éléments utiles pour des études permettant une bonne conduite de l'opération,
- la troisième expose le volet évaluation qui nécessairement recouvre les deux premières parties.

Il est complété par une quatrième partie composée des annexes et d'une bibliographie, visant à développer de manière plus fine quelques thèmes que nous avons jugé pertinent d'évoquer mais sans rechercher l'exhaustivité et à fournir une base de documents auxquels le lecteur pourra s'intéresser.

Pour pouvoir faire une bonne utilisation de ce document, il est recommandé dans un premier temps de faire une lecture complète pour s'imprégner de la démarche globale suggérée.

Il est ensuite conseillé de travailler de manière linéaire partie par partie au moins pour les deux premières, car les différents chapitres de ces parties forment un tout et caractérisent un niveau d'élaboration du projet. Néanmoins certaines informations demandées dans les dossiers sanctionnant la première partie sont fournies dans la seconde. Cependant, comme le

niveau de détail demandé dans ces documents est moins important que celui proposé dans le texte de cette seconde partie, il a été jugé préférable de les présenter en une seule fois et de faire référence aux chapitres correspondants pour l'élaboration du contenu des dossiers.

D'autre part, le lecteur trouvera quelquefois des redites. Cette approche a été choisie pour éviter des allers-retours trop importants eu égard au fait que le document peut être utilisé de manière ponctuelle quelquefois pour préciser ou appréhender un point particulier.

Le texte comporte un certain nombre de renvois notés [], ils se rapportent à la Bibliographie.

Les sigles et abréviations sont définis dans le document «Glossaire d'Exploitation de la Route» édité par le SETRA [SET96a].

Nota : Il est bien entendu que pour toute assistance sur les thèmes traités dans ce guide , il peut être fait appel au CERTU

TABLE DES MATIÈRES

I) INTRODUCTION : "CRÉER LE CONTEXTE POUR EXPLOITER LA ROUTE AU MIEUX".....	1
I.1 HISTORIQUE ET CONTEXTE	1
I.2 LE SDER.....	3
I.3 LA PROBLÉMATIQUE LIÉE À L'AGGLOMÉRATION	6
I.4 OBJECTIFS DU GUIDE	8
II) LES ÉTUDES À DISTINGUER DANS LES DIFFÉRENTES PHASES.....	12

PARTIE A : PHASE PRÉPARATOIRE..... 14

III) OBJECTIFS ET STRATÉGIES D'UN SDER DE NIVEAU 1.....	15
III.1 LES PRINCIPAUX ENJEUX	15
III.2 LA PROBLÉMATIQUE LIÉE AUX RÉSEAUX CONCERNÉS	17
III.3 LES OBJECTIFS	24
III.4 LES DOMAINES D'EXPLOITATION.....	24
III.5 LA PROBLÉMATIQUE LIÉE À LA PRISE EN COMPTE DES TRANSPORTS EN COMMUN	26
IV) LE PARTENARIAT	28
IV.1 DÉFINITION GÉNÉRALE DES PARTENAIRES.....	28
IV.2 OBJECTIFS DES PARTENAIRES	29
IV.3 LES APPROCHES CONCERTÉES	30
V) CONDUITE DU PROJET ET CONTENU DES DOSSIERS	34
V.1 CONDUITE DU PROJET	34
V.2 DOSSIER DE PRÉSENTATION	42
V.3 DOSSIER D'ÉTUDES PRÉLIMINAIRES.....	42
V.4 LE QUESTIONNEMENT DU MAÎTRE D'OUVRAGE.....	43

PARTIE B : PHASE OPÉRATIONNELLE..... 46

VI) LES MISSIONS ET LEURS INDICATEURS.....	47
VI.1 MAINTIEN DE LA VIABILITÉ	47
VI.2 GESTION DU TRAFIC	48
VI.3 AIDE AU DÉPLACEMENT	56
VII) LES ACTEURS.....	57
VII.1 LISTE DES ACTEURS (LISTE NON EXHAUSTIVE)	57
VII.2 DESCRIPTION DES MISSIONS DES ACTEURS	58
VIII) LES STRUCTURES.....	61
VIII.1 LES CENTRES D'INGÉNIERIE ET DE GESTION DU TRAFIC (CIGT)	61
VIII.2 LA VEILLE QUALIFIÉE	65
VIII.3 LA SALLE OPÉRATIONNELLE	67
VIII.4 LES CENTRES D'ENTRETIEN ET D'INTERVENTION (CEI)	69
VIII.5 LES PATROUILLES	71
VIII.6 LES AUTRES CENTRES D'EXPLOITATION OU PC.....	73
VIII.7 LE CNIR ET LES CRICR.....	74
IX) ORGANISATION GÉNÉRALE	76
IX.1 LA CONCERTATION.....	76
IX.2 L'ORGANE DE DÉCISION	76

IX.3 LE DISPOSITIF OPÉRATIONNEL	77
IX.4 RESPONSABILITÉ DANS LA DIFFUSION DE L'INFORMATION.....	78
X) LES MOYENS	88
X.1 LES MOYENS TECHNIQUES ET ORGANISATIONNELS	88
X.2 LES MOYENS HUMAINS	101
X.3 LES MOYENS FINANCIERS.....	102
XI) CONCEPTION D'UN SYSTÈME D'AIDE À LA GESTION DU TRAFIC (SAGT).....	104
XI.1 CADRE GÉNÉRAL	104
XI.2 MÉTHODES DE CONCEPTION DE SYSTÈMES COMPLEXES	110
XI.3 SYSTÈME D'AIDE À LA GESTION DU TRAFIC (SAGT).....	119
XI.4 L'ERGONOMIE	128
XI.5 LES PRINCIPALES FONCTIONNALITÉS.....	139
XI.6 LE PROBLÈME DE LA SÉCURITÉ INFORMATIQUE.....	149
XI.7 LE DÉLICAT PROBLÈME DE LA MAINTENANCE LOGICIELLE ET MATÉRIELLE	152
XI.8 QUELQUES EXEMPLES D'OPÉRATIONS	155
XII) CONTENU DES DOSSIERS.....	171
XII.1 LE DOSSIER D'APS	171
XII.2 LE DOSSIER DE PROJET	172
XII.3 LE DCE.....	173
PARTIE C : ÉVALUATION	176
XIII) ÉVALUATION.....	177
XIII.1 GÉNÉRALITÉS	178
XIII.2 ÉVALUATION SOCIO-ÉCONOMIQUE	184
XIII.3 QUELQUES ÉLÉMENTS CONCERNANT LES ÉVALUATIONS D'IMPACT ET TECHNIQUE	213
XIII.4 RECOMMANDATIONS POUR LA GESTION DE PROJET ET UNE ÉVALUATION TECHNIQUE	217
PARTIE D : COMPLÉMENTS	238
XIV) ANNEXES.....	239
XIV.1 LA CONSTRUCTION D'UN SYSTÈME DE GESTION DU TRAFIC PAR ANALYSE DE LA VALEUR	239
XIV.2 LA DÉTECTION AUTOMATIQUE D'INCIDENT (DAI)	244
XIV.3 LA RÉGULATION DES VITESSES ET LE CONTRÔLE DES VITESSES.....	250
XIV.4 LA RÉGULATION D'ACCÈS	254
XIV.5 LA CARTOGRAPHIE AUTOMATIQUE DU TRAFIC : OUTIL DE DIAGNOSTIC ET D'ÉVALUATION	260
XIV.6 LES INDICATEURS DE TRAFIC	263
XIV.7 LE RÉSEAU D'APPEL D'URGENCE (RAU)	266
XIV.8 LE RÉSEAU DE TRANSMISSION DE DONNÉES.....	274
XIV.9 LA MAINTENANCE DES ÉQUIPEMENTS.....	306
XIV.10 LA NORMALISATION ET LA CERTIFICATION.....	307
XIV.11 QUELQUES NOTIONS SUR DES MÉTHODES DE CONCEPTION DE LOGICIELS INFORMATIQUES	310
XIV.12 QUALIMÉTRIE DES LOGICIELS.....	314
XIV.13 LES SYSTÈMES D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE (SIG).....	318
XV) BIBLIOGRAPHIE.....	326
XV.1 OUVRAGES DE RÉFÉRENCE GÉNÉRAUX	326
XV.2 OUVRAGES SPÉCIALISÉS	327

INDEX

I) Introduction : "créer le contexte pour exploiter la route au mieux"

I.1 Historique et contexte

La route chaque année, permet à des millions d'automobilistes, français ou étrangers, de se déplacer. Pourtant, elle a de plus en plus de mal à absorber le nombre croissant d'utilisateurs auxquels il est nécessaire d'apporter des services de plus en plus performants.

En effet, arriver sans encombre sur le lieu de destination, n'est plus leur seul souci. Il leur faut aujourd'hui connaître la durée prévisible de leur déplacement et les inconvénients qu'ils risquent de rencontrer au cours de leurs pérégrinations.

Bien que la mobilité d'un individu caractérisée par le nombre moyen de déplacements effectués par une personne dans une journée soit en légère baisse, force est de constater que la mobilité en voiture et la longueur des déplacements ont augmenté de façon régulières et continues. La route n'a jamais autant accueilli d'utilisateurs. On est passé de 141 millions véhicules km/jour ouvrable en 1980 à 194 millions de véhicules km/jour ouvrable en 1988.

Chaque année le trafic automobile croît d'environ 5 %. Le parc automobile des ménages était en 1992 de 24 millions de véhicules particuliers. D'ici l'an 2000, il devrait se situer autour de 29 millions. La saturation du marché est donc loin d'être atteinte, d'autant plus qu'il existe de nombreux facteurs socio-économiques favorables à l'expansion des marchés et à l'extension de ce parc.

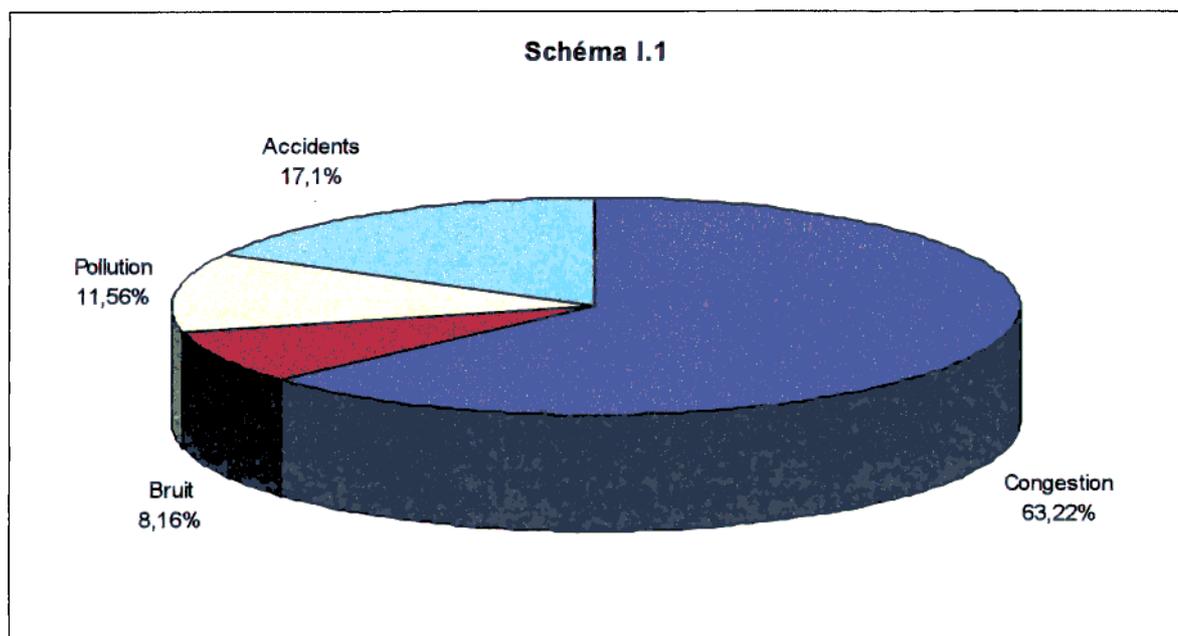
Les encombrements recensés en France dus à l'insuffisance ou à une utilisation non optimale de la capacité des voies, en une seule année mis bout à bout ont représenté une longueur de 700 000 km de véhicules bloqués pendant une heure. Ils augmentent et se concentrent sur les agglomérations.

La congestion du trafic auquel les grandes métropoles sont confrontées, est un phénomène de plus en plus prégnant qui concerne à l'heure actuelle même les villes de moins de 100 000 habitants. Dans la majorité des cas, l'autorégulation est la règle.

Les évolutions identifiées en matière d'urbanisation, de socio-démographie et de motorisation semblent se poursuivre, intensifiant encore la pression sur les centres villes.

Une menace réelle existe de voir les difficultés de circulation, qui caractérisent actuellement les centres, gagner progressivement les espaces périurbains. En effet, on remarque un développement véritable des déplacements de rocade, internes aux banlieues et au secteur périurbain. De plus une déconcentration des activités n'est pas une garantie de décongestion future, d'autant que les transports collectifs sont, dans ces secteurs, moins bien développés. Le ratio temps passé en transport en commun sur temps passé en véhicule particulier, déjà en moyenne de l'ordre de deux, est encore plus important dans ces zones.

Une étude économique [CET94a] fait apparaître (schéma I.1) que le coût social dû à la congestion représente près des 2/3 du coût social total de la voiture particulière.



Les difficultés de circulation, outre le gaspillage de ressources qu'elles induisent, tant en temps, en espace qu'en énergie, ont des répercussions sur la sécurité routière, l'environnement et le cadre de vie (pollutions atmosphériques et sonores) en milieu urbain.

Nombre d'études montrent que 30 % des accidents recensés sur le réseau des voies rapides d'Ile de France sont des accidents de queues de bouchon. De plus, une information efficace et cohérente pour les usagers contribue à rendre le conducteur plus serein et donc intrinsèquement moins dangereux.

Résoudre les problèmes de congestion peut s'effectuer de plusieurs manières. Une solution pourrait consister à augmenter l'offre des infrastructures. Cette approche apporterait certainement un gain substantiel mais non total. Avant d'entreprendre cette démarche, il faudrait se demander si le réseau actuellement en service est exploité de manière optimale. Des études récentes ont montré que des gains, en terme de longueur d'encombrements, non négligeables pourraient être atteints uniquement par une exploitation coordonnée d'un réseau local.

La gestion de la circulation reste donc un axe de travail essentiel avec des objectifs :

- d'amélioration de la fluidité du trafic et d'optimisation de l'usage des infrastructures existantes,
- de réduction des accidents,
- de sauvegarde de l'environnement,
- d'offre satisfaisante pour les usagers.

Les possibilités de réponse à la congestion se situent sur plusieurs registres :

- augmenter l'offre,
- agir sur la demande de déplacement,
- améliorer les mesures d'exploitation destinées non à supprimer la congestion mais simplement à la limiter ou à la rendre plus acceptable. C'est pourquoi, ces mesures méritent une grande attention.

I.2 Le SDER

I.2.1 Les objectifs

Le 23 décembre 1991, le Ministre des Transports a lancé une réflexion auprès des directions de l'Équipement et des Sociétés d'Autoroutes pour élaborer un Schéma Directeur d'Exploitation de la Route. Depuis cette date, les services et sociétés concernés par ce vaste chantier ont effectué une analyse des réseaux routiers dont ils ont la charge en recensant les perturbations qui affectent le trafic routier et selon le caractère plus ou moins stratégique des voies étudiées ont proposé des niveaux d'exploitation adaptés aux fonctions de trafic et aux perturbations prévisibles.

Aujourd'hui, cette démarche se traduit par un premier classement de l'ensemble des voies constituant le réseau national et des orientations en matière d'organisation des services de l'Équipement chargés de l'exploitation.

Ce vaste chantier s'inscrit dans une action globale du ministère visant à mettre en oeuvre une politique nationale d'exploitation de la route. Ainsi en complément de ce Schéma Directeur, trois autres actions ont été lancées simultanément :

- 1) la revalorisation des métiers liés à l'exploitation de la route,
- 2) le soutien et l'animation des projets pilotes européens,
- 3) la clarification des règles juridiques régissant le domaine.

Dans la suite du document, il sera uniquement question de l'aspect Schéma Directeur d'Exploitation de la Route.

Avant d'aborder la description détaillée et concrète de la démarche, il convient de préciser quels sont les grands objectifs retenus.

Ceux-ci sont multiples :

- Offrir aux usagers des niveaux de services adaptés à l'importance et à la fréquence des perturbations rencontrées sur chaque réseau .

- Identifier les principales zones (agglomérations ou liaisons interurbaines) sur lesquelles la mission "exploitation de la route" nécessite une coordination forte entre les différents exploitants .

- Améliorer l'efficacité des services en mettant en place des organisations adaptées à chaque réseau et en préparant des stratégies d'action coordonnées.

- Offrir un support de programmation pluriannuelle d'actions d'exploitation.

- Offrir un cadre de concertation aux différents partenaires (Ministère et collectivités locales).

Les objectifs doivent être clairement définis à tous les niveaux d'études. Les exploitants sont en général issus de services différents (Services de l'Équipement, Collectivités locales, Sociétés d'autoroutes, Forces de Police, etc.) et il faut tenir compte des préoccupations et des missions de chacun.

Celles-ci amènent les participants à rechercher une réelle cohérence qui naîtra de la reconnaissance réciproque des intérêts de chacun.

La méthode pour préciser les objectifs doit alors tenir compte des données de chacun des participants, et ceux-ci devront afficher une volonté d'aboutir malgré donc des logiques propres initialement différentes.

L'optimisation de l'usage des différents modes de transports et des réseaux qui leur sont associés doit être recherchée. C'est dans ce cadre qu'apparaît la nécessité de la gestion du trafic sur les Voies Rapides Urbaines. Dans ce but, la relation avec l'utilisateur a une importance primordiale, et les problèmes de maîtrise de l'information doivent être particulièrement bien traités.

I.2.2 Définition du domaine : l'exploitation

L'exploitation de la route a été définie comme rassemblant toutes les actions destinées à améliorer ou faciliter l'utilisation d'un réseau routier existant. Se distinguant de l'aménagement des infrastructures, de leur entretien ou des pouvoirs de police, l'exploitation vise essentiellement à optimiser l'usage de la voirie.

Les missions de l'exploitation :

Au delà d'une définition succincte du domaine, trois missions principales dont les définitions seront données plus loin ont été identifiées :

- 1) Le maintien de la viabilité,

2) La gestion du trafic,

3) L'aide au déplacement,

Enfin, l'information routière a été identifiée comme étant un outil privilégié de l'exploitation de la route.

I.2.3 La nécessaire hiérarchisation du réseau

Afin de définir le niveau d'exploitation le mieux adapté à un réseau donné, les différents paramètres suivants ont été analysés et quantifiés :

- capacité des voies,
- niveau de trafic (TMJA, période de pointe horaire ou saisonnière);
- nature, fréquence, importance des perturbations,
- conséquence géographique des perturbations,
- nombre de partenaires concernés.

Quatre niveaux ont été retenus pour hiérarchiser les voies composant le réseau routier français (un niveau pour l'urbain, trois niveaux pour l'interurbain).

Le premier niveau dit encore niveau 1 correspond aux voiries des plus grandes agglomérations françaises. Il a été subdivisé en deux sous niveaux. Le niveau 1A concerne les quatre villes millionnaires : Paris, Lille, Lyon, Marseille. Le niveau 1B regroupe les voies rapides d'agglomérations soumises de façon récurrente à des problèmes de congestion, comme Toulouse, Bordeaux, Nantes, Metz, Nancy, Strasbourg, Rennes et Grenoble. Exploiter des voies de niveau 1 exige d'optimiser en permanence la gestion du réseau. D'où la nécessité d'avoir des structures d'exploitation susceptibles d'activer presque instantanément les mesures adaptées.

Le niveau 2 rassemble les corridors autoroutiers dits stratégiques (Paris-Lille, Paris-Lyon-Marseille, Paris-Le Mans, Paris-Orléans-Tours, Paris-Bordeaux) ainsi que les liaisons frontalières italiennes et espagnoles. Ce niveau nécessite des organisations permanentes.

Le niveau 3 aussi subdivisé en deux niveaux, regroupe les autoroutes concédées non classées en niveau 2 et les autoroutes non concédées soumises à une forte logique d'itinéraire (niveau 3A). Le niveau 3B, rassemble les tronçons de route soumis à des perturbations temporaires ou saisonnières : montées en station, voies entre plage et agglomération, routes d'accès à des ports... L'organisation n'est pas permanente pour ce niveau.

Aux niveaux 1, 2 et 3 les exploitants doivent réfléchir à des plans de gestion du trafic, c'est-à-dire à des scénarios, en cas de perturbation.

Le niveau 4 correspond à tous les réseaux où le maintien de la viabilité reste la mission prépondérante mais bien évidemment pas l'unique.

I.3 La problématique liée à l'agglomération

Comme l'a récemment souligné le Conseil National des Transports, le secteur des déplacements urbains est confronté à une crise de congestion importante et à une crise en capacité d'investissement nouveau.

Cette situation concerne aussi bien les infrastructures routières, dont la bonne adaptation conditionne le fonctionnement économique de la cité que les transports collectifs.

Si la mise en oeuvre d'une politique de déplacements urbains relève principalement de la responsabilité des collectivités locales compétentes, l'État conserve dans ce domaine des responsabilités directes et il lui appartient d'afficher clairement les enjeux qui sont les siens tout en participant activement en collaboration et concertation avec les collectivités locales à la mise en oeuvre de cette politique.

Les difficultés de circulation sont essentiellement ressenties dans les grandes agglomérations qui concentrent plus de 50 % de la population citadine française. Ces difficultés peuvent rejaillir très rapidement sur la compétitivité et l'attractivité de ces agglomérations.

Afin de garantir cette accessibilité et de préserver le cadre de vie et la sécurité, l'un des objectifs d'une politique de déplacements urbains est de mettre en oeuvre des dispositifs de gestion du trafic et d'information routière sur les voies principales de l'agglomération.

Les réseaux d'agglomérations sont soumis à des mouvements pendulaires liés aux déplacements quotidiens domicile-travail qui se traduisent par des niveaux de trafic qui font fonctionner les réseaux à la limite de la saturation. Le moindre incident entraîne généralement une congestion de la voie qui peut dégénérer en une paralysie rapide de l'itinéraire sinon d'une partie importante de l'agglomération. Une caractéristique du réseau est sa fragilité.

Cependant, le réseau est souvent maillé et il existe à tout moment des réserves de capacité sur certains tronçons.

Une seconde caractéristique du réseau est la complexité des responsabilités. Comme nous l'avons précisé plus avant, les maîtres d'ouvrages sont nombreux et légitimes pour définir la politique des déplacements dans une agglomération : pour avoir une efficacité optimale, une action ne peut être mise en oeuvre que si l'ensemble des partenaires concernés l'a validée.

Dans ce contexte, l'objectif de l'État consiste à partir d'une analyse des flux de circulation, des principales perturbations prévisibles récurrentes ou aléatoires, d'en déduire une politique de gestion des trafics, notamment leur affectation sur les différentes mailles du réseau. Il peut alors définir en concertation avec d'autres maîtres d'ouvrages, des stratégies d'exploitation face aux principales perturbations et sur le réseau qui est de sa compétence mettre en place l'organisation la plus adaptée.

Il apparaît intéressant de **distinguer** pour un **réseau d'agglomération** quatre **types de voies** :

- les voies rapides urbaines,

- les voies associées à ces voies rapides,
- les autres voies structurantes,
- les voies de desserte locale.

Cette distinction permet une hiérarchisation du réseau correspondant généralement pour le trafic soit à une fonction de grand transit et d'échange pour les deux premiers types, soit à une fonction d'échange au sein de l'agglomération pour le troisième type, soit enfin à une fonction de desserte de quartier. Il est donc nécessaire de connaître précisément le trafic, sa composition, les lieux de contrainte, les réserves de capacité sur les différents réseaux pour envisager une ébauche d'exploitation coordonnée sur l'agglomération.

Compte tenu du **nombre élevé de partenaires**, une **concertation** permanente est **nécessaire** entre les autorités compétentes (État - équipement et forces de police -, collectivités locales, autorités organisatrices des transports, etc...) en vue :

- d'arrêter la stratégie générale de gestion du trafic sur les voies rapides urbaines et le réseau associé,
- de coordonner cette stratégie avec celles de gestion du réseau urbain (carrefours à feux) et des transports en commun,
- de définir en cas de congestion trop importante, les modalités éventuelles de délestage des voies rapides sur un réseau associé,
- d'offrir aux usagers des informations routières de qualité, fiables, pertinentes, permettant cette utilisation optimale d'un réseau tout en offrant *la possibilité d'un choix intermodal*,
- d'améliorer la sécurité par une surveillance renforcée des principaux axes et, en cas de perturbations, de rétablir rapidement des conditions normales de circulation,
- de limiter la gêne à la circulation créée par des chantiers en améliorant leur planification.

Une fois définies et approuvées la politique et les stratégies d'exploitation correspondantes, les actions pourraient être regroupées dans un document à une échelle pertinente appelé "Plan de gestion du trafic" comme nous le verrons plus loin dans ce document.

Le développement urbain, marqué notamment par le transfert de secteurs d'habitat et d'emplois en périphérie structure les trafics interne, d'échange et de transit. On constate un plus fort développement des déplacements de rocade, qu'on peut attribuer au moins à trois causes :

- l'engorgement des itinéraires plus directs par le centre de l'agglomération,
- les vitesses moyennes supérieures sur les rocades de contournement du fait des caractéristiques et des conditions d'exploitation différentes,

- la volonté des responsables locaux de réduire la circulation automobile dans les centres urbains denses.

Les **Voies Rapides Urbaines** sont de ce fait une composante forte de la ville qu'il est nécessaire d'intégrer, pour leur conception et leur exploitation, dans la réflexion des projets concernant l'ensemble des réseaux de transports, lignes de bus, tramway, métro... *L'intermodalité constitue une préoccupation prioritaire, avec la nécessité par exemple de prévoir des liaisons vers des parkings d'échange.*

La démarche de préparation d'une exploitation sur un *réseau de niveau 1* peut être entamée au niveau politique, mais elle peut aussi résulter de la formalisation de coopérations antérieures entre les services compétents

Les actions entreprises en gestion de trafic auront forcément des incidences importantes sur l'ensemble de la voirie environnante : aux interfaces entre voies rapides et voies associées, que ce soit par carrefours à feux ou par giratoires en sorties d'échangeurs, et au niveau des trafics sur le réseau non retenu pour des actions dynamiques. Ces constatations ne peuvent pas laisser indifférentes les collectivités locales concernées. La pérennité du projet impose donc d'une part d'assurer les actions associées au domaine de compétence propre à chacun et d'autre part de dégager des actions communes.

Il faut noter que personne n'est mandaté pour faire une exploitation cohérente. Par la démarche du Schéma Directeur d'Exploitation de la Route, le Ministère de l'Équipement a manifesté sa volonté de progresser vers une concertation dans un cadre permettant de faciliter les démarches. La concertation entre tous les partenaires est primordiale. L'initiative peut alors venir des Services de l'Équipement pour le compte de l'État. Il est indispensable d'obtenir une validation de la Préfecture. Celle-ci pourra initier la première réunion et produire ensuite un arrêté instituant le cadre de la gestion du trafic entre les différents partenaires et acteurs. Toutefois, cette démarche doit être subordonnée à un travail de classification des problèmes et à celui de définition des solutions envisageables.

Il ne faut pas sous-estimer le temps nécessaire pour l'obtention du consensus final notamment en milieu urbain, l'accord devant être obtenu non seulement entre les services techniques concernés mais également entre les décideurs politiques et financiers. L'ensemble de la démarche a toujours débordé le temps nécessaire à l'élaboration d'une phase de projet (Présentation, Prise en Considération, Avant Projet, etc.).

I.4 Objectifs du guide

I.4.1 Définition du champ d'application du projet d'exploitation de niveau 1

* CHAMP D'INTERVENTION ET ENJEUX

- réseau routier des plus grosses agglomérations françaises,
- existence d'un réseau de voiries rapides urbaines (VRU) et d'autoroutes non concédées (AR/NC) maillé ou en forme de rocade, sur laquelle se branche un réseau autoroutier terminal, soit en étoile, soit assurant une continuité de l'itinéraire national,

Nota : l'existence d'une seule VRU (ou AR/NC) non maillé et non nécessairement doté d'un itinéraire de substitution ne fait pas obstacle à l'éligibilité du classement en niveau 1, dès lors qu'il existe un enjeu fort pour l'État (continuité d'itinéraire national, aménagement du territoire...).

- présence ou potentiel de développement d'une exploitation d'autres réseaux des collectivités locales,
- enjeu fort pour l'État consolidé par les propres enjeux des autres collectivités,
- mise en commun des efforts (financiers) se traduisant particulièrement par le montage d'une opération contractualisée. Les contrats de plan État-Région en sont un exemple concret.

* EXIGENCE

- le projet devra pouvoir se développer sur une entité géographique délimitée et dont la nature des problèmes à résoudre est homogène,
- l'organisation de l'exploitation à ce niveau sera permanente,
- le système d'exploitation s'appuiera nécessairement sur un ou des plans de gestion du trafic.

Pour le sous niveau 1A, les quatre agglomérations millionnaires (PARIS, LILLE, LYON, MARSEILLE) représentent un enjeu stratégique pour l'État et les collectivités locales.

Leur projet est doté d'un système d'exploitation sophistiqué, développé de façon quasi unique.

Pour le sous niveau 1B, la sophistication des projets est variable ainsi que l'association des partenaires et des acteurs.

I.4.2 La création d'une exploitation de niveau 1 : démarche générale préconisée

Les procédures d'élaboration et d'instruction des projets d'exploitation dynamique sur le réseau routier requièrent une définition claire des responsabilités et une bonne adaptation aux problématiques.

La mise en place d'une exploitation coordonnée se caractérise par une inévitable progressivité, ce qui oblige à ménager l'économie générale sans pour autant négliger la cohérence et l'efficacité des étapes intermédiaires qui peuvent durer plusieurs années.

Aussi convient-il de renforcer les études préparatoires qui doivent conduire à la définition de véritables partis d'exploitation à court ou moyen terme, guidant ensuite l'action des divers intervenants.

A l'autre bout de la genèse de l'opération, toutes les garanties doivent être prises pour s'assurer du bon parachèvement du projet. Le poids important qu'il faut donner à l'évaluation va dans ce sens.

On peut distinguer **trois étapes** dans un **projet d'exploitation de niveau 1**.

- On étudie et on conçoit;
- on expérimente éventuellement pour valider certains choix techniques;
- on réalise : on passe donc au stade de mise en oeuvre.

Bien évidemment, ces trois étapes peuvent se trouver à l'intérieur d'une partie de l'opération suivant la décomposition en tâches qui a été effectuée dans le projet.

La **première étape** se subdivise en **deux phases principales**.

a) Phase 1

Dans un premier temps, on prendra soin de bien définir les objectifs poursuivis. En effet, il importe de savoir si le projet se déroulera dans le cadre d'une politique globale de maîtrise des déplacements au niveau local ou s'il ne s'attachera qu'à optimiser de manière indépendante l'utilisation des infrastructures routières existantes ou en cours de réalisation.

Il va de soi que quel que soit le contexte local dans lequel s'opère l'opération, l'objectif global est de fournir à l'usager le niveau de service qu'il est en droit d'attendre des infrastructures.

La définition du contexte doit s'opérer à partir de la recherche et de la synthèse des études antérieures et des documents officiels approuvés. De plus, il faudra veiller à bien caractériser les motifs des déplacements et à déduire de la situation actuelle du trafic, mais également de l'environnement tant urbanistique que socio-économique et démographique, l'évolution du trafic.

Lors de cette phase, il sera alors temps, après avoir défini précisément en le classifiant suivant la terminologie retenue dans le SDER le réseau sur lequel se mettra en place l'exploitation de niveau 1, de faire un diagnostic aussi exhaustif que possible des types de perturbations rencontrées et leurs conséquences.

On pourra alors sélectionner, en fonction des missions que doit remplir l'exploitation, les indicateurs pertinents pour quantifier les dysfonctionnements.

Une fois ces réflexions préalables effectuées, il conviendra de réunir les partenaires et de réfléchir aux formes d'approches concertées en fonction du contexte local qu'il sera opportun de négocier.

La fin de cette étape clôturera cette phase du projet et se concrétisera par une série de documents qui permettront la prise en considération de l'opération.

Il faut toutefois rappeler que des méthodes de conduite et de gestion de projet sont fortement recommandées pour mener à bien une telle entreprise.

Des exemples de telles approches sont présents dans ce document. Le lecteur pourra donc s'en inspirer.

b) Phase 2

La deuxième phase d'études et de conception, plus opérationnelle, peut alors débuter.

Elle s'attachera à caractériser plus précisément les indicateurs retenus pour fournir des éléments concrets aux étapes suivantes.

Parallèlement, on recensera les acteurs du projet en précisant leurs rôles respectifs et le schéma relationnel correspondant.

L'organisation générale se déduira d'une évaluation des structures fonctionnelles et d'une description des rôles de chacun des organismes, partie prenante dans l'opération.

Un point important à ne pas oublier à ce niveau des études sera de bien définir la clé de répartition des responsabilités dans la diffusion des informations.

La caractérisation de l'organisation ainsi que les choix d'implantation géographique des équipements en fonction des stratégies retenues permettront alors d'approcher les moyens humains et financiers à mettre en oeuvre.

Les premières réflexions sur le réseau de transmission et le système informatique commenceront seulement à ce niveau d'avancement du projet. Il est indispensable de s'appuyer sur des technologies validées lorsqu'elles existent et que si des innovations sont nécessaires elles doivent suivre un processus expérimental rigoureux conforme à l'arrêté ministériel du 22 Janvier 1996.

Tous les documents administratifs, que ce soit au niveau de l'avant projet sommaire ou au niveau de la passation des marchés, seront constitués à partir de documents spécifiques, pour les tâches retenues pour l'opération.

Comme cela doit être le cas pour la **phase 1**, dans la **phase 2**, une **évaluation systématique** des tâches et sous tâches devra être **effectuée**.

Pour valider et finaliser certains choix technologiques faits dans cette phase, il peut être bon d'expérimenter (deuxième étape déjà citée ci-dessus dans la mise en place d'un projet d'exploitation) : préparation de plans d'expérience. En tout état de cause, il ne faudra pas oublier que les normes, quand elles existent, devront bien être prises en compte par tous les acteurs de l'exploitation.

II) Les études à distinguer dans les différentes phases

Les études correspondant aux deux phases précédemment caractérisées et visant à la mise en place d'une exploitation coordonnée et cohérente au niveau des agglomérations selon les principes édictés par le Schéma Directeur d'Exploitation de la Route sont nécessairement longues et progressives.

Trois niveaux d'études peuvent être distingués :

- Le niveau préparatoire qui vise à définir les principales orientations d'exploitation du réseau et à fournir un cadre où s'inscrivent les futures opérations prises individuellement.

- Le niveau opérationnel qui, dès lors que le principe d'une opération a été arrêté permet d'en confirmer la consistance puis d'en affiner les études de détail en vue de sa réalisation.

Les études de ce niveau sont coûteuses et ne doivent pas être entreprises prématurément.

- Le niveau évaluation qui va permettre d'analyser, d'une part, la valeur a priori et d'autre part la valeur a posteriori de l'opération par rapport aux prévisions et, de quantifier à l'aide d'index l'efficacité du système opérationnel gérant l'exploitation.

Ces principes doivent être modulés eu égard aux trois considérations suivantes :

- Compte tenu des imbrications très fortes existant entre une opération de ce type et son contexte, le programme de réalisation ne peut, dans la plupart des cas, en être arrêté avant que ne soient suffisamment avancées les études, le niveau requis étant, en l'espèce, celui des études préliminaires.

Il peut en résulter certaines remises en cause sur des choix de conception dans l'intervalle des niveaux préparatoire et opérationnel.

- Pour des raisons d'opportunité et de lien avec l'urbanisation, il apparaît souvent nécessaire de préserver la faisabilité d'opérations futures. Cela nécessite alors l'anticipation de certaines études, grâce au dossier d'études préliminaires, document pré-opérationnel qui orientera, en tout état de cause, fortement les études ultérieures.

- Il ne faut pas sous-estimer l'incidence de la concertation entre partenaires. Elle peut remettre en cause certaines études et donc conduire à modifier le projet.

Le présent guide définit les diverses phases d'études : phase préparatoire, phase opérationnelle, leur rôle, leur contenu et leurs modalités. Il prévoit quand elles existent les politiques à mener et les recommandations techniques. Par contre, il n'aborde pas les procédures de mise en oeuvre des équipements et des systèmes ni les procédures comptable ou budgétaire.

PARTIE A : Phase préparatoire

III) Objectifs et stratégies d'un SDER de niveau 1

III.1 Les principaux enjeux

Les projets d'exploitation de niveau 1 intéressent des grandes agglomérations où d'autres démarches ou opérations sont généralement engagées.

Le premier enjeu est donc la cohérence avec les projets en cours.

D'autres enjeux importants sont attachés à la question des déplacements dans les villes, et les actions d'exploitation sont à leur égard d'une très grande importance.

Afin d'apprécier la multiplicité, la diversité et la complémentarité des enjeux à considérer, on peut se référer à un document récent réalisé par le CETUR : "Les enjeux des politiques de déplacement dans une stratégie urbaine".

Les grands enjeux de fonctionnement urbain présentés dans ce document sont :

- la mobilité
- la sécurité de la circulation
- le bruit, la pollution et l'énergie
- la qualité des espaces publics
- l'économie et le développement urbain

Ces grands enjeux de fonctionnement sont liés les uns aux autres et conditionnent eux-mêmes des enjeux globaux appartenant à quatre grandes familles :

- économie
- urbanisme
- société
- environnement et cadre de vie

La loi d'orientation des transports intérieurs (LOTI) du 30 décembre 1982 traduit la prise en compte des enjeux économiques et pose le principe du droit au transport.

Dans son titre I : Dispositions générales applicables aux différents modes de transports et dans son chapitre I : Du droit au transport et des principes généraux applicables aux transports intérieurs, elle énonce :

Art. 1.- Le système de transports intérieurs doit satisfaire les besoins des usagers dans les conditions économiques et sociales les plus avantageuses pour la collectivité. Il concourt à l'unité et à la solidarité nationale, à la défense du pays, au développement économique et

social, à l'aménagement équilibré du territoire et à l'expansion des échanges internationaux, notamment européens.

Ces besoins sont satisfaits par la mise en oeuvre des dispositions permettant de rendre effectifs le droit qu'a tout usager de se déplacer et la liberté d'en choisir les moyens ainsi que la faculté qui lui est reconnue d'exécuter lui-même le transport de ses biens ou de le confier à l'organisme ou à l'entreprise de son choix.

Art. 2.- La mise en oeuvre progressive du droit au transport permet aux usagers de se déplacer dans des conditions raisonnables d'accès, de qualité et de prix ainsi que de coût pour la collectivité, notamment par l'utilisation d'un moyen de transport public.

Dans cet esprit, des mesures particulières peuvent être prises en faveur des personnes à mobilité réduite.

Les catégories sociales défavorisées, notamment celles des parties insulaires et des régions lointaines ou d'accès difficile du territoire national, peuvent faire l'objet de dispositions adaptées à leur situation.

Le droit au transport comprend le droit pour les usagers d'être informés sur les moyens qui lui sont offerts et sur les modalités de leur utilisation.

L'exercice de ces droit et principe est en fait limité dans les villes, et menacé par l'aggravation de la congestion et des conflits croissant entre les différentes demandes de déplacements (personnes et biens). Il est aussi mis en péril par la montée des coûts financiers que cette situation même provoque.

L'enjeu d'urbanisme concerne la nécessité d'une maîtrise publique de l'organisation spatiale des activités urbaines. Sans cela il y a un grand risque d'éclatement de la ville. Les distances spatiales se traduisent alors souvent en distances sociales au point de constituer, particulièrement dans les grandes villes, des "ghettos urbains".

Les transports jouent un rôle déterminant dans la valorisation des quartiers, la réponse aux besoins de déplacement et la lutte contre l'insularisation de certains secteurs de la ville. C'est donc un enjeu majeur, un enjeu de société.

Les enjeux d'environnement et de cadre de vie concernent les pollutions, les nuisances sonores, les gaspillages d'énergie, mais aussi les accidents de la circulation. Les conséquences financières sont considérables pour les individus comme pour la collectivité.

Pour chacun de ces enjeux, les opérations d'exploitation devront viser des progrès significatifs. Elles doivent impérativement pour cela s'intégrer dans le système global de déplacement dont les objectifs sont de satisfaire à la nécessaire mobilité et non à la circulation de véhicules en quantité toujours plus grande.

Cadre de définition des enjeux

Le recensement des divers enjeux ne peut en aucun cas être fait par un service isolé. Les grandes agglomérations sont le lieu d'études imbriquées, complémentaires : projets d'agglomération, dossiers de voirie d'agglomération, plan de transport, plan de déplacements, etc... Néanmoins, les enjeux particuliers liés à l'exploitation routière doivent bien être mis en exergue.

Ces réflexions doivent se faire avec la participation de l'ensemble des partenaires et des acteurs concernés, où l'on retrouve les Services de l'Équipement, la Région, le Département, les Villes ou les Groupements de villes, les Sociétés d'Autoroutes, les Forces de Police et de Gendarmerie, la Sécurité Civile, etc...

III.2 La problématique liée aux réseaux concernés

III.2.1 Le réseau

Définition du réseau susceptible d'être exploité en niveau 1 que nous dénommerons par la suite, par souci de simplification : réseau de niveau 1

Types de voies :

- **Les VRU.** Elles constituent l'objet principal de l'exploitation en niveau 1.

Le terme de *VRU* (voie rapide urbaine) désigne traditionnellement:

- les *autoroutes* (parties urbaines ou périurbaines): routes à chaussées séparées et échanges dénivelés, interdites à certaines catégories d'usagers, sans accès riverains, appartenant nécessairement au domaine public de l'État,
- les *routes express*: sans accès riverains, échanges généralement dénivelés (mais elles peuvent comporter des carrefours à niveau), chaussées souvent séparées, éventuellement interdites à certaines catégories d'usagers, appartenant au domaine public de l'État ou de collectivités territoriales.

Au delà de cette définition stricte, certaines voies qui n'ont pas le statut d'*autoroute* ou de *route express* sont cependant perçues comme telles par les usagers en raison de leur aspect ou de leurs conditions d'utilisation. On les assimilera à des *VRU* dans la présente démarche.

- **Les itinéraires ou section de voies régulièrement associées à l'exploitation des VRU:**
 - les voies artérielles¹ ou de transit² qui complètent le maillage des VRU ou constituent, comme elles, des axes majeurs de circulation de l'agglomération,
 - éventuellement, certaines zones situées à proximité immédiate des points d'échange des VRU et qui interfèrent régulièrement avec elles en termes de circulation.
- **Les itinéraires mobilisés occasionnellement** dans l'exploitation des VRU en pouvant servir de délestage ou de déviation rapprochée en cas de problème sortant de l'ordinaire (accident, chantier,...). Ils sont généralement composés de voies artérielles, accessoirement de voies de distribution³.

¹ Voie *artérielle*: voie importante, à fort débit, dont la vocation est de relier différents quartiers.

² Voie *de transit*: voie qui écoule la circulation générale de transit, dont la vocation est de relier des villes entre elles

³ Voie *de distribution*: voie qui assure les déplacements internes à un quartier.

Périmètre :

- On limite le domaine couvert aux parties de ces voies comprises entre les points de choix des mailles situés le plus à l'extérieur de l'agglomération.
- Si le réseau n'est pas totalement maillé, on peut prendre en compte, à l'extérieur des mailles, les sections à trafic important, jouant un rôle majeur dans les échanges de l'agglomération.
- Au-delà, on considère qu'il ne peut plus s'agir de niveau 1. Ceci ne signifie pas qu'on y abandonne tout souci d'exploitation. On y effectue une exploitation différente, mais cohérente.

III.2.2 Le trafic et les perturbations

*** Trafic géré**

L'exploitation en niveau 1 s'adresse de façon principale au **trafic local et d'échange**, hormis dans certaines situations bien localisées. Il représente la grande majorité du trafic supporté quotidiennement par les voies en question. Ce trafic est caractérisé notamment par :

- des phénomènes pendulaires très marqués (les zones d'activité, telles que le centre, se remplissent le matin et se vident le soir vers les zones de résidence),
- un niveau de trafic de plus en plus souvent proche de la capacité, donc un réseau quotidiennement saturé ou en limite de saturation (avec la dégradation des conditions de circulation que cela implique),
- une majorité d'usagers connaissant le secteur et de trajets de courte ou moyenne longueur,
- la superposition de flux d'origines et de destinations multiples, voire des motifs de déplacement variés (domicile-travail, achats, activités économiques, loisirs, etc.),
- la possibilité, parfois, de liaisons alternatives ou complémentaires par TC,
- une forte demande retenue qui occupe rapidement toute nouvelle capacité offerte par le réseau. Les réserves de capacité utilisables sont faibles, rares et fluctuantes,
- sur certains axes ou autour de certains pôles, des flux de déplacements porteurs d'enjeux particuliers: personnes (aéroports, par exemple) ou marchandises (centres industriels, marchés de gros),
- un besoin important de maintenir (voire d'améliorer) la qualité des déplacements (qui a tendance à se dégrader), de réduire et/ou de fiabiliser les temps de parcours (notamment pour les TC), d'augmenter ou de maintenir la mobilité.

Le **trafic de transit** n'est cependant pas exclu des préoccupations de l'exploitation en niveau 1, même s'il ne représente qu'une faible part du trafic géré. En temps normal, l'objectif est simplement d'offrir aux usagers en transit, captifs du réseau structurant, un niveau de service compatible avec des déplacements interurbains. Le trafic de transit peut toutefois devenir une préoccupation dominante soit pendant certaines périodes, soit pour certains exploitants partenaires.

*** Rôle de l'exploitation**

Une des caractéristiques des voies exploitées en niveau 1 est qu'elles supportent un trafic élevé, atteignant fréquemment la capacité ou l'approchant. Elles ne fonctionnent pas spontanément de façon optimale. Les perturbations y sont fréquentes et prennent rapidement

une dimension importante. Ces voies nécessitent une optimisation permanente de leurs conditions de fonctionnement. C'est là le principal objectif de leur exploitation.

Plus précisément, il s'agit :

- d'améliorer le niveau de service et/ou le maîtriser dans le cadre de politiques et de stratégies préétablies, notamment lorsque la demande approche ou dépasse la capacité,
- de gérer les restrictions de capacité occasionnelles et leurs conséquences,
- d'informer les usagers sur les conditions de circulation.

Les objectifs, ainsi que les stratégies et les moyens à mettre en oeuvre diffèrent selon le type de perturbations.

- **Les perturbations aléatoires et inopinées**, généralement liées à des accidents ou incidents. Le niveau du trafic et l'étendue du réseau en accroissent la probabilité et les rendent quasi quotidiennes.

L'objectif est de détecter ces perturbations et d'intervenir rapidement pour, d'une part, assurer la sécurité et, d'autre part, rétablir des conditions de circulation normales et éviter le développement non maîtrisé de la congestion.

Ceci implique la mise en place des moyens de détection et de confirmation (RAU, TV, DAI, patrouilles, etc.) et de moyens d'intervention (CEI, équipes, fourgons, astreintes, etc.). Des scénarios types étudiés à l'avance (cahier de consignes ou de procédures, par exemple) facilitent les actions de gestion de trafic et d'information des usagers dans les cas les plus complexes.

- **Les perturbations récurrentes** qui sont liées à des saturations périodiques ponctuelles.

L'objectif est de les minimiser ou, tout au moins, de les maîtriser dans le cadre d'une politique préétablie. Elles font l'objet de stratégies de régulation et d'information étudiées à l'avance et ajustées périodiquement, voire en permanence.

On fait appel à des dispositifs de connaissance du trafic et à des moyens de régulation par feux ou régulation d'accès ou encore régulation de vitesse, information ou conseils aux usagers, etc... Mettre en oeuvre et optimiser ces stratégies constitue une part importante de l'ingénierie du trafic.

- **Les perturbations irrégulières mais prévisibles**, telles que celles occasionnées par les chantiers ou manifestations diverses (sportives, culturelles, etc.). Elles font généralement l'objet d'études cas par cas pour prévoir les conséquences sur le trafic et déterminer les actions spécifiques à effectuer. Elles peuvent nécessiter la mise en oeuvre de moyens particuliers, en plus des outils permanents d'exploitation.

Ce sont les perturbations inopinées (mais fréquentes), ainsi que certaines des perturbations récurrentes, qui déterminent la majorité des moyens permanents d'exploitation à mettre en place.

*** Interaction entre réseaux**

Les réseaux connexes interagissent nécessairement entre eux. Il faut donc y gérer le trafic de façon cohérente. Il faut éviter de reporter les difficultés d'un réseau sur un autre, mais plutôt organiser leur complémentarité dans un fonctionnement global prévisible et maîtrisable, par souci de l'utilisateur et de complémentarité entre gestionnaires.

* Interaction entre réseau de niveau 1 et réseau de surface⁴

Ces interactions se traduisent :

- soit par des politiques permanentes de gestion de trafic sur les différents réseaux, imbriquées entre elles,
- soit par des stratégies de gestion des perturbations occasionnelles ou récurrentes.

Principaux types d'interaction :

-----> *Entrée sur le réseau de niveau 1*

- **Remontée de la saturation** du *réseau de niveau 1* vers le réseau de surface avec propagation de la congestion dans la zone qui entoure le diffuseur.

Stratégie d'information dissuadant les usagers d'utiliser le *réseau de niveau 1* ou de transiter dans la zone saturée. Stratégie locale de gestion des feux pour limiter l'extension de la saturation sur le réseau de surface.

- **Régulation d'accès**: régulation par feux, voire fermeture temporaire mais exceptionnelle de certains accès au *réseau de niveau 1*. L'objectif est de préserver une offre optimale d'un axe à fort débit, en y retardant l'apparition de la saturation (qui entraîne une baisse de capacité et pénalise un grand nombre d'usagers), approche bénéfique à tous les réseaux.

On cherche à reporter les trajets en baïonnette vers d'autres itinéraires et à privilégier les trajets longue distance sur le *réseau de niveau 1*. On peut aussi stocker ou reporter l'excès de demande à un endroit où elle ne risque pas de propager trop rapidement la saturation.

- En cas de **coupure de réseau de niveau 1**, on peut être conduit à fermer certains accès à proximité de la section coupée pour éviter le stockage excessivement long d'usagers sur le *réseau de niveau 1*.

- **Information des usagers** du réseau de surface sur les conditions de circulation du *réseau de niveau 1* (favorables ou défavorables). Elle permet aux usagers d'optimiser leur trajet en connaissance de cause.

-----> *Sortie du réseau de niveau 1*

- **Saturation du réseau de surface** à proximité d'un diffuseur avec remontée de saturation sur le *réseau de niveau 1*.

Stratégie pour augmenter la capacité d'absorption du réseau de surface (plans de feux) et reporter une partie des sorties de la VRU sur les diffuseurs voisins (information, guidage).

- **Déviation ou délestage du réseau de niveau 1 sur le réseau de surface**: il s'agit principalement des itinéraires de *substitution* de diffuseur à diffuseur utilisés en cas de coupure du *réseau de niveau 1* ou de réduction de capacité trop importante (accident, chantier).

- **Information des usagers** du *réseau de niveau 1* sur les conditions de circulation du réseau de surface visant à éviter d'alimenter en trafic les zones saturées.

- Stratégie de **modération du volume de la circulation** dans certaines zones (centre ville, par exemple). Implique de reporter une part du trafic local et d'échange sur d'autres réseaux, notamment sur les VRU de rocade.

⁴ Le terme de *réseau de surface* s'oppose ici à celui de *réseau de niveau 1* tel que défini ci-avant. Il désigne le réseau urbain traditionnel, caractérisé par de nombreux carrefours à niveau et accès riverains.

*** Interaction entre réseau de niveau 1 et autoroutes interurbaines :**

Certaines parties du réseau exploité en niveau 1 assurent la continuité des grands itinéraires interurbains, notamment autoroutiers. Là aussi, ces réseaux doivent être exploités de façon cohérente.

On peut distinguer deux types de périodes :

- les périodes de **trafic de transit normal** où sa prise en compte se limite généralement à assurer sur le réseau périurbain un niveau de service homogène à celui de l'interurbain (délai d'alerte, d'intervention, fluidité, information des usagers, etc.):

- continuité du service et des équipements,
- information sur le réseau interurbain des perturbations sur le *réseau de niveau 1* de l'agglomération,
- limiter la perturbation au trafic de transit par la surcharge du réseau périurbain,
- gestion des points de choix s'il existe des itinéraires alternatifs pour le trafic de transit ou d'échange.

- les périodes de **très fort trafic de transit** où il devient temporairement un des objectifs majeurs de l'exploitation du *réseau de niveau 1*, voire le principal. Les conséquences diffèrent selon que la pointe de transit coïncide ou non avec une pointe quotidienne. Ceci peut se traduire par:

- l'asservissement, partiel ou total, de la gestion du niveau 1 à un plan de gestion de trafic (PGT) plus large de type PALOMAR, selon des modalités préétablies cas par cas,
- des stratégies de gestion différentes de celles appliquées quotidiennement. Par exemple: gestion de points de choix, affectation de voies particulière dans une section ou un échangeur où elle ne serait pas optimisée vis-à-vis d'un transit important.

III.2.3 Le diagnostic

Le diagnostic est absolument indispensable car il ne peut que concrétiser un constat commun entre les services intéressés, et cela constitue un grand pas vers la cohérence recherchée.

Pour faire un bon diagnostic, il faut avoir défini les indicateurs parmi lesquels on pourra retenir :

- La nature du réseau

Il s'agit du statut des routes, du nombre de voies disponibles, de l'évolution prévisible du réseau.

- Le domaine géographique

Il faut définir les parties de réseau que l'on peut retenir pour une gestion commune, qui concernent directement la vie et la traversée de l'agglomération. Pour avoir une vision correcte de ce domaine, les mesures sur les autres indicateurs sont nécessaires.

- La densité des points d'échange

Les points d'échange doivent être soigneusement recensés, en tenant compte des domanialités différentes éventuelles et en les hiérarchisant vis à vis des trafics concernés.

- Les possibilités de maillage

Le maillage du réseau devra tenir compte avec précision des capacités différentes de chaque maille retenue. Les actions ne pourront pas être identiques si les mailles sont équivalentes ou si elles ont des débits notablement différents.

- Les zones à risques

Elles feront l'objet d'études particulières et doivent être identifiées, tant du point de vue de la sécurité que de la proximité d'établissements dangereux, avant le diagnostic.

- La situation actuelle du trafic

On étudiera sa structure (transit habituel, transit de grande migration, échange en semaine, échange en fin de semaine, interne à l'agglomération), en recherchant les périodes de coexistence des différents flux.

Il est intéressant de noter l'évolution des dernières années, les répartitions mensuelles, journalières et horaires. La répartition spatiale a également son importance, les mêmes zones n'ayant pas toujours la même importance.

- Les prévisions de trafic

Toutes les études en cours doivent être sollicitées, en particulier les enquêtes MENAGE et CORDON, les recensements de population. Il sera nécessaire d'en entreprendre si les données disponibles sont jugées insuffisantes. C'est en fonction des prévisions que le projet d'exploitation pourra être pris en compte puis correctement dimensionné.

- Les réserves de capacité

Les réserves de capacité doivent être recherchées sur le réseau. En effet, les améliorations attendues par une gestion du trafic ne peuvent pas se réaliser si la totalité du réseau est en situation de saturation complète. La situation géographique des maillons où existe une réserve de capacité et l'importance de cette dernière influera sur la définition des scénarios de gestion.

- Le bilan des perturbations

C'est en général en partant de ce bilan que la nécessité d'une gestion de trafic de niveau 1 se justifie.

Les études doivent regrouper l'ensemble des encombrements sur le réseau concerné. Les données de bases paraissent facilement accessibles : relevés des CRICR, comptes rendus des exploitants, ressentis des usagers, etc. Il y a pourtant des difficultés pour mesurer la réalité de manière suffisamment fiable. Par exemple, les CRICR ont une vision plus fine sur les périodes ou les itinéraires les mieux surveillés par les forces de police, les exploitants disposant de caméras gardent une vision très subjective hypothéquée par le temps réel, les services équipés de boucles de comptages permettant des statistiques n'ont pas une densité d'équipements suffisante pour mesurer les encombrements.

On notera que la notion d'HKM (heures x kilomètres de bouchons) ne tient pas compte de l'amélioration éventuelle de fluidité en aval et peut avoir des répercussions inégales sur les temps de parcours. D'autre part, la notion de bouchon n'est plus applicable dès qu'apparaît la gestion centralisée par carrefours à feux. Le temps de parcours et/ou l'écart-type par rapport à un temps moyen d'un trajet peut devenir prépondérant.

Des études spécifiques complémentaires sont donc en général nécessaires pour bien mesurer les encombrements. On peut citer parmi les moyens utilisables:

- Implantations de boucles de comptages complémentaires,
- Implantations de caméras complémentaires, ou utilisation particulière des moyens en place,
 - Relevé et suivi par enquêteurs des queues de bouchons pour des périodes identifiées,
 - Relevés par surveillance aérienne de l'ensemble du réseau en heure de pointe. Cette méthode peut s'avérer particulièrement utile pour avoir une vue exhaustive de ce qui se passe au même moment sur l'ensemble des radiales périurbaines, pour lesquelles les données sont en général très subjectives.
- Mesures de temps de parcours enregistrés sur itinéraires identifiés. Ces mesures offrent une grande densité de résultats facilement exploitables.

- Les scénarios types de perturbations

Ils s'apprécient en fonction du constat précédent, des prévisions de trafic et de l'évolution des infrastructures.

- Les problèmes quotidiens de maintien de la viabilité

Le recensement de ces problèmes sera fait avec tous les gestionnaires concernés. Ils sont liés aux chantiers, à la viabilité hivernale, aux accidents, à la maintenance des équipements, aux manifestations diverses.

- Les attentes du public

Si elles ne sont pas bien cernées par leur expression spontanée, il peut être particulièrement utile d'avoir recours à une enquête bien ciblée sur les usagers du réseau en toutes situations.

En conclusion, la connaissance de l'état de tous les indicateurs qui viennent d'être cités permet d'établir le diagnostic sur le réseau étudié. On pourra alors envisager de recenser suivant les fonctions à assurer, les besoins en équipements nécessaires pour réaliser le projet. Ces besoins se définiront en commun avec l'ensemble de gestionnaires, leur prise en compte étant directement liée au type d'organisation retenue.

Lorsque le diagnostic est réalisé, il reste à définir les limites de la zone à prendre en compte pour la gestion du trafic autour de l'agglomération, en choisissant les axes sur lesquels des actions pourront être entreprises. Cela conduit à étudier une qualification fonctionnelle du réseau, pour laquelle différentes approches ont été effectuées.

Pour la plupart des agglomérations classées en niveau d'exploitation 1, le réseau sur lequel doivent être menées des actions de gestion de trafic dépasse comme nous l'avons déjà dit, les seules voies rapides urbaines : nous rappelons qu'on y trouve également des axes régulièrement associés à leur exploitation et des itinéraires mobilisés occasionnellement. Il est important de souligner que la configuration de ces axes peut être très différente, entre la voie à caractéristiques autoroutières et le boulevard urbain bordé d'arbres et théâtre de nombreuses activités, même s'il leur faut présenter une capacité suffisante pour participer à l'exploitation du réseau. Il faudra donc veiller à ce que les objectifs d'exploitation ne concourent pas à utiliser des voies pour des fonctions auxquelles elles ne pourront pas répondre.

III.3 Les objectifs

Un grand nombre d'objectifs peut être imaginé pour bâtir un système d'exploitation. Sans souci de hiérarchie, on peut par exemple citer :

- amélioration de la sécurité (prévention des accidents et interventions sur les accidents),
- traitement du trafic de transit,
- prise en compte des divers trafics d'échange,
- maîtrise des grands flux occasionnels,
- amélioration de la circulation pendant les pointes journalières,
- maîtrise des trafics induits par les grands pôles générateurs,
- limitation sur l'ensemble du réseau des répercussions dues aux accidents et aux chantiers,
- amélioration du confort de l'usager,
- réduction des temps de parcours,
- réduction des dépenses énergétiques,
- maîtrise de la pollution,
- surveillance et protection des zones sensibles (nappes phréatiques, fleuves, ...),
- contrôle des zones à risques (chimie, nucléaire, ...),
- éviter l'engorgement du centre ville,
- favoriser l'intermodalité,
- assurer la continuité des autoroutes de liaison,
- desserte du système de stationnement,
- réduction et contrôle des nuisances,
- etc...

Il est bien évidemment possible de définir d'autres objectifs en fonction des configurations des agglomérations étudiées.

Pour bien clarifier la démarche, il est indispensable de reconnaître que chaque intervenant a ses propres objectifs. Ils peuvent être communs, mais il n'est pas impossible d'en trouver des divergents, pour lesquels des compromis seront nécessaires.

Le choix et la hiérarchisation se traduiront par la définition d'une stratégie d'exploitation.

C'est la conclusion de cette recherche qui permettra de négocier le type de rapports à prévoir entre les partenaires, avec des règles bien précises de prise de décision. L'organisation et les moyens retenus dépendront alors de l'ensemble de ces règles. Ils ne devront pas rester figée mais permettre toutes les ouvertures rendues possibles par les expériences de fonctionnement.

III.4 Les domaines d'exploitation

Le SDER a recensé trois domaines, déjà mentionnés au chapitre I, pour l'exploitation de la route. Pour chacun d'eux, on rappelle ci-dessous les principales missions. Des indicateurs reflétant le niveau d'exploitation souhaité seront décrits et quantifiés dans la phase opérationnelle.

III.4.1 Maintien de la viabilité

Le maintien de la viabilité recouvre l'ensemble des interventions sur le terrain destinées, en cas de perturbation, à maintenir ou à rétablir des conditions d'utilisation de la voie les plus proches de la situation normale.

Les principales missions affectées au domaine de la viabilité sont :

- surveillance générale du réseau : elle permet un constat des perturbations et des besoins d'intervention associés. Sa qualité est caractérisée par un délai d'alerte (intervalle de temps entre l'apparition de l'événement et le porter à connaissance du gestionnaire);
- interventions d'urgence : il leur est associé un délai d'intervention qui est l'intervalle de temps entre l'instant où la perturbation est connue par le service et l'instant où l'intervention démarre effectivement. Elles comprennent bien évidemment les opérations de dépannage, de dégagement et de secours;
 - service hivernal;
 - organisation des interventions prévisibles (chantiers, convois et manifestations);
 - maintenance des équipements.

III.4.2 Gestion du trafic

La gestion du trafic recouvre l'ensemble des dispositions visant, dans le cadre d'objectifs prédéfinis, à répartir et contrôler les flux de trafic dans le temps et dans l'espace, afin d'éviter l'apparition des perturbations ou d'en atténuer les effets.

Les principales missions affectées au domaine de la gestion du trafic sont :

- préparation de la gestion des flux de trafic : elle vise à définir une stratégie d'action;
- actions préventives avant le déplacement : elles font largement appel à l'information routière;
- traitement en temps réel des flux de trafic : actions de gestion pour réduire l'effet des perturbations. On peut citer la régulation d'accès et/ou de vitesse, la gestion de barrières de péage, l'affectation de voies, les itinéraires de substitution, le stockage ou la mise en convoi des poids lourds et l'information des usagers allant jusqu'à la prescription.

III.4.3 Aide au déplacement

L'aide au déplacement recouvre l'ensemble des dispositions visant à diffuser, par un moyen ou par un autre, toute information prévisionnelle ou actuelle sur les conditions de circulation. Son objectif général est la sécurité et le confort de l'usager.

Les principales missions sont :

- information prévisionnelle sur les conditions de circulation : elle concerne principalement les chantiers, les manifestations, les conditions de trafic et les incidences de la météorologie;
- information en temps réel sur les conditions de circulation qui porte plutôt sur l'état de la circulation et des perturbations que rencontreront les automobilistes sur un itinéraire déterminé.

III.5 La problématique liée à la prise en compte des transports en commun

Les questions de transports collectifs doivent être traitées de plusieurs manières dans les études de pour la création d'une exploitation de niveau 1.

III.5.1 Sur les voies rapides

Il faut examiner s'il y a matière à favoriser la circulation des bus sur les voies rapides, et si oui, comment. Des expériences ont montré que les lignes de transports collectifs express n'étaient pas suffisamment chargées pour justifier la réservation d'une voie, même lorsqu'on autorise également sur celle-ci la circulation des taxis et des services d'urgence. Les premières expériences de covoiturage menées en région parisienne permettront peut-être d'atteindre le seuil d'acceptabilité qui doit en première approximation se situer aux environs de 500 véhicules/heure. Il est clair que pour un tel niveau de flux, l'exutoire doit être aménagé et exploité de telle manière qu'il ne rende pas inopérante la priorité qui aurait été ainsi donnée aux véhicules concernés.

III.5.2 Sur les voies associées au réseau de voies rapides

Lorsqu'un événement se produit sur le réseau de voies rapides, et qu'il est alors fait appel à la capacité du réseau associé pour parer à une obstruction de la circulation, les plans de gestion du trafic doivent être préparés de manière à perturber le moins possible les axes supportant les principales lignes de transports collectifs, lorsque ceux-ci n'y disposent pas d'une voie réservée.

III.5.3 Utilisation exceptionnelle des parcs relais et des réseaux de transports collectifs

Le présent paragraphe concerne non seulement les réseaux de bus, mais également les réseaux ferrés. Deux cas principaux se présentent. D'une part en régime de perturbation

récurrente lors de la mise en place d'un dispositif de régulation d'accès aux voies rapides, les usagers ont le choix d'attendre ou d'utiliser les facilités des parcs relais et des réseaux de transports collectifs qu'ils desservent. Une information sur la disponibilité de places aux parcs relais sera donc très utile en amont du dispositif de régulation d'accès. D'autre part en régime de perturbation exceptionnelle sur les voies rapides, il peut être intéressant de signaler aux usagers les disponibilités offertes par ce système. Si les PMV sur voie rapide semblent peu adaptés à ce type d'information, il n'est pas exclu de la convoyer par radio locale.

IV) Le partenariat

Les partenaires sont concernés par la démarche et participent à la conception ou au financement de l'opération.

Les acteurs participent, ou sont associés selon leurs spécificités à la mise en oeuvre de mesures opérationnelles du projet.

Ils seront recensés avec leurs missions respectives au chapitre VII.

IV.1 Définition générale des partenaires

Le milieu urbain concentre une multiplicité de partenaires dont les missions se côtoient et se complètent sur un même territoire. Parmi les partenaires concernés par la présente démarche, on peut regrouper les partenaires institutionnels d'une part et les partenaires techniques d'autre part.

Les partenaires institutionnels potentiels : généralement maîtres d'ouvrages, participeront au montage du projet d'exploitation et à la vie du système au plan financier.

Les partenaires institutionnels concernés au niveau du milieu urbain sont les suivants :

- L'État : Équipement et Forces de l'ordre,
- La Région,
- Le Département,
- La Ville, les communes ou le Groupement de communes,
- Les Sociétés concessionnaires d'autoroute ou de voirie urbaine,
- L'Autorité organisatrice de Transport en Commun,
- La SNCF
- Les ports autonomes

Les partenaires techniques potentiels : services techniques ou représentants des partenaires institutionnels, les partenaires techniques participeront à l'élaboration du projet d'exploitation et à son évolution au plan technique et organisationnel.

Les partenaires techniques peuvent être les suivants :

- DDE, CETE, DREIF(SIER)
- Ville ou Groupement de communes
- Sociétés concessionnaires d'autoroute ou de voirie urbaine et de parcs de stationnement
- Service Technique Départemental

- Exploitant du réseau de transport en commun
- Gendarmerie, CRS, DDSP
- CRICR
- Service de secours et d'intervention
- Associations d'usagers
- Opérateur d'information dédiée

IV.2 Objectifs des partenaires

La nécessaire coopération entre les différents acteurs et partenaires va se traduire par une phase de concertation avec pour objectif principal l'identification d'objectifs et de stratégies d'exploitation. Viendra ensuite la mise en oeuvre de ces stratégies par la définition de moyens financiers et humains.

Cette phase de concertation va positionner chaque partenaire dans son rôle et ses missions, aussi ce chapitre décrit très succinctement les objectifs ou les missions des principaux partenaires institutionnels.

L'État : Équipement et Forces de l'ordre

Dans le cadre de ses missions générales, le rôle de l'État est d'assurer la sécurité et les déplacements des biens et des personnes. Il faut toutefois préciser que le rôle de police de l'État n'est pas déléguable.

En matière d'exploitation, l'État peut être amené à privilégier le maintien de la fluidité des itinéraires interurbains ainsi que l'accès aux pôles d'intérêt national. L'État participe également à l'élaboration et à la mise en oeuvre de la politique de déplacements multimodaux.

En matière de sécurité, le rôle de l'État est de réduire le nombre et la gravité des accidents ainsi que d'assurer la protection des opérations d'intervention.

L'État est aussi porteur d'objectifs qui visent à améliorer le cadre de vie et à diminuer les nuisances (pollution, bruit, consommation d'énergie,...).

La Région

Autorité des transports régionaux, la région pourra intervenir lors de la définition des outils d'exploitation en particulier dans leurs possibilités d'alimenter un observatoire des déplacements de personnes et de marchandises. De plus, elle peut être encline à favoriser la coordination entre les réseaux ferrés et les réseaux routiers.

Le Département

Le Département doit assurer la sécurité des déplacements sur son réseau. Ses objectifs principaux sont également l'amélioration de la sécurité, la fluidité du trafic sur son réseau et l'organisation des transports départementaux.

La Ville, les communes ou le Groupement de communes

Les missions de la ville, des communes et du groupement de communes le cas échéant, sont également d'assurer la sécurité des personnes et des biens.

Par ailleurs, la ville, les communes ou le groupement de communes peut privilégier la desserte des quartiers et l'accessibilité aux zones d'activités. Elle organise les déplacements de tous modes de transport dans le cadre d'une politique qu'elle a initiée en tant qu'organisatrice des transports urbains. A ce titre et pour faire valoir ses objectifs, elle peut cofinancer des opérations sur la voirie. Un réseau de transport en commun est un fournisseur potentiel d'informations sur les conditions de circulation urbaine.

Cette politique des déplacements peut se traduire en fonction des situations locales par "remplir" la ville le plus vite possible le matin ou à l'inverse favoriser le transfert modal de la voiture particulière vers les transports en commun. Elle peut aussi se traduire par la réservation aux piétons de l'accès de certaines zones ou la dissuasion de desserte de certains quartiers par des mesures contraignantes sur la fluidité du trafic.

La Ville ou le Groupement de communes se préoccupe également de la protection du cadre de vie et peut être amené à promouvoir des objectifs de santé publique.

Les sociétés concessionnaires d'autoroute ou de voirie urbaine

Les sociétés concessionnaires de voirie ont pour mission d'assurer la sécurité des déplacements des personnes et des marchandises sur leur réseau. La notion de péage génère toutefois une sorte de contrat moral entre eux et les usagers qui les incitent à une grande vigilance du niveau de service et par voie de conséquence au maintien de la fluidité des voiries.

IV.3 Les approches concertées

IV.3.1 Mise en oeuvre de la concertation

Un des premiers objectifs du regroupement des partenaires sera de définir les termes de référence de son action. Après une première approche des objectifs et des possibilités d'action, les partenaires seront amenés à élaborer des conventions qui fixeront les modalités d'intervention de chacun et qui permettront la mise en oeuvre concrète de la gestion coordonnée des trafics et la diffusion d'informations routières si nécessaire.

Si peu d'exemples de convention existent aujourd'hui, cette démarche a tout de même été menée à bien dans certaines configurations citées ci-après. En matière de gestion des trafics on peut citer CORALY à Lyon et le SGGD à Toulouse. En matière de diffusion d'informations routières il faut mentionner Info-route "Radio-France Provence" à Marseille ainsi que la réglementation actuelle en matière de diffusion d'information routière qui doit servir de cadre pour les futures relations entre partenaires dans ce domaine (chapitre IX).

CORALY à Lyon

Une convention a été signée entre l'État, le conseil général du Rhône, et les sociétés concessionnaires SAPRR, ASF, AREA pour définir les conditions de conception, de construction, d'exploitation, d'entretien et de financement d'un système de coordination et de régulation du trafic sur les voies rapides de l'agglomération lyonnaise (système CORALY).

Le système CORALY a pour objet, grâce à une surveillance continue du trafic et à une information constante des usagers, d'accroître la fluidité et de renforcer la sécurité des conditions de la circulation automobile sur le réseau intéressé, en optimisant la régulation des flux et l'administration des secours.

Un comité technique de pilotage ainsi qu'une équipe de conduite d'opération ont été constitués afin de mettre en oeuvre l'ensemble de l'opération.

Le Système de Gestion Globale des Déplacements de l'agglomération toulousaine (SGGD)

Le projet de gestion globale des déplacements de l'agglomération toulousaine est le résultat, sous l'impulsion des programmes européens de recherche, d'une démarche de concertation associant les principaux exploitants de voirie et de réseau de transports collectifs. Les études menées ont montré la nécessité d'élaborer des stratégies d'exploitation aux intersections des réseaux et d'offrir aux usagers un service global d'information.

Les partenaires associés sont la ville de Toulouse, le syndicat mixte des transports en commun, la direction départementale de l'équipement et la société concessionnaire des autoroutes du sud de la France; leurs projets individuels d'exploitation concernent la gestion du trafic urbain de la ville de Toulouse (CAPITOUL II), l'aide à l'exploitation du réseau Bus (SAE - bus) et l'exploitation des voies rapides urbaines (ERATO).

Les objectifs de la gestion globale des déplacements sont d'optimiser l'usage des réseaux de transport et de participer à la protection du cadre de vie. La poursuite de ces objectifs stratégiques se traduit par la mise en oeuvre :

- d'un observatoire des déplacements,
- d'études et de programmes de recherche,
- d'information aux usagers,
- d'une organisation de gestion de crise.

Les actions immédiates qui seront mises en oeuvre sur la période 1994 - 1998 concernent :

- la création d'un campus "trafic urbain" rapprochant les PC de chacun des exploitants et la Zone Expérimentale et Laboratoire de Trafic (ZELT) autour de locaux utilisés en commun dont une salle opérationnelle de crise et d'une radio FM. Ce campus est aussi destiné à accueillir les bureaux d'études et industriels qui souhaiteront bénéficier de la dynamique de cette zone.

- la création d'une structure juridique pour la gestion des locaux et équipements communs,
- la mise en place de structures de coordination permanente entre les partenaires.

IV.3.2 Les autres approches concertées sur les déplacements

D'autres opérations appellent à la concertation entre différents maîtres d'ouvrages du milieu urbain. Dans le domaine des déplacements, on peut mentionner le Plan de Déplacement

Urbain (PDU), le Dossier de Voirie d'Agglomération (DVA), le Schéma Directeur de Signalisation (SDS).

La mise en place du SDER comme les PDU, DVA et SDS renvoie à une problématique d'organisation des déplacements. Si le SDER a pour finalité de faire appliquer une politique des déplacements au quotidien, le PDU se propose d'organiser les déplacements à moyen terme, le DVA se propose d'organiser et de prévoir les déplacements à long terme et le SDS applique les choix concertés en matière d'utilisation de la voirie et d'affectation sur les réseaux.

Ces trois démarches appellent à la concertation et ce paragraphe décrit succinctement les procédures de concertation de ces trois types d'opération.

Le Plan de Déplacements Urbains.

La Loi d'Orientation des Transports Intérieurs (LOTI) de 1982 a instauré les PDU en leur donnant comme objectif principal de "permettre une utilisation plus rationnelle de la voiture et assurer la bonne insertion des piétons, des véhicules à deux roues et des transports en commun".

Au delà des objectifs explicites, l'enjeu de l'élaboration et de la mise en oeuvre du PDU est de :

- former un outil durable d'aide à la décision pour les responsables politiques locaux, en définissant un cadre d'actions cohérent à moyen terme,
- orienter les activités des techniciens en fonction des choix des responsables politiques,
- susciter des modifications de comportement des usagers.

Pour y parvenir, le PDU doit réaliser un consensus sur la base d'une large concertation entre :

- les collectivités territoriales elles mêmes,
- les collectivités territoriales et les acteurs techniques et économiques,
- les collectivités territoriales et la population.

Ainsi donc, l'élaboration d'un PDU est centrée sur la participation des principaux acteurs de l'agglomération. Après une phase d'analyse, diagnostic et propositions sont élaborés en concertation avec l'ensemble des acteurs. Une enquête publique n'est pas à exclure comme procédure de concertation finale sur le projet avec la population. Les responsables élus ont la plus entière liberté sur l'organisation de l'information et de la concertation.

Le Dossier de Voirie d'Agglomération.

La démarche DVA s'inscrit dans le renouveau des réflexions sur la planification urbaine. Elle marque la volonté de l'État de promouvoir, sur le long terme, des démarches concertées entre l'ensemble des partenaires concernés par les grands projets publics d'aménagement ou d'infrastructure. Ce dialogue est essentiel et doit permettre de s'accorder sur la définition d'un schéma à long terme des voiries structurantes de l'agglomération et la répartition des domanialités.

Procédure nouvelle, elle préconise que les services de l'État associent les collectivités locales et leurs services techniques dès le lancement de la démarche et de manière permanente pendant son déroulement. La mise en oeuvre d'une réelle démarche partenariale constitue un élément déterminant dans la réussite de la démarche DVA.

Sur l'agglomération grenobloise, les premières séances de partenariat ont eu pour objet de recueillir un consensus sur l'objectif des études, leur aire, leur contenu et l'échéancier de réalisation. Elles furent également mises à profit pour négocier une participation financière des collectivités locales aux études. De prime abord, il a été précisé :

- que les études porteraient sur tous les modes de déplacement avec une recherche de complémentarité des moyens,
- qu'elles seraient conduites collectivement par un groupe technique composé de tous les techniciens de l'agglomération,
- qu'un débat partenarial serait régulièrement organisé avec tous les élus concernés.

Après avoir pratiqué cette démarche consensuelle, les acteurs tirent les enseignements suivants :

- la concertation régulière est particulièrement nécessaire et riche d'enseignements pour le pilotage des études,
- la stratégie du discours fondé sur la globalité et la complémentarité des modes de déplacements permet d'organiser des débats cohérents,
- l'élaboration des études en groupe technique offre une plus grande richesse et fédère les acteurs sur les enjeux et les recherches de solutions,
- cette pratique nécessite un fort investissement en temps et en rendu pédagogique.

Le Schéma Directeur de Signalisation.

Les usagers de la route se déplacent et s'affectent sur les réseaux de voirie sans tenir compte du classement de la voirie.

Pour des voiries nécessitant des pôles verts et gérées par différentes collectivités, la concertation entre celles-ci devient une nécessité qui se traduit par la constitution d'un Schéma Directeur de Signalisation d'agglomération.

Le SDS rassemble pour sa conception et son approbation, les services de l'État rassemblés en Commission Inter-Services (CIS) ainsi que les maîtres d'ouvrages voirie locaux comme les Communes, les groupements de communes compétents en voirie et le (ou les) Conseil(-s) Général(-aux) concerné.

La concertation porte sur la définition des voiries qui supporteront les liaisons entre pôles en cohérence avec les schémas directeurs départementaux et pour les pôles verts avec l'ensemble du réseau routier. Le Schéma directeur de signalisation ainsi approuvé est ensuite appliqué par les différents maîtres d'ouvrages qui mettent en place et entretiennent les panneaux de direction correspondants.

V) Conduite du projet et contenu des dossiers

Lorsque le besoin d'avoir recours à une exploitation de niveau 1 apparaît, une grande partie des équipements peut déjà être en place. Mais d'autres sont toujours programmés, la plupart du temps liés physiquement aux précédents, et leur mise en oeuvre ne peut être différée en attendant la réalisation du projet d'exploitation final. La recherche rapide d'une cohérence du projet est donc indispensable. Elle n'évitera pas pour autant de voir dans certains domaines quelques pistes choisies remises en cause par une évolution imprévue des techniques. Les maîtres d'ouvrage devront toujours choisir les systèmes les plus ouverts par rapport aux possibilités du moment, en sachant que les coûts à la conception pourront quand même évoluer de façon importante lorsqu'il s'agit de techniques nouvelles.

Une démarche, type Qualité (chapitre XIII), spécifique à un projet d'exploitation de niveau 1, issue d'une réflexion préalable, est alors une garantie de cohérence pendant la réalisation du projet.

Les dossiers à présenter dans le cadre des projets de niveau 1 doivent suivre une logique comparable aux dossiers de création d'infrastructures. La description du phasage et de la composition des dossiers qui suivent s'inspirent pour une grande part de l'instruction annexée à la circulaire du 5 mai 1994 [CIR94] concernant les opérations d'investissement. Pour les projets impliquant principalement l'État (DSCR), il s'agit donc des règles à respecter pour la présentation des dossiers. Pour les projets impliquant d'autres partenaires que l'État, les dossiers devront tenir compte des procédures des uns et des autres.

Il convient de noter que les services responsables de la conduite de ces projets devront être attentifs à l'application de la circulaire citée plus haut, en particulier de l'annexe V qui y est jointe. Les services concepteurs devront être approchés pour que les sous-dossiers exploitation qu'ils élaborent soient cohérents.

V.1 Conduite du projet

V.1.1. Généralités

Les techniques particulières de gestion présentées ici chercheront à aider à distinguer ce qu'il est pertinent d'utiliser, en caractérisant les particularités des projets d'exploitation : techniques impliquées, gestion des innovations, prise en compte des besoins d'évolutivité, ... Rappelons qu'on peut distinguer trois temps dans un projet de système d'exploitation : dans un premier temps on étudie et on conçoit. Dans un second temps, on peut expérimenter pour valider certains choix techniques. Dans le dernier temps, on réalise, c'est-à-dire qu'on passe au stade "industriel". Beaucoup d'erreurs, de tâtonnements et d'approximations sont permis dans

les deux premiers temps. Au contraire, toute imperfection dans le dernier est irréversible et voit ses conséquences multipliées à l'échelle de l'ensemble du système.

V.1.2 Préliminaires sur la propriété des équipements

La conduite du projet est étroitement dépendante du nombre de partenaires concernés par la mise en oeuvre du système. En cas de *réseau de niveau 1* partagé entre plusieurs maîtres d'ouvrage, il importe de définir les règles de propriété des équipements. Ces règles permettront de fixer les prérogatives et responsabilités de chaque exploitant dans leur utilisation ainsi que de définir les modalités de leur financement et de leur fonctionnement.

Les équipements propres

Les équipements propres sont les équipements implantés sur le réseau routier de chaque exploitant qui sont nécessaires à l'exploitation de son domaine, pour ses besoins propres et pour les besoins du futur système : on y retrouve tous les dispositifs de recueil de données, de surveillance du trafic, d'appel d'urgence, d'information terrain (PMV, etc.), d'action sur le trafic ainsi que le centre d'exploitation de l'exploitant et le réseau de transmission liant ces équipements de terrain au centre.

Des études, menées en commun, détermineront les spécifications techniques minimales que devront respecter les équipements propres pour s'intégrer dans le dispositif du futur système de gestion.

Les équipements communs

Les équipements communs sont donc, a contrario, les équipements situés pour certains hors des réseaux routiers des exploitants qui sont rendus nécessaires pour le fonctionnement stricto sensu du système.

On y retrouvera donc essentiellement le réseau et les matériels de transmission reliant les centres d'exploitations propres de chaque exploitant au centre d'exploitation commun ainsi que celui-ci et ses équipements.

Nota : Les standards

L'évolutivité et la maintenabilité du système sont assurées en grande part par l'imposition de standards : si chaque "composant" répond à une spécification générale qui fait qu'il est facile de lui trouver un remplaçant, la maintenance sera facilitée. Ignorer cette question est un piège redoutable : on peut, avec un excellent cahier des charges, se faire livrer un système parfait... et s'apercevoir au bout de deux ans que seul son réalisateur est capable de changer un capteur, ou encore qu'aucune évolution n'est possible sans une refonte complète de l'ensemble.

Comment déterminer les standards à imposer ? Certains d'entre eux se placent naturellement aux frontières entre les sous-ensembles (approche "top-down" : on décompose et on fixe les interfaces) ; certains autres apparaissent quand on recense les composants disponibles "sur étagère" (approche "bottom-up" : on recense ce qui existe, puis on assemble). Dans tous les cas, le maître d'ouvrage devra être d'une grande vigilance pour vérifier et faire vérifier qu'ils soient imposés et effectivement respectés.

V.1.3 L'équipe projet

V.1.3.1 Présentation

Pour les besoins de la construction du système d'exploitation, il paraît indispensable de créer une équipe projet. Sa composition est à déterminer par le ou les partenaires concernés et doit être adaptée à la charge de travail estimée pour la conduite du projet. Elle pourra être placée, en cas de multi-partenariat, sous l'autorité du Directeur Départemental de l'Équipement.

L'équipe projet est responsable de la cohérence de l'opération et de la compatibilité des équipements. Elle rend compte en permanence aux maîtres d'ouvrage des conditions de réalisation de l'opération et se doit de l'informer de tout événement susceptible de mettre en cause le planning ou le coût des travaux.

En réalisant une exploitation de niveau 1, le responsable projet : chef de l'équipe projet est :

- directeur d'investissement éventuellement ;
- conducteur d'opération pour l'ensemble du projet (sauf peut-être s'il doit faire construire le bâtiment de son centre d'exploitation : une unité spécialisée en constructions publiques peut prendre cet élément en charge) ;
- maître d'oeuvre général directement mais éventuellement avec une assistance sous-traitée ;
- souvent, mais pas forcément, maître d'oeuvre particulier lorsque la responsabilité technique de la réalisation a été fractionnée : cela dépend des champs (il le sera plus facilement pour le génie civil des réseaux de transmission que pour l'informatique) et les conditions du moment.
- de toutes façons chef d'orchestre jonglant entre de multiples actions simultanées et veillant à ce qu'elles s'emboîtent correctement.

La réalisation de l'opération ne peut s'organiser qu'à partir du moment où l'équipe projet a une vision assez nette des contraintes externes et internes imposées au projet : chose obtenue à partir de la démarche d'études proposées dans ce guide. Des options alternatives au regard des besoins et des ressources du maître d'ouvrage pourront être testées. Le montage sélectionné sera le plus à même de limiter les problèmes.

Dans l'organisation de la maîtrise d'oeuvre, le chef d'orchestre a pour fonction de :

- donner à chaque sous-ensemble la spécification de sa fonction et de ses contraintes
- donner à chacun ses spécifications externes
- fixer les procédures de réception pour les spécifications et contraintes "internes" à chaque sous-ensemble
- pour les spécifications et contraintes "externes" à un sous-ensemble, fixer ces mêmes procédures qui concernent alors deux sous-ensembles : Il définit les conditions du "rendez-vous" et indique qui a l'antériorité ("c'est B qui s'adapte à A")
- s'assurer que toutes les documentations sont produites, surtout (c'est le plus difficile) celles relatives aux procédures de maintenance et d'évolution (ex. : dans la documentation concernant l'informatique... "que fait-on si on ajoute trente stations de comptage" : combien et de quel type peut-on en ajouter")

Nota : Des éléments complémentaires sont fournis au chapitre XIII sur la conduite et la gestion de projet d'exploitation.

V.1.3.2 Études de définition

L'équipe projet élabore et transmet pour approbation aux maîtres d'ouvrage les études de définition du système. Ces études ont pour objet de déterminer les prescriptions des cahiers des charges des équipements communs et les spécifications techniques minimales des équipements propres

V.1.3.3 Équipements communs

Étant également responsable de la **réalisation des équipements communs**, elle soumet pour approbation aux maîtres d'ouvrage, les différents documents concernant ces réalisations, à savoir :

- les avants projets et les projets de définition ;
- les prévisions de programmation des équipements ;
- toutes propositions intéressant les procédures de dévolution des marchés publics ;
- tous documents nécessitant l'approbation des Administrations centrales ou des Autorités de tutelle ;
- les modalités détaillées de financement des équipements;
- sous réserve de l'approbation de leur cadre, les états comptables permettant d'assurer le suivi de l'opération;
- les bilans annuels de l'opération

Elle présente les **budgets annuels prévisionnels** et les calendriers des appels de fonds et informe les maîtres d'ouvrage des formalités accomplies au titre **des marchés publics passés** par l'État

V.1.3.4 Équipements propres

L'équipe projet n'est pas responsable de la réalisation des équipements propres à chaque maître d'ouvrage. Cependant, pour jouer son rôle de coordination de l'ensemble de l'opération dans le cadre de la maîtrise d'oeuvre générale, elle doit :

- communiquer aux maîtres d'ouvrage les spécifications techniques minimales des équipements propres qu'ils doivent respecter
- leur notifier les contrôles, les épreuves et les essais qu'ils doivent effectuer et certifier avant de procéder à toute réception partielle de travaux intéressant leurs équipements propres.

V.1.4 Phasages

Le phasage de réalisation du projet doit tenir compte de plusieurs impératifs :

→ *financiers* : les prévisions de mise à disposition de crédits, notamment au travers des contrats de plan État-Région, constituent une limite des investissements réalisables annuellement.

→ *techniques* : suivant l'état de l'existant en matière d'équipements dynamiques d'exploitation, la mise en oeuvre des actions de gestion de trafic pourra être plus ou moins rapide. La base incontournable de ces systèmes d'exploitation est de disposer d'équipements de recueil de données et d'un réseau de transmission fiable. Leur réalisation préalable est donc indispensable. En outre, il ne faut pas sous-estimer, d'une manière générale, la durée et le nombre des études à mener.

→ *stratégiques* : chaque agglomération est particulière ; les problèmes à traiter et les solutions que l'on tente d'y apporter ne sont pas transposables d'un site à l'autre sans une profonde réflexion. Il convient donc, en préalable, de classer par ordre de priorité les types de situations auxquelles on souhaite s'attaquer en tenant compte de la faisabilité technique et financière : la prise en compte du trafic de transit semble plus aisée à réaliser en première phase que le traitement des perturbations récurrentes liées aux déplacements domicile-travail; certains problèmes ponctuels de sécurité peuvent apparaître très urgents à résoudre, etc.

Ces systèmes ne se réalisent pas de manière aussi "linéaire" qu'une opération d'investissement routier. La mise en place des équipements terrain, notamment, suit un planning fortement tributaire des opérations de construction et d'aménagement des infrastructures, ce qui introduit d'autres impératifs techniques.

Le maître d'ouvrage doit donc veiller, très en amont du projet, à ce que les mesures conservatoires soient prises par les constructeurs d'infrastructures : on pense essentiellement à la réalisation de génie civil pour le futur réseau de transmission (fourreaux, chambres, ...), à la mise en place de stations de comptage et de caméras de vidéosurveillance.

V.1.5. Exemples de montages

Deux exemples sont ici présentés. Le premier tend plutôt à concentrer les responsabilités, avec pour effet de diminuer le nombre d'interlocuteurs à gérer. En particulier, le nombre de marchés à passer est réduit.

Dans le deuxième exemple, le projet est morcelé : c'est une optique de mise en oeuvre progressive, dans laquelle on met en place des morceaux de petite taille. Le nombre élevé de prestations indépendantes rend la tâche du maître d'oeuvre général plus complexe.

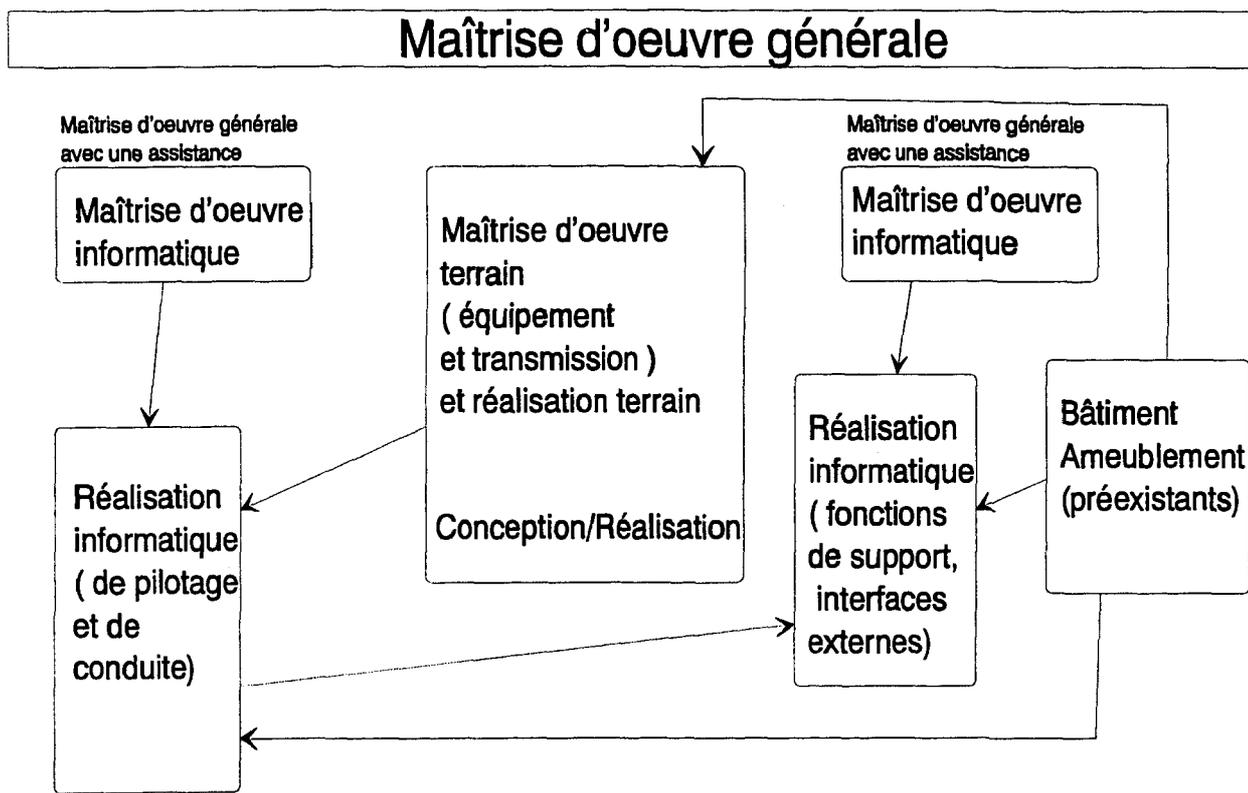
V.1.5.1. Opération 1

Ce montage minimisant le nombre d'intervenants, minimise par conséquent les conflits.

Ce choix résulte d'une philosophie qui énonce que tout décalage à la frontière entre deux prestations se finit par une ponction sur la caisse du maître d'ouvrage.

Les tâches de coordination technique étant réduites, le maître d'oeuvre général peut concentrer des ressources sur ses fonctions essentielles : l'organisation et les procédures de régulation du trafic. Enfin, le marché de conception-réalisation pour les équipements de terrain permet une réalisation rapide, puisque toutes les souplesses du secteur privé sont

disponibles pour rassembler les ressources nécessaires pour réaliser en quelques mois les études d'exécution d'une agglomération entière... ce dont l'administration ne peut que rêver.



Les traits fléchés signifient que le Maître d'oeuvre général fait spécifier par le bloc origine une interface puis astreint le bloc extrémité à la respecter

Figure V.1

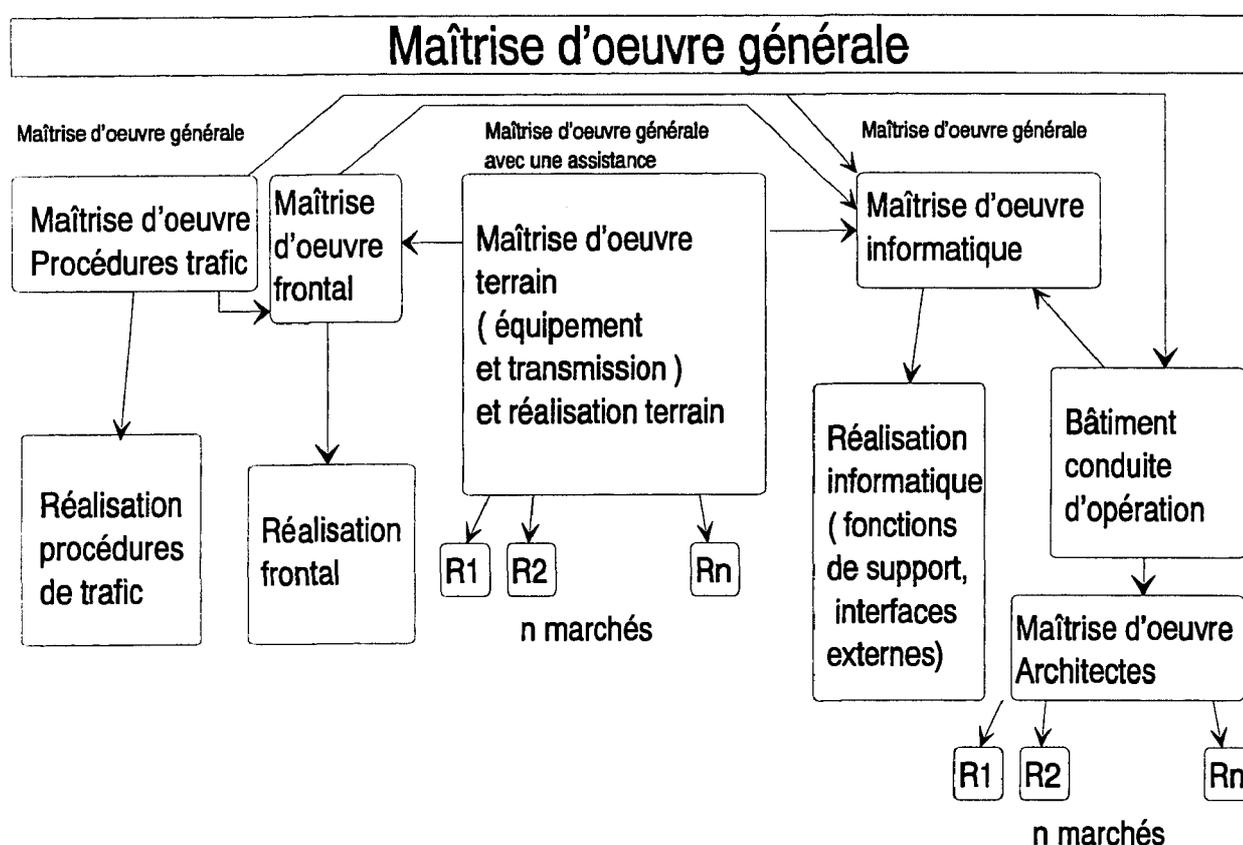
Quelles sont les difficultés qui peuvent être rencontrées ?

- le concepteur-réalisateur, nanti d'un gros marché et y ayant affecté des équipes nombreuses, peut devenir un peu encombrant... son maître d'ouvrage, doit faire preuve d'énergie pour se faire entendre et de vigilance pour ne pas être dépassé par la capacité d'exécution de son interlocuteur.
- la définition de l'interface entre l'informatique et le terrain, tâche qui peut revenir en propre au maître d'oeuvre général, peut exiger plus de travail que prévu.
- l'appropriation de l'informatique par le maître d'ouvrage ne se fait pas sans mal : il faut aller bien au-delà du fonctionnel dans la conduite d'une opération dans cette discipline.
- le maître d'ouvrage peut intervenir dans la conception technique des équipements de terrain, parce qu'il faut sauvegarder ses intérêts d'exploitant ultérieur et par conséquent écarter des solutions qui présentent des risques à long terme (évolutivité, maintenabilité, durée de vie). Cet écart par rapport à la théorie de la conception-réalisation est délicat à gérer parce que ce droit de regard est difficile à formuler dans le cahier des charges du marché. Il n'en demande que plus de doigté...

En définitive, c'est un montage adapté lorsque la maîtrise d'ouvrage est dotée dès le départ d'une expérience solide qui lui permettra de détecter rapidement les signes de dérive et de dégager des ressources pour y répondre.

V.1.5.2. Opération 2

Le second montage divise la réalisation et donne un rôle beaucoup plus explicite à la maîtrise d'oeuvre générale. En fractionnant la réalisation, le maître d'ouvrage s'exerce à expliciter les exigences des diverses parties du système les unes vis-à-vis des autres, savoir-faire qui lui sera précieux lorsqu'il voudra faire évoluer l'une ou l'autre des composantes. Procéder par marchés de taille réduite pour la réalisation des équipements de terrain est adapté quand on a de maigres capacités d'ingénierie. C'est également une souplesse pour construire graduellement le système : chaque lot peut être réalisé, terminé, évalué avant de passer au suivant une fois les problèmes résolus, les enseignements dûment tirés, et les spécifications corrigées si nécessaire.



Les traits fléchés signifient que le Maître d'oeuvre général fait spécifier par le bloc origine une interface puis astreint le bloc extrémité à la respecter

Figure V.2

Cette approche peut aussi avoir son lot de difficultés inhérentes aux choix d'organisation :

- défauts de vigilance vis-à-vis des interfaces entre lots - et elles sont nombreuses;
- les marchés à passer étant nombreux, il y a beaucoup de temps passé en procédures;

- il est assez lourd de devoir en même temps gérer l'appropriation des tranches qui viennent d'être réalisées et conduire les travaux de celles qui restent à faire... mais est-ce un inconvénient ? (vaut-il mieux connaître les problèmes graduellement au fil de la réalisation ou les subir tous en avalanche à la fin de l'opération ?).

Le lecteur regrettera peut-être de mal discerner le poids des différences entre les deux montages, ou de ne pas avoir assez d'éléments pour conclure sur la supériorité de l'un ou l'autre. C'est normal : il lui appartient d'aller lui-même explorer, interroger, juger. Le présent texte n'a d'autre ambition que de l'aider à trouver les questions.

V.1.6. Conclusion partielle : maîtrise d'oeuvre directe, maîtrise d'oeuvre sous-traitée, conception-réalisation?

Est-ce vraiment un débat ? En observant le déroulement des projets existants, on constate que l'intervention du maître d'ouvrage n'est pas tellement différente selon qu'il a recours à l'une ou l'autre des formules.

S'il y a eu une maîtrise d'oeuvre directe, il s'est fait assister. S'il a choisi une procédure de conception-réalisation ou une maîtrise d'oeuvre sous-traitée, il a été amené à produire quelques spécifications dépassant le niveau fonctionnel pour garantir la maintenabilité, l'évolutivité et le bon transfert de compétence vers les exploitants.

On ne se conformera jamais au modèle conceptuel parfait d'une maîtrise d'oeuvre directe ou déléguée : ce qui importe, c'est de fixer le degré d'intervention en fonction :

- des compétences et de l'expérience des entreprises pressenties;
- de l'existence ou non de normes et règles de l'art opposables (i.e. qu'on peut prescrire dans un contrat et qui soient assises sur une jurisprudence claire) valables pour l'ouvrage à réaliser;
- de la maturité des spécifications (sont-elles éprouvées par une douzaine de réalisations identiques ? Y a-t-il innovation ?) et de leur degré de précision;
- du degré d'aléa qu'il y a dans la réalisation de l'ouvrage (incertitude sur la structure de la chaussée pour les fourreaux de transmission, sur l'environnement électromagnétique, sur la qualité des câbles qu'on récupère, sur la disponibilité de branchements EDF, sur l'implantation exacte des PMV et des stations de comptage,...). Quand il y a un risque non mesurable, il y a gros à parier que la perte sera pour le maître d'ouvrage même si le contrat dit le contraire. Dans ces conditions, autant être maître d'oeuvre soi-même pour ne pas donner à un autre le pouvoir alors qu'on n'arrivera pas à lui faire endosser la responsabilité.

Quand on choisit une maîtrise d'oeuvre sous-traitée, il reste à décider entre la conception-réalisation et la séparation maître d'oeuvre-réalisateur. Là encore, cela ne change guère le niveau d'intervention du maître d'ouvrage dans le projet : ses obligations (de fournir l'environnement nécessaire à la réalisation et au test de l'ouvrage, d'impliquer sa responsabilité là où il y a des aléas non mesurables, d'imposer et contrôler les normes et standards nécessaires à la maintenabilité et l'évolutivité) s'exerceront de la même façon. La différence est dans la transparence du mécanisme (les problèmes apparaissent plus vite quand il y a un maître d'oeuvre et un réalisateur séparés : les frictions se détectent plus facilement à la jonction entre deux entreprises qu'à l'intérieur d'une équipe unique) et dans la lourdeur des

procédures (en théorie, on gagne le temps de passation d'un marché en faisant une conception-réalisation).

Nota : Nous rappelons au lecteur que certains éléments utiles pour l'élaboration des documents suivants peuvent se trouver dans les chapitres de la seconde phase dite : phase opérationnelle comme nous l'avons déjà signalé dans l'avertissement au lecteur. Quand cela est le cas, les références aux chapitres sont mentionnées.

V.2 Dossier de présentation

Ce dossier de présentation doit être l'élément initiateur du projet sur l'agglomération. Son élaboration nécessite une concertation avec les services techniques locaux sur la reconnaissance des objectifs et une définition sommaire des moyens à mettre en oeuvre (humains, organisationnels et matériels). Il débouchera sur une sensibilisation des décideurs locaux aux enjeux de l'exploitation de la route dans l'agglomération.

Son contenu doit aborder les thèmes suivants :

- présentation du réseau (actuel, à terme)
- diagnostic (trafic, perturbations)
- les partenaires, les acteurs (caractérisés au chapitre VII)
- les enjeux
- les objectifs de la gestion du trafic
- les actions prévues en terme de gestion du trafic et d'organisation (chapitre VI)
- approche financière globale à partir d'un niveau d'équipement (chapitre IX) déterminé par le niveau de service retenu.

V.3 Dossier d'études préliminaires

Ce dossier doit permettre au(x) Maître(s) d'Ouvrage de définir le niveau de service du système d'exploitation projeté (fonctions à satisfaire), de s'assurer de la faisabilité technique et financière.

En homogénéité avec les dossiers d'investissements, le dossier d'études préliminaires doit répondre aux sujets suivants :

1 - analyse du problème

- description du réseau (statut, type de voies, périmètre géographique);
- diagnostic des infrastructures;
- étude de trafic (analyse de l'existant et prévisions);
- recensement et analyse des perturbations et contraintes existantes ou à prévoir sur le réseau;

- hiérarchisation des voies, classement en niveau d'exploitation.

2 - enjeux et objectifs de l'exploitation

- objectifs stratégiques poursuivis, situations traitées;

- description des actions envisagées selon les différentes missions à accomplir (maintien de la viabilité, gestion du trafic, aides au déplacement) : un bon nombre sont recensées au chapitre VI;
- description des équipements terrain envisagés : ils sont donnés pour la plupart au chapitre X.

3 - organisation retenue

- localisation, organisation et rôle des Centres d'Entretien et d'Intervention (CEI). Leurs spécifications sont précisées au chapitre VIII;
- organisation de l'exploitation entre les partenaires (prérogatives et responsabilités de chacun, périodes d'activation, ...) : certains éléments sont fournis au chapitre IX;
- fonctionnalités attendues du Centre d'Ingénierie et de Gestion du Trafic (CIGT). Cette structure est caractérisée au chapitre VIII;
- programme immobilier sommaire du CIGT et éventuellement du ou des CEI.

4 - évaluation et phasage de l'opération

- évaluation des moyens matériels et humains nécessaires;
- chiffrage de l'opération (précision de l'ordre de 20%);
- clefs de répartition financière entre les maîtres d'ouvrage;
- projet de convention entre les partenaires;
- approche des coûts de fonctionnement et de maintenance;
- phasage de l'opération;
- organisation de la maîtrise d'ouvrage et de la conduite d'opération.

Ce dossier fera l'objet d'une décision ministérielle d'approbation pour ce qui concerne l'État qui sanctionnera la prise en considération.

Nota : la notion de CIGT au sens du présent document correspond à la création d'un CIGT spécifique au niveau 1 du SDER ou à l'intégration de fonctions nouvelles (et donc d'équipements et de moyens humains) dans un CIGT ou un réseau de CIGT. C'est la globalité des organisations mises en place pour la gestion du trafic qui doit être cohérente localement.

V.4 Le questionnement du maître d'ouvrage

Ce paragraphe est introduit ici parce que, suivant la maîtrise d'oeuvre retenue, les questions énoncées ci-après présentées il est vrai dans un contexte de réalisation du système d'exploitation, peuvent se poser pour le choix du ou des maîtres d'oeuvre en adaptant un tant soit peu à la marge. De plus, il est bon d'avoir à l'esprit ces préoccupations bien en amont du développement du système. Les questions correspondent donc soit au niveau fonctionnel, soit au niveau technique de ce système.

Il est bien évident que ce questionnement est à refaire en fin de phase opérationnelle : au niveau du chapitre XII donc.

Les questions sont alors les suivantes :

- Connaît-il les entreprises, leurs références, ce qu'elles ont fait, ce qu'elles croient savoir faire ?

Saura-t-il trouver un langage commun avec chaque entreprise pour exprimer ses commandes ?

A-t-il une définition nette du système et de ses sous-ensembles ? Les contraintes techniques qu'il impose sont-elles clairement définies ?

■ Tient-il à jour une "matrice" des relations entre les prestations de réalisation : description des interfaces et limites de responsabilité ; qui les étudie ? comment les valide-t-on ? comment la maîtrise d'oeuvre générale les contrôle-t-elle (ou les fait-elle contrôler par les maîtrises d'oeuvre particulières) ?... Une entreprise acceptera plus facilement d'être soumise à obligation de compatibilité avec la fourniture d'une autre si celle-ci est nettement définie que d'observer une spécification floue.

■ A-t-il une vision nette de ce que sera le *découpage* de son système en marchés de réalisation ? C'est sans doute le point crucial. Tant que ce découpage n'est pas fixé, il reste une grande latitude pour la conduite technique de l'affaire.

Une fois qu'il est décidé et a reçu un commencement d'exécution, tout est figé : les principaux choix techniques en découlent, les niveaux de responsabilisation des entreprises prestataires aussi. Le degré de modularité du système futur est déterminé, et avec lui son évolutivité.

■ A-t-il déterminé les points sur lesquels il innovera (on ne peut pas gérer beaucoup plus d'une innovation à la fois), ceux où on expérimentera, ceux (la majorité) où on ne fera appel qu'à des techniques éprouvées ?

Les standards dont il demande l'utilisation sont-ils correctement documentés ? Pour chacun d'eux, pourra-t-il aiguiller les questions vers un correspondant technique compétent, disponible et habilité à fournir des réponses ?

■ Peut-il gérer le tableau de marche des interfaces, notamment dans l'ordonnement des sous-ensembles pour que chaque morceau arrivant à maturité trouve face à lui les éléments nécessaires à sa recette ?

Discerne-t-il bien ce qui est figé, ce qui évolue, ce qui est sujet à tâtonnement ou expérimentation, donc susceptible de changer en fonction des enseignements de l'expérience ?

Saura-t-il être assez ferme vis-à-vis de toute idée d'évolution dans les domaines qu'il a décidé de figer ?

■ S'est-il plongé dans le code des marchés pour bien évaluer les avantages / inconvénients respectifs des marchés de travaux, de prestations intellectuelles et des marchés industriels (notamment : propriété intellectuelle, procédures de recette) ?

Fera-t-il preuve d'une disponibilité totale pour gérer les innovations et jouer vis-à-vis des entreprises son rôle de "client" (celui qui décide en dernier ressort quand il s'agit de donner des précisions sur les fonctions des sous-ensembles et l'application des standards qui ont été imposés) ?

■ Où s'inspirer ?

Il y a dans une DDE, à portée de la main, des gisements d'expérience en gestion de projets pluridisciplinaires : l'ingénierie et la conduite d'un grand projet d'exploitation ne sont pas

fondamentalement différents de ceux d'une opération d'infrastructure ou d'un bâtiment complexe. Comme similitudes, énumérons :

- le fait que les intervenants appartiennent à plusieurs spécialités différentes,
- le fait que certaines de ces spécialités soient très éloignées les unes des autres,
- l'ordre de grandeur des coûts (plusieurs dizaines de M.F. au minimum),
- des sous-ensembles qui se réalisent simultanément, qui se succèdent, qui s'enchaînent, qui s'imbriquent les uns dans les autres.

Les particularités principales des opérations d'exploitation comparées aux autres "modèles" sont :

- leur relative rareté au sein des DDE : domaine en pleine expansion aujourd'hui,
- la faiblesse relative par voie de conséquence (pour le moment) du réseau technique : il ne peut pas aligner le même nombre en "spécialistes" que pour les ouvrages d'art ou le bâtiment,
- le maître d'ouvrage est donc amené à sélectionner et juger, souvent hors du ministère, les compétences techniques dont il aura besoin pour mener son affaire : ce n'est pas la plus facile de ses tâches, ni la moins importante,
- l'étalement de la réalisation.

Sont-ce les similitudes ou les différences qui l'emportent ? Disons que les grands travaux et les constructions publiques représentent une expérience très riche en gestion de projets, disponible à portée de la main : autant leur emprunter des méthodes et tirer des enseignements de leurs difficultés - bien transposées, elles sont analogues à ce qui menace un projet d'exploitation.

Autre avantage qu'il y a à se rattacher à ces exemples connus : on applique plus facilement le code des marchés en s'insérant dans les procédures usuelles en marchés d'ingénierie.

le CCAG-PI et ses diverses instructions d'application donnent des différents intervenants (maître d'ouvrage, maître d'oeuvre, conducteur d'opération) et de leurs rôles des définitions très opératoires et bien précisées par des jurisprudences substantielles.

Cependant pour faire progresser le management des projets dans ce domaine des conseils et des recommandations sont fournis au chapitre XIII, mais aussi des exemples de méthodes applicables comme celle de l'analyse de la valeur (éléments présents au chapitre XIV).

PARTIE B : Phase opérationnelle

VI) Les missions et leurs indicateurs

Les missions sont celles qui ont été définies dans la phase préparatoire. On décrit ici les indicateurs retenus et leur valeur en fonction de la hiérarchisation du *réseau de niveau 1*. Nous nous attarderons tout d'abord sur les deux domaines pour lesquelles, si on veut correctement remplir les objectifs du projet, la plupart des moyens doivent être mis en oeuvre.

VI.1 Maintien de la viabilité

VI.1.1 Le recueil de données

Il est nécessaire pour la surveillance du réseau et est effectué par plusieurs types d'équipement :

- **les postes d'appel d'urgence** reliés aux services de police, à généraliser sur l'ensemble du réseau retenu à intervalles de 1 km, et pour le réseau associé, à intervalles de 2 km au plus.
- **les stations de mesures de trafic**, qui devront assurer le comptage de tous les flux entrant et sortant et mesurer l'état du trafic en section courante.
- **la télésurveillance vidéo**, à généraliser également sur l'ensemble du réseau, les caméras étant implantées avec un pas moyen de 600 mètres pour permettre une couverture totale.
- **les patrouilles** avec leurs moyens radio, systématiques et fréquentes 24 H / 24.
- **les stations météo** qui permettront d'appréhender les principaux phénomènes météo et d'anticiper sur les risques de formation du verglas.
- **les équipements de DAI** (détection automatique d'incidents), par boucles électromagnétiques, par analyse d'images vidéo ou par tout autre système permettant d'assurer cette fonction, déclencheront des alertes sur incidents.

Le délai d'alerte qui dépend fortement du recueil de données, est d'une importance primordiale, la sécurité devant être une préoccupation essentielle. La première action à déclencher sur le terrain est une information sécuritaire, avant d'activer les mesures de gestion de trafic. La mise en oeuvre de ces équipements est la part du projet la plus délicate et la plus complexe à réaliser.

VI.1.2 La maintenance des équipements

Elle est organisée à partir d'outils de gestion technique centralisée (GTC) pour la vidéo, le RAU, les stations de mesures, les PMV, le réseau de transmissions. Elle doit être préventive et

corrective avec des délais imposés, variables en fonction de l'importance de l'équipement sur le plan de la sécurité.

L'attention des concepteurs et réalisateurs de ces équipements sera attirée sur la nécessité de prévoir une minimisation des contraintes liées aux interventions d'entretien ou de maintenance sur site, pour éviter une restriction forte de capacité des voies pendant ces interventions.

VI.1.3 La caractérisation d'indicateurs

Le domaine de la viabilité caractérisé par un certain nombre de missions exposées ci-dessus et le niveau d'exploitation de niveau 1 souhaité permettent de caractériser et de quantifier des indicateurs.

	1A	1B
Surveillance du réseau	Systématique 24h/24	Systématique de l'heure de pointe du matin à l'heure de pointe du soir
<i>Délai d'alerte (1)</i>	< 10 mn	< 10 mn
Intervention d'urgence	organisée 24h/24 avec délai < 15 mn	organisé 24h/24 avec délai : (2) < 15 mn heures de service < 30 mn hors heures de service
dépannage - dégagement	à organiser 24H/24 sous délai à contractualiser	
Service hivernal	N1 ¹	N1 ¹
Chantiers	Planifiés dans le temps et dans l'espace avec prise en compte des flux de trafic et actualisés en temps réel	
Convois et manifestations	Pris en compte avec organisation et contraintes fortes lorsque possible	
Maintenance des équipements	Pris en compte avec organisation et contraintes fortes lorsque possible	

(1) objectif à affiner avec les acteurs et partenaires

(2) à définir selon la nature du trafic et des perturbations : généralement 2 x 8 h

¹ selon la nomenclature officielle

VI.2 Gestion du trafic

VI.2.1 Des plans de gestion de trafic (PGT)

Ce sont des moyens pour faire face aux perturbations nécessitant une action coordonnée de différents services participant à l'exploitation de la route. Leurs objectifs et leurs contenus seront détaillés au chapitre X.

Il convient d'assurer la cohérence globale des plans de gestion de trafic élaborés dans le cadre du projet sur le *réseau de niveau 1* avec ceux existant éventuellement à d'autres niveaux : inter-régional, régional et départemental, avec les Plans Particuliers d'Interventions, ainsi qu'avec ceux existant éventuellement chez chacun des exploitants (itinéraires de délestage des grandes liaisons, plans de circulation pour les Villes...).

Pour ce faire, l'étude se fera "du plus petit vers le plus grand" en respectant les objectifs du plus grand.

VI.2.2 Les actions préventives

Faisant largement appel à l'information routière, **les actions préventives** visent explicitement à modifier les comportements des usagers (choix des horaires, des itinéraires, etc.).

Ces actions sont gérées en fonction de l'évolution des prévisions de trafic.

VI.2.3 Les actions temps réel

Sans négliger les autres mesures qui viennent d'être décrites, il convient de donner un éclairage particulier aux **actions temps réel** de gestion du trafic qui sont un des éléments essentiels du système d'exploitation.

Nota : Dans le projet TIGRE (système de gestion des événements des CRICR), les événements sont classés en deux groupes, résumés dans le tableau suivant ci-dessous.

La terminologie adoptée dans ce projet permet de considérer qu'une perturbation est constituée de plusieurs événements élémentaires. Par exemple, supposons un accident, le bouchon qui en résulte, l'intervention des agents, la mise en place d'une déviation, l'enlèvement des véhicules accidentés sont cinq événements qui constituent une perturbation.

Malgré son aspect un peu théorique, cette recherche de vocabulaire commun présente pour tous les intervenants l'intérêt de parler le même langage, et surtout d'avoir les mêmes outils d'analyse de la situation. On traite des événements du deuxième groupe venant en réponse à des événements du premier groupe jusqu'à leur fin. Une perturbation se termine lorsqu'elle ne contient plus aucun événement. Par la suite, ces notions peuvent faciliter les échanges de données entre systèmes et la tenue des mains-courantes.

<i>Événements du premier groupe : perturbant la circulation</i>		<i>Événements du second groupe: mesures prises pour améliorer la circulation</i>
<i>événements ponctuels ou linéaires</i>	<i>événements non ponctuels</i>	
<i>bouchon ralentissement file d'attente chantier manifestation accident incident obstacle</i>	<i>chute de neige chute de pluie chute de grêle vent fort neige au sol brouillard verglas</i>	<i>déviations itinéraire bis délestage barrière de dégel restriction de circulation limitation de vitesse limitation de circulation sens alterné basculement de chaussée intervention régulation d'accès</i>

VI.2.3.1 Mesures d'exploitation pour événements non ponctuels

Venant en réponse essentiellement à des perturbations climatiques, ces mesures concernent la diffusion de l'information (outre l'alerte des moyens pour le maintien de la viabilité). Cette diffusion passe par des messages sur PMV et par les radios locales. L'information générale doit être ciblée sur les conseils de prudence imposés par l'usage d'une voirie rapide. La teneur des messages sur PMV devra respecter les principes d'élaboration des messages d'information routière dynamique préconisés par le guide PMV [SET94b].

Cette diffusion de l'information nécessitera la mise en place de PMV en section courante sur le réseau de niveau 1 et l'établissement de relations contractuelles avec les radios locales.

Les informations proviennent de systèmes de recueil de données météo (stations terrain ou prévisions générales) et trafic ainsi que des rapports de patrouilles ou de l'observation vidéo.

En cas d'événement ponctuel (accident par exemple) venant s'ajouter à cet événement zonal, les messages d'information de proximité de cet incident seront prioritaires avec la possibilité de maintenir néanmoins les messages généraux (en tenant compte des possibilités techniques, de la lisibilité, etc.).

VI.2.3.2 Mesures d'exploitation pour événements ponctuels ou linéaires

Parmi les mesures de gestion du trafic, trois sont utilisées fréquemment, en fonction des usagers auxquels elles s'adressent et de leur destination:

- pour les usagers qui n'ont pas encore pénétré sur la partie du réseau concernée sujette à perturbation, on utilisera la possibilité de les diriger sur une autre partie différente de leur chemin normal : c'est le **délestage**. Cette mesure pourra être complétée par la mise en oeuvre d'itinéraires de déviation plus lointains permettant l'évitement complet de l'agglomération.

- pour les usagers déjà engagés sur la partie perturbée, la mise en oeuvre d'**itinéraires de substitution** par un maillage existant.

- pour les usagers "piégés" dans la perturbation, la mise en oeuvre de **déviations** pour leur faire quitter au plus tôt la section et, pour les usagers qui souhaitent y rentrer les dissuader ou les empêcher de le faire.

Ces mesures doivent être menées en parallèle, de façon à s'adresser à un maximum d'usagers et à obtenir des résultats sensibles sur les flux de trafic. Cela nécessite bien entendu un recueil de

données trafic performant aussi bien au niveau *macroscopique* de l'ensemble du réseau qu'à l'échelle de chaque échangeur.

Dans la suite de ce paragraphe, nous allons donner la liste d'un certain nombre de mesures à prendre dans le cas événements ponctuels ou linéaires mais sans chercher l'exhaustivité.

a - La déviation

Elle est mise en place en cas de coupure totale d'un sens de circulation, provoquée par un accident ou un chantier.

Les itinéraires de déviation élaborés doivent faire l'objet de mises à jour, par une concertation entre les services gestionnaires (Équipement, sociétés d'autoroute, Ville).

Deux cas se distinguent dans la mise en oeuvre d'une déviation : la sortie obligatoire pour une situation d'urgence, sans indication ensuite, ou la déviation programmée avec guidage ultérieur pour revenir sur l'itinéraire. On se reportera au guide « Coupures de voies en section courante » [SET96b] pour avoir les précisions nécessaires.

- La déviation programmée impliquant la totalité du trafic d'une voie ne peut être utilisée qu'en cas de trafic faible (été, nuit, etc.), ou, si le trafic est élevé, uniquement pour vider la voie. Elle est alors associée à des mesures de délestage (voir ci-dessous) et des fermetures d'échangeurs en amont.

Cette mesure implique une présignalisation par PMV en section courante et la présence des forces de police pour la mise en place du balisage par les équipes de viabilité.

La déviation concerne l'ensemble du réseau, aux bifurcations et aux échangeurs.

L'utilisation de la voirie urbaine, les problèmes de capacité, de régulation par feux tricolores, et de gêne pour les riverains impliquent une coordination forte avec les services des collectivités et leur Centre d'Exploitation. Les plans de feux spécifiques doivent être préétablis et la mise en place manuelle de signalisation de déviation prévue.

- La sortie obligatoire : c'est une déviation non programmée (c'est à dire non suivie de guidage) lancée en fonction de l'apparition d'événements liés à une perturbation. Elle s'adresse à tous les usagers pour faire face à une situation menaçant leur sécurité. C'est une action dont la durée doit être limitée et qui doit être accompagnée par d'autres actions de portée plus générales (délestage, itinéraires de substitution, ...).

b - Le délestage

Il s'agit d'une action utilisant la possibilité d'affectation du trafic sur des mailles choisies du réseau, y compris par exemple sur la chaussée intérieure ou sur la chaussée extérieure d'un anneau. *Le but est de prévenir ou de retarder l'apparition de congestions et d'équilibrer la charge du réseau.*

Le principe de cette mesure consiste à conseiller aux usagers arrivant sur une partie du réseau d'emprunter une autre partie de celui-ci ne correspondant pas au cheminement habituel. Dans ce sens, la distance qu'ils parcourront est plus grande mais la fluidité y est en principe assurée. Au niveau du jalonnement, une signalisation dynamique les guide *avant* leur arrivée sur la partie délestée; sur celle-ci, ils retrouveront le jalonnement fixe de la destination recherchée après en

avoir parcouru une portion. *Ce principe est applicable à tous les itinéraires, quelque soit le nombre de sections sur le réseau.*

Cette action sera mise en oeuvre :

* lors de la mise en place de déviation (en cohérence avec ce qui a été précisé plus haut) sur l'une des parties du réseau,

* à partir d'une analyse des données trafic qui doit permettre de juger de son opportunité. Cette analyse peut être :

- soit la détermination d'une prochaine saturation à partir de seuils de trafic préétablis à comparer avec les capacités résiduelles du réseau aval (par exemple, si la capacité résiduelle du cheminement naturel des usagers descend en dessous de 500 uvp/h et la différence de capacité résiduelle entre le cheminement naturel et l'itinéraire de remplacement est supérieure à 500 uvp/h).

- soit la *mesure de temps de parcours*. Les études menées semblent donner des résultats encourageants dans ce domaine, en se basant sur les données trafic recueillies.

Conceptuellement, cette dernière approche est plus satisfaisante puisqu'elle permet de s'affranchir de la notion *imparfaite* de bouchon (ralentissement ou blocage) et qu'elle se rapproche des préoccupations des usagers qui souhaitent minimiser leur temps global de parcours. Elle permet notamment de les conseiller en fonction de leur destination : il paraît logique de conseiller à un usager de *subir* un ralentissement si son temps de trajet est plus court par l'itinéraire normal.

Ce système est applicable au trafic de transit et au trafic d'échange. Les équipements doivent être disposés aux bifurcations et aux échangeurs principaux.

L'utilisation des délestages implique la nécessité de suivre en temps réel et de manière précise l'évolution du trafic sur les différents itinéraires et de savoir estimer les réserves de capacité en fonction des événements qui surviennent (par exemple, suite à un incident, combien reste-t-il de voies libres : BAU, BAU + 1 voie, etc.).

Une opération importante de communication est nécessaire en direction des usagers pour expliquer les raisons du délestage et faire comprendre le fonctionnement de la signalisation dynamique.

L'information de guidage pour le trafic local et d'échange doit être réalisée en centre ville pour les usagers souhaitant quitter le centre. Des "zones de choix" peuvent être identifiées par les services de la Ville et nécessiteront des équipements spécifiques (PMV urbains, informations à la sortie des parkings, etc.) pour guider ces usagers et leur conseiller d'accéder au réseau de niveau 1 par les échangeurs les mieux adaptés, en fonction du trafic constaté sur ce réseau et des actions d'exploitation en cours.

c - Les itinéraires de substitution

En plus des solutions de délestage précédemment décrites, il est possible de proposer *aux véhicules légers* en général mais pas uniquement, des itinéraires de substitution parallèles aux

voies rapides, compte tenu des caractéristiques géométriques et des réserves de capacité. Ce sont des **itinéraires relativement courts et plutôt destinés aux habitués**. Ces itinéraires sont évolutifs : leur utilisation sera validée dans le temps suivant l'évaluation de leur fonctionnement, l'évolution de leurs caractéristiques et de leur réserve de capacité.

Il conviendra d'établir une hiérarchie d'utilisation de ces itinéraires par rapport aux actions de délestage sur le réseau principal.

La gestion est faite par panneaux à messages variables. Elle consiste à préconiser la sortie pour une direction indiquée et à guider les usagers jusqu'à ce qu'ils soient revenus sur l'itinéraire principal. La confirmation est effectuée sur la bretelle de sortie (exemple: Bordeaux, suivre S2). On se reportera au guide relatif [SET96c] à la mise en place de ces itinéraires.

Les itinéraires de substitution présentent l'avantage d'avoir un autre graphisme que les panneaux du schéma directeur de signalisation et restent totalement indépendants de celui-ci.

Leur utilisation nécessite des moyens de recueil de données pour suivre leur réserve de capacité. Comme pour la déviation, l'utilisation de la voirie urbaine implique une coordination forte avec les services de la ville et leur Centre d'Exploitation.

Sauf accord formel des gestionnaires et des maîtres d'ouvrage supportant ces itinéraires « S », leur emploi doit être réservé au cas de perturbations aléatoires d'ampleur ou de coupures programmées(ex: travaux) en évitant de se servir de cet outil pour gérer les encombrements récurrents.

d - "Sortie conseillée"

Cette mesure est destinée à faire face à une saturation prévue pour une courte durée ou en attendant la mise en oeuvre de mesures plus draconiennes comme la mise en place de déviations, lors d'une coupure totale. Elle s'adresse en priorité aux usagers connaissant le réseau urbain proche, puisqu'aucun jalonnement n'est mis en place sur celui-ci, en leur évitant les perturbations. A ce titre, c'est une mesure de renfort de la signalisation d'information.

e - La limitation de circulation (affectation de voie)

Elle permet d'affecter les voies par pictogrammes (flèches vertes et jaunes et croix rouges) montés sur portiques (ex : Pont de Genevilliers, Pont d'Aquitaine).

Ce système s'utilise en cas d'incident sur une voie et permet en outre de préparer rapidement les opérations de balisage. Elle joue, de plus, un rôle très actif dans les mesures de sécurité.

Son coût élevé impose de ne le prévoir que pour des zones délicates, quatre voies sans bandes d'arrêt d'urgence, courbes à visibilité réduite, amont de bifurcations par exemple.

La mise en oeuvre nécessite deux présignalisations avant le site d'action.

f - Le basculement de chaussée

Ce type de gestion n'est pas toujours retenu dans les politiques d'exploitation. Elle n'est en général pas matériellement prévue sur de larges portions du réseau.

Lorsque les interruptions de terre-plein central existent, elles peuvent être, de plus, utilisées pour organiser des demi-tours en cas d'accident, sous le contrôle obligatoire des forces de police.

g - La régulation de vitesse

C'est une action d'exploitation qui peut être très intéressante dans des situations à forte congestion récurrente afin de retarder l'apparition de cette congestion mais aussi pour mieux homogénéiser le trafic et donc augmenter l'offre apparente. On se reportera à l'annexe située au chapitre XIV pour de plus amples précisions.

h - la régulation d'accès

Elle comprend la régulation d'accès par panneaux d'information ou par feux tricolores et, le cas échéant, la fermeture par barrière. On se reportera au guide régulation d'accès en cours de publication pour plus de précisions et également à l'annexe située au chapitre XIV.

Cependant, il convient de dire que :

L'information diffusée par PMV dit «d'accès» ou tout autre dispositif adapté a pour but de dissuader les usagers d'utiliser *le réseau de niveau 1*.

La régulation est réalisée principalement par feux en bout de bretelles d'entrée. Son objectif central est de maintenir une capacité optimale sur le réseau de niveau 1 et donc de capter le maximum de véhicules en provenance du réseau associé.

Elle peut fournir des priorités aux transports en commun par une gestion adéquate des cycles de feu en cohérence avec leurs vitesses commerciales.

Nota : Il pourrait être opportun d'examiner la possibilité de créer une voie prioritaire pour les véhicules de transports en commun, les véhicules d'urgence, et, si les premières expériences sont concluantes, les usagers en covoiturage, avec les équipements d'exploitation correspondants.

Les échangeurs doivent être examinés en vue de leur aménagement au titre de cette régulation, en recensant les longueurs de bretelles, la présence de feux sur le réseau urbain de surface et celle de voies spécialisées en amont de ces feux.

La fermeture, rendue effective par feu rouge et barrière en début de bretelle d'entrée, cette mesure est activée exceptionnellement à partir d'un certain seuil de saturation du réseau niveau 1.

Cette mesure est possible sur l'anneau ainsi que sur les pénétrantes à condition qu'au niveau des échangeurs, des itinéraires alternatifs relativement courts existent et qu'ils ne soient pas saturés.

i - L'information des usagers en temps réel

Cette mesure doit être la clé de voûte des autres actions de gestion de trafic. L'information doit être effectuée pour tous les événements survenant sur le réseau, sur une étendue réglée par l'ampleur de la gêne.

Les principes suivants doivent être respectés :

- l'information diffusée doit être fiable, donc vérifiée, et régulièrement mise à jour,
- l'utilisateur doit être à même de comprendre facilement l'information diffusée,

- l'information doit être diffusée aux endroits où elle est le plus utile.

Le respect de ces principes impose à l'exploitant de tenir compte du type d'utilisateurs auquel il s'adresse :

- les trafics d'échange et de transit, a priori peu habitués au réseau, souhaitent avoir des informations de sécurité et de confort, accompagnées le cas échéant par des conseils de guidage si la situation le nécessite,

- le trafic local se déplace sur le réseau sans tenir compte du jalonnement et connaît différents itinéraires pour rejoindre sa destination. Il souhaite connaître ce qui se passe sur le réseau pour pouvoir, avant d'y pénétrer, choisir librement un itinéraire alternatif.

L'information doit donc être diffusée :

- sur le réseau de niveau 1 en amont des points de choix entre deux itinéraires autoroutiers ou deux modes de transport concurrents (affectation sur des parcs relais),

- à l'entrée du réseau où le choix est possible entre le réseau rapide et le réseau urbain.

Cette information est réalisée, de manière classique, par panneaux à messages variables alphanumériques, dont le type dépend de la voie sur laquelle il est implanté. Cependant, les messages diffusés doivent posséder le même vocabulaire et la même syntaxe quel que soit le type de réseau et quel que soit, bien entendu, le gestionnaire.

D'autres vecteurs intéressants pour la diffusion de l'information sur l'état du réseau sont le panneau d'information graphique qui fait l'objet d'études actuellement mais aussi l'information radio ou les systèmes embarqués.

Certains moyens d'information temps réel peuvent également être utilisés dans le cadre des informations d'aide au déplacement.

VI.2.4 Caractérisation de certains indicateurs

Des indicateurs peuvent alors être trouvés pour caractériser les missions du domaine de la gestion de trafic

	1A	1B
Préparation de la gestion des flux de trafic	Élaboration d'un Plan de Gestion du Trafic avec prise en compte des plans de déplacement, plans de feux tricolores, réseaux de transports collectifs, parkings,...	
Action permanente sur la géométrie	Prise en compte après étude des dysfonctionnements du réseau	
Informations préventives avant le déplacement	Mise en oeuvre selon la connaissance des événements prévisibles	
Actions préventives	A mettre en oeuvre en fonction de l'évolution du trafic observé et prévisible	

	1A	1B
Actions en temps réel	mises en oeuvre de mesures 24h/24	mises en oeuvre pendant les heures de service et avec délai en dehors de ces heures (astreinte)
	Activation de la Salle Opérationnelle suivant l'ampleur des événements	

VI.3 Aide au déplacement

Des indicateurs peuvent aussi être trouvés pour caractériser les missions du domaine de l'aide au déplacement.

Les liaisons avec le CRICR (Centre Régional d'Information et de Coordination Routière) sont permanentes dans ce domaine.

		1A	1B
Information prévisionnelle	chantiers	annonce préalable du chantier puis mise à jour en fonction des conditions d'exploitation sous chantier	
	manifestations	annonce préalable de l'événement puis mise à jour en fonction de l'évolution de l'événement	
	conditions climatiques et géologiques	Annonce par zones et mise à jour en fonction de l'évolution des prévisions	
	perturbation de trafic		
Information en temps réel	message initial	24h/24 délai < 15 mn (1)	selon l'organisation du CIGT et au minimum de l'HPM à l'HPS . délai < 15 mn HS . délai < 30 mn hors HS
	actualisation	permanente à chaque changement de situation et jusqu'au retour à la situation normale	

HS : heures de service

HPM : heure de pointe du matin

HPS : heure de pointe du soir

(1) : de la connaissance, même non validée, de l'événement jusqu'à la diffusion du message

VII) Les acteurs

Dans cette partie , nous allons préciser les acteurs dont la définition a été fournie au chapitre IV.

VII.1 Liste des acteurs (Liste non exhaustive)

Acteur permanent : participe à la mise en oeuvre des mesures opérationnelles préétablies ou non, à leur évaluation et éventuellement à la maintenance des équipements.

Acteur occasionnel : est associé, selon sa spécificité, en tant que de besoin à la mise en oeuvre des mesures opérationnelles.

	Permanent	Occasionnel
Préfet	x	
DDE	x	
DREIF/SIER	x	
Sociétés d'autoroutes et concessionnaires	x	
Ville/groupement de communes	x (1)	
Conseil Général	x (1)	
CRICR	x	
Gendarmerie	x	
CRS	x	
DDSP	x	
P.A.F.		x
Police municipale		x
Opérateur de T.C (ex : RATP, SNCF...)	x	
D.R.I.R.E.		x
Aéroports		x
Parc d'expositions, stades		x
Opérateurs de parcs de stationnement	x	
Organisateurs de manifestation		x
Opérateurs d'informations dédiées (2)	x	
Média	x (3)	x (3)
Météo France		x

	Permanent	Occasionnel
Sécurité civile		x
Service départemental d'incendie et de secours		x
SAMU/SMUR		x
Services de l'annonce des crues		x
Services vétérinaires		x(4)
Douanes		x (4)
Dépanneurs/assistants		x
Transporteur (5)		x (4)
Experts en assurances		x (4)

- (1) Si la collectivité gère son propre réseau
(dans le cas contraire il confie sa gestion à un exploitant (DDE...) qui devient partenaire technique et acteur)
- (2) ex : radio dédiées, systèmes embarqués
- (3) suivant le média
- (4) suivant la nature des dégâts et l'état des marchandises transportées
- (5) transbordement de marchandises (citernes...)

VII.2 Description des missions des acteurs

* **Le préfet** a pour mission de :

- prendre des décisions;
- coordonner les différents acteurs;
- d'être le garant des enjeux de l'État.

* **Les DDE** ont en charge fonctionnellement et matériellement, comme elles ont la responsabilité de l'exploitation des *réseaux de niveau 1*, les CEI et les CIGT de niveau 1.

* **Les Sociétés d'Autoroute et autres concessionnaires** (ex. du Tunnel du Prado-carénage à Marseille) remplissent les missions des C.E.I (de district ou de secteur) et des CIGT (gestion de l'itinéraire terminal). De plus, quelquefois elles assurent la gestion et la réception des appels du RAU.

* **Les villes/groupement de communes** pourront être des acteurs et assureront les mêmes missions que les DDE avec une répartition variable suivant les villes.

* **Pour le Conseil Général** du département qui a un patrimoine routier, 2 cas se présentent :

- . il confie la gestion de son patrimoine routier à la DDE
- . il le gère lui-même et monte ses propres services avec les mêmes missions de base que celles assurées par les DDE sur le réseau État.

* **Le CRICR** coordonne les actions et la diffusion de l'information (Plans PALOMAR).

* **Les forces de police :**

- **Les CRS** ont généralement la charge des autoroutes de dégagement et des réseaux de niveau 1 avec les missions suivantes :

- . surveillance du réseau (en partie) ;
- . aspect sécurité des biens et des personnes pour les interventions d'urgence (le balisage étant assuré par les agents des DDE) ;
- . aspect police pour mise en oeuvre de mesures de gestion du trafic (et parfois décision de mise en place de ces mesures) ;
- . gestion des appels RAU, des appels des services de secours (SAMU, pompiers,..) et des services du dépannage (appel aux dépanneurs agréés);
- . gestion des manifestations (convois officiels et manifestations);
- . remontée des informations du terrain ;
- . parfois veille qualifiée.

- **La gendarmerie** affectée en principe aux sections terminales des autoroutes concédées avec pelotons motorisés : mêmes missions que les CRS.

- **Les services des DDSP** (Direction Départementale de Sécurité Publique) sont en général sur le réseau associé et suivant le cas sont acteurs ou partenaires. Ils interviendront pour les accidents. (en général ils n'effectuent pas de patrouilles et ne gèrent pas de RAU).

* **Les opérateurs des TC** (transports collectifs) peuvent participer aux études conduisant à l'élaboration des plans de gestion du trafic. Pour une gestion temps réel il peut y avoir interfaçage avec le Centre d'Exploitation des transports collectifs.

* **Les DRIRE** (Direction Régionale Industrielle, Recherche et Environnement) sont chargées des pré-alertes et alertes pour la mise en application de plans (pollution atmosphérique).

* **Les Aéroports, les parcs d'exposition** participent à la gestion des flux de trafic entrant et sortant de leur unité géographique.

* **Les opérateurs de parcs de stationnement** interviennent en temps réel pour modifier leur offre.

* **Les opérateurs d'informations dédiées**, sont chargés de l'information routière sous le contrôle des CIGT et du CRICR.

* **Météo France** fournit les prévisions pour la viabilité hivernale et les phénomènes météo de nature à perturber le trafic ou les chantiers (domaine maintien de la viabilité).

* **La Sécurité civile** intervient en cas de besoin.

* **Le Service départemental d'incendie et de secours** se charge de la mise en oeuvre des plans d'urgence sous la responsabilité du préfet.

* **Le SAMU/SMUR** intervient en cas de besoin.

* **Le service de l'annonce des crues** donnent les pré-alertes et les alertes.

- | | | |
|---|---|-----------------------------------|
| * Les services vétérinaires | } | |
| * Les douanes | } | |
| * Les dépanneurs | } | interviennent en cas
de besoin |
| * Les transporteurs, les experts en assurance | } | |

VIII) Les structures

VIII.1 Les centres d'ingénierie et de gestion du trafic (CIGT)

Définition :

Il s'agit d'une structure chargée, sur une zone géographique :

- d'organiser le recueil des données et leur traitement,
- d'élaborer, organiser au quotidien et appliquer la stratégie d'exploitation,
- d'assurer en temps réel la gestion opérationnelle du trafic et l'aide au déplacement,
- de coordonner les interventions sur le terrain.

En matière d'information, son rôle consiste à :

- informer le CRICR et les instances compétentes de la situation en cours ou prévisible,
- informer les usagers au moyen des outils dont il dispose.

Les CIGT de niveau SDER 1 (1A et 1B) seront en principe, animés par des équipes interministérielles :

- Équipement et/ou Collectivités Locales
- Police Nationale et/ou Gendarmerie Nationale.

VIII.1.1 Champ d'application et compétence

Chaque CIGT est compétent pour mettre en oeuvre par délégation des mesures courantes de gestion de trafic (préétablies) sur une portion de réseau bien définie. Il s'appuie principalement pour cela sur les CEI

Il peut s'agir :

- d'un axe, ou d'une portion d'axe,
- il peut également s'agir de plusieurs axes, par exemple dans le cas d'un réseau en étoile.

Dès lors que la portée d'un événement dépasse le champ de compétence d'un CIGT, une Salle Opérationnelle (cf chapitre VIII.3) est activée, à un niveau approprié. (Par exemple dans le CIGT lui-même, la Préfecture, etc ...).

Chaque CIGT travaille en étroite collaboration avec tous les CEI de sa zone, afin d'assurer la cohérence des actions sur le terrain.

Dans le cadre de la mise en action d'une autre Salle Opérationnelle (eu égard à une situation de crise), le CIGT conserve la gestion des axes situés dans sa zone de compétence, mais il est bien évident qu'un niveau décisionnel doit être instauré pour la coordination des actions interzones. Dans ce cas, la Salle Opérationnelle de la Préfecture semble la plus appropriée.

VIII.1.2 Activités en temps différé

Analyse statistique du fonctionnement du réseau : sécurité (en liaison avec la CDES), trafic, perturbations.

Analyse prospective du fonctionnement des infrastructures et des évolutions qui pourraient en découler.

Analyse de la maintenance traficielle : examen de son suivi et de ses évolutions décrits plus précisément dans la partie C Évaluation du présent guide.

Élaboration de la politique d'exploitation : avec d'autres gestionnaires mise au point des Plans de Gestion du Trafic de la zone de compétence du CIGT, départementaux et régionaux (Sociétés d'autoroutes sur le réseau concédé, collectivités locales, polices locales...)

Participation à la définition des équipements d'exploitation :

- programmation de leur mise en place et prise en compte de l'évolution de leur environnement (avec des équipes de réflexion in situ, ou déportées dans des structures centrales);
- définition d'une politique de maintenance efficace.

Planification des chantiers en collaboration (contrôle intégré) avec les CEI. et suivi des perturbations induites. Études, a priori et a posteriori, des répercussions sur le trafic durant le chantier.

Planification des convois (en liaison avec la CDES) et manifestations telles que Salons, etc.

Collaboration avec les forces de l'Ordre.

Collaboration avec les CEI et la CDES pour les mesures d'exploitation à mettre en place.

Participer à des actions de formation et de recyclage.

Participer à des études ayant des incidences sur l'exploitation du réseau : études de signalisation par exemple.

Fournir des informations d'aide au déplacement.

VIII.1.3 Activités en temps réel

☛ Recueil des données trafic :

- recueil automatique des données du trafic (RADT),
- stations météo,
- caméras vidéo,
- réseau d'appel d'urgence (RAU),
- patrouilles,
- détection automatique des bouchons (DAB),
- détection automatique d'incidents (DAI),
- surveillance aérienne,
- etc.

☛ Connaissance de l'état du réseau :

- connaissance du réseau de la zone géographique du CIGT,
- recensement des points singuliers du réseau "principal" susceptibles de provoquer des dysfonctionnements,
- surveillance des points singuliers (par ex. : GTC. des tunnels),
- détection des incidents,
- connaissance des réseaux associés par relation étroite avec d'autres CIGT et le CRICR.

☛ Traitement des données concernant l'état du réseau :

Ce sont principalement :

- l'agrégation des données,
 - la visualisation des données,
 - la validation,
 - les prévisions à court terme,
 - l'archivage,
- ainsi que les traitements mathématiques associés.

☛ Activation de mesures d'exploitation habituelles :

- sur la seule zone de compétence du CIGT : dans le cadre des PGT préalablement établis	. en s'appuyant sur les CEI et avec les autres acteurs
- dans le cadre d'un PGT départemental :	. avec les CEI . les autres acteurs . le CRICR
- dans le cadre d'un PGT régional :	. avec les mêmes structures que ci-dessus, en coordination avec les autres CIGT et en concertation avec les autres acteurs et le CRICR

☛ Activation de mesures d'exploitation exceptionnelles :

lors de perturbations dépassant le cadre des compétences du CIGT (en situation de crise : définie sommairement au chapitre VIII.3), les responsabilités sont alors prises par une autre

organisation (la Salle Opérationnelle, la cellule de crise de la Préfecture) et le CIGT devient alors exécutant.

☛ Contrôle et suivi en temps réel du bon fonctionnement des équipements de gestion du trafic :

définition des priorités d'exploitation, de la disponibilité des équipements, des actions de maintenance préventive et curative.

VIII.1.4 Les équipements

Les équipements dynamiques utilisés pour le recueil de données sur le terrain sont ceux décrits au chapitre X.

Les moyens de transmission de ces informations du terrain vers le CIGT sont décrits aux chapitres X et XIV.

Le traitement des données recueillies sur le terrain est décrit au chapitre X.

Les outils de communication sont :

- le télécopieur,
- les téléphones avec lignes directes,
- les téléphones portables,
- les liaisons radio,
- etc.

Les supports de diffusion des informations vers les usagers sont essentiellement :

- panneaux à messages variables,
- programmes radio,
- Minitel,
- services téléphoniques,
- autres médias.

Ils sont décrits au paragraphe X.

Les équipements Bureautique sont :

un traitement de texte et un photocopieur au minimum.

Les équipements de vie sont des unités de restauration, salle de repos, etc.

Les moyens logistiques :

on examinera l'opportunité de doter le CIGT de véhicule(s) permettant de gérer les missions décrites ci-dessus : ces actions ne faisant pas double emploi avec celles confiées aux patrouilles des CEI.

VIII.1.5 Fonctionnement du CIGT

- Activation

Le CIGT du niveau 1A sera activé normalement 24h/24, ceux de niveau 1B seront activés tant que de besoin.

Dans le cas où la présence 24H /24 ne peut être assurée par tous les participants, les services absents sont mis en astreinte en dehors des heures ouvrables.

- Les personnels

- Le cadre

Le cadre doit apporter des capacités d'études et de réflexions dans le domaine de l'ingénierie du trafic. Il est ouvert aux évolutions technologiques. Il doit pouvoir gérer des situations de crise, parfois de longue durée.

Au plan humain, il doit présenter des qualités de dialogue, de concertation et de communication avec des services et des niveaux hiérarchiques très différents : Préfecture, Gendarmerie, Police, Équipement, Collectivités locales.

Présent au CIGT durant les heures ouvrables, il doit être soumis à l'astreinte en dehors de ces périodes.

- Le pupitreur

Ce technicien qualifié dont le rôle est essentiel dans la gestion au quotidien, doit être capable de régler la majeure partie des cas, en appliquant les cahiers de consignes particuliers. Il doit être capable également de faire face à la survenance de situations de crise lors des périodes hors heures ouvrables en attendant le renfort de sa hiérarchie. Il fait partie d'une équipe se relayant au pupitre par cycles de 8 heures.

- Le spécialiste des matériels

Son choix dépend du degré d'équipement du CIGT (informatique et transmission des données). Il est présent durant les heures ouvrables et soumis à l'astreinte en dehors.

Nota : Dans les CIGT les plus importants, on peut également trouver un secrétariat et un petit bureau d'études.

VIII.2 La veille qualifiée

La fonction "veille" répond à l'objectif d'offrir un point d'entrée unique et permanent dans l'organisation des gestionnaires de voiries (DDE, Villes et sociétés concessionnaires d'autoroutes), en cas d'accident ou d'incident sur le réseau. Elle prend des formes différentes selon l'organisation des services, notamment en fonction du classement des voies.

Deux cas sont à envisager :

- le CIGT fonctionne 24h/24 ce qui est par exemple, le cas des CIGT interministériels : dans ce cas il n'y a pas à organiser de fonction "veille qualifiée" le personnel étant toujours présent.

- LE CIGT ne fonctionne pas 24h/24 : dans ce cas il convient de mettre en oeuvre une organisation permettant d'alerter et de rendre opérationnels dans les meilleurs délais les personnels concernés.

Il existe alors 2 possibilités:

- création d'une veille qualifiée propre au CIGT, placé sous astreinte.
- appel à la veille qualifiée respective de chaque gestionnaire de voirie (DDE, Ville, ...).

Lorsque la veille est assurée par le CIGT, on prévoira par ailleurs un point d'entrée obligatoire dans le ou les CEI du système d'exploitation urbain (*réseau de niveau 1* etc...)

Cette veille devra avoir des relations avec les autres structures opérationnelles telle que la DDE.

Cette fonction ne se substitue en aucun cas à celle des équipes chargées du maintien de la viabilité, placées sous astreinte généralement en dehors des heures de service.

VIII.2.1 Son Rôle

La veille fournit :

- toute l'année un point d'entrée en dehors des heures de service ;
- une capacité à mobiliser des équipes de maintien de la viabilité, à la demande des services de police (DDSP, CRS, Gendarmerie ...), de la Préfecture, de secours et d'incendie. Cette mobilisation doit selon les cas être possible dans le cadre d'une organisation (équipe d'astreinte en CEI).
- une capacité à orienter vers les interlocuteurs compétents, dans le cas où le Service n'est pas concerné ;
- une information de l'échelon compétent, en cas de nécessité ;
- une capacité à faire fonctionner les matériels du CIGT.

VIII.2.2 Organisation et Qualification

Organisation :

Cette veille est assurée en dehors des heures de service ; Si elle n'est pas réalisée par un organisme activé 24/24h, elle est effectuée par un personnel d'astreinte logé soit sur place, soit à domicile.

Il est important de noter que le choix du mode d'astreinte aura des répercussions importantes sur le délai de mobilisation puisque pour une astreinte à domicile il faudra alors rajouter le temps de trajet de l'agent.

Les délais de mobilisation de la veille préconisés sont :

Niveau 1 A : immédiat

Niveau 1 B : un quart d'heure si une veille qualifiée existe en dortoir au CIGT ou 20 minutes si on fait appel à la veille qualifiée de la DDE.

Qualification :

La veille concerne donc des catégories d'agents, professionnels de la route, capables d'initiatives et de réflexion, et possédant en outre un bon sens des relations humaines (Chefs d'équipes d'exploitation principaux, Conducteurs, Contrôleurs, Assistants Techniques, et autres personnels compétents en exploitation). Les agents concernés devront recevoir la formation ad hoc.

VIII.1.3 Équipement

Si la veille s'effectue en dehors d'un fonctionnement 3x8 l'équipement de base pour une veille à domicile devra être le suivant :

- radio téléphone portable, alphapage;
- radio de service (dans le véhicule de service) ;
- cahier de consignes (dont annuaire à jour) ;
- cartes routières .

VIII.3 La Salle Opérationnelle

VIII.3.1 Son rôle

Lorsqu'un événement de nature à perturber gravement et durablement la circulation se produit, une situation de crise s'établit.

Dans ce contexte, la Salle Opérationnelle constitue :

- le point d'entrée unique pour le Préfet et les autres acteurs dans le système d'exploitation,
- le lieu de décision des mesures d'exploitation prévues ou non prévues par le PGT et dépassant le cadre courant de la gestion des perturbations confiée au CIGT.

VIII.3.2 Particularités du milieu urbain

Il pourra arriver qu'une Salle Opérationnelle dite Salle de Crise dans ce cas soit déjà instaurée en préfecture et régulièrement utilisée (donc reconnue).

Dans le cas de l'existence d'une crise impliquant le *réseau de niveau 1*, la Salle Opérationnelle «trafic» associée au CIGT sera alors activée et en relation avec la Salle de Crise de la préfecture.

Par contre, il est vraisemblable qu'un cadre sera dépêché à la Salle de Crise.

VIII.3.3 Les locaux

Il s'agit d'une salle adossée au CIGT ayant à disposition un certain nombre de renvois nécessaire à l'information des décisionnaires.

Une salle de réunion équipée de façon permanente des divers documents et équipements cités ci-après peut très bien convenir.

Elle devra toutefois permettre de travailler relativement au calme (espace fermé, isolation...).

VIII.3.4 Les équipements (liste non exhaustive)

Les matériels :

la visualisation d'une partie du recueil de données sera disponible dans la salle, l'accès aux informations disponibles à la Salle d'Exploitation voisine devant être possible.

Nota : le numéro de téléphone de la Salle Opérationnelle devra rester confidentiel, afin de ne pas gêner son fonctionnement en période de crise.

les équipements fixes :

- cartes de visualisation des différents réseaux urbains et périurbains,
- tableau,
- poste radio (écoute des média),

les documents :

- organisation de tous les acteurs (Préfecture, DDE, police, gendarmerie, incendie et secours, gestionnaires des autres réseaux, CRICR,...),
- liste des numéros de téléphone et télécopieur de tous ces services,
- liste des chantiers et manifestations perturbant la mise en oeuvre des mesures d'exploitation (cette liste sera fournie par le CIGT dès que se produit l'incident),
- plan des infrastructures et de leurs équipements,
- plans de gestion de crise : plans de gestion de trafic, DOVH (document d'organisation de la viabilité hivernale), plans d'urgence, plan ORSEC, plan de circulation et de défense (si confidentiel défense à destination du cadre de la DDE),...

VIII.3.5 L'activation

Le CIGT étant en activité (ou activable) en permanence, c'est le cadre mandaté pour cela qui "démarrera" la Salle Opérationnelle.

Toutefois le service devra s'organiser pour répondre à ce genre de sollicitation, afin d'être capable de mobiliser ce cadre le plus rapidement possible (soit le cadre d'astreinte du CIGT, soit le cadre de permanence de la DDE).

VIII.3.6 Les personnels

L'effectif nécessaire à l'activation et au fonctionnement de la salle est fonction de la gravité de la crise et de son amplitude. On appellera en renfort en priorité les personnels du CIGT.

On retiendra surtout, qu'il est indispensable de former un nombre suffisant de personnel afin de pouvoir «tenir» une crise de plusieurs jours (événement neigeux par exemple)

Nota : Cas de l'interministérialité : si le CIGT est interministériel, la salle pourrait valablement regrouper les responsables des autres réseaux viaires de l'agglomération ainsi que les forces de l'ordre.

VIII.3.7 En dehors de la crise

- le responsable du CIGT sera chargé de l'actualisation des documents et de la bonne conservation de la salle,
- des sessions de formation seront régulièrement organisées,
- des séances de présentation de cet outil seront organisées à l'intention des différents acteurs, afin qu'ils intègrent mieux cette salle dans leur propre dispositif.

VIII.4 Les centres d'entretien et d'intervention (CEI)

Afin d'assurer leurs missions d'exploitation et d'entretien routiers, les services gestionnaires des voies rapides urbaines ou d'autoroutes (généralement non-concédées), sont dotés d'unités opérationnelles dénommées "centre d'entretien et d'intervention" (CEI).

Ces CEI mettent en oeuvre principalement la première mission de l'exploitation dite du "**maintien de la viabilité**".

Elle rassemble toute les actions visant à maintenir ou à rétablir le plus rapidement possible, l'usage normal de la voirie :

- la surveillance générale du réseau,
- l'intervention sur accident ou incident, avec notamment le dégagement des chaussées lors d'accident de poids lourds (marchandise renversée),
- la viabilité hivernale,
- organisation des interventions prévisibles (manifestations...),
- maintenance des équipements.

Le (ou les) CEI participe à la mission "**gestion du trafic**" selon le terminologie du SDER, en relation avec le CIGT.

Ils peuvent être chargés par exemple de la mise en place de déviations ou délestages dans le cas de la réduction de capacité des voies (incidents, manifestations, ...) ou lorsque la charge de trafic l'impose.

Pour ce qui est de la mission "**aide au déplacement**", le CEI ne sera concerné que par l'activité des patrouilleurs (aide à l'usager) et l'annonce préalable sur le terrain des chantiers.

- Les CEI assurent un certain nombre de fonctions :

- L'exploitation sous chantier

Les CEI en qualité de gestionnaire de la voirie sont chargés d'assurer l'entretien de l'ouvrage routier en organisant notamment toutes les mesures d'exploitation sous chantier (coupure régulière de section ou de bretelle...).

La charge de trafic imposera très souvent le recours au travail de nuit, surtout pour les chantiers dits "courants" au titre de la circulaire 96.14 du 6 février 1996 (dite circulaire "chantier"), les chantiers non-courants pouvant être organisés aux périodes de trafic les moins chargées.

Il y aura lieu d'instaurer des procédures de planification, de validation et de suivi des chantiers courants et non courants, ceci en étroite relation avec le CIGT.

- Surveillance des équipements des ouvrages singuliers

Les ouvrages routiers particuliers que peut comporter le réseau (tunnel, viaduc...) sont en principe dotés d'une gestion technique centralisée (GTC) permettant de s'assurer de la disponibilité des divers équipements indispensables à leur fonctionnement.

Le CEI s'occupe généralement de cette GTC. On examinera toutefois dans quelle mesure, au moins les alarmes de la GTC peuvent être renvoyées au CIGT en dehors des heures ouvrables.

- Maintenance des équipements

La maintenance des équipements d'exploitation devra être organisée et dotée d'un niveau d'exigence (taux de disponibilité) élevé.

Elle pourra être confiée soit au(x) CEI, soit au CIGT.

Le choix sera guidé par le taux de disponibilité recherché, la nature et le nombre des équipements à maintenir ainsi que les organisations en place.

☛ Les CEI ont donc des besoins en moyens matériels et humains :

- Implantation géographique

Le (ou les) CEI sera, autant que faire se peut, implanté à proximité de l'axe dont il est chargé, ceci afin de garantir les temps d'intervention exigés. Si des contraintes d'ordre foncier l'en empêche, on tentera de maîtriser le libre accès au réseau (garantie du temps de parcours).

L'un des CEI pourra "abriter" le CIGT (Cf § VIII.1).

Dans tout les cas, on cherchera à faire coïncider la zone de compétence du CIGT et des différents CEI.

- Dimensionnement et fonctions

Le dimensionnement de ce genre de bâtiment est étroitement dépendant des missions qui lui sont confiées. La Direction des Routes (Sous-Direction de l'entretien, de la réglementation et du contentieux / REG) possède une bonne expérience en matière de besoin immobilier.

On retiendra simplement que le niveau d'exploitation requérant un organisation permanente, les locaux ménageront des espaces sociaux nécessaires à une bonne prise en compte du cadre d'emploi (dortoirs, cuisine, salle de détente,...).

- Moyens de communication

Le CEI devra pouvoir communiquer avec le CIGT (radio de service) et avec ses principaux partenaires assurant des missions opérationnelles (force de l'ordre, service incendie, SAMU...).

- Équipes d'intervention

En dehors des périodes de service hivernal qui requièrent une organisation particulière, le CEI disposera en permanence d'une équipe d'intervention (dite parfois de viabilité) capable de respecter les "délais d'intervention" imposés.

Cette exigence suppose :

- pendant les heures ouvrables d'organiser la disponibilité des équipes,
- hors heures de service, de placer les agents sous astreinte, en dortoir ou à domicile, selon les délais d'intervention fixés,
- pendant les périodes de service hivernal, d'être capable d'assurer à la fois les missions de viabilité hivernale et les opérations d'intervention sur incident ou accident.

VIII.5 Les patrouilles

Le CEI est chargé de la surveillance générale du réseau et à ce titre organise la fonction de patrouillage.

A ce niveau d'exploitation, le patrouillage sera permanent - par opposition à un patrouillage assurant un certain nombre de tournées par jour sur un itinéraire donné, sauf si le réseau est couvert par des dispositifs techniques (couverture vidéo, DAI ou DAB,...) ou si des organisations connexes (autres patrouilles) justifient un allègement de la tâche.

On pourra toutefois admettre, en fonction du volume des perturbations prévisibles et aléatoires d'abaisser le niveau de surveillance à certaines heures.

- Missions des patrouilles

Il s'agit bien ici de décrire les missions des patrouilles spécialisées dans le domaine de l'exploitation de la route, même s'il est vrai qu'un certain nombre de tâches peuvent relever à la fois de l'entretien routier (conservation du patrimoine) et de l'exploitation.

Les tâches décrites ci-après sont bien sûr indicatives.

- Surveillance du réseau

plutôt au sens de la circulation de la route

- repérage des anomalies sur les chaussées et leurs dépendances,
- enlèvement des objets perdus sur les voies circulées ou sur les BAU,
- repérage des véhicules abandonnés,
- vérification de la disponibilité du réseau d'appel d'urgence,
- maintenance de premier niveau des équipements d'exploitation,
- concordance des informations fournies au usagers avec la réalité du terrain (PMV ou messages radio...),
- observation de l'usage de la route,

plutôt au sens de la conservation de l'ouvrage routier

- repérage des dégâts au Domaine Public,
- surveillance de l'état des équipements de sécurité,
- lutte contre la publicité illégale,
- surveillance des interventions des tiers sur le réseau (cessionnaires, entreprises...).

- Interventions sur accidents et incidents

- arrivée rapide sur les lieux signalés (à moins que la patrouille ne découvre elle-même l'incident) et mise en sécurité des lieux (balisage de première urgence),
- diagnostic rapide de la situation,
- information du CIGT et de la hiérarchie du CEI,

si les possibilités du patrouilleur le permettent

- dégagement de la chaussée,
- vérification de l'état de la chaussée avant remise en circulation,

si l'importance de l'accident dépasse les possibilités du patrouilleur

- demande de renfort des équipes d'intervention,
- signalisation de la queue de bouchon.

Nota : Dans le cas de perturbations établies durablement, il est préférable que le patrouilleur aille surveiller le fonctionnement du reste du réseau et en tienne informer le CIGT. Il peut également mettre en oeuvre quelques mesures simples de gestion de trafic demandées par le CIGT.

- aide à l'utilisateur

- fonction d'alerte (radio de service ,RAU..),
- aides aux usagers en difficultés (protection arrière, appel à dépanneur, "coup de main", demande d'une protection de police, escorte...),
- conseil "ferme" aux usagers dans le cas de comportement dangereux,
- renseignements aux usagers égarés.

Nota : Dans le domaine de l'aide à l'utilisateur il y a lieu d'être prudent dans la définition de la limite de l'intervention des services (responsabilité du service et de l'agent, concurrence avec la profession du dépannage/assistance, limite du "coup de main" à l'utilisateur...). Dans tout les cas, le poussage ou le tractage du véhicule est à proscrire.

☛ Équipement des patrouilleurs

moyens de communication :

le véhicule sera équipé au minimum d'une radio de service lui permettant de communiquer en temps réel avec le CIGT et son CEI.

véhicule :

- de type fourgon ou fourgonnette, il sera traité de façon que sa fonction soit reconnaissable,
- un PMV mobile équipera l'arrière du véhicule,
- lors de l'aménagement intérieur, on veillera à l'ergonomie du poste de conduite et au confort des agents (fort kilométrage parcouru, descentes et montées fréquentes...),

matériel :

- balisage de première urgence,
- matériel d'intervention (produit absorbant, extincteurs...),
- petit outillage de réparation des équipements de la route,
- petit matériel d'aide à l'utilisateur.

☛ Fonctionnement

Pour assurer une présence permanente, le service devra en principe organiser une rotation de ses patrouilleurs du type 3x8 heures, à moins qu'une organisation en 2x8 heures suffise (pour couvrir notamment les heures de pointe du matin et du soir).

Dans tous les cas, le CEI se dotera d'une équipe d'intervention sous astreinte hors des heures ouvrables.

Généralement le patrouilleur est seul à bord. Toutefois l'intervention sur les voies très circulées comme certains tronçons des *réseaux de niveau 1* ici traités peut justifier aux heures chargées une équipe de deux agents.

VIII.6 Les autres Centres d'Exploitation ou PC

Il s'agit, ici, principalement des Centres d'Exploitation de trafic urbain ou des transports en commun.

Leur vocation est de réguler le trafic sur les axes de leur compétence, notamment à l'aide des feux tricolores par l'application de plans de feux adaptés aux conditions de circulation en temps réel.

A moins d'une interaction forte entre le réseau viaire urbain et le réseau de niveau 1, ces Centres d'Exploitation n'interviennent pas, en temps normal, dans l'exploitation du CIGT.

Cependant lors de grosses perturbations sur les réseaux de niveau 1, la répercussion sur le trafic local peut être importante.

Il convient, dès lors, d'intégrer ces Centres d'Exploitation dans la logique d'exploitation d'un secteur et de les associer aux réflexions préliminaires, notamment lors de la rédaction des cahiers de consignes.

Cela est d'autant plus nécessaire que ces Centres d'Exploitation ne sont pas forcément activés 24H/24.

On touche là, à la relation entre partenaires et sa traduction dans l'organisation générale du système(cf §IX).

Nota : Exemple de relations entre CIGT et centre d'exploitation des bus

• Informations PC bus ➔ CIGT

La connaissance du trafic en temps réel sur le réseau associé aux voies rapides, sous la domanialité des collectivités locales, est généralement réalisée grâce à des systèmes de détection bien adaptés à la gestion des carrefours à feux. Ils ne donnent toutefois que peu d'informations sur les raisons de saturations et la longueur de files d'attente, à tel point que le critère le plus utilisé est celui du taux d'occupation, sans références totales aux débits et aux vitesses. Et cependant, ce réseau peut offrir des capacités d'écoulement du trafic intéressantes mais très variables en fonction d'éléments mal maîtrisés tels que le stationnement d'un camion de livraison en double file, ou un chantier sur chaussée.

Au moment où il faudra faire appel à la capacité du réseau associé pour résorber une difficulté intervenue sur voie rapide, les conducteurs d'autobus seront une source d'information très utile sur les mesures à prendre pour fluidifier les itinéraires qu'ils empruntent.

- *Informations CIGT ➡ PC bus*

Dans le cas de lignes express sur voies rapides, il est normal que les gestionnaires du réseau d'autobus soient des destinataires privilégiés d'informations en temps réel sur la situation qui s'y présente.

Dans le cas du paragraphe précédent, c'est bien entendu par une demande en provenance du CIGT et adressée au PC bus que le circuit d'information sera entamé.

- *Informations CIGT ➡ PC bus ➡ voyageurs*

L'information des conducteurs automobiles est réalisée par différents vecteurs (PMV, radio locale) qui ne sont pas à la disposition des passagers de bus. La proposition de transmission d'informations pouvant intéresser les passagers par l'intermédiaire des gestionnaires de réseaux, s'il n'a pas d'impact sur les conditions de circulation, a l'avantage lors des discussions d'opérations SDER avec les collectivités locales de favoriser le dialogue et la concertation.

VIII.7 Le CNIR et les CRICR

Le réseau des Centres d'Information Routière a pour mission essentielle d'organiser la diffusion des informations sur les conditions de circulation vers les usagers de la route, au niveau inter-régional pour les sept Centres Régionaux (CRICR : Créteil, Rennes, Lille, Metz, Lyon, Marseille, Bordeaux) et au niveau national pour le CNIR.

Ces centres sont cogérés par trois ministères (Transport, Défense, Intérieur). Ils fonctionnent 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7.

Du recueil de l'information, (constat sur le terrain) jusqu'à sa diffusion vers l'utilisateur final, les Centres d'Information doivent assurer un ensemble de fonctions "intermédiaires" :

- *dans la phase de recueil des données*, ils doivent optimiser les échanges avec les sources d'information (gendarmerie, police, gestionnaires de voirie, météorologie), multiplier les moyens de recueil et augmenter leur capacité d'interprétation des données reçues.

- *pour le traitement des données*, ils doivent structurer l'information reçue, développer les moyens d'analyse et garantir ainsi la pertinence et la cohérence des informations à diffuser.

- *au niveau de la diffusion*, ils doivent fournir des informations adaptées aux besoins d'opérateurs en constante évolution, avec l'utilisation de nouvelles technologies (vidéotex, systèmes embarqués dans les véhicules, audiotex...) et la multiplication des zones de diffusion (local, régional, national, international).

Les Centres d'Information Routière exercent en outre des fonctions de gestion ou de régulation du trafic sur le réseau routier interurbain et assurent dans ce cadre, la coordination des

mesures d'exploitation (déviation, délestage) nécessaires en situation de crise, en période de migrations hivernales ou estivales (plan PALOMAR).

Cette mission implique de disposer de moyens permanents d'observation du réseau, en terme de perturbation et de charge, mais elle suppose aussi d'utiliser des instruments d'analyse permettant de développer la capacité à anticiper des situations de crise.

Enfin, la fonction de prévision, aujourd'hui limitée au niveau national avec BISON FUTE, a montré l'intérêt de l'information routière en complément des mesures d'exploitation. Le développement des moyens d'analyse statistique et le recueil des informations à caractère prévisionnel, devrait favoriser à l'avenir l'application de ces fonctions à un niveau local.

La mise en place dans les Centres d'Information Routières d'un système TIGRE (Traitement de l'Information Géographique et Routière Événementielle) a pour but de répondre à l'ensemble de ces besoins, en mettant à leur disposition des outils adaptés à la diversité des échanges, en facilitant l'analyse et le traitement des données sur la circulation routière.

L'état de la circulation dans les zones urbaines et périurbaines est donc essentielle pour les CIR ; de même les gestionnaires de *réseau de niveau 1* doivent être alertés des flots de trafic de transit prévisibles.

On pourra considérer que les systèmes d'exploitation mis en oeuvre sur les *réseaux de niveau 1* sont des "boîtes noires", adaptées à leurs domaines (maintien de la viabilité, gestion du trafic, aide au déplacement). Au niveau des échanges de données avec les CIR, on raisonnera donc sur des informations de synthèse (la fonctionnalité est donc prévue dans le SAGT - terme défini au chapitre XI) homogènes par rapport aux réseaux interurbains. L'information recueillie donnera alors une image pertinente de la situation sur les *réseaux de niveau 1* du SDER.

IX) Organisation générale

Les relations entre les différentes structures impliquées dans l'exploitation du réseau retenu résultent de l'organisation générale mise en place pour l'élaboration et la gestion du système d'exploitation.

IX.1 La concertation

Cette organisation générale est issue d'une concertation dont le cadre a été présenté au chapitre IV.3 entre les différents acteurs et partenaires concernés.

La concertation permet notamment :

- de définir une stratégie générale et globale d'exploitation des réseaux de voirie,
- de définir les investissements nécessaires,
- de coordonner et assurer la mise en oeuvre de cette stratégie,
- d'assurer les moyens de fonctionnement du système, tant en crédit qu'en personnel.

La convention établie normalement avant la fin de la phase préparatoire entre les différents acteurs pour les investissements du système d'exploitation doit explicitement détailler la procédure de mise en oeuvre des stratégies de gestion du trafic.

IX.2 L'organe de décision

Il est constitué par un comité technique de pilotage, composé de représentants des maîtres d'ouvrage, qui définira les modalités d'application de la politique générale en matière d'exploitation de la route fixée par ces derniers. Il se réunira périodiquement pour examiner les bilans d'exploitation du système, régler les problèmes apparus dans son fonctionnement, fixer les niveaux de service, orienter les stratégies d'exploitation. Il est bien clair que devant la multiplicité des maîtres d'ouvrage, les décisions se prennent de manière consensuelle.

Cet organe est bien entendu créé en même temps qu'est signée la convention, cependant bien que son action sera effective dans la phase préparatoire, il jouera un rôle important dans la phase opérationnelle.

IX.3 Le dispositif opérationnel

Une fois le système d'exploitation mis en place tout ou partie, le CIGT, avec à sa tête un chef de centre, sera responsable fonctionnellement de la bonne application des directives notifiées par le comité technique de pilotage en utilisant les moyens qui lui auront été fournis dans le cadre de la convention établie entre les différents partenaires.

Lorsque le réseau concerné sera réparti entre plusieurs exploitants, ce qui sera le cas général, il y aura lieu de définir les fonctions à assurer par chaque exploitant, chacun avec ses propres structures et sa propre organisation, et celles qui seront gérées en commun par le système d'exploitation et qui devront s'insérer dans les fonctions des différents exploitants.

Cette insertion se réalisera concrètement au niveau de la répartition des rôles, des responsabilités, des pouvoirs de décision et des tâches à accomplir par chaque élément de la **structure opérationnelle qui pourra comprendre :**

- un «CIGT central» du système d'exploitation,
- des CIGT de secteur au niveau de chacun des exploitants,
- des CIGT voisins et des CIGT d'un niveau supérieur éventuellement (département, région, ...),
- des CEI rattachés à chacun des CIGT,
- des Centres d'Exploitation des différents exploitants (régulation des feux, TC, parkings, CRS, CODIS),
- des Salles Opérationnelles,
- le CRICR pour la gestion de l'information routière.

Les relations entre ces différentes structures sont schématisées dans l'exemple d'organigramme IX.1.

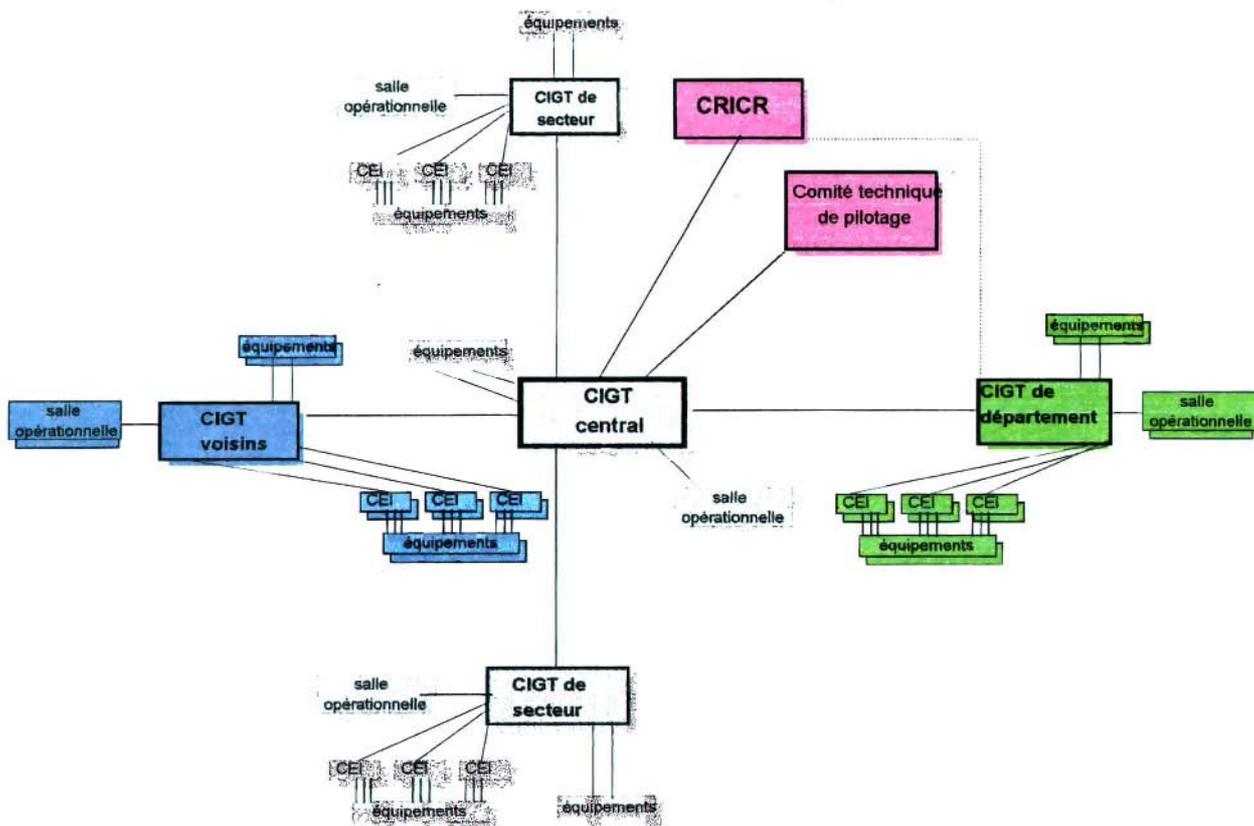
La répartition des fonctions selon les différents niveaux de structure des CIGT doit être basée sur le principe de "subsidiarité", c'est-à-dire que les problèmes ne doivent être remontés à l'échelon supérieur que s'ils dépassent le cadre du secteur concerné tant pour leur traitement que pour les répercussions sur le trafic.

La répartition des outils de commande doit également être adaptée à la nature et à l'ampleur des problèmes et des fonctions à traiter.

Cependant, il peut être intéressant de réaliser des économies d'échelle en opérant des regroupements de certains intervenants; ceci peut être le cas par exemple des Forces de l'Ordre qui peuvent être regroupées en un seul endroit au lieu d'être réparties sur plusieurs Centres d'Exploitation, mais aussi de certaines fonctions; ceci peut être le cas de la fonction ingénierie par exemple.

Toutes les relations entre les différents acteurs doivent être définies et précisées dans les plans de gestion du trafic et dans des cahiers de consignes. L'élaboration de ces directives partira du recensement des situations à gérer ; les situations non prévues devront déclencher une procédure de prise de décision établie à l'avance.

RELATIONS ENTRE LES DIFFERENTES STRUCTURES



Organigramme IX.1

On touche là, à la concrétisation du partenariat entre les divers exploitants. Il serait vain de décrire un système idéal. C'est bien l'exercice de la mise en commun des objectifs respectifs qui conduira à bâtir une organisation «originale» de tout le système d'exploitation du milieu urbain.

IX.4 Responsabilité dans la diffusion de l'information

IX.4.1 Présentation générale

Les travaux relatifs aux applications de la télématique dans le domaine de l'information et du guidage des usagers sont entrés dans une phase décisive.

La définition et la mise en oeuvre de services d'information routière et de guidage cohérents posent des problèmes de nature organisationnelle, juridique, financière et technique qui ont

nécessité une prise de position de la part des responsables politiques chargés du secteur des transports.

C'est pour sensibiliser à ces enjeux les responsables politiques du secteur des transports et éviter que ne soient prises sur le plan juridique des mesures unilatérales qui risqueraient de compromettre l'élaboration ultérieure de normes indispensables en cette matière, que le Conseil des Ministres de la CEMT, lors de sa session d'Annecy les 26 et 27 mai 1994, a vu soumettre à son approbation, d'une part, une Résolution d'ensemble sur les applications des nouvelles technologies de l'information, d'autre part, une Déclaration de Principes sur l'ergonomie et la sécurité des systèmes d'information embarqués. Ces documents qui ont été formellement adoptés par le Conseil des Ministres, préconisent des actions en vue de faciliter le développement de systèmes compatibles en Europe. On peut noter parmi celles-ci :

- Définition et agrément des services d'information.
- Établissement de structures administratives liées aux services d'information.
- Favoriser les travaux de normalisation en vue d'une interopérabilité.
- Favoriser la normalisation de la présentation des messages de trafic.

IX.4.2 Les enjeux

L'information routière est une composante essentielle de l'information multimodale, qui permettra de comparer les différentes offres de transport, de choisir les plus intéressantes et d'avoir les renseignements pratiques pour réaliser chaque étape en toute tranquillité. Cette information doit être accessible avant le voyage (au domicile, dans les bureaux, sur les lieux publics...) et pendant le voyage.

Une telle approche "consumentiste" suppose une certaine transparence et un libre accès à des informations souvent complémentaires, mais aussi parfois concurrentielles. Elles devrait contribuer à un meilleur équilibre dans l'usage des différents réseaux disponibles routiers et de transports publics.

L'information routière constitue un service destiné au public qui a pour objet de donner au voyageur les renseignements qui lui sont nécessaires pour :

- préparer son déplacement, choisir l'itinéraire, la période adaptée à ses contraintes ;
- effectuer ce déplacement dans les meilleures conditions, étape par étape ;
- éviter les situations difficiles, annoncées à l'avance ou en cours de route ;

et ainsi, accroître son confort et sa sécurité. Ce service n'est pas nécessairement fourni par le seul secteur public, les entreprises privées pouvant également jouer un rôle dans ce domaine.

Le guidage est un service personnalisé qui a pour objet d'aider le conducteur à optimiser son itinéraire en temps réel, avec un minimum de fatigue, en pilotant celui-ci à chaque point de choix sur le meilleur chemin jusqu'à sa destination finale ou au parking libre le plus proche permettant une correspondance avec un transport public.

Les objectifs poursuivis sont tout d'abord l'aide au conducteur, mais également, du point de vue de l'intérêt général :

- une meilleure gestion des infrastructures afin d'adapter la demande à une utilisation optimale de la capacité du réseau routier existant et de limiter les besoins de construction de nouvelles routes ;

- une réduction des gênes subies par les voyageurs en cas de difficultés de circulation, ces gênes ayant un impact immédiat sur le coût des déplacements et sur la compétitivité des entreprises européennes ;

- une amélioration de la sécurité et de la protection de l'environnement.

Les services de guidage et d'information devraient avoir de ce fait des effets bénéfiques à la fois pour les conducteurs, individuellement ou collectivement, mais également pour l'ensemble de la société.

Le développement des services d'information routières présente donc un lien très étroit avec les responsabilités des Ministres des Transports, partagées avec d'autres ministères, soit pour la gestion des réseaux routiers, soit pour la sécurité des équipements des automobiles, soit pour la protection de l'environnement, soit pour le développement des industries liées à l'automobile et aux télécommunications.

Deux raisons modifient en outre le statu quo relatif à l'information routière :

- la volonté de créer des réseaux transeuropéens dans les 12 états membres de l'Union Européenne prévue par le traité de Maastricht, création qui implique une coordination plus importante des mesures d'exploitation et d'information entre pays ;

- l'apparition d'équipements d'information à bord des véhicules, qui, pour être utilisables dans tous les pays européens, supposent des protocoles et des interfaces compatibles permettant l'interopérabilité des systèmes télématiques.

L'interopérabilité et la normalisation ne sont sans doute pas nécessaires dans tous les cas. Ils s'avèrent pourtant le plus souvent indispensables pour promouvoir le service destiné au public, la sécurité et le marché, étant entendu que leur objectif ne saurait être de restreindre le choix du consommateur.

L'information routière est actuellement diffusée selon quatre modalités :

- par la signalisation routière variable, en particulier les panneaux à messages variables ;

- par des radios généralistes nationales ou locales et par des radios spécifiques dédiées à l'information routière ;

- par la presse nationale et régionale, guides, cartes...

- par des moyens télématiques, par exemple par téléphone, Minitel, micro-ordinateurs, télévision ou supports spécifiques et codés permettant des informations ciblées et, à terme, personnalisées.

Le développement technologique concerne toute la chaîne de l'information depuis le recueil des données de trafic, le traitement instantané de ces données, les modèles de prévision et les modes de diffusion utilisant des terminaux, à domicile pour préparer le voyage et le long des routes ou à bord des véhicules pendant le déplacement.

Les technologies de diffusion sont diverses :

- par voie hertzienne, selon le mode RDS-TMC ;
- par systèmes de communication à courte portée (infrarouges et micro-ondes) ;
- par radio téléphone cellulaire (GSM) ;
- par satellites.

Des applications relatives à l'information routière et au guidage des véhicules ont été mises au point et développées à partir de ces technologies dans le cadre du programme communautaire DRIVE et du programme EURÉKA PROMETHEUS.

Les premières applications ont été essayées dans le cadre de projets pilotes urbains (POLIS) et interurbains (CORRIDOR) destinés principalement à en montrer la faisabilité technique.

Les travaux de normalisation menée au CEN, au CENELEC, à l'ETSI et à l'ISO ont pour but de définir les fonctionnalités des systèmes ainsi que des interfaces les rendant compatibles pour parvenir à un ensemble de systèmes interopérables. Il est cependant à craindre que ces travaux ne seront achevés qu'après que les premiers systèmes auront été installés.

L'offre de services est encore plus importante que l'offre d'équipements et le marché peut jouer un rôle moteur dans le développement de ces services. Ils supposent établi un partenariat efficace entre des partenaires publics (gestionnaires d'infrastructure, police, gendarmerie, transports en commun, parcs de stationnement, etc...) et des partenaires privés chargés d'exploiter les services.

Ceux-ci sont de trois types :

- informations liées au réseau et au trafic ;
- guidage des véhicules selon un trajet optimal ;
- informations connexes au voyage.

a) La première catégorie couvre des informations :

- réglementaires, par exemple sens unique, limites de charge ou de dimensions des ouvrages, barrières de dégel, interdictions de circuler des poids lourds ;
- de trafic, saturation, bouchons, chantiers, temps de parcours prévisibles, itinéraires de délestage
et prévisions de trafic ;
- de sécurité, accidents, dispositions particulières, limitation de vitesse ;

- de crise, manifestations ;
- relatives aux conditions météorologiques (vent, neige, verglas).

b) La deuxième catégorie correspond à un service individualisé destiné à aider le conducteur à choisir son itinéraire selon des critères qui peuvent être différents :

- minimum de temps, horaires de départ ou d'arrivée ;
- minimum de distance, facilité des parcours, services annexes ;
- minimum de coût ;
- minimum d'une fonction des temps, des coûts, des contraintes ;
- attrait touristique de l'itinéraire.

c) La troisième catégorie correspondant à des informations diverses intéressant le conducteur pour son déplacement :

- moyens de transport alternatifs ou complémentaires ;
- parcs de stationnement, correspondances avec les transports publics ;
- services terminaux de taxis, de location de voitures ;
- stations services, garages, réparations ;
- restaurants, hôtels ;
- informations touristiques permanentes et actualisées.

La directive N°90/531 de l'Union Européenne a soumis les opérateurs de service à des procédures identiques à celles des marchés publics dans deux cas :

- soit lorsque :
 - le service rendu est d'intérêt général ;
 - l'opérateur jouit de la personnalité juridique ;
 - le financement est à majorité publique ;
- soit lorsque l'opérateur obtient une exclusivité sur un territoire.

La diffusion de l'information routière, voire de guidage peuvent entrer dans le champ d'application de cette directive.

L'application de cette procédure implique la coordination des autorités publiques (État et collectivités territoriales) afin de définir les caractéristiques du système en fonction de normes établies.

La définition et la mise en oeuvre de services d'information et de guidage cohérents posent donc de nouvelles questions relatives :

- aux aspects organisationnels supposant un partenariat étroit avec les opérateurs des services et d'infrastructures, les opérateurs de télécommunication et de radiodiffusion, les gestionnaires

de transports publics, les industriels de télécommunications et ceux liés à l'automobile et les multiples autorités publiques qui disposent de l'essentiel des informations, ces acteurs n'ont pas l'habitude de travailler ensemble et ils appartiennent aux secteurs publics et privés. Si sur le plan technique une compatibilité doit être recherchée, en revanche au niveau de l'organisation, l'objectif n'est pas de parvenir à une organisation uniforme mais seulement de mettre en place des structures juridiques adéquates.

- aux aspects juridiques concernant :

- les équipements électroniques, par exemple les écrans à bord des véhicules, et notamment les questions de sécurité; l'élaboration d'une déclaration de principe peut constituer une première réponse à cet égard ;
- la protection de la vie privée qui pourrait être mise en question par l'identification conducteurs ;
- la sécurité publique ;
- la diffusion des informations par voies hertziennes ;
- le respect des règles de concurrence et des marchés publics ;
- l'accès aux informations intéressant les usagers et les règles d'échange entre gestionnaires ;
- la responsabilité et le rôle des divers acteurs.

- aux aspects financiers qu'il s'agisse, en particulier :

- de la tarification des services offerts aux conducteurs ;
- de la vente des données de circulation entre opérateurs publics et privés, et plus généralement des conditions d'échanges de l'information ;
- de la répartition des coûts d'investissement et de fonctionnement entre les dépenses nécessaires à l'exploitation des réseaux et les dépenses supplémentaires nécessaires à l'information des conducteurs ;
- et, d'une manière générale, de l'ensemble des relations financières entre les diverses parties publiques et privées concernées.

- aux aspects techniques pour ce qui concerne en particulier :

- la normalisation des fonctionnalités des systèmes, des procédures et des équipements techniques ;
- les procédures normalisées d'échanges d'informations sur la circulation ;
- le caractère homogène de la qualité des services offerts aux clients/usagers, notamment la présentation des messages ;
- l'harmonisation des services de production et de mise à jour des informations permettant de connaître et de comparer les possibilités des réseaux.

Afin de mettre en oeuvre cette approche, l'État :

- définit l'information routière comme l'ensemble des informations sur les conditions de trafic présentes ou prévisibles, l'état des routes et l'influence des conditions météorologiques, phénomènes qui peuvent perturber le déroulement du trafic, y compris des recommandations aux usagers de la route.

- établit les principes directeurs communs définissant la qualité de service offerte en matière d'information et identifie les autorités responsables de la mise en oeuvre des actions d'information avec création d'une structure chargée de gérer des bases de données correspondantes afin notamment de faciliter les échanges ;

- stipule que les services d'information sont normalement soumis à une procédure de cahier des charges répondant aux caractéristiques énoncées dans le présent paragraphe.

Nota : Il faut donc favoriser les initiatives dans ce domaine en liaison avec toutes les autorités décentralisées.

IX.4.3 Définition et cahier des charges des services d'information

L'information routière comprend l'ensemble des actions de recueil, de traitement, de validation et de transmission des données relatives à la circulation ainsi que les actions de diffusion d'informations sur la circulation, quelqu'en soit le moyen. Cette information peut être couplée avec l'information concernant les parkings et les modes de transport publics alternatifs.

Cette information doit être réglementée :

- lorsqu'elle nécessite le recours à des équipements collectifs installés directement sur la route ou le domaine public routiers ;

- lorsque sa diffusion, par exemple sous forme d'information dynamique et en temps réel, peut avoir une influence sur la gestion du trafic et/ou de la sécurité routière.

A contrario, les informations utiles à l'usager de la route, mais sans lien direct avec la circulation sont exclues du champ de la réglementation sauf pour des raisons de sécurité routière. Il en est ainsi des informations touristiques, hôtelières, etc...

Les actions d'information routière peuvent faire donc l'objet de schémas directeurs définissant la qualité de service offert et les autorités responsables de leur mise en oeuvre afin de permettre notamment les échanges ; peu importe que les structures établies à cette fin soient publiques ou privées.

Un tel cahier des charges doit éviter deux écueils : d'abord, que les autorités publiques ne puissent contrôler correctement une information ayant un impact effectif sur l'ordre public, et en sens inverse, une réglementation limitant inutilement l'initiative privée.

Le cahier des charges doit donc définir les principales conditions d'exécution du service ainsi que les règles financières correspondantes. Les droits et obligations des autorités publiques et des opérateurs publics ou privés doivent traiter du recueil, du traitement, de la validation, de la transmission et de la diffusion des informations. Le jeu normal de la concurrence impose que

tout opérateur puisse accéder aux bases de données routières. En revanche, il doit être possible d'assortir cet accès, d'obligations concernant les modalités de diffusion, par exemple de règles déontologiques (respect du contenu de l'information), de règles de mise en forme (lexiques), de règles de diffusion prioritaires (messages urgents). Cet accès peut ne pas être gratuit et la tarification doit pouvoir contenir des redevances en fonction de l'utilisation faite des informations (notamment lorsqu'elles font l'objet d'une commercialisation par l'opérateur).

L'application de ce cahier des charges peut prendre diverses formes juridiques : licence, autorisation, convention, contrat, ...

IX.4.4 Structures administratives liées aux services d'information

Parmi les obstacles institutionnels qui entravent le développement des systèmes d'information, il faut souligner l'existence d'importants dysfonctionnements administratifs liés notamment à l'émiettement des responsabilités en matière de circulation et d'information. C'est ainsi qu'interviennent, de façon souvent peu coordonnée, les services compétents dans le domaine de la circulation routière (gestionnaires de la route et police), l'administration des télécommunications, les autorités chargées respectivement de l'audiovisuel et de la protection de la vie privée. A cela s'ajoutent les problèmes liés aux rapports de pouvoir entre autorités publiques autonomes notamment dans le cas d'agglomérations multicommunales ou de réseaux dont les voies relèvent de la compétence de différentes autorités.

Le premier stade doit consister en la création d'une structure de dialogue permanente entre les différents services de l'État impliqués : responsables de la circulation routière (gestionnaires de la route et police), administration des télécommunications, autorité compétente pour l'audiovisuel, instance chargée de la protection de la vie privée...

Il convient également d'élaborer une structure légale régissant dans le domaine de la circulation, de l'information et du guidage routier, les rapports entre autorités publiques i.e. rapports entre Etat et collectivités territoriales et rapports entre celles-ci. Cette question est particulièrement aiguë pour les systèmes de guidage non autonomes qui exigent une certaine occupation du domaine public, les textes actuels ne permettant généralement pas de contraindre une autorité locale d'accepter des équipements fixes (balises ou bornes par exemple) ou de laisser utiliser ses réseaux.

IX.4.5 Établissement de principes directeurs pour les premières applications de la télématique dans le domaine de l'information routière et du guidage.

Les applications télématiques en matière d'information routière doivent être définies à la fois par le réseau routier sur lequel elles s'appliquent, et par le niveau et les catégories de services offerts.

Il convient d'abord de définir le réseau à équiper en priorité susceptible de faire l'objet, dans une première étape, d'un schéma d'application de la télématique pour les services d'information routière et le guidage, étant donné que l'introduction des nouveaux systèmes d'information ne pourra être que progressive.

Sur le réseau prioritaire ainsi déterminé, doivent également être définies la qualité de services offert (types d'information, périodicité de l'information...) et les conditions d'accès à ces services.

Pour des raisons notamment de sécurité, il sera nécessaire en liaison avec les autorités étatiques d'établir un certain nombre de principes directeurs pour les services minimum de base qui devront être assurés par les systèmes d'information et de guidage exploités par les opérateurs privés et publics.

Les lignes directrices ainsi établies devraient porter, d'une part, sur la nature de ces services, d'autres part, sur le niveau et la qualité de ces services.

Eu égard à la nature des services à assurer, il convient de distinguer ce qui relève de la gestion du trafic qui seule relève de la responsabilité des pouvoirs publics et ce qui concerne l'information sur le voyage ou l'information sur l'état du trafic.

Pour ce qui est de la qualité du service, il apparaît que les actes juridiques (contrat, convention, licence, autorisation...) et les cahiers des charges au moyen desquels les opérateurs des nouveaux systèmes d'information seront autorisés par les pouvoirs publics à exercer leurs activités, devraient contenir, au minimum sous forme de principes directeurs, un certain nombre d'exigences relatives à la mesure de la qualité du service, au format des messages, à leur fréquence, au contrôle éventuel de l'information.

IX.4.6 Présentation des messages de trafic

Dans ses déplacements nationaux et internationaux, le conducteur routier rencontrera une signalisation routière permanente ou temporaire, et recevra des informations en temps réel grâce aux panneaux à messages variables et aux équipements télématiques à bord des véhicules.

Ces systèmes utilisent notamment des protocoles de codification et d'échange des messages qui font l'objet de normalisations au sein du CEN-TC 278.

L'intérêt et l'efficacité de ces systèmes reposent largement sur une interprétation correcte des messages reçus par les conducteurs, et sur la complémentarité entre les différents supports d'information.

Une homogénéité de signalisation et de présentation de l'information routière est donc très souhaitable sur le réseau routier choisi.

Le développement de la signalisation dynamique présente toutefois des risques plus élevés de divergence que la signalisation statique classique. Le recours aux pictogrammes de la

Convention de Vienne et la seule harmonisation des messages ne peuvent suffire. Il faut s'efforcer de normaliser les outils de gestion du trafic de manière à limiter les ambiguïtés pour l'utilisateur sur le comportement qu'il doit avoir (par exemple, sortir de l'autoroute ou attendre en cas d'interruption du trafic, distinction entre conseil et prescription) et donc mandater les instances compétentes en ce domaine.

Sur le réseau choisi pour les premières applications de la télématique, l'information routière diffusée aux conducteurs devrait être présentée sous une forme harmonisée respectant :

- les dispositions générales et notamment les pictogrammes de la Convention de Vienne, tout en prenant en compte les conditions de leur utilisation en signalisation dynamique ;

- les terminologies définies en commun relatives aux alertes et aux difficultés de circulation (états de circulation, longueur des zones de congestion...) ou aux conseils et prescriptions notamment lorsque l'utilisateur doit modifier son comportement pour faire face aux difficultés de circulation ;

- les formulations recommandées concernant la diffusion en temps réel des états de trafic dans les véhicules et permettant leur présentation dans la langue du conducteur ;

et évitant les conflits entre les messages diffusés par différents supports tels que signalisation à messages variables et RDS-TMC et, d'une manière générale, entre messages diffusés à bord des véhicules et messages indiqués le long des infrastructures. On se reportera utilement au guide PMV [SET94b] et plus particulièrement au lexique des messages.

X) Les moyens

Dans ce chapitre, nous allons préciser en fonction des domaines de l'exploitation de la route et des missions qui leur sont liées, les moyens tant techniques, qu'organisationnels, qu'humains et que financiers à mettre en oeuvre.

Il convient de signaler que les missions ne sont pas indépendantes. Ainsi, la préparation à la gestion des flux de trafic permet une meilleure organisation des interventions prévisibles, laquelle peut donner lieu à des actions préventives dont le relais est l'information prévisionnelle. De la même façon, le traitement temps réel des flux de trafic est en étroite relation avec les interventions de terrain et la surveillance générale du réseau, et trouve un relais naturel dans l'information temps réel.

Les tableaux suivants indiquent pour chaque équipement le domaine auquel il concourt directement. Étant données les relations existant (paragraphe II.4) entre les missions, l'équipement peut bien entendu concourir indirectement à d'autres missions. Par exemple, les caméras permettent une surveillance fine du trafic et donc une meilleure gestion et une information de qualité : mais les seules caméras n'autorisent pas de gérer ni d'informer. En revanche, les patrouilles mettent en oeuvre, bien que partiellement, pratiquement toutes les missions.

X.1 Les moyens techniques et organisationnels

X.1.1 Recueil des données

	Maintien de la viabilité	Gestion du trafic	Aide au déplacement	Recommandations	
				1A	1B
RAU	X			pas de 1 km et pas inférieur sur lieux de contrainte (tunnels)	pas < 2 km
Patrouilles	X	X	X	24h/24	de l'HPM à l'HPS
RADT	X	X		A définir dans le projet d'exploitation en fonction des objectifs assignés et de l'architecture choisie	
Caméras	X	X		sur les lieux de contrainte forte et lorsque il y a nécessité de compléter la connaissance de l'état du trafic	

	Maintien de la viabilité	Gestion du trafic	Aide au déplacement	Recommandations
Stations météo.	X	X		MAS et MAP équipements spécialisés sur zone à risque : logiciels de prévision de VH, détecteurs de brouillard, SADVH, détecteurs de verglas, visibilimètres, stations météo classique
Équipement ouvrages particuliers (tunnels...)	X	X		équipements spécialisés dont GTC sur zone à surveiller
Autres détecteurs (crues, glissement de terrain...)	X			sur zone à surveiller
Surveillance aérienne		X		à organiser en tant que de besoin
radiotéléphone	X			
C.B.	X			
véhicules traceurs	X			

X.1.2 Traitement des données

	Maintien de la viabilité	Gestion du trafic	Aide au déplacement	Recommandation 1A - 1B
Visualisation des données	X	X		indispensable
Archivage		X	X	indispensable
DAB		X	X	A définir dans le projet en fonction des objectifs assignés et de l'architecture choisie
DAI	X	X	X	
Analyse du trafic		X	X	indispensable
calcul de temps de parcours		X	X	fonction de la politique d'exploitation choisie
régulation de la signalisation tricolore lumineuse		X	X	selon configuration du réseau
Modulation des vitesses	X	X		fonction de la politique d'exploitation choisie et si opportun
journal de bord	X (maintenance)	X		indispensable

X.1.3 Les actions de terrain

	Maintien de la viabilité	Gestion du trafic	Aide au déplacement	Préventive	Curative	Recommandation 1A - 1B
Interventions d'urgence	X				X	indispensable
Dépannage/dégagement	X				X	à organiser
coupure (de toutes les voies)	X	X			X	possible
fermeture d'accès	X	X		X	X	possible
neutralisation de voies	X	X		X	X	possible
régulation d'accès		X		X	X	Possible et fonction de la politique d'exploitation
Affectation de voies	X	X		X	X	possible
Itinéraires S	X (chantiers)	X			X	Possible et fonction de la politique d'exploitation
Gestion des points de choix du réseau maillé		X	X	X	X	fonction de la politique d'exploitation et si opportun
Modulation des vitesses	X	X	X	X	X	fonction de la politique d'exploitation et si opportun
Signalisation dynamique de police (prescription d'usage de la route) Ex : interdiction aux PL	X	X		X	X	fonction de la politique d'exploitation et si opportun
Information dynamique (PMV...)	X	X	X	X	X	dépendant de la politique
Régulation par la signalisation tricolore lumineuse		X		X	X	selon configuration du réseau

X.1.4 Les moyens de diffusion des informations

X.1.4.1 Stratégie générale

L'objet du présent paragraphe est de proposer un certain nombre d'options pour l'élaboration d'une stratégie d'information des conducteurs .

La stratégie couvre ici uniquement les systèmes d'information, il ne faut pas oublier que ces systèmes sont en corrélation forte avec les systèmes de régulation.

Il apparaît nécessaire d'élaborer cette stratégie d'information des conducteurs en s'appuyant sur :

- un partenariat entre le secteur public et le secteur privé qui tienne compte des apports spécifiques de chacun ;

- une structure de base de données communes permettant une gestion de l'information des conducteurs aux niveaux local, régional ou national, selon les besoins ;
- l'encouragement de systèmes commerciaux innovants d'information des conducteurs, notamment de systèmes embarqués évolués capables d'apporter des avantages significatifs à l'usager et de réduire le besoin d'équipements publics coûteux, moins ciblés ;
- une flexibilité suffisante pour couvrir le large éventail des technologies existantes ainsi que de celles qui pourraient apparaître à l'avenir ;
- une indépendance vis-à-vis des limites juridictionnelles de la police et des autorités routières, qui n'ont guère de sens pour les usagers de la route ;
- des mécanismes de financement et de tarification qui permettent une répartition équitable et précise des coûts des équipements communs et la venue de nouveaux concurrents sur le marché.

X.1.4.2 Définitions (Rappels)

L'information routière : ensemble des informations sur les conditions de trafic présentes ou prévisibles, l'état des routes et l'influence des conditions météorologiques, phénomènes qui peuvent perturber le déroulement du trafic, y compris des recommandations aux usagers de la route.

Information sur le trafic d'actualité : informations sur la situation momentanée du trafic à un point précis du réseau routier.

Les informations urgentes sur le trafic en cours sont des premières informations d'actualité et, à ce titre, destinées à une diffusion immédiate.

Information prévisionnelle sur le trafic : informations sur des perturbations de trafic prévisibles sur la base d'événements ou de situations déjà connus.

Sous cette définition, entrent en ligne de compte : les travaux routiers, les manifestations entraînant une forte concentration de trafic routier ou des restrictions importantes de circulation, des moments de pointe connus dans le trafic routier etc...

Bulletin de trafic : synthèse pour une zone routière importante, établie sur la base des dernières informations de trafic recueillies.

Prévision de trafic : pronostics sur le déroulement et les difficultés de trafic à prévoir, plus particulièrement à des moments de pointe.

Information sur l'état des routes : informations sur l'état des routes et leur influence sur la praticabilité ou la fermeture d'un tronçon routier.

Les informations urgentes sur l'état des routes sont des premières informations d'actualité et, à ce titre, destinées à une diffusion immédiate.

Bulletin sur l'état des routes : synthèse pour une zone routière importante établie sur la base des dernières informations sur l'état des routes.

Prévision sur l'état des routes : pronostics sur l'état des routes prévisibles.

Alerte météo : informations sur des conditions météo à venir dans un délai proche ou par surprise, conditions pouvant déboucher sur de graves perturbations du trafic routier, soit :

- très forte chutes de neige ;
- verglas étendu, principalement par suite de pluies congelantes.

X.1.4.3 Les acteurs et les moyens de l'information routière sur un réseau de niveau 1

X.1.4.3.1 Les sources de l'information routière

Les sources en matière d'information routière sont multiples. Fournissent des informations routières :

Les postes et patrouilles de la police et de la gendarmerie dans certains cas sur :

- la situation du trafic ;
- l'état et la praticabilité des routes ;
- des conditions météorologiques ;
- des manifestations ;
- des travaux routiers.

Les patrouilles de l'Équipement sur :

- les travaux routiers ;
- l'état et la praticabilité des routes (viabilité hivernale, barrières de dégel, ...).

La Météorologie nationale sur :

- les prévisions météorologiques en général par le biais des données des satellites et des stations terrestres ;
- l'alarme météo.

mais aussi diverses sources

- Autorités douanières sur :

- les conditions de trafic aux postes frontières ;
- l'état et la praticabilité des routes en zone frontalière.

- les sociétés d'autoroutes (si non inclus dans le système d'exploitation) sur :

- les conditions de trafic sur leur réseau.

- les villes (si non inclus dans le système d'exploitation) sur :

- les conditions de trafic sur leur réseau.

- Le CNIR et les CRICR

- des personnes privées (télévision, radios, associations, transporteurs, taxis, ...)

sur :

- la situation du trafic ;
- l'état et la praticabilité des routes ;

- les conditions météo ;
mais ces renseignements ne sont jamais contrôlés actuellement par une instance officielle.

X.1.3.3.2 Les moyens de diffusions

Les informations routières peuvent être aujourd'hui diffusées aux usagers par :

Le téléphone

- informations routières de toutes natures.

Il permet un contact direct avec l'utilisateur, et donc une information personnalisée et adaptée. Une forme plus élaborée mais moins interactive est le serveur vocal.

La presse écrite par l'intermédiaire éventuellement des agences de presse

- prévisions et informations prévisionnelles ;
- situations sur l'état des routes en cas de nécessité.

La télévision

- prévisions et informations prévisionnelles ;
- situations sur l'état des routes en cas de nécessité.

Elle est très utile grâce à son impact auprès du public notamment pour les informations prévisionnelles.

Le Minitel et les serveurs vidéotex

- informations routières de toutes natures.

Au niveau national, il existe le 36-15 ROUTE qui donne accès à des pages « temps réel » mises à jour par le réseau des CRICR et à des pages d'informations particulières.

Le réseau internet

- informations routières de même nature que le Minitel.

Cependant, la convivialité, la quantité de messages diffusables et l'interactivité sont plus importantes.

Le système SIRIUS a mis en place un serveur SYTADIN qui fournit un certain nombre d'informations selon cette approche.

Les Clubs d'automobilistes

- informations de toutes natures au moyen de centraux téléphoniques.

La radio

- informations routières de toutes natures.

Parmi les moyens autres que les équipements du réseau, la radio constitue le moyen le plus performant pour toucher l'utilisateur pendant ou immédiatement avant ses déplacements.

Les panneaux à messages variables, les panneaux diagrammatiques

- informations routières localisées.

Les systèmes embarqués statiques ou dynamiques

- informations routières plus ou moins localisées.

Les affichages dans des vitrines d'information

- informations de toutes nature sur les aires de stationnement autoroutières (restoroutes,...).

X.1.4.4 Un canevas d'organisation de l'information routière - radio en France -

Comme nous venons de le voir, l'information routière s'appuyant sur la radio peut être un élément important dans la gestion du trafic aussi bien en temps légèrement différé qu'en temps réel. Pour fournir une information de qualité, une structure doit être mise en place. Sur un réseau de niveau 1, les informations peuvent être produites par diverse autorités, il convient donc de les rassembler afin de mettre tout d'abord les données en commun et ensuite de les traiter de manière uniforme avant de les fournir à des tiers.

Il devient alors impératif de constituer un cahier des charges où les rôles, les responsabilités et les apports de chacun seront clairement explicités. Suivant les cas, plusieurs organisations entre les producteurs d'information sont envisageables pour favoriser la diffusion à des tiers:

- le conventionnement;
- la création d'un groupement;
- la création d'un établissement public;
- la délégation ou la concession de missions d'information.

Dans ce dernier cas, il pourrait être avantageux de faire jouer ce rôle au CRICR local. En effet de part ses attributions au niveau régional il assure pour partie cette fonction et il est doté de moyens qui permettent la réception, la recherche, la coordination, la rédaction des informations routières et leur transmission aux radios mais aussi l'édition des informations et bulletins sur l'état des routes, ainsi que pour les synthèses sur les travaux routiers. Sur la base du protocole d'accord existant au niveau de l'État, il pourrait être envisagé un nouveau protocole incluant d'autres partenaires en particulier les collectivités locales.

Les tâches d'un serveur de données publiques, pierre angulaire du système, pourraient être les suivantes :

- réceptionner et enregistrer des avis sur le trafic, ainsi que des alertes de Météo-France, en cas de conditions climatiques très difficiles ;
- contrôler les informations en provenance de tiers ;
- établir et tenir à jour une synthèse des conditions du trafic correspondant à la réalité du moment ;
- rédiger des informations sur le trafic dans une forme prête à la diffusion et leur transmission à la radio, dans la mesure où les conditions pour une diffusion à la radio sont remplies ;
- rédiger des alertes météo prêtes à la diffusion et leur transmission à la radio ;

- fournir toutes les informations sur des difficultés de trafic concernant des axes de transit;

- recevoir des informations sur l'état des routes et les travaux routiers et les retransmettre à bon escient aux demandeurs potentiels ;

- archiver toutes les informations routières entrantes et sortantes (durée de conservation : 2 ans).

- Lors de périodes à forte concentration de trafic, la structure peut coordonner l'ensemble des informations routières et les répercuter sur la radio. Au cours de telles périodes, toutes les autres structures d'informations de même type adressent les informations au CRICR local si ce n'est déjà lui selon des directives écrites. Dans ces cas, le CRICR est responsable pour une information rapide sur tous les événements.

- la transmission des informations

Les informations pour le trafic sont à acheminer généralement par fax à la radio

En vue d'éviter des erreurs d'interprétation, la transmission des informations par téléphone à la radio doit rester une exception et utilisées qu'en cas d'urgence.

- Les délais de transmissions

La radio ne peut garantir la diffusion d'informations routières à des heures déterminées, qu'à la condition que les délais de transmission suivants (transmission terminée) puissent être tenus :

* information sur le trafic d'actualité au plus tard 10 minutes avant le moment de diffusion ;

* informations sur le trafic prévisionnel au plus tard 30 minutes avant le moment de diffusion, mais au plus tôt le jour précédent (à l'exception des informations concernant la synthèse hebdomadaire qui pourrait s'effectuer le lundi).

- Les répétitions

Une information urgente sur le trafic doit toujours être répétée dans le journal d'information suivant ou à la prochaine heure pleine (s'il n'y a pas de journal à cette heure-là), en tenant toutefois compte d'une évolution de la situation. Une information du trafic d'actualité est à répéter aussi longtemps que la perturbation subsiste, mais son contenu avec les corrections utiles sur la base des derniers renseignements doit à chaque fois être retransmis en temps utile au studio concerné. La radio ne répète, de sa propre initiative, aucune information de trafic.

- les gestions des urgences

Le CIGT, en tenant compte de l'importance de l'axe routier perturbé, propose, lorsqu'une perturbation de trafic n'est pas susceptible de se résorber dans un délai prévisible, de ne la diffuser que comme information de trafic prévisionnelle.

Les informations de trafic urgentes dont la transmission ne peut être effectuée que moins de 10 minutes avant le bulletin de nouvelles, respectivement l'heure pleine, doivent comporter dans leur titre, l'heure de diffusion prévue (par exemple : "Information sur le trafic pour 17 H 00). On peut ainsi éviter qu'une information sur le trafic soit diffusée quelques minutes avant les nouvelles, respectivement l'heure pleine, et ne soit pas répétée au cours des nouvelles, respectivement à l'heure pleine.

Les restrictions de trafic de longue durée seront diffusées comme informations de trafic prévisionnelles le jour, puis répétées uniquement le lundi par exemple, à l'exception de celles pour lesquelles on peut attendre de très fortes perturbations du trafic, ces dernières pouvant être diffusées plus souvent (par exemple, le vendredi pour le week-end).

- Les informations de fin de perturbation

Toute fin de perturbation de trafic d'actualité sera transmise comme information routière urgente diffusée aussi rapidement que possible dans le programme radio en cours, et retransmise pour diffusion au cours du prochain bulletin d'informations.

- La distribution des informations pour orientation

Les informations sur le trafic d'actualité et prévisionnelles seront simultanément transmises aux autorités compétentes.

- Les informations sur les travaux routiers destinées à la synthèse hebdomadaire.

Le lundi matin peut être diffusé une synthèse pour la semaine en cours sur les restrictions de trafic consécutives à des travaux routiers.

Dans ce contexte, les CIGT doivent accomplir les tâches suivantes :

- rassembler les informations sur les travaux routiers en cours, le lundi et les autres jours de la semaine, pour les tronçons de la zone de leur compétence en séparant :

- les travaux routiers destinés à être diffusés par radio dans la synthèse hebdomadaire (en se limitant à ceux pouvant provoquer de réelles perturbations de trafic)

- les autres travaux routiers.

- formuler les restrictions comme informations de trafic prévisionnelles selon les directives en vigueur avec indication de fin de perturbation, dans tous les cas où cela est possible.

Nota : A l'initiative de plusieurs sociétés d'autoroute et du Conseil Supérieur de l'Audiovisuel, des expériences de radio spécialisées dans l'information autoroutière ont été mises en place à partir de 1989. Ce sont AUTOROUTE-FM pour COFIROUTE, AUTOROUTE-INFO pour SAPRR et TRAFIC-FM pour ESCOTA.

Ces opérations se sont déroulées dans le cadre d'un cahier des charges élaboré par le CSA, avec la participation de la DSCR en ce qui concerne la partie routière.

Après évaluation de ces expérimentations, le concept de radio d'information dédiée à l'autoroute, sous fréquence unique 107.7 facilement identifiable par l'utilisateur a été élaboré et la généralisation à tout le réseau autoroutier a pu être mise en oeuvre à partir de juin 1994.

Aujourd'hui, cinq stations émettent sur autoroutes, où une fréquence unique, le 107.7, leur est réservée. Le réseau autoroutier était couvert par la radio sur près de 2000 km à la fin de l'année 1995.

Afin de garder une maîtrise des informations diffusées par les radios autoroutières, et d'harmoniser pour l'utilisateur l'information reçue, la DSCR a été chargée par le comité d'évaluation des radios autoroutières d'élaborer une convention-type entre les sociétés d'autoroutes et les Centre Régionaux d'Information et de Coordination Routières (CRICR), base de référence pour l'État en matière d'information routière.

Outre les messages d'information routière, réalisés à partir des informations diffusées par les CRICR, et afin de maintenir l'utilisateur à l'écoute, les sociétés d'autoroutes doivent diffuser un programme d'accompagnement. Si COFIROUTE a choisi de créer sa propre grille, d'autres sociétés ont préféré s'associer avec des opérateurs radio (par exemple FIP-Radio France pour SAPRR ou ASF). Les émissions diffusées peuvent être musicales, mais aussi mêler des programmes d'information générales ou des chroniques spécifiques (sur la conduite, l'autoroute ou les régions traversées). L'idée de "radio du pays", est ainsi de plus en plus répandue parmi les exploitants.

Une étude réalisée par l'USAP en 1994 montre que 85 à 90 % des usagers sont favorables à la diffusion de l'information routière sur une fréquence unique qui est un facteur important de mémorisation par l'auditeur et qui facilite l'accès à la radio.

Une analyse multicritère des systèmes d'informations des usagers réalisée en décembre 1992 par ESCOTA dans le cadre du projet d'exploitation MIGRAZUR démontre ainsi que d'une manière générale la radio autorise en théorie la plupart des actions d'informations avec les panneaux à messages variables (et particulièrement les PMV implantés en accès d'autoroute). En outre, elle est le seul média à en assurer d'autres.

Sur le réseau non concédé, une expérience de radio autoroutier a été réalisée sur A75 les étés 1994 et 1995. Le programme, diffusé sur Radio France Puy de Dôme, comprenait des flash d'information routière (10 flash par jour) et des reportages sur le tourisme et la vie économique locale.

Cependant diverses difficultés sont apparues notamment dues au fait qu'il n'y avait pas de point unique d'information routière en provenance de l'Équipement pour l'ensemble de la section couverte par la radio. L'opération n'a donc pas été réitérée pour l'été 1996.

On peut citer également l'expérience de "radio de corridor" lancée dans la région de Lyon, qui prévoit un partenariat entre la SAPRR et le CRICR de Lyon afin de permettre à la radio de diffuser les informations concernant le réseau associé à l'autoroute. La convention définissant les modalités d'échange et de diffusion des informations élaborée conformément au document type validé par le Comité de gestion d'information routière, devrait être signée dans le courant du mois de novembre 1995.

Par ailleurs, pour assurer la cohérence d'ensemble sur les corridors, la DSCR insiste pour que la radio désignée par appel d'offre et attributaire du programme ait une convention explicite avec la société d'autoroute, qui elle-même doit avoir une convention avec le CRICR pour une diffusion d'information sur le corridor.

A l'examen des exemples de radio autoroutier existant à ce jour, il apparaît que la faisabilité de la radio sur le réseau non concédé est tributaire en premier du critère coût, fonction de la formule choisie. En effet, les arguments en faveur des différentes hypothèses envisagées par les sociétés sont en général opportuns, et un service supplémentaire entraîne logiquement un coût supérieur.

Un autre critère important est l'objectif poursuivi par l'exploitant. Souhaite-t-il utiliser le média comme outil d'information des usagers, ou comme outil de gestion du trafic en temps réel ?

Dans le cas de partenariat avec une radio existante, les modalités d'échanges et de diffusion des données doivent être définies par le biais d'une convention entre l'exploitant et la radio existante.

Le principal obstacle à gérer est la rapidité de transmission de l'information. Ce système ne semble pas pouvoir aujourd'hui être utilisé pour de la gestion en temps réel, à moins d'inventer un système pour automatiser les transmissions de l'information à la radio conventionnée. De plus, les marges de manoeuvre pour l'exploitant sont dans ce cas plutôt limitées.

Dans le cas d'une radio totalement dédiée à l'autoroute et émettant sur 107.7, option seulement prévue par la société COFIROUTE à l'heure actuelle, certains avantages peuvent être avancés :

- le système permet de supprimer les zones de brouillage entre les émetteurs, et assure ainsi une continuité de l'écoute pour l'usager le long d'un axe.

- le principe de conception globale des programmes offre l'avantage d'adapter les émissions diffusées aux situations rencontrées par l'usager. Ainsi, en période d'encombrements, des musiques apaisantes pourront être proposées. Au contraire, la nuit, ce sont des programmes toniques qui maintiennent l'automobiliste en éveil. De plus, les interruptions de programme sont mieux gérées par la radio, ce qui évite des basculements intempestifs au milieu d'une émission par exemple.

Enfin, le programme serait mieux adapté à la clientèle spécifique des utilisateurs de l'autoroute.

Néanmoins, si ces arguments sont de nature à améliorer le confort du "client", on peut a priori considérer qu'une radio sur 107.7 dédiée au niveau information routière mais utilisant des programmes complémentaires d'une autre radio : solution dite du décrochage, est suffisante dans un contexte d'économie de moyens notamment dans le cas des réseaux de niveau 1.

X.1.5 Les plans de gestion du trafic

X.1.5.1 Définition et objectifs

Les plans de gestion du trafic sont élaborés pour faire face aux perturbations prévisibles, récurrentes ou aléatoires nécessitant une action coordonnée de différents services participant à l'exploitation de la route :

- ils identifient les perturbations nécessitant une action coordonnée entre plusieurs intervenants ;
- ils exposent les mesures de gestion du trafic susceptibles d'être mises en oeuvre et ayant été approuvées par les autorités compétentes ;
- ils précisent les conditions de leur mise en oeuvre et notamment les autorités et services qui en ont la charge.

Le plan de gestion du trafic vise à :

- optimiser l'usage du réseau routier existant (quelle que soit sa domanialité) en adaptant au mieux la demande à l'offre de manière à réduire les perturbations du trafic et la gêne à l'usager ;
- mettre au point des mesures d'exploitation du trafic applicables à des événements prévisibles, récurrents ou aléatoires et impliquant un ensemble d'acteurs ;
- définir les responsabilités de chaque partenaire et de chaque acteur ;
- assurer l'information des Autorités et des services ;
- organiser l'information routière : usagers, médias...

X.1.5.2 Champ d'application

Les réseaux classés en niveau 1 doivent être systématiquement dotés de PGT, puisque par nature, ces réseaux associent plusieurs partenaires et acteurs. Les plans de gestion du trafic peuvent être activés à tout moment.

A cet égard, le cadre responsable du CIGT (et ses suppléants) sera généralement délégué permanent du préfet (de département ou de région selon la zone d'influence du projet d'exploitation) pour au moins les mesures d'exploitation les plus courantes.

Bien sûr, les scénarios éligibles dans un plan de gestion du trafic sont multiples et fonction de la nature et de la fréquence des perturbations récurrentes, prévisibles ou aléatoires qui peuvent affecter la zone géographique concernée.

X.1.5.3 Instruction du plan

Le Plan de Gestion du Trafic est élaboré sous la responsabilité du Préfet coordonnateur (voir champ d'application).

Il fait appel à une large concertation associant tous les partenaires et acteurs (se reporter à la définition et la liste des partenaires et acteurs). Dans le cadre de son élaboration, toutes les mesures envisageables seront recensées et validées par l'ensemble des partenaires et des acteurs.

X.1.5.4 Le contenu du plan

Le plan de Gestion du Trafic précise [SIER94]:

- le service en charge du plan ;
- le périmètre d'application et le réseau concerné ;
- la liste des partenaires et des acteurs ;
- la liste des scénarios et mesures opérationnelles (ne pas oublier le jalonnement par la signalisation statique);
- les circuits d'alerte et de décision ;
- les seuils d'alerte pour l'activation et la désactivation des mesures ;
- le mode de collaboration de l'ensemble des services concernés ;
- les missions de chaque acteur face à un scénario donné (maintien de la viabilité, gestion du trafic, aide au déplacement) ;
- l'articulation du plan avec les autres plans :
 - . plan d'urgence ;
 - . plans particuliers d'intervention ;
 - . plans rouges ;
 - . plans de secours spécialisés
- la cohérence du plan avec :
 - . les autres PGT (notamment PGT de niveau 2 s'ils existent)
 - . les plans PALOMAR (s'ils existent)
- le plan de communication interne-externe.
- . information directe de l'utilisateur (PMV, ...)
- . maîtrise globale de l'information, (articulation entre les niveaux local, départemental et régional) ;

- . coordination des cellules de crise ;
- . information des médias ;
- . information des autorités.
- le mode de passage à l'échelon géographique supérieur (régional ou inter-régional par exemple) ;
- le processus de prise de décision, lors événements non prévus au plan;
- l'arrêté d'approbation du plan par le préfet coordonnateur;

Le plan se présentera sous la forme d'un cahier de consignes, facilement actualisable.

Ces consignes représentent la volonté de l'autorité exploitante, eu égard à ces objectifs fondamentaux d'exploitation : priorité à la sécurité, à la fluidité, au "confort" de l'utilisateur, etc.

Elles définissent entre autres les conditions minimales d'exécution de la tâche des opérateurs (cadres, pupitreurs, etc.).

Elles doivent préciser les procédures à suivre quand, par exemple :

- plusieurs tâches d'exploitation sont à exécuter "en même temps" : elles doivent proposer une hiérarchisation des activités à réaliser (définition des priorités) ;
- certains types d'événements graves nécessitent d'informer certaines "autorités" (cadre d'astreinte, autorités de tutelle, pouvoir "politique" etc.) : Ces consignes doivent préciser sans ambiguïté les événements concernés par ce type de traitement particulier, les personnes à prévenir, éventuellement dans quel ordre les prévenir et par quel(s) moyen(s)
- la mise en oeuvre d'une mesure d'exploitation peut concerner plusieurs exploitants de réseaux différents : les consignes doivent alors préciser les "seuils" à partir desquels la mesure est "activable" (et ceux à partir desquels on la "désactive").
- etc.

Nota : Si les consignes d'exploitation sont, a priori, définies par la hiérarchie, elles prennent toute leur efficacité si elles sont élaborées (autant que faire ce peut) en collaboration avec les pupitreurs. L'expérience de leur mise en oeuvre quotidienne permet de les corriger, de les compléter, de les faire évoluer, en d'autres termes, de les faire "vivre" sans oublier toutefois de les faire valider.

Chacune des fiches de ce manuel d'exploitation doit impérativement comporter une date de "création" puis de mise à jour. Si elles sont réalisées sur support papier on utilisera une technique de reliure permettant de remplacer facilement une version obsolète.

En outre, il est impératif qu'une personne (clairement désignée) se charge régulièrement de s'assurer que ces consignes d'exploitation (un exemplaire par personne) soient à jour (ex : ne pas laisser deux versions d'une même consigne...).

X.1.5.5 Mise en application et suivi du plan

Une fois le plan établi et pour affiner son efficacité le service en charge du plan assurera son application et son suivi par :

- le recensement des moyens en personnel;
- l'implantation des moyens matériels nécessaires au recueil, à la gestion et l'aide aux déplacements;
- l'évaluation du plan;
- l'actualisation du plan;
- l'intégration des modifications du réseau;

- la maintenance des équipements;
- les cycles de formation et d'information pour les personnels au moyen de simulations.

X.2 Les moyens humains

Les moyens en personnel que nécessite la réalisation d'un projet d'exploitation en milieu urbain sont différents selon que l'on se situe en phase d'études et de maîtrise d'oeuvre ou en phase opérationnelle.

Généralement, la petite équipe à forte composante « d'ingénieurs du trafic » chargée de la conception du système, s'étoffera progressivement pour la réalisation et se transformera en une équipe composée différemment lorsque le système sera livré et passera en phase opérationnelle.

X.2.1 La phase préparatoire

Une petite équipe de deux à trois ingénieurs et techniciens, à forte expertise trafic sera suffisante. Elle s'appuiera, bien sûr, sur les structures existantes en tant que de besoin (secrétariat, dessin...).

Elle mobilisera également des moyens extérieurs en études, recueil de données... (appel aux bureaux d'études extérieurs).

Le dossier de présentation (Cf V.2) et le dossier d'études préliminaires (Cf V.3) relèvent de cette structure.

A ce stade, la concertation entre les différents partenaires ne sera, en principe, pas assez avancée pour que puissent être mis en commun les moyens d'études, seul celui des partenaires qui portera les plus forts enjeux initiera la démarche.

X.2.2 La phase opérationnelle

Dès ce stade, il devrait y avoir mise en commun des moyens entre les principaux partenaires, réglée par convention.

La petite équipe du démarrage sera étoffée par une composante « maîtrise d'oeuvre » plus traditionnelle (technicien de la passation de contrats, comptabilité, contrôleurs de travaux,...)

La structure pourra ainsi comprendre six ou sept personnes (2 à 3 ingénieurs et techniciens, 2 contrôleurs, 2 à 3 catégorie C).

On provisionnera également des prestations indemnitaires suffisantes pour pouvoir surveiller des travaux de nuit par exemple.

X.2.3 La phase exploitation

En régime de croisière, le système d'exploitation se caractérise essentiellement par le CIGT, organe actif 24/24 H ou 2 x 8 H.

De fait on examinera ici la composante CIGT en laissant le soin de comptabiliser par ailleurs les besoins nécessaires au fonctionnement des organisations associées, telles que les CEI (VIII.4), la Salle Opérationnelle (VIII.3) ou les patrouilles (VIII.5).

Pour ce qui concerne le CIGT, il conviendra de prévoir :

- un cadre de catégorie A généralement, car ce dernier sera détenteur de la délégation permanente de préfet (pour l'exécution des PGT) et sera ainsi amené à donner des consignes aux autres partenaires,

Nota : lorsqu'on parle d'un cadre, il s'agit en fait de mettre en place une organisation qui permette la continuité du service, y compris du cadre (plusieurs cadres formés, prenant la « permanence » à tour de rôle).

- un technicien éventuellement, chef de Salle d'Exploitation, capable de suppléer le cadre, au moins dans les situations classiques,

Ce chef de salle sera l'animateur de l'équipe des opérateurs. Il sera recruté au niveau de la maîtrise (contrôleur des TPE, OPA, technicien...).

- l'opérateur de la Salle d'Exploitation,

* si le CIGT est actif 24/24 H il conviendra de provisionner 6 (voire 7) pupitreurs

* si le CIGT est opérationnel en 2 x 8 H, 3 à 4 pupitreurs seront nécessaires.

Ces agents d'exécution sont de catégorie C, ayant une bonne connaissance informatique, capables de faire face seuls à des situations critiques, capables de travailler seuls longtemps, de nuit.

- l'agent (ou les agents) de maintenance des équipements informatiques du CIGT.

En outre, les agents de maintenance pourront se voir confier l'entretien et la maintenance des équipements de terrain, ceci dépendant du parc installé, du nombre de partenaires, de leur expertise... Il s'agira de technicien spécialiste en informatique et électronique (technicien, OPA...)

- aux personnels précités, et selon l'importance du CIGT, on pourra leur adjoindre un secrétariat et un petit bureau d'études.

La mise en place du régime indemnitaire, essentiel en phase d'exploitation, sera examinée parallèlement à la montée en charge des personnels.

X.3 Les moyens financiers

X.3.1 Les investissements

Les dépenses liées à la réalisation d'un projet d'exploitation peuvent se décomposer en deux grandes rubriques :

- celles nécessaires aux études, qu'il s'agisse des études préliminaires ou des études de définition, voire des évaluations des systèmes,

- celles relatives aux réalisations physiques :

* construction et équipement du CIGT (y compris le foncier),

* équipement de terrain (y compris l'intégration des équipements existants de l'ensemble des partenaires).

Des conventions de partenariat devraient régler la mise en commun de ces moyens d'investissement, ainsi que leurs échéanciers.

X.3.2 Le fonctionnement et la maintenance

Tout au long des études de réalisation, les projeteurs devront parallèlement dimensionner le coût du fonctionnement du système (télécommunication, énergie électrique,...) et de la maintenance des équipements et logiciels (Cf XI.7).

Sachant que ces **dépenses de fonctionnement** (titre III du Budget de l'État par exemple) sont très contraintes par la conjoncture budgétaire, leur niveau (qui est relativement constant mais permanent) pourra **constituer un des éléments dimensionnant du projet à bâtir**.

Il est indispensable que les partenaires du projet s'assurent de leur capacité à le faire «vivre». Ce défaut de ressource serait de nature à compromettre la promotion du système.

Là aussi, les partenaires du projet devront conventionner au préalable la clé de répartition des dépenses.

X.3.3 Le renouvellement des équipements

De par leur nature, un certain nombre de matériels, qu'ils soient de terrain et plus encore de PC (logiciel, machine...), présentent des durées de vie relativement faibles, comparées à l'ouvrage routier par exemple.

Aussi, les concepteurs du projet auront tout intérêt à anticiper les degrés de vieillissement respectifs des divers composants du système, afin de les intégrer dans un plan de renouvellement préétabli.

Là également, l'association des divers partenaires sera recherchée.

Il est à noter que plusieurs éléments peuvent influencer sur le raccourcissement de la durée de vie des divers équipements ou logiciels :

- * maintenance insuffisante,
- * inadéquation des matériels à la fonction,
- * intégration imparfaite des multiples fonctions aux logiciels,
- * non standardisation des équipements,
- * ...

XI) Conception d'un système d'aide à la gestion du trafic (SAGT)

XI.1 Cadre général

XI.1.1 Présentation

Pour un projet ayant parmi ses vocations et ses ambitions l'acquisition et le traitement de données complexes, il est d'usage de parler de système.

DEFINITION

Un *Système* est considéré comme étant une combinaison d'éléments qui se coordonnent et se complètent pour concourir à un résultat, à une mission à remplir ou à un besoin à satisfaire.

Un système connaît plusieurs états : un état fonctionnel déduit de l'état d'origine, un état spécifié, un état défini, un état réalisé, puis un état vivant.

Dans la suite de l'exposé, nous nous intéresserons plus précisément à l'état fonctionnel. Les autres états s'élaboreront au cours des études de définition et de spécifications. L'état vivant sera, quant à lui, soumis à un programme d'évaluation.

DEFINITION

Un *Système dynamique* est un ensemble d'éléments liés entre eux. Les éléments sont des entités tangibles productrices d'information, de matière ou d'énergie. Les liens entre éléments décrivent les échanges d'information, de matières ou d'énergie.

PROPRIETES D'UN SYSTEME DYNAMIQUE

Un système dynamique est caractérisé par trois types de propriétés :

- . des propriétés fonctionnelles décrivant les missions remplies par le système, vues de l'extérieur ;
- . des propriétés comportementales décrivant la variation du comportement du système dans le temps, c'est-à-dire la manière dont les éléments du système interagissent et se coordonnent afin de remplir les fonctions du système;
- . des propriétés structurelles décrivant la structure du système.

Le comportement du système est décrit par :

- l'environnement du système ;
- des entrées-sorties aléatoires ;
- des paramètres intrinsèques du système, dont la variation est ponctuelle et aléatoires ;
- un état initial dépendant des entrées initiales et paramètres initiaux ;
- un état courant dépendant de l'état précédent, des entrées et des paramètres courants.

ILLUSTRATION

Un *réseau routier* est un *système dynamique* dont la fonction consiste à écouler le trafic. Son environnement est constitué des réseaux urbains et des autoroutes. Les véhicules entrants et sortants sont les entrées et sorties du système. Les conditions climatiques représentent des paramètres du système. Sa structure est caractérisée par la topologie du réseau routier.

Par conséquent, la théorie de régulation des systèmes dynamiques peut être utilisée pour le contrôle et la régulation du réseau.

DEFINITION

Un système dynamique dont le lien entre éléments est décrit exclusivement par l'échange d'information est appelé *Système d'information*.

PROPRIETES D'UN SYSTEME D'INFORMATION

Les propriétés structurelles identifient la structure du système et la nature des informations échangées entre éléments du système, nécessaires pour remplir les objectifs.

Lorsqu'un élément du système d'information contrôle et commande un ensemble d'autres éléments du système alors l'élément contrôleur est appelé le "Système de commande" et les éléments commandés sont appelés "Systèmes commandés".

ILLUSTRATION

Le système de gestion du trafic est un système d'information dont les éléments et les relations sont déterminés fonctionnellement à partir d'objectifs que le système doit atteindre. Le ou les Centres d'exploitation constitue le "Système de commande" et les équipements de terrains constituent le "Système commandé"

Le paragraphe présent décrit des thèmes, à savoir : les objectifs attendus et le modèle d'organisation.

Le thème "objectifs attendus" énonce tous les objectifs possibles pour la conception d'un système d'information. Certains de ces objectifs sont contradictoires et peuvent conduire à des solutions d'architectures différentes. Le concepteur devra faire des choix parmi les objectifs énoncés en leur fixant des priorités ; par exemple : la performance, la fiabilité du système (pouvant être contradictoire avec la performance), l'indépendance vis à vis des constructeurs, le respect des normes internationales et/ou françaises, la minimisation et la protection des investissements,...

Le thème "modèle d'organisation" présente :

- les principes d'une architecture ouverte ;

- un modèle d'interaction entre composants - le modèle client-serveur - nécessaire à la mise en oeuvre d'une architecture ouverte;
- un ensemble de composants nécessaires mais pas suffisants pour la mise en oeuvre de l'architecture.

XI.1.2 Objectifs attendus

La définition, la conception, et la réalisation d'un système d'information fait intervenir plusieurs types d'acteurs. Leurs différents objectifs, parfois contradictoires, peuvent conduire à des solutions d'architecture différentes. Cette section décrit l'ensemble des objectifs que les acteurs suivants doivent se fixer pour la conception d'un système d'information :

- . la maîtrise d'ouvrage voulant se doter d'un système d'aide à la gestion de trafic,
- . les exploitants cherchant une efficacité optimale du système dans l'exécution de leurs tâches,
- . le constructeur privilégiant une ligne de produits.

XI.1.2.1 Les objectifs de la maîtrise d'ouvrage

Les maîtrises d'ouvrages exigent pour la réalisation du système d'information :

1. Une solution économique et efficace

Pratiquement, les maîtrises d'ouvrage ont besoin d'outils à un prix minimum qui leur permettent de ne pas commettre d'erreurs d'exploitation en situation normale et qui les aident à prendre de bonnes décisions en situation d'urgence.

2. La protection des investissements

Les investissements pour le développement de système d'information doivent être protégés. En effet, la justification et le financement des évolutions d'un système sont des opérations longues et complexes. Par conséquent, le système initial se doit d'être ouvert de manière à intégrer aussi bien les dernières versions logicielles (mise à jour effectuée par le vendeur) que les petites évolutions susceptibles d'être demandées par l'utilisateur (couvertes par un contrat de maintenance).

3. La participation dans le développement

Les maîtrises d'ouvrages exigent la participation d'utilisateurs finaux pendant la phase de développement du système d'information afin de s'assurer que les fonctions du système couvrent bien leurs besoins réels d'exploitation. Cette participation garantit que la conception est cohérente avec leur plan de développement à court et à long terme. De plus, cela permet aux utilisateurs de se familiariser avec le système durant le développement et de s'initier à des interventions de maintenance de premier et deuxième niveau.

4. L'évolutivité

Il doit être possible d'intégrer de nouveaux équipements, fonctionnalités, outils, d'une manière incrémentale sans perturber les fonctionnalités opérationnelles.

XI.1.2.2 Les objectifs des exploitants

Les objectifs des exploitants sont les suivants :

1. Performance

Des temps de réponse performants et des informations précises sont une exigence importante des exploitants.

Le temps de réponse doit satisfaire les valeurs définies dans les conditions normales d'exploitation et en charges maximales. Les conditions d'exploitation sont définies par la quantité d'informations à traiter et le taux de sollicitation du système par les opérateurs. Les temps de réponse sont définis pour les informations acquises de l'environnement, les commandes effectuées par les opérateurs, les contrôles et le fonctionnement des équipements de secours et des équipements redondants.

Sont également définis les temps de réponse de l'interface utilisateur, de différentes fonctions (applications ou transactions selon le contexte), de reconfiguration des équipements.

La précision globale des informations traitées est définie en terme d'écart type entre la valeur réelle produite à la source et celle présentée à l'exploitant.

2. *Sûreté de fonctionnement*

Les exigences en terme de sûreté de fonctionnement définissent un taux de panne minimal (fiabilité) et une continuité du service (disponibilité).

3. *Facilité d'administration*

L'exploitant doit pouvoir assurer :

- la sécurité d'accès et l'administration des données élaborées et des données de configuration ;
- la mise en et hors service du système ;
- la gestion de la configuration du système sans perturbation de son fonctionnement.

4. *Ergonomie*

L'exploitant souhaite disposer d'un système d'exploitation relativement ergonomique.

XI.1.2.3 *Les objectifs des industriels*

Les objectifs des industriels, induits par des critères économiques, sont les suivants:

1. *Intégration de méthodes de réalisation et de technologies éprouvées*

Le risque financier associé aux pratiques actuelles de développement des systèmes d'information est supporté entièrement par les constructeurs : contrats à prix fixe de plusieurs millions de francs, délais contraignants, prix compétitifs et clauses de pénalité de retard. Il est donc nécessaire, du point de vue du constructeur, de diminuer le risque financier en utilisant des techniques éprouvées et des méthodes efficaces de réalisation qui optimisent les coûts de réalisation.

2. *Réutilisation*

Le développement du système doit être fait à partir de composants standards et doit en produire de nouveaux, réutilisables dans différents projets. Chaque composant, matériel ou logiciel, peut devenir un produit catalogue.

3. *Interchangeabilité entre partenaires*

Les composants standards peuvent s'échanger entre différents partenaires industriels.

4. *Facilité de spécification et de conception*

L'utilisation de modèles adaptés est nécessaire pour la décomposition du système en composants et l'établissement des règles d'interaction entre composants, simplifiant la spécification et la conception. Il est, en effet, plus simple d'appréhender un système composant par composant que de l'aborder dans son ensemble.

5. *Evolutivité*

L'utilisation de composants standards et de règles d'évolution permet l'ajout de nouveaux composants et l'évolution de composants existants sans remise en cause des autres composants.

6. *Portabilité de l'application*

Les applications doivent être installées sur des plates-formes matérielles et logicielles variées sans modification de code de l'application.

7. *Atelier logiciel*

L'utilisation d'atelier logiciel qui autorise la mise en place d'une organisation industrielle de production et de maintenance de logiciel et qui permet de disposer :

- des outils de développement évolués : éditeurs, compilateurs, générateurs d'interface, générateurs d'application,...
- la gestion des versions de l'application et la gestion des archivages,
- des outils et des méthodes permettant de faciliter les tests unitaires ;
- de la documentation automatique.

Cet atelier a donc pour objectif d'augmenter la productivité de l'équipe de développement, d'améliorer la qualité des produits (fiabilité, évolutivité, maintenabilité), d'aider l'équipe à appliquer les différentes normes dans le processus de développement et de la soulager de tâches fastidieuses et répétitives telles que les vérifications de cohérence lors des phases de spécifications et de conception.

XI.1.3 Modèles d'organisation

XI.1.3.1 *Introduction*

L'architecture d'un système d'information se définit comme étant :

- un ensemble de blocs fonctionnels indépendants (composants),
- un ensemble de critères régissant l'interopérabilité de ces blocs,
- et un ensemble de règles permettant l'ajout de nouveaux blocs fonctionnels.

L'architecture donne ainsi un cadre général avec lequel plusieurs systèmes peuvent être conçus ; Chacun héritant des propriétés générales de cette architecture.

Une architecture est dite **ouverte** si elle permet :

- l'évolution de chacun des composants indépendamment des autres composants ;
- l'ajout de nouveaux composants sans perturbation de l'existant ;
- l'intégration de composants hétérogènes respectant les standards : matériels et logiciels de diverses origines.

Un composant est la plus petite entité matérielle, logicielle ou de communication répondant intégralement à un besoin fonctionnel précis. Un composant est indivisible (remplacé dans son ensemble) et constitue un élément de base de l'architecture.

Une architecture sera ouverte si l'organisation de ses composants suit le modèle "client-serveur", si ces composants communiquent via des interfaces standards et s'ils sont conçus de manière méthodique.

XI.1.3.2 *Description du modèle client-serveur*

Le modèle client serveur décrit comment un composant, **le client** interagit avec un autre composant, **le serveur** pour **demande** des données ou des services.

Le **client** et **serveur** sont des blocs fonctionnels pouvant cohabiter sur la même machine ou sur des machines distinctes communiquant via un réseau..

Le **client** est le composant qui requiert le service ; c'est **toujours le client qui initie l'échange** par une requête au serveur. L'accès simultané (concurrent) de plusieurs clients aux services d'un même serveur est géré par celui-ci.

ILLUSTRATION DU FONCTIONNEMENT D'UN MODELE CLIENT-SERVEUR

Une station de recueil de données de trafic se comporte comme le **serveur** fournissant des données de trafic élaborées (selon le format des MI (Module d'intercommunication) du système SIREDO, ...) dans son environnement propre (capteurs) à des **clients** distants chargés chacun d'une fonction distincte de connaissance du trafic, de calcul de statistiques et de DAI (Détection automatique d'incident). Pour que le modèle client-serveur soit mis en oeuvre intégralement, cette station doit pouvoir répondre à plusieurs clients simultanément.

XI.1.3.3 Composants logiciels

On appelle composant logiciel un élément d'un système d'information répondant à un besoin bien identifié. On peut distinguer deux types de composants logiciels :

- . les applications fonctionnelles ;
- . les applications utilitaires .

Une application fonctionnelle est un ensemble de programmes, de données locales et d'interfaces répondant à un besoin particulier. Elle est donc associée à une seule fonction du système (ou un ensemble de fonctions fortement liées entre elles), par exemple : recueil de données de trafic, régulation d'accès, DAI,....

Une application utilitaire est un composant d'un système d'information qui fournit un ensemble de services généraux, liées entre eux d'une manière logique ; par exemple : gestion de données, communication, gestion des alarmes ...

Une application fonctionnelle peut utiliser les services fournis par les applications utilitaires pour mettre en oeuvre ses fonctions. Elle possède toujours une interface utilisateur. De ce fait, elle utilise des services fournis par une application utilitaire particulière : "l'utilitaire d'interface utilisateur"

Une application utilitaire n'a pas d'interface utilisateur (pas de manuel d'opération,...). Une application utilitaire nécessitant une interface opérateur, est en fait une application fonctionnelle. Par exemple, si la gestion des données nécessite un paramétrage de l'opérateur, c'est une application fonctionnelle à part entière (une fonction du système).

Chaque application fonctionnelle gère ses propres données. Mais elle accède à ses données en utilisant les services communs de "l'utilitaire de gestion de données".

Quelques applications fonctionnelles d'un système d'information utilisé dans l'exploitation de la route, présentées à titre d'exemple :

- . la gestion des équipements (paramétrage et configuration),
- . le recueil de données du trafic,
- . la surveillance du trafic (par synoptique, graphique, caméras),
- . la détection automatique d'incidents,
- . la régulation d'accès ou de vitesse,
- . la commande de PMV,
- . l'analyse du trafic,
- . les simulations,
- . les évaluations,
- . la diffusion d'information.

Quelques applications utilitaires du système d'information :

- . l'accès aux données de configuration,
- . l'accès aux données temps-réel,
- . la génération des alarmes et des événements,

- . le démarrage ou l'arrêt de fonctions,
- . l'accès aux supports de sauvegarde et d'archivage ;
- . les services de communication ;
- . les services d'administration du système ;
- . l'horodatage,
- . l'accès aux équipements périphériques informatiques.

XI.1.3.4 Composants matériels

Les composants matériels composent la structure physique du système informatique. Ces composants sont interchangeables. Ils sont caractérisés par leurs fonctions, leurs technologies et leurs performances.

Dans le cadre de l'exploitation d'un réseau routier, il existe trois niveaux de communication :

- . la communication avec les équipements de terrain ;
- . la communication entre les différentes machines du PC d'exploitation ;
- . la communication avec les autres centres d'exploitation.

La communication avec les équipements du terrain peut se faire à travers les différents canaux suivants :

- . le réseau commuté de téléphone public (RTC),
- . le réseau public de transmission de données TRANSPAC,
- . le réseau public numérique à intégration de service NUMERIS,
- . un réseau permanent à base de liaisons spécialisées (privées ou louées par France Télécom)
- . les satellites.

Le choix du réseau de transmission dépend de la localisation de l'équipement par rapport au PC, de l'existence ou non d'équipements de transmission et du volume des données échangées ; plusieurs canaux différents peuvent être utilisés simultanément, le critère de choix restant avant tout économique.

La communication entre calculateurs dans un même centre d'exploitation s'articule autour d'un réseau local de transmission de données à haut débit (ETHERNET, anneau à jeton,...).

La communication entre centres d'exploitation peut s'opérer via les canaux cités précédemment par l'interconnexion des réseaux locaux des centres.

XI.2 Méthodes de conception de systèmes complexes

XI.2.1 Synthèse des méthodes

L'apport des méthodes d'analyse et de conception en informatique est primordial depuis quelques années au cours desquelles la complexité des logiciels et des matériels n'a cessé de croître.

En effet, les progrès en électronique ont permis l'accroissement des capacités mémoires et de traitements des machines ce qui a entraîné une demande de plus en plus importante vis à vis des logiciels d'où une complexité croissante.

De plus, le développement des réseaux a entraîné une distribution des traitements sur plusieurs machines pouvant être sur des sites différents, d'où des architectures logicielles de plus en plus complexes.

Par ailleurs, le budget maintenance des logiciels s'alourdissant de plus en plus, il est apparu vital pour pouvoir mieux gérer les modifications de bien spécifier le logiciel initial et de garder la trace de ses évolutions quelques soient les changements dans les équipes informatiques. Et les méthodes couvrent une part de plus en plus large du cycle de développement du logiciel depuis la définition des besoins jusqu'aux tests unitaires.

Ces évolutions ont entraînés des changements importants dans la manière de conduire les projets non seulement informatiques mais aussi ceux qui font intervenir plusieurs disciplines comme c'est le cas pour la mise en place d'un SAGT. Les premières méthodes d'analyse telles que l'analyse descendante ont évolué vers des méthodes plus spécialisées telles que SA-RT pour le temps réels, Hood pour le langage ADA, Merise pour la gestion, OOA, Booch, OMT pour les langages objets ...

On peut distinguer *trois types de méthodes*.

- Les méthodes analytiques ont une approche par les résultats et les fonctions, c'est-à-dire qu'elles sont orientées par les traitements et à partir des résultats attendus, cherchent les entrées nécessaires pour produire ces résultats. Elles voient donc le système comme une succession de boîtes noires et utilisent des diagrammes de flux de données pour les lier. Les méthodes de cette catégorie sont SA-DT, SA-RT, Yourdon, DeMarco...

- Les méthodes systémiques considèrent le système d'information comme une modélisation du monde réel et sont souvent orientées par les données. Ces méthodes s'appuient sur la notion de modèle sémantique qui se base sur les mécanismes de classification (rassembler des occurrences sous une même définition), de généralisation (relation d'héritage), d'agrégation (relation composant - composé) et le groupement (notion de listes). En gestion, on retrouve Merise en France, SSADM en Angleterre et Information Engineering au USA.

- Les méthodes objets découlent de ces deux approches car elles essayent de créer des entités encapsulant traitements et données (ces méthodes sont développées dans le chapitre XIV).

Le développement de systèmes de commande pilotés par logiciel dans un environnement temps-réel doit, comme tout système informatisé, répondre à certains critères de qualité :

- modulaire, adaptatif et extensible : en effet, l'évolution permanente des équipements entraîne l'éventualité de remplacer des équipements par d'autres équivalents ou plus performants, ainsi que celles de rajouter de nouveaux équipements pendant la durée de vie de l'application. Le système de commande doit permettre ces modifications sans entraîner de modifications majeures dans l'architecture globale du système, ni altérer les fonctionnalités existantes.

- générique, réutilisable et portable pour faciliter son interface à des systèmes indépendants validés notamment en simulation.

Le système de contrôle/commande est également soumis à des contraintes de communication, de synchronisation et de partage de ressources dues à son caractère fortement parallèle et distribué, ainsi qu'à des contraintes temporelles liées aux notions de promptitude et de débit d'information dues à son caractère temps-réel.

Pour répondre à ces critères, il est nécessaire d'utiliser les méthodes recensées ci-dessus qui fournissent une aide à la spécification mais également à la conception de systèmes temps-réel.

Nota : On peut préciser que lors de l'appel d'offre de CORALY, le réalisateur a utilisé la méthode SA-RT pour la réponse et la méthode de Hood pour les spécifications fonctionnelles.

XI.2.2 Une méthode de description : exemple de la méthode SA-RT

Le propos de cette partie est de présenter le formalisme utilisé afin de décrire le système.

XI.2.2.1 La méthode

L'analyse et la réalisation d'un système complexe imposent l'utilisation d'une démarche structurée. Cette démarche permet une décomposition du système et établit les différentes phases qui amènent à cette décomposition. Elle s'appuie sur des outils qui permettent la description des différents composants. Ainsi, elle garantit la bonne communication des fonctionnalités du système entre les différents intervenants sur le projet tout au long de son cycle de vie.

Elle établit un modèle significatif du système à réaliser qui offre une visibilité de l'effort requis pour les phases d'analyse, de conception et de réalisation.

De plus, la modélisation permet une approche itérative de la construction des systèmes en facilitant les contrôles dans l'enchaînement des phases et les retours sur les phases précédentes.

La méthode SA-RT propose des modèles graphiques hiérarchisés pour la modélisation du système qui permettent une décomposition par raffinements successifs.

Les modèles successifs utilisés offrent une description :

- non redondante,
- succincte,
- maintenable,
- non ambiguë,
- vérifiable,
- compréhensible,
- complète,
- consistante.

La modélisation aboutit sur un modèle logique et un modèle physique du système.

Le modèle logique permet de caractériser le système par rapport à son environnement et son comportement indépendamment de son implémentation.

Il se compose :

- de modèles de transformation des données qui caractérisent les fonctionnalités du système,
- de modèles dynamiques qui caractérisent les différents états du système dans le temps, et leurs réponses aux événements externes,
- de modèles des données et de leurs relations qui caractérisent son système d'information.

Le modèle physique dans l'exemple d'un système d'information décrit l'architecture matérielle et logicielle.

L'architecture matérielle se décompose en :

- processeurs,
- interfaces graphiques,
- réseaux,
- terminaux,
- périphériques.

L'architecture logicielle se décompose en :

- tâches,
- services.

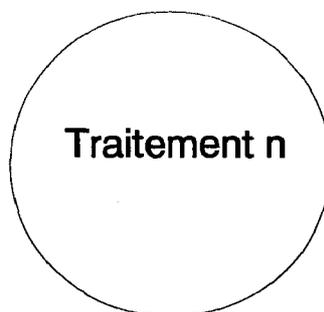
Les tâches sont caractérisées par des événements en entrée et en sortie et les services appelés.

Les services sont caractérisés par les données qu'ils manipulent ou les interfaces qu'ils contrôlent ; ils peuvent être assurés par plusieurs objets.

Le modèle physique est déduit du modèle logique en intégrant les contraintes d'opération, de performance, de fiabilité, de maintenance.

Les modèles de transformation de données utilisent le formalisme suivant :

- La transformation est représentée par un cercle contenant le traitement effectué.

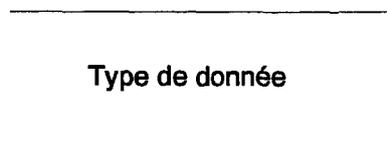


- Des flux orientés représentent les données et les événements aboutissant ou sortant d'une transformation ou d'un stockage.

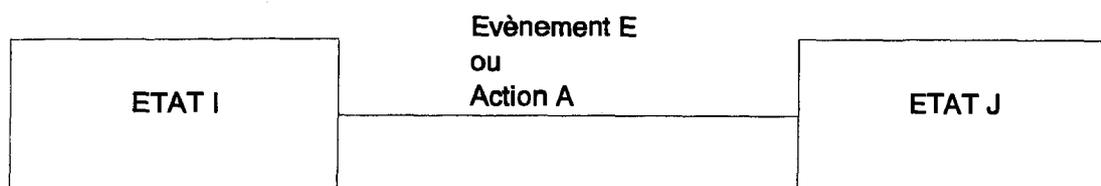
Les flux porteurs d'une donnée sont représentés par une flèche →.

Les flux d'événements sont représentés par une flèche →. Ces flux incluent une notion de synchronisation.

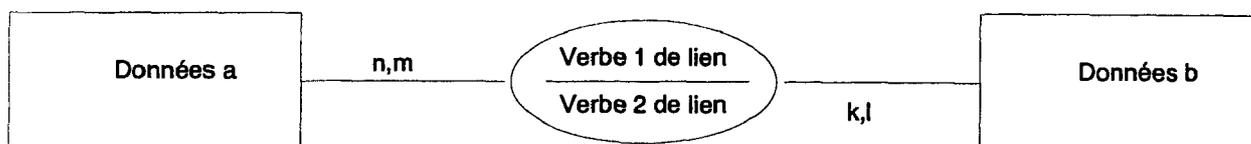
- Les stockages logiques de données sont représentés de la façon suivante :



Le modèle dynamique utilise le formalisme suivant :



Le modèle des données et de leurs relations utilise le formalisme suivant :



La donnée a est reliée à la donnée b selon les termes du verbe 1 par n minimum, m maximum données.

La donnée b est reliée à la donnée a selon les termes du verbe 2 par k minimum, l maximum données.

XI.2.2.3 La procédure

On établit :

- Un modèle d'environnement complet qui permet de délimiter le cadre du système et d'en définir son interface,
- Un modèle de comportement au premier niveau pour définir les principaux flux de données et leurs transformations.

Ces modèles simplifiés par rapport à une utilisation exhaustive de la méthode constituent la présentation générale du système.

On décrit ensuite les éléments clés de ce modèle logique et les contraintes opérationnelles ou liées au matériel et à l'implémentation physique de la solution pour définir le modèle physique du système.

Le modèle physique peut être décrit dans des documents spécifiques contenant les architectures matérielles et logicielles.

XI.2.3 Les choix techniques fondamentaux

XI.2.3.1 Préambule

Les avantages d'une solution reposent sur :

- la pérennité des choix technologiques,
- l'ouverture du système, qui permet son adaptation aux évolutions des besoins et de l'environnement,
- l'architecture matérielle, simple et répondant aux exigences de performance et d'ergonomie,
- la maintenabilité du système.

Les choix technologiques effectués doivent être les standards derrière lesquels s'est engagé l'ensemble des acteurs majeurs du domaine : UNIX, Ethernet, VME... pour le monde informatique par exemple. C'est une garantie de stabilité et d'amélioration continue des produits, de leur longévité.

Une architecture répartie peut optimiser le dimensionnement des différents calculateurs, et abriter des réserves de puissance. La banalisation des interfaces vers les branches terrain garantit l'accueil de futurs équipements à piloter.

La maintenabilité du système doit être une exigence prise en compte tout au long du processus de développement. Son respect permet au constructeur de s'engager sur plusieurs années.

Les simplifications envisagées doivent toujours permettre de répondre aux exigences d'évolutivité demandées pour les branches d'acquisition et/ou de commande.

XI.2.3.2 Synthèse des choix techniques

Les choix techniques fondamentaux selon les objectifs des exploitants conditionnent particulièrement les points suivants :

- performances,
- ergonomie,
- disponibilité,
- maintenabilité,
- ouverture.

Performances

Les performances doivent être particulièrement optimisées à plusieurs niveaux :

- dialogue avec le terrain,
- mise à disposition des données terrain,
- retour d'information vers les opérateurs.

En particulier, il convient de garantir les temps de réponse aux équipements des branches terrain.

Les principes suivants doivent être retenus :

- définition d'une architecture plus ou moins répartie ou non pour garantir l'indépendance des temps de réponse,
- choix de matériels et logiciels de base de haut niveau de performance (par exemple, processeur RISC, système d'exploitation temps réel suivant les cas, ...),
- optimisation de l'accès aux données terrain (par exemple, tables en mémoire à accès direct).

Ergonomie

L'ergonomie est un élément clé de l'Interface Homme Machine (IHM). C'est principalement à travers l'IHM que l'utilisateur juge le système ; elle conditionne aussi la facilité de mise en oeuvre de ce système et la rapidité d'apprentissage de sa manipulation.

A ce titre, il convient de retenir pour la réalisation :

- une méthode de conception permettant de séparer les interfaces et les traitements,

- des logiciels de base acceptant les standards ergonomiques (ex : raccourcis clavier, "sablier" et dialogues pour les traitements longs, présentation et barres de menu),
- une paramétrabilité, c'est à dire la possibilité de personnaliser l'interface (configurations graphiques, positionnement des fenêtres, ...),
- un système de multi-fenêtrage autorisant une réelle parallélisation des traitements,
- une équipe expérimentée dans la conception des IHM de façon à pouvoir (éventuellement à travers une maquette) comprendre les besoins des opérateurs d'exploitation,
- une méthode de conception, afin de pouvoir modéliser les données en cohérence avec la vision opérateur,
- une gestion événementielle pour assurer une approche cohérente des informations.

Disponibilité

Le système ne doit donc jamais perdre le contact avec le terrain et l'opérateur.

Il faut donc retenir en priorité :

- du matériel éprouvé et fiable,
- des systèmes d'exploitation fiables,
- une architecture logicielle privilégiant l'indépendance des sous-ensembles fonctionnels.

Maintenabilité

La durée de vie du système doit être d'au moins 10 ans.

Tout éventuel problème bloquant doit être analysé et résolu le plus rapidement possible.

Afin d'assurer ces points, il est nécessaire :

- de choisir des logiciels et matériels de base éprouvés mais étant aussi assurés de leur avenir,
- d'assurer la pérennité de l'équipe de réalisation, d'établir des relations durables avec la maîtrise d'ouvrage,
- d'utiliser autant que possible des logiciels du commerce, pour constituer les briques de base,
- d'éviter l'utilisation de matériel spécifique,
- d'adopter une méthode de conception permettant la décomposition simple et compréhensible du système.

Ouverture

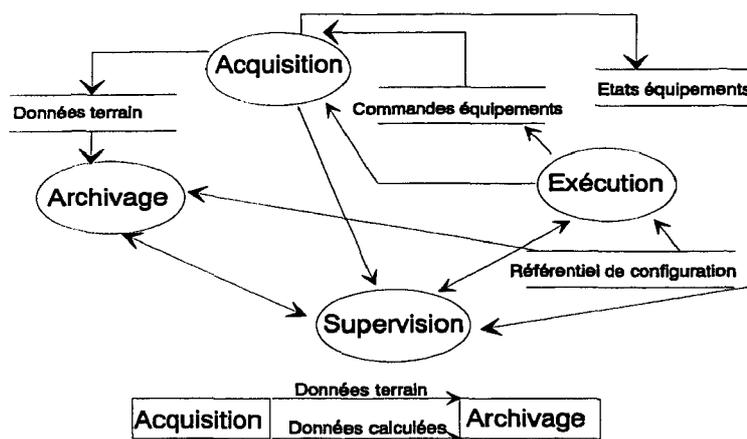
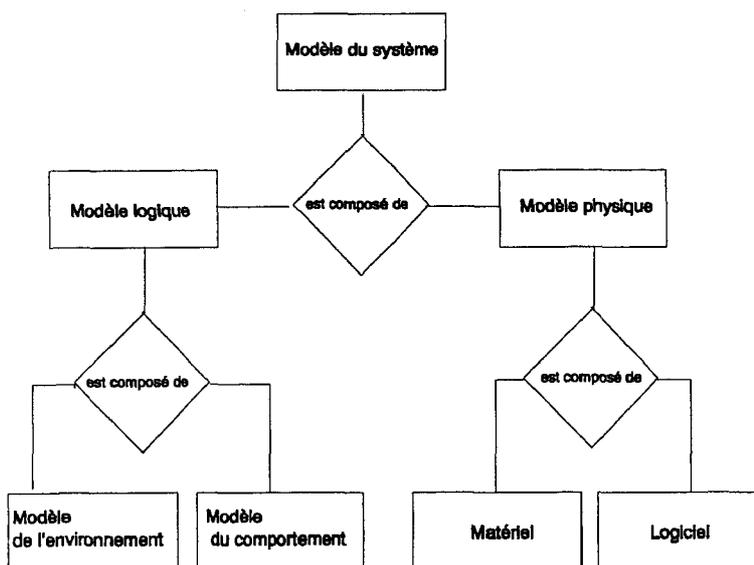
Le système ne doit pas être un système isolé. Il s'intègre dans un contexte existant, mais reste prêt à prendre place dans un environnement beaucoup plus large.

A ce titre, il doit être capable de supporter de nouvelles branches d'équipements terrain et être suffisamment évolutif pour bénéficier de l'apport de nouvelles technologies.

Cela suppose :

- d'utiliser **exclusivement** des moyens de communication standardisés lorsqu'aucun n'est précisé,
- d'avoir une représentation des données standardisée,
- d'avoir un accès standardisé et clairement défini aux fonctionnalités,
- de posséder des capacités d'extension matérielle et logicielle.

Décomposition Hiérarchique



Un modèle de transformation de données de premier niveau :
Application de la méthode SA-RT

XI.3 Système d'aide à la gestion du trafic (SAGT)

XI.3.1 Introduction

La finalité du projet de SAGT qui est donc un système d'information utilisé dans l'exploitation de la route, n'est pas dans le système qui doit en résulter mais dans le fait que le service attendu soit rendu pendant la durée requise, au moment voulu, dans les conditions d'environnement et d'exploitation prévues et sans dommage pour l'environnement ou le système.

De l'efficacité avec laquelle ce service est rendu découle la satisfaction de l'exploitant ; l'expérience montre que cette efficacité résulte de la combinaison de deux facteurs :

- l'un a trait aux caractéristiques intrinsèques du système au moment de son acceptation,
- l'autre a trait à la façon dont il a été exploité, utilisé et maintenu.

Il faut toutefois remarquer que les possibilités du système évoluent pendant sa vie, et que l'influence du second facteur croît avec le temps.

Les décideurs, autorité et maître d'ouvrage, et les exploitants doivent se montrer soucieux des dépenses à consentir pour assurer le service attendu et chercher à optimiser l'ensemble : dépenses d'acquisition, dépenses d'exploitation, dépenses liées au maintien hors service, et à réduire le coût de non-efficacité. Ce coût de non-efficacité va au-delà du coût de maintenance et prend en compte les réglages, la dégradation des fonctions, donc du service rendu, l'indisponibilité due aux défaillances des caractéristiques intrinsèques du système et enfin, la façon dont il est exploité.

Cette complexité d'objectifs, ces nouvelles préoccupations rendent nécessaires, pour assurer un service satisfaisant et le plus proche possible de ce qui était attendu, l'application d'outils et méthodes dont l'usage doit être coordonné.

L'expression fonctionnelle du besoin est donc un préalable indispensable car elle permet d'appréhender le besoin, de le justifier, d'identifier et de caractériser l'environnement et les contraintes d'exploitation. Elle permet donc de façonner une première ébauche.

La recherche de la maîtrise des performances techniques nécessite non seulement d'allouer des performances et des contraintes aux différents éléments constituant le système envisagé mais aussi de se prémunir des dérives possibles. Il y a bien souvent des incertitudes à gérer et une étude approfondie s'impose fréquemment.

En conclusion, il ressort que l'efficacité avec laquelle un service attendu est rendu résulte de la conjonction entre performances techniques et performances d'exploitation.

Comme il convient de prévoir, préparer, faciliter la mise en oeuvre, la maintenance et l'utilisation, il faut donc élaborer les documentations et les modalités d'acceptation qui doivent être prévues contractuellement.

De même une bonne maîtrise de la description technique signifie non seulement connaître ce qu'est à un instant donné, cette description mais aussi ce qu'elle était, quelles étaient les références fixées, et quelles ont été les transformations ou les évolutions apportées. Il est utile aussi de connaître les faits générateurs de ces évolutions : c'est ce qu'on appelle la traçabilité. Elle porte sur les évolutions des différents supports de connaissances, sur la mémorisation des décisions et des motifs qui les ont induits.

Avoir confiance quant à l'aptitude d'un système en terme de probabilité à remplir le service attendu est l'ambition de tout responsable de projet.

Acquérir cette confiance s'obtient en identifiant les défaillances, les pannes possibles, leurs fréquences d'occurrence, les conséquences et à chercher à s'en protéger.

Ce paragraphe présente un aperçu général des fonctions possibles pour un système d'information de gestion du trafic sur un *réseau de niveau 1* et de l'organisation interne d'un tel système. En aucun cas, les fonctions citées couvrent la totalité des besoins que peut nécessiter la mise en oeuvre d'une exploitation routière.

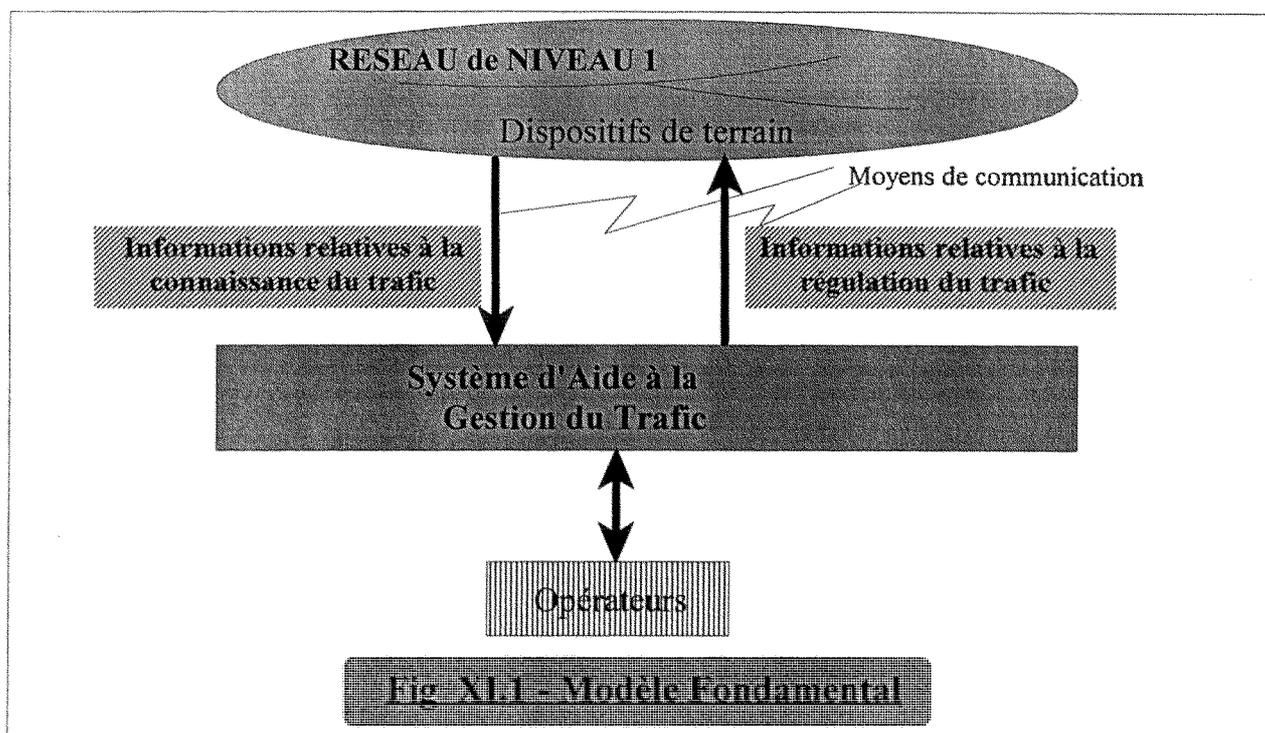
XI.3.2 Description d'un système d'aide à la gestion du trafic (SAGT)

XI.3.2.1 Présentation

Le " Système d'Aide à la Gestion du Trafic" (SAGT) met en oeuvre les techniques de la télématique - informatique et télécommunication - pour remplir les missions d'exploitation d'un SDER définies dans les chapitres précédents.

XI.3.2.2 Présentation du modèle fondamental d'un SAGT

On appelle "modèle fondamental d'un système" le rapport entre ce système et son environnement. Le modèle fondamental d'un SAGT est illustré dans la figure XI.1.



Le SAGT collecte des données au sens large pour reconstituer des informations relatives à la connaissance du trafic permettant de rendre compte de l'évolution de la circulation en temps réel. Ces informations sont mises à la disposition des exploitants en fonction des stratégies de présentation et des politiques d'exploitation.

A l'aide de ces données le système peut délivrer une information indiquant à l'exploitant un type d'action à prévoir.

Toutes ces données et informations sont également stockées afin de permettre aux exploitants d'effectuer des analyses a posteriori permettant :

- de vérifier l'adéquation de l'infrastructure à la demande,
- d'affiner des algorithmes de détection,
- d'alimenter des modèles de simulation,
- de "rejouer" des conditions de circulation qui ont lieu à une période donnée et sur un tronçon de la voirie.

Le SAGT peut agir directement sur les conditions de circulation : élaboration des commandes de feux, et diffusion de l'information relative aux conditions de circulation.

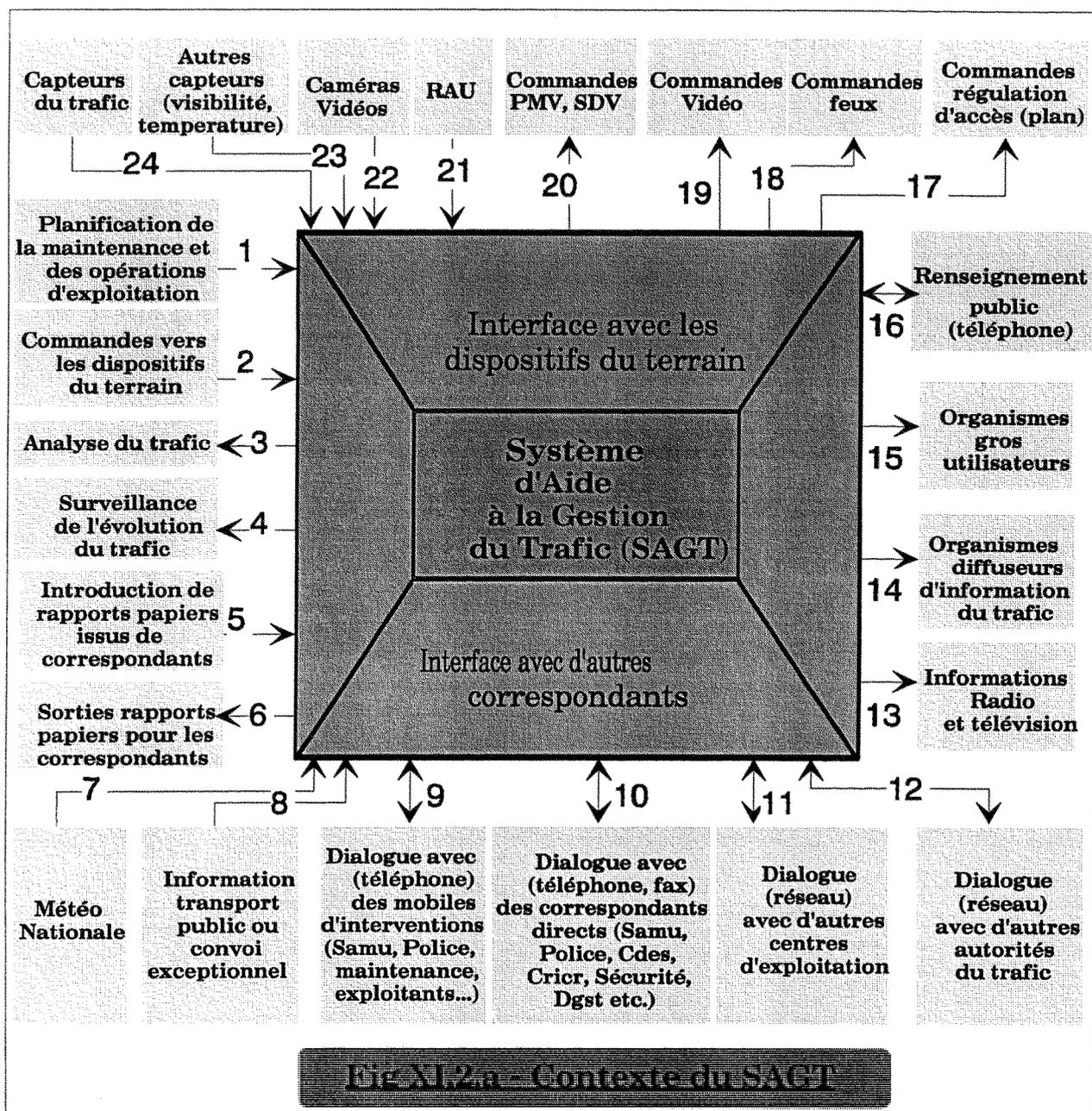
La collecte des informations et la restitution des commandes sont supportées par différents moyens de communication déjà cités au XI.1.3.4.

Les dispositifs, utilisés sur les réseaux de niveau 1, que ce soit pour la collecte des informations ou pour la régulation du trafic ont été recensés au X.1

De plus, un certain nombre d'équipements complémentaires sont pilotables à partir d'un SAGT : les moyens d'éclairage, de dégivrage, d'arrosage et les automates de commande de tunnel (extincteurs, pompes, ventilateurs, éclairage...)

XI.3.2.3 Contexte d'un SAGT

Le "contexte d'un système d'information" décrit le système dans son environnement et l'ensemble des informations échangées. Le contexte du SAGT est illustré dans la figure XI.2 :



Le schéma précédent présente le SAGT comme le noeud concentrant toutes les fonctions d'exploitation du réseau de niveau 1.

Toutes les interactions du SAGT avec son environnement, se regroupent en quatre types :

- les interactions locales,
- les interactions avec les dispositifs du terrain,
- les interactions avec le grand public,
- les interactions avec des correspondants.

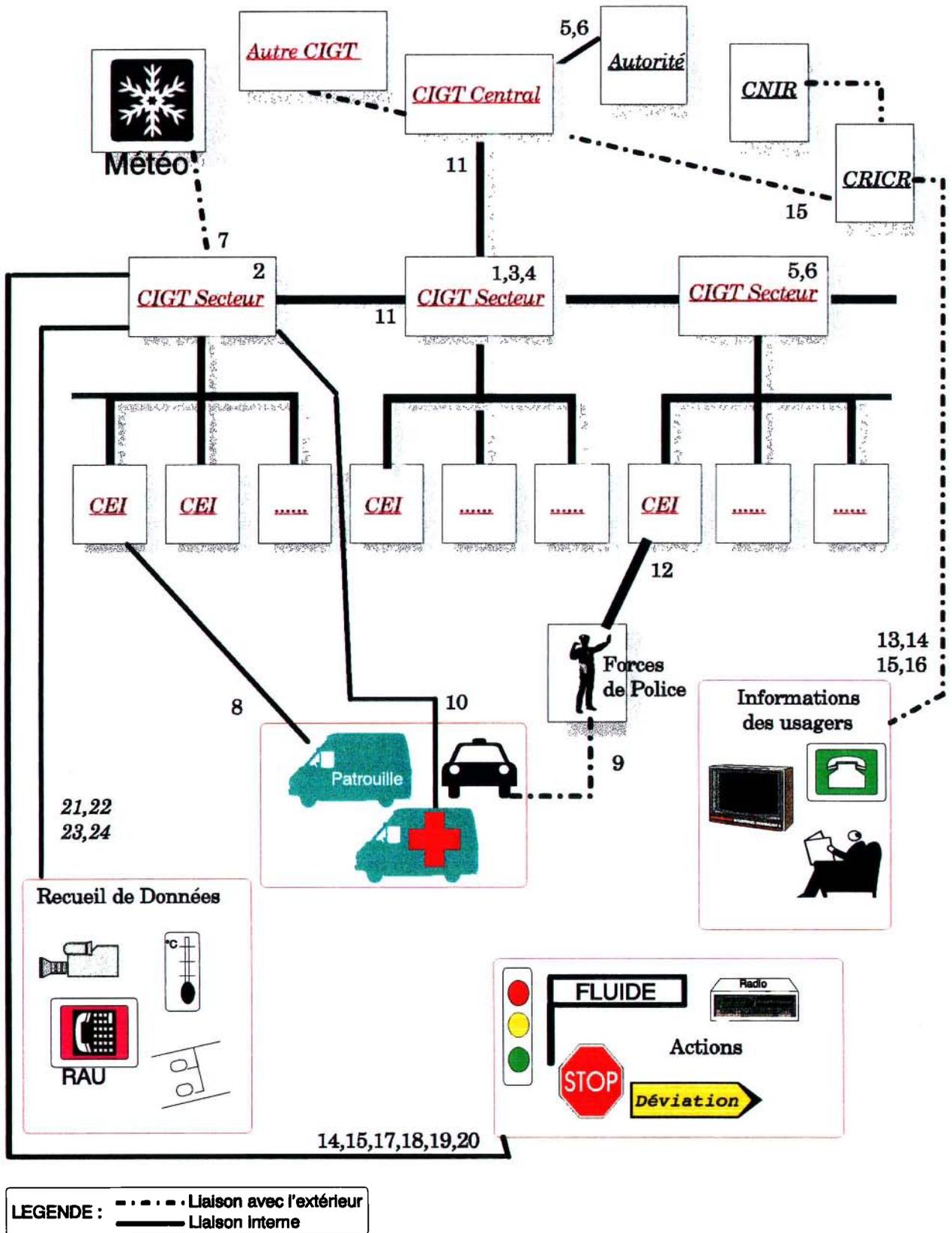


Fig XL2.b - Contexte du SAGT

XI.3.2.4 Fonctions d'un SAGT

Après la présentation générale du SAGT dans son contexte et des interactions avec ce contexte, les principales fonctions intrinsèques (la liste n'a aucune ambition d'être exhaustive et doit être vue comme un embryon d'analyse fonctionnelle) mises en oeuvre par le système pour l'aide à l'exploitation d'un réseau de niveau 1 sont présentées ci-après.

La fonction "**Recueil de données**" concerne principalement l'acquisition des données capteurs et leur traitement.

La fonction "**Surveillance du trafic**" (par graphique ou par synoptique) interprète ces données traitées afin de présenter les états de trafic aux opérateurs.

La fonction "**Régulation d'accès**" vise globalement à maintenir la fluidité du trafic (en dessous de la valeur critique) afin d'assurer un débit maximal. Mais, dans bien des cas, la régulation a pour but de retarder l'apparition des congestions récurrentes et à accélérer le retour à la fluidité. La régulation des accès peut s'opérer à l'aide des stratégies arrêtées lors de la concertation.

La fonction "**Commande PMV, SDV**" a pour but de mettre en oeuvre les moyens nécessaires pour recevoir, sélectionner et afficher les messages sur les PMV ou les directions sur les panneaux à prismes appropriés. Ces informations proviennent soit des opérateurs qui composent les messages, soit des fonctions suivantes (dans la mesure où elles sont prévues dans le système) :

- . régulation de vitesse,
- . limitation d'accès de la voie,
- . détection automatique d'incidents,
- . détection automatique de bouchons,
- . calcul de temps de parcours,
- . régulation d'intervalles,
- . délestage automatique,
- . régulation d'itinéraires.

Les messages affichés sur les PMV visent à l'amélioration de la sécurité et du confort de l'utilisateur et à la réduction des bouchons. Le message affiché peut être littéral ou symbolique. Le message littéral peut prendre des allures de conseil, d'information ou d'instruction selon la politique de l'exploitant et la situation à gérer. Sa syntaxe doit être compréhensible pour l'utilisateur et prédéfinie par l'exploitant.

La fonction "**Commande de feux isolés**" est nécessaire pour le pilotage de feux isolés situés à proximité d'une bretelle, lorsque les variations de trafic sur le réseau de niveau 1 ont des incidences sur le carrefour régulé par ces feux.

La fonction "**Analyse de données historiques du trafic**" permet aux utilisateurs d'effectuer des analyses a posteriori dans le temps et dans l'espace, des conditions de circulation à partir des données historisées. L'analyse du trafic s'appuie sur des graphiques pour la mise en évidence des phénomènes. Ces graphiques sont de type :

- . listes,

- . courbes,
- . tableaux,
- . cartographie.

L'analyse du trafic est réalisée principalement à l'aide :

- . de la présentation d'histogrammes spatiaux, d'histogrammes temporels, de nuage de points ;
- . de temps de parcours ;
- . de diagrammes d'encombrement ;
- . de la présentation de statistiques journalières, mensuelles, annuelles ;
- . de la visualisation d'indicateurs de trafic (distance parcourue, temps passé, vitesse moyenne) par itinéraire pendant une période fixée.

La fonction "**Simulation et ...valuation**" a pour objet de mieux appréhender des phénomènes complexes et d'évaluer l'impact sur les conditions de circulation de la modification de paramètres d'exploitation (l'évaluation est traitée de manière plus détaillée au chapitre XIII) . La simulation est effectuée à l'aide de données de trafic historisées ("simulation hors ligne"), ou à l'aide de données temps réel ("simulation en ligne").

La simulation "hors ligne" permet :

- . d'établir des paramètres fondamentaux des réseaux de niveau 1 (diagramme fondamental, règles d'affectation, débit de saturation, vitesse libre, ...) et de calibrer des algorithmes d'analyse ;
- . d'évaluer les effets d'une nouvelle stratégie de régulation ;
- . d'évaluer les effets d'une modification des paramètres d'une stratégie existante (plans de feux) ;
- . d'étudier le trafic dans des conditions variables ;
- . d'étudier les effets de la modification de la géométrie de la voirie, de la neutralisation d'une voie, de l'ajout ou suppression d'une bretelle.

Ces simulations seront d'une grande utilité pour les évaluations avant la mise en service.

La simulation "en ligne" permet d'étudier les phénomènes complexes du trafic tels que l'insertion, les changements de files, le cisaillement... Ce type de simulation permettra des bilans chiffrés pour l'évaluation après la mise en service.

La fonction "**Gestion de tunnels**" a pour objet de collecter les informations produites par le système de gestion technique du tunnel. Les actions d'exploitation adéquates sont lancées suite à la détection d'une alarme (incendie, gaz toxiques...).

La fonction "**Délestage**" est utilisée (afflux excessif de trafic, plan PALOMAR par exemple) en coordination avec des correspondants et des systèmes externes. Elle met en oeuvre des actions d'exploitation et de régulation particulières.

La fonction "**Diffusion des informations hors PMV**" a pour objet de diffuser les états de trafic, les événements (incidents, accidents, congestions...) et les informations relatives à l'état de la voirie (travaux et fermetures planifiés, fermetures exceptionnelles ...).

Ces informations sont diffusées au public via différents médias :

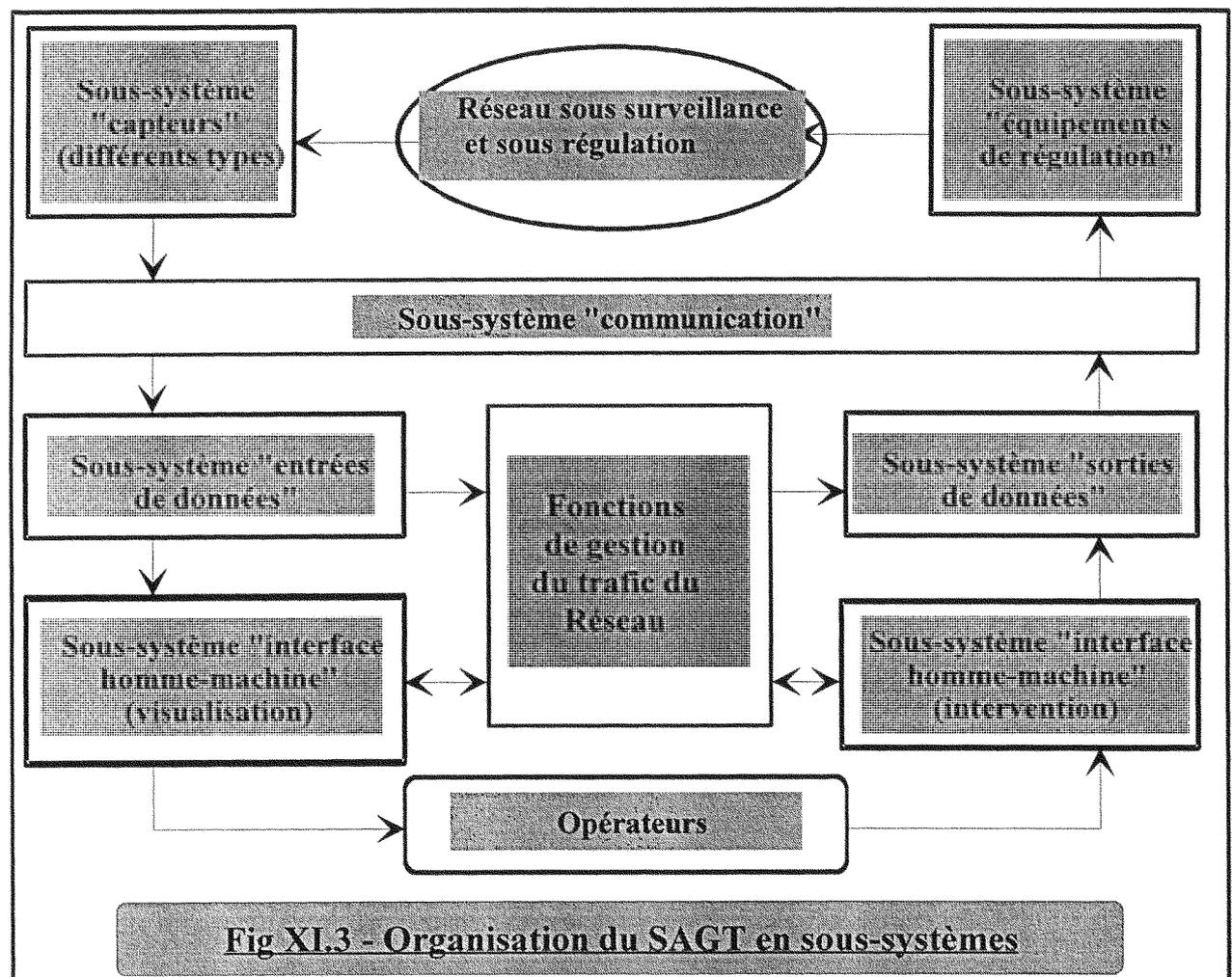
- le serveur du SAGT accessible par téléphone ou Minitel ;
- les bulletins hebdomadaires ou mensuels des travaux prévus ;
- la liaison spécialisée avec des organismes chargés de diffuser l'information.

La fonction "Liaison entre centres d'exploitation" assure le dialogue automatique avec des Centres d'Exploitation externes dont le réseau de voirie assure des échanges de trafic avec le réseau de niveau 1. Ces Centres d'Exploitation peuvent être des PC de carrefours à feux et des PC d'autoroutes. Ces données échangées (états de trafic, événements, messages PMV, indicateurs de trafic) permettent une meilleure coordination des activités d'exploitation.

La fonction "Intermodalité" a pour objet de faciliter les affectations sur d'autres modes de transport que le véhicule particulier afin d'optimiser le service rendu à l'utilisateur.

XI.3.2.5 Organisation d'un SAGT en sous-systèmes

Après la description du SAGT et de ses fonctions principales, cette section présente une organisation du système en sous-ensembles.



XI.3.2.5.1 Sous-système "capteurs"

Dans ce sous-système, on introduit également les patrouilles et le RAU qui sont des capteurs au sens large.

Le système de détection à boucles électromagnétiques est aujourd'hui le dispositif de mesure des conditions de circulation le plus répandu dans le monde, tant en ville que sur les voies rapides et les autoroutes urbaines.

Rappel : Le capteur est constitué par une boucle inductive, noyée dans le revêtement de la chaussée. Le passage de la masse métallique d'un véhicule au dessus de la boucle provoque une variation du champ électromagnétique. Cette variation se traduit par un créneau de tension dont la longueur est liée à celle du véhicule et à son temps de passage. Avec une seule boucle par voie, on mesure le débit et le taux d'occupation. Une seconde boucle associée à la première permet de calculer la vitesse des véhicules.

L'avantage de cette technologie réside dans son faible coût (de l'ordre de 3000 F pour un ensemble boucle détecteur), négligeable devant celui des travaux de génie civil nécessaire à l'installation. Une fois implantée, la boucle a une durée de vie importante hors période de réfection de la chaussée. Cependant, la fiabilité globale du système est fortement liée à la qualité des réglages et à la qualité de la maintenance.

Chaque capteur est associé à un dispositif électronique placé dans une station dite "station de mesures". Le rôle de ce détecteur est d'analyser l'information issue du capteur et de la coder sous forme d'un signal.

Les informations recueillies par les capteurs sont acheminées vers les stations à travers un câble.

D'autres types de capteurs sont utilisables, par exemple des capteurs spécialisés poids lourds, ou des capteurs mesurant les conditions météo et la visibilité. D'autres techniques pour la détection de véhicules font une apparition plus ou moins marquée: caméras, capteurs infrarouges, micro-ondes, photographies aériennes.

Ces diverses informations capteurs sont recueillies par le sous-système "entrée des données" et traitées par des fonctions spécialisées du sous-système "gestion du trafic" pour la surveillance et la régulation du trafic.

XI.3.2.5.2 Sous-système "équipements de régulation"

On peut distinguer les équipements suivants utilisés dans la régulation du trafic :

- . les panneaux à messages variables (PMV) qui peuvent servir à de la régulation de vitesses ou à du guidage;
- . les panneaux à prismes permettant une réaffectation du trafic;
- . le régulateur de la rampe d'accès;

Installé au niveau de la rampe d'accès, cet équipement, pourvu d'une intelligence locale, assure la commande des changements d'état des feux selon le plan en cours, et la gestion des transmissions avec le centre d'exploitation.

- . le régulateur de vitesse;
- . les dispositifs de sécurité : signalisation dédiée, barrières automatiques, lampes flash, ...
- . les matériels embarqués : radios, nouveaux systèmes, ...

XI.3.2.5.3 Sous-système "entrée / sorties de données"

Le sous système "entrée de données" est chargé, via le sous-système de communication, de recueillir les informations brutes de terrain (sous-système "capteurs"). Il effectue la mise en forme des données (calcul des données fondamentales concernant l'état du trafic), leur datation et le contrôle de validité.

Le sous système "sortie de données" est chargé de la diffusion des commandes vers les équipements de terrains (sous-système "équipements de régulation").

XI.3.2.5.4 *Sous-système "Interface Homme Machine"*

Ce sous système gère l'interface avec l'utilisateur. Il permet à un opérateur de visualiser l'état du trafic, l'état des équipements et le fonctionnement général du système. Il offre de plus, tous les moyens nécessaires à la commande du système.

Ce sous-système doit recevoir l'état du réseau en fonction des modèles concernant la simulation d'affectation du trafic, les procédures de gestion en cours et le comportement des usagers. Il doit visualiser les indicateurs-clés, hiérarchiser les bases de connaissance et fournir les interfaces pour l'intermodalité.

De plus, grâce peut-être à un module expert, il doit s'attacher à donner les propositions de règles, de procédures et de planification (règles de régulation de trafic, règles de sécurité et plans d'urgence, cohérence des itinéraires, cohérence de l'information à l'utilisateur et coordination des travaux et de l'entretien).

L'interface utilisateur doit être basée sur des images graphiques. Les images sont organisées en arborescence de plusieurs niveaux : le niveau système, le niveau application, le niveau géographie, etc.

Le niveau système présente, par exemple, les équipements et le centre d'exploitation dans un fond géographique ainsi que les éléments dynamiques (états des équipements, états de trafic,...).

Le niveau application présente les paramètres de configuration et d'exploitation.

Le niveau géographique (SIG) présente la carte de l'implantation des équipements sur le terrain et la carte des conditions de circulation.

XI.3.2.5.5 *Sous-système "communication"*

Ce sous-système gère :

- la communication interne : entre les équipements de terrain et le système du SAGT.
- la communication externe : entre le SAGT et d'autres systèmes d'information.

Cette fonction assure l'échange de données de trafic, l'échange de paramètres logiciels et matériels internes aux automates des équipements de terrain, l'émission des commandes et la réception des acquittements. Ce sous-système assure de plus la gestion des équipements de communication, la gestion de la sécurité des transmissions et la gestion des défauts de communication. Ce sous-système inclut, bien évidemment, le réseau de transmission lui-même qui est développé en annexe au chapitre XIV.

XI.4 L'ergonomie

Traiter de l'ergonomie dans le cadre de l'exploitation des réseaux de niveau 1 du SDER signifie que l'on se situe à l'interface entre un ou plusieurs "*opérateurs*" et un ensemble de "*machines*" (prises au sens large) constituant des systèmes plus ou moins complexes (systèmes recueil de données, de gestion du trafic, de diffusion, etc.). Les systèmes ou sous-systèmes avec lesquels l'homme n'a aucune interaction seront donc absents de notre propos.

Concernant les "*opérateurs - exploitants*", on proposera des recommandations ergonomiques relatives aux "*domaines*" suivants :

- les **procédures** (de travail, d'appel à maintenance, etc.),
- les outils de **visualisation** (synoptique, images vidéo, etc.),

- les logiciels,

Comme on le verra par la suite, les recommandations ergonomiques centrées sur l'exploitant dépassent, dans certains cas, le strict SAGT.

XI.4.1 Ergonomie des Procédures

Sans vouloir enfermer le travail des opérateurs dans un carcan d'une extrême rigidité, l'expérience montre qu'il est nécessaire "d'encadrer" leurs activités en leur fournissant un certain nombre de documents constituant des "**aides au travail**".

Sous ce vocable d'aides au travail on peut au moins ranger les **consignes d'exploitation**, le **guide des procédures de dépannage** de première urgence et d'appel à maintenance, le **manuel utilisateur des équipements** de travail. La forme que peuvent prendre ces aides sont détaillées plus ou moins dans le chapitre X.

En effet, compte tenu d'un certain nombre d'impératifs "administrativo-technico-organisationnels", il n'est pas possible de laisser, en toutes circonstances, l'opérateur se débrouiller seul.

XI.4.2 Ergonomie des Outils de Visualisation

XI. 4.2.1 L'affichage mural

A - Position du Problème

A l'occasion de l'aménagement ou du réaménagement de toute Salle d'Exploitation, la question de l'implantation d'un **synoptique mural** se pose inmanquablement à l'exploitant. Ou plutôt, elle ne se pose pas pour lui : il lui faut impérativement un synoptique mural.

Pour autant, l'expérience montre que, de plus en plus, les **systèmes informatiques** de gestion du trafic font appel à des **représentations graphiques et/ou cartographiques** présentées sur un ou plusieurs écrans de 19 ou 21 pouces (exemples : la MCI d'ASF, REGA 2 pour la SAPRR, TIGRE pour les CRICR, etc.).

La question initiale est donc de déterminer s'il n'y a pas un **effet de redondance** (coûteux) entre les vues graphiques sur **écran informatique** et sur **synoptique mural** (qui sont, dans l'esprit des exploitants, les mêmes !) ? Autrement dit, il s'agit de définir la valeur ajoutée d'une visualisation sur synoptique mural par rapport à sa présentation sur écran informatique graphique.

Pour ce faire, il est impératif de **déterminer quelle(s) fonction(s) on assigne à un synoptique mural en Salle d'Exploitation et donc, quel(s) type(s) d'utilisation(s) en attend-on.** Ceci permettra de délimiter les contenus d'un tel affichage (statiques et dynamiques), d'en déduire quelle(s) technologie(s) utiliser et de préciser comment on va piloter un tel équipement.

Ces fonctionnalités peuvent être caractérisées par un groupe de travail comprenant normalement un ergonome.

On peut essayer de mettre en évidence les "valeurs ajoutées" de la fonction "synoptique mural", par rapport aux écrans graphiques 21 pouces :

- "l'information", quelle que soit sa nature, est **facilement consultable par plusieurs personnes** (pupitreurs, cadres, directeurs, visiteurs, etc.), même si les besoins peuvent être différents d'une catégorie de personnes à l'autre,
- on obtient une **représentation plus grande** (sous-entendu plus "lisible") du réseau, notamment en matière de réseaux associés,
- c'est aussi un **élément d'image de marque** et de représentation du Service, en particulier lors de visites du CIGT,
- enfin, si le synoptique est piloté par une machine plus ou moins indépendante, on peut **gérer plus facilement le mode dégradé des vues graphiques** sur écran informatique, quand les autres fonctionnalités sont partiellement ou intégralement inaccessibles.

Le **groupe de travail** du CIGT, évoqué plus haut, chargé d'apporter ses propres réponses pourra proposer d'autres "plus values" éventuelles. Il devra néanmoins impérativement les **hiérarchiser**. Du classement ainsi obtenu pourrait, en partie, dépendre le choix de la technologie à utiliser avec la contrainte supplémentaire du coût.

S'agissant d'un réseau autoroutier ou urbain, il est quasi systématique, actuellement, de trouver une représentation graphique murale. Elle peut être **à l'échelle**, ou légèrement "**déformée**" (plus synthétique) afin de pouvoir agrandir certaines zones critiques, pour en améliorer la lisibilité.

La tendance actuelle penche plutôt vers la deuxième option, laquelle recueille, en règle générale, les faveurs des ergonomes (concept "d'image opérative").

Sur ce tracé, on peut trouver les **grandes catégories d'informations** "dynamiques" suivantes :

- des **informations très "localisées"** indiquant, généralement, **l'état** (ou les états) **d'un équipement** : valeur d'une station de comptage, état d'un PMV (actif, au neutre, en panne, indéterminé), phase d'un feu de signalisation, etc.

Ces états sont fréquemment matérialisés au moyen d'un **codage couleur** (basé sur la définitions de seuils, quand ils traduisent une valeur numérique), et pouvant constituer une alarme : une station est "au rouge".

On peut aussi y voir figurer **l'application d'une mesure d'exploitation** : accès régulé ou fermé, sortie obligatoire, coupure de chaussée, basculement, etc. Dans ce cas, **l'icône**, ou le symbole, est le mode de représentation le plus souvent adopté;

- des **informations à caractère plus "spatial"** : elles permettent de traduire l'**ampleur géographique** d'un événement survenant sur le tracé : la longueur d'une perturbation ou d'un chantier, une météo "de zone", un tronçon sur lequel on a détecté un incident (DAI) ou un bouchon (DAB), un itinéraire alternatif "activé", etc.

En complément de ces vues graphiques/cartographiques on relève :

- des **images vidéo** issues de caméras situées sur le **tracé** (vidéo trafic) et/ou aux abords du **bâtiment** d'exploitation (surveillance bâtiment). Certaines sont encore des images "semi dynamiques", acheminées par lignes PTT, mais, dans la plus part des PC d'exploitation du type "CIGT de niveau 1", ce sont des images dynamiques (transmises par fibre optique), souvent en couleur. Pour les images vidéo de trafic, on note de plus en plus fréquemment l'existence de systèmes d'asservissement à des alarmes de type DAI, RAU en tunnel, etc. qui affichent automatiquement la ou les caméras correspondants à la zone de l'événement. L'activation automatique de ces caméras déclenche, dans certains cas, la mise en marche (elle aussi automatique) d'un magnétoscope.

- des **courbes**, des **histogrammes**, des **tableaux** (voire des schémas "synoptique" d'installations techniques), etc. Ce type de vues, généralement relatives à des valeurs de capteurs (station de comptage, station météo), permet une **appréciation spatio-temporelle des phénomènes**, très utile dans la fonction diagnostic.

- enfin, on peut aussi trouver (mais plus rarement) l'affichage de **vues cartographiques de détail**, permettant une localisation fine d'événements ou d'équipements.

Choisir entre ces différents modes de représentations n'est pas forcément chose aisée, dans la mesure où certains d'entre eux peuvent apparaître redondants.

Plutôt que de parler de redondance, l'ergonome préfère la notion de **complémentarité**, eu égard aux modes opératoires mis en oeuvre par les opérateurs.

Les analyses effectuées sur plusieurs sites ont montré qu'un même "phénomène" (ou un événement) survenant sur le tracé peut se représenter de différentes manières, et que celles-ci sont complémentaires les unes des autres, dans le processus de traitement de l'information que les opérateurs mettent en oeuvre (notamment dans les activités de surveillance/détection d'anomalies, de diagnostic et de prise de décisions).

B - Complémentarité des Modes de Visualisation

Dans sa Salle d'Exploitation, l'opérateur appréhende le **monde réel** (objectif) à partir de différentes **représentations**. Tout son "problème" est de pouvoir se constituer une **image** (mentale) de la **réalité** à partir de ces représentations. Or ces dernières présentent des lacunes, des imprécisions ou des déformations qui leur sont propres :

- une **station de comptage** ne donne des informations qu'en un point précis du réseau (quand elle ne dysfonctionne pas...),

- une **saisie manuelle** d'un événement peut toujours être entachée d'erreur (de localisation, de sens, d'opportunité, etc.)

- une **image vidéo** ne donne qu'une vue partielle d'une partie du réseau,

- un **système de DAI** ou de **DAB** mal calibré peut produire un taux de fausses alarmes, ergonomiquement rédhibitoire pour un opérateur,
- etc.

D'où cette notion de complémentarité des différents modes de visualisation pour l'opérateur. Prenons, par exemple, le cas d'un événement "**bouchon**".

- une **station de comptage**, seuillée sur le Taux d'Occupation (TO), peut "se mettre au rouge", indiquant la présence d'une perturbation (au strict niveau de la boucle),

- un **système de DAB** peut indiquer (au taux de fausses alarmes près) une présomption de bouchon dans une section donnée ; un système d'asservissement peut "afficher" automatiquement la ou les caméras vidéo de cette section;

- un **opérateur**, sur la base des indications d'un **patrouilleur**, peut saisir (et localiser) une longueur de bouchon sur sa Main Courante Informatique , lequel bouchon s'affiche sur une **visualisation**, dans la Salle d'Exploitation du CIGT. Pour autant, si la station de comptage évoquée plus haut n'est pas "dans le bouchon", elle pourra indiquer un TO fluide alors que, sur la section à laquelle elle appartient, l'existence d'une perturbation est effectivement avérée;

- l'**opérateur** de la Salle d'Exploitation du CIGT peut visualiser, sur un **moniteur vidéo trafic**, la présence dudit bouchon. Il peut aussi ne pas le "voir", en fonction de la position et de la portée de la caméra.

Par rapport à un mode de représentation donné, l'opérateur utilisera un autre mode soit, pour pallier les lacunes ou défauts (réelles ou supposées) du premier, soit pour contrôler la cohérence des données dont il dispose, soit pour valider son diagnostic.

Comme on peut s'en rendre compte, les différents modes de visualisation d'un même "événement", par leur complémentarité, peuvent être très utiles à l'opérateur de la Salle d'Exploitation. C'est encore plus probant quand le **pupitreur** est fortement **assisté** par des **automates**, quand ceux-ci lui proposent de valider un choix qu'ils ont automatiquement élaboré : affichage de message(s) sur une série homogène de PMV, forçage d'un plan de feux, composition d'un message d'information, etc.

Par ailleurs, l'expérience montre que la **fiabilité des "dispositifs techniques" n'est pas garantie à 100 %**. L'opérateur de la Salle d'Exploitation en fait quotidiennement l'expérience. Cette possibilité de recouper les informations, offerte par la multiplicité et la complémentarité des modes de visualisation, augmente l'efficacité du travail du pupitreur ou du cadre et, de fait, concourt à renforcer la crédibilité du système vis à vis de l'extérieur (partenaires, usagers, etc.).

C - Les choix technologiques à effectuer

Équiper la Salle d'Exploitation d'outil(s) de visualisations murales a nécessité que l'on ait défini ce que l'on voulait visualiser. Se pose ensuite le problème des **choix technologiques** à effectuer. Celui-ci dépend en tout premier lieu de l'option (stratégique) que l'on souhaite prendre : diversification des matériels ou "produit" unique ?

Avec **plusieurs types de matériels** (moniteurs vidéo + synoptique du tracé "dynamique" + système permettant l'affichage d'images informatiques, + etc.) on minimise le risque de panne totale du système de visualisation. On "augmente" par contre les outils nécessaires au pilotage de ces équipements (théoriquement un par source ou type de sources).

Avec un **"produit unique"**, pour autant que celui-ci accepte toutes les "sources" évoquées plus haut, on réduit considérablement le nombre de machines de pilotage nécessaires à l'opérateur. Dans la majeure partie des cas, si on excepte une panne générale d'énergie (EDF) à la source¹, un mode dégradé de fonctionnement est toujours possible (perte d'une partie seulement de la surface d'affichage).

Les **principales technologies** équipant ou pouvant équiper les PC de gestion de trafic sont les suivantes :

- les synoptiques **carroyés ou sérigraphiés**, comportant des **"afficheurs"** symboliques et/ou alphanumériques : limités dans leurs possibilités d'affichage multi-sources (vidéo, informatique), difficiles à faire évoluer (tracé, nouveaux équipements, etc.), ils sont de moins en moins utilisés.

- les synoptiques à **diodes** : produit véritablement multi-sources, ils peuvent présenter quelques inconvénients de lisibilité si on veut afficher du graphisme "très fin" : tracé très précis, courbes et histogrammes, etc. L'affichage simultané de plusieurs sources nécessite quelques développements informatiques complémentaires. L'encombrement (en profondeur) est faible, et la maintenance/dépannage peut se faire sous tension;

- les synoptiques à **projection directe** (sur écran géant) : ils ont longtemps représenté une solution "économique" d'attente de l'évolution des autres technologies, ou par rapport aux coûts relativement importants d'autres produits plus "sophistiqués, eu égard aux besoins de certains exploitants. Avec ce type de système on ne peut afficher qu'une seule image source à la fois, par vidéo projecteur;

- les synoptiques **rétro-projetés** : ils peuvent être constitués d'un seul élément - un **"cube"** - ou de plusieurs rétro projecteurs constituant un **"mur d'images"**. Pour certains modèles, la solution à un seul cube (de grande dimension) ne permet l'affichage que d'une seule source. Pour d'autres, on peut visualiser jusqu'à quatre sources différentes, mais avec une perte de résolution.

Dans la solution **"mur d'images"**, on est **"multi-sources"**, mais des différences apparaissent alors dans les possibilités et la souplesse d'affichage : pour certaines technologies, on gère le mur d'images comme un super écran informatique "multimédia" (\pm format X-Windows), sans développement informatique particulier de la part de l'exploitant. Pour d'autres, l'exploitant doit informatiquement mettre ses images (en dehors de la vidéo) au format X-Windows, ou choisir d'affecter ses différentes sources à des "blocs de cubes" pour éviter toute transformation informatique.

En outre, il faut souligner les progrès techniques réalisés qui permettent de travailler en lumière "plein jour" (ce qui n'a pas toujours été le cas).

Il faut enfin signaler qu'en mur d'images, on a une séparation inter cubes qui va de 3 à 6 mm, suivant la taille des lentilles.

La solution "mur d'images multimédia" offre des possibilités intéressantes (notamment sur le plan de la qualité graphique), souples et variées. Elle permet, en effet, l'affichage de tous les types de sources, dans des conditions de lisibilité "plein jour", avec des fonctionnalités performantes, particulièrement vis à vis des exigences des tâches de gestion de trafic.

¹ situation de moins en moins fréquente grâce à l'énergie secourue,

Même équipé de ce type de produit, l'exploitant pourra toujours, s'il le souhaite, le "compléter" par une batterie de moniteurs vidéo (trafic), tout en sachant qu'un opérateur, aussi compétent et expérimenté soit-il, ne peut traiter visuellement qu'un nombre restreint d'images.

Il faut toutefois être attentif à une éventuelle - future - plus ou moins probable - réglementation (européenne) relative à l'utilisation 24h/24 de systèmes d'affichage "grand écran" à balayage (type rétroprojecteurs).

On peut cependant noter qu'en France, la "restriction" concernant le travail sur écran informatique (à tube cathodique, donc à balayage) ne fait l'objet que d'une recommandation de l'INRS, relayée par la CNAM.

XI.4.2.2 Composition des vues informatiques

Deux recommandations ergonomiques sont à faire à ce niveau. La première concerne la densité des informations présentées, la deuxième traite de la spécificité des vues sur "écran géant".

a) DENSITÉ DES INFORMATIONS

Une **vue synoptique d'un réseau** (et des principaux événements qui s'y produisent) doit être impérativement **dépouillée et synthétique**. A titre indicatif, sur console informatique, on admet qu'une densité de 1 sur 2 est possible. A l'inverse, sur écran géant ($> 1\text{m}^2$), il ne faut pas dépasser une densité de 1 sur 3 (voire 1 sur 4) suivant la nature des images.

Trop souvent, l'exploitant veut y faire figurer le maximum d'informations, au détriment de la lisibilité. Le problème, du point de vue ergonomique, n'est pas tant celui de la quantité d'informations que celui de leur qualité et de leur utilité.

En situation "de crise", on peut être rapidement confronté au **phénomène**, bien connu des ergonomes, dit de **"l'arbre de Noël"** : la vue est surchargée d'icônes, d'indications alphanumériques, d'alarmes (clignotement et/ou changement de couleur, etc.) et elle perd de son efficacité.

Il faut bien considérer que ce type de représentation n'est pas fait pour traiter finement le ou les événements en cours. Il a essentiellement pour fonction **d'alerter l'opérateur** et de lui permettre un **suivi macroscopique** de la situation générale.

Le traitement fin des événements doit être réalisé avec les outils (informatiques) permettant une description et une analyse des détails de chacun des événements.

b) LES VUES SUR ÉCRAN GÉANT

La conception d'images sur écran géant est devenue une spécialité nouvelle, malheureusement encore trop souvent négligée. En effet la tentation est grande d'utiliser une image conçue pour des écrans informatiques graphiques, pour l'afficher sur un synoptique mural.

Il faut savoir que le contraste, la luminosité et la colorimétrie des images sur écrans informatiques ne seront pas les mêmes sur écran géant. Par exemple, on recommande d'élaborer des images à contraste négatif (fond de couleur foncée, voire noire) ; en effet, pour des écrans de grande taille, l'effet de "masse blanche" (dû au contraste positif) peut être très gênant en éclairage pour les opérateurs.

XI.4.3 Ergonomie des logiciels

Ce paragraphe se décompose en deux parties, relatives aux différents "problèmes" auxquels l'exploitant peut être confronté : évaluation des qualités ergonomiques d'un logiciel avant acquisition ou avant spécification pour un développement spécifique ultérieur, prescriptions concernant le concept d'aide (informatique) dans le cadre du développement d'un SAGT.

XI.4.3.1 Prescriptions générales

Un exploitant peut avoir à acquérir un logiciel, ou un progiciel, du marché (grand public ou "professionnel") ; il peut souhaiter faire développer une application ad hoc ; il peut, enfin vouloir évaluer des outils informatiques dont ils disposent. Ce paragraphe propose quelques recommandations et critères ergonomiques généraux en la matière.

Les principales **qualités ergonomiques d'un logiciel** sont relativement connues : celui-ci doit être simple à apprendre et à utiliser, facile à mémoriser, rapide, fiable, positif, aidant l'utilisateur à résoudre ses difficultés.

L'application doit aussi présenter des caractéristiques telles que : **homogénéité** (entre transaction, entre documents : écrans, papiers, listes..., dans les commandes), **souplesse**, **personnalisation**, **flexibilité interindividuelle** (selon la population des utilisateurs) et **intra-individuelle** (selon l'évolution de l'expérience), **protection des fonctions dangereuses**, **aide à la gestion des erreurs**, etc.

XI.4.3.1.1 Les différents modes de dialogue

Les menus : ils conviennent parfaitement aux **débutants ou aux utilisateurs occasionnels**, car ils limitent les informations à mémoriser. Ils sont bien adaptés aux systèmes (applications) qui proposent un petit nombre de fonctions. En revanche, leur utilisation peut être fastidieuse pour l'utilisateur expérimenté, et les cheminements risquent d'être complexes si les systèmes offrent un grand nombre de fonctions.

Langage de commande - abréviations : les abréviations devraient convenir à des opérateurs expérimentés utilisant fréquemment l'application, mais ne sont pas adaptées à des utilisateurs occasionnels. Elles dépendent de l'ampleur du vocabulaire en question ; il faut un minimum de distinction entre termes ; chaque abréviation doit être unique. Pour un vocabulaire de 10 mots, la première ou les deux premières lettres suffisent. Pour un vocabulaire de 100 mots il faudra plus de lettres.

Pour construire des abréviations, la tendance naturelle est de préférer la contraction pour les mots courts et peu courants et la troncature pour les mots longs et courants. Pour les termes composés de plusieurs mots, il est préférable de conserver la première lettre de chaque mot.

Touches fonction : elles permettent un accès direct, simple et immédiat. Elles peuvent donc être intéressantes pour les fonctions fréquentes, communes à plusieurs tâches, permanentes sur l'ensemble du logiciel, ou pour donner une réponse rapide.

Il faut cependant veiller aux questions de codage. Le nombre de touches fonction doit rester faible pour des raisons de mémorisation ; il faut aussi limiter le nombre de fonctions associées à une même touche et respecter le principe d'homogénéité.

Multifenêtrage : vis à vis du **nombre de fenêtres**, une expérimentation sur des sujets habitués à l'utilisation du multifenêtrage a montré une utilisation moyenne d'environ 4 fenêtres. Les sujets ont confirmé par questionnaire qu'ils utilisaient au moins 2 fenêtres, au plus 5 et en moyenne 3. Une autre étude a montré que le nombre de fenêtres peut être temporairement plus élevé (jusqu'à 10 !) dans les phases de transition entre tâches.

Concernant le choix entre **fenêtres avec ou sans recouvrement**, on peut donner les indications suivantes. Si la tâche a un caractère régulier, les informations peuvent loger dans des fenêtres préformatées. Un système sans recouvrement peut alors être satisfaisant.

Si la tâche a un caractère irrégulier, on ne sait pas a priori où seront situées les informations utiles. Il y aura des déplacements dans les fenêtres, des défilements de documents et des manipulations de fenêtres. Les fenêtres avec recouvrement sont alors préférables, car on peut faire varier leur taille plus facilement, mais le recouvrement peut avoir l'inconvénient de cacher des informations.

Des besoins d'exploitation simultanée de plusieurs représentations du même objet renvoient au multifenêtrage. Mais ces techniques peuvent être vite limitées par la taille des écrans, ce qui peut conduire à utiliser plusieurs écrans en parallèle même si temporellement on puisse iconifier des fenêtres.

XI.4.3.1.2 Saisie des informations

Les recommandations principales en la matière sont les suivantes :

- minimiser les opérations à effectuer par l'opérateur,
- protéger les commandes et fonctions dangereuses, pour que l'utilisateur ne risque pas de perdre d'informations à la suite d'une erreur de manipulation,
- assurer l'unicité des entrées :
 - ni entrée en double : l'utilisateur ne doit pas avoir à saisir plusieurs fois la même information, sauf nécessité de contrôle spécifique,
 - ni entrée de données déductible par le logiciel;
- minimiser les changements de modes : souris, clavier,
- donner les valeurs par défaut pour alléger la frappe,
- prendre en compte la possibilité d'interruptions et la reprises de tâches sans manipulations complexes.

XI.4.3.1.3 Les temps de réponse

Durée : les temps de réponses proposés pour différentes fonctions vont de 0,1 seconde pour une entrée au clavier, 2 à 4 secondes pour une information sur une erreur où une réponse à une requête, de 15 à 60 secondes pour une procédure d'initialisation.

Il paraît difficile d'accepter de fixer des temps de réponse qui seraient variables pour chaque situation et chaque utilisateur. Mais on peut admettre d'avoir des temps de réponse différents pour de grandes fonctions différentes.

Si une durée d'attente est **supérieure à 5 secondes**, il faut avertir l'utilisateur par un message ; si la durée est **supérieure à 10 ou 15 secondes**, il convient de restructurer la tâche, ou de permettre à l'utilisateur de faire autre chose.

Stabilité : la stabilité des temps de réponse est un élément important. Plus la variabilité des temps de réponse augmente, plus la performance de l'utilisateur et sa satisfaction de confort se dégradent. La conclusion est alors qu'une même fonction doit toujours être associée au même temps de réponse.

XI.4.3.2 Les systèmes "intelligents" d'aide aux opérateurs

En souhaitant vouloir **aider l'opérateur** dans son travail (par le développement d'un SAGT) on suppose qu'il peut **avoir des problèmes**², et rencontrer des **difficultés** (plus ou moins importantes) à les **résoudre**. Dans le cadre de la gestion du trafic, on peut faire raisonnablement l'hypothèse que les congestions récurrentes ou toutes autres situations très répétitives, ne représentent pas vraiment un "problème" pour l'opérateur du CIGT.

Par contre, si on considère les principales spécificités du travail du gestionnaire de trafic, décrites ci-dessous, on peut facilement admettre qu'il puisse se trouver, dans certains cas, en "**situation problème**".

En effet, la régulation du trafic routier est une tâche dite "**dynamique**", qui présente les caractéristiques suivantes :

- c'est une situation pour laquelle les **états à venir du phénomène** à gérer (dégradation du trafic, récupération d'incident, etc.) dépendent aussi bien des **états antérieurs du "système de circulation"**, que des **interventions** réalisées par l'opérateur ou par un système automatisé;
- cette imbrication de l'évolution des états du système avec les actions régulatrices de l'opérateur (et/ou d'un automate), nécessite une forte activité **d'anticipation** et de **planification**;
- les éléments de cette situation (plus ou moins critique) se déplacent dans l'espace (le réseau) à des vitesses variables, ce qui contraint l'opérateur à construire et utiliser conjointement un **modèle de l'effet de ses propres actions** (et/ou de celle de l'automate) et un **modèle de l'évolution prévisible de la situation**;
- enfin, dans ce type de situations, la **contrainte temporelle** est massive, tant sur les aspects de prise d'information, de diagnostic et de prise de décision, que sur les "objets de connaissance" que manipule l'opérateur;

Pour assister l'opérateur de la Salle d'Exploitation dans son travail, les aides (logicielles) "intelligentes" à la gestion du trafic tournent autour de deux approches principales (on peut même parler de deux "philosophies" de l'assistance) :

² par "problème" on entend une situation à résoudre pour laquelle il n'y a pas de solution pré-programmée fiable à 100%. En d'autre terme, résoudre un problème, c'est en **construire** la solution.

- l'approche "automatisme et modélisation",
- l'approche "cogniticienne" utilisant des connaissances d'experts.

Sans entrer dans le détail de chacune d'elles, on peut en présenter les principales caractéristiques et les limites.

XI.4.3.2.1 La modélisation pour aider l'opérateur

"La gestion du trafic n'est pas une science exacte", entend-on dire souvent. Soit ! Ce sont pourtant des automaticiens, mathématiciens et autres ingénieurs de trafic qui se sont penchés les premiers sur le problème de base, à savoir **face à un événement donné, comment prévoir son évolution (probable) ?**

Considérant que l'homme a des capacités limitées de traitement de l'information (ce que personne ne conteste, et encore moins les ergonomes), ils ont tenté d'apporter à cette question une **réponse "automaticienne"** reposant, schématiquement, sur des modélisations physico-mathématiques du monde réel (du trafic).

Faisant l'hypothèse que l'opérateur de la Salle d'Exploitation ne pourra pas traiter l'ensemble, très complexe, des phénomènes liés à la circulation, et agitant le spectre de **l'erreur humaine**, ils se sont rapidement orientés vers des **solutions "tout automatique"**, cantonnant de fait le pupitreur à des tâches "simples" ou d'une autre nature (police), voire, dans certains cas (PC urbain de gestion de plans de feux), en "l'excluant" purement et simplement de la Salle.

A la base de cette démarche (qui n'est pas propre au monde de la gestion du trafic), existe un présupposé fort : **"le monde réel" doit fonctionner comme le modèle l'a prévu** !

N'importe quel opérateur de gestion de processus fortement automatisé sait bien que ce n'est pas toujours le cas.

En gestion de trafic, on a coutume de dire que **les modèles** (de prévision de trafic, de simulation en temps réel, etc.) **fonctionnent bien quand "tout va bien"**. Que survienne un "incident" (sous entendu, non prévu dans le modèle) et l'automate est "hors jeu" : il produit des informations erronées.

Ce discours est certainement excessif et peut traduire un sentiment de perte de compétence, de reconnaissance du savoir et du savoir faire de l'homme par rapport à cette nouvelle génération de machine. Par contre, le problème des (trop nombreux) **dysfonctionnements des automates** est lui bien réel et objectif.

XI.4.3.2.2 Utiliser les connaissances d'experts

L'ergonome ne rejette pas l'intérêt des "automates" en gestion du trafic. Il souhaite simplement les remettre à leur juste place : il est bien évident qu'un opérateur ne peut matériellement pas gérer en manuel et en temps réel l'affichage de plus de 3 à 4 PMV. Un automate peut déterminer l'affichage d'un ensemble de messages appropriés sur 150 PMV en quelques secondes. Mais seul l'opérateur pourra gérer "intelligemment" un conflit d'affichage de messages.

Quant à la gestion de situations "incidentelles" (non récurrentes) ou accidentelles, on connaît les limites et les dérives des actuels modèles de simulation et de prévision de trafic.

Une autre approche de l'aide à l'exploitation, reposant d'une part sur l'utilisation des connaissances d'experts, et, d'autre part sur la conservation et la réutilisation de la "mémoire de l'exploitant" est possible, même si l'ostracisme dont elle a pu être victime de la part des partisans "purs et durs" de l'automatisme ne lui ont pas permis de s'exprimer (pleinement) en terme de recherche/développement.

Une aide "intelligente" à la résolution de "situations problème" pourrait consister à permettre à l'opérateur d'utiliser les connaissances "conceptuelles" (i.e. quelles sont toutes les caractéristiques de tel événement ; comment telle situation va évoluer ?, etc.) et "procédurales" (i.e. en présence de tel événement, que faut il faire ?) d'un expert du domaine considéré.

Ainsi, sur la base de "l'expérience" acquise par un expert d'un réseau donné, formalisée et implémentée sur une "machine", on pourrait permettre à l'opérateur, par exemple, de faire le lien entre "des états antérieurs passés" du système [équivalents à la situation à laquelle il est confronté] et les interventions réalisées [pour répondre à cette situation], afin de lui proposer les différents "états à venir" du système.

Cette base de connaissances (conceptuelles et procédurales) d'expert pourrait s'enrichir "au fil de l'eau", par la conservation (en machine) de la mémoire de l'exploitant : chaque situation problème, considérée comme un "scénario" dynamique, composé des *descripteurs de la situation problème*³, des *actions/traitement mis en oeuvre* et des *effets/conséquences réellement obtenus*⁴ est archivée et peut être proposée à l'opérateur quand il se trouve, plus tard, confronté à un problème relativement identique.

La mise en oeuvre d'une telle démarche, particulièrement intéressante dans le cadre de la gestion du trafic, aurait le mérite de (ré)concilier l'homme et les traitements automatiques, en utilisant pleinement les "capacités" des uns et des autres.

XI.5 Les principales fonctionnalités

XI.5.1 Applications fonctionnelles

Les applications fonctionnelles présentées dans cette section sont conçues comme des entités **indépendantes** du système. Cette conception permet d'intégrer une ou plusieurs applications fonctionnelles, selon les besoins exprimés, pour former un système complètement opérationnel.

Une application fonctionnelle comporte deux grandes classes de fonctions :

³ situation pour laquelle, il n'y a pas de "réponse" toute faite (prévue dans une consigne)

⁴ y compris ceux n'ayant pas abouti à résoudre le problème (i.e les erreurs de traitement)

- les **fonctions externes**, vues par les opérateurs, exécutées au travers d'une interface utilisateur ;
- les **fonctions internes** supportant les caractéristiques opérationnelles et la gestion des données.

Les fonctions internes sont mises en oeuvre à l'aide des applications utilitaires qui fournissent les services nécessaires. Les applications fonctionnelles accèdent à ces fonctions via des interfaces (services ou API) communes.

On distingue 3 types de fonctions externes : fonctions d'exploitation, fonctions d'administration et fonctions de maintenance.

Les **fonctions d'exploitation** regroupent un ensemble de modules exécutant les traitements spécifiques à l'application fonctionnelle. Par exemple, l'application de recueil de données regroupe les fonctions d'acquisition de données, de contrôle de validité de données acquises, d'élaboration des données fondamentales etc.

Les **fonctions d'administration** regroupent un ensemble de fonctions canoniques :

- gestion de données de configuration ;
- configuration des informations concernant les alarmes / événements / messages ;
- configuration d'une image synoptique graphique spécifique à l'application ;
- archivage / restitution de données ;
- gestion des éditions ;
- gestion de vues de données ;
- import / export de données ;
- gestion de dictionnaire de données.

Les **fonctions de maintenance** regroupent également un ensemble de fonctions canoniques :

- visualisation de l'état des équipements ;

Cette fonction présente (éventuellement sur une image graphique) les états des équipements (en service, en alarmes, etc..) associés à l'application et la répercussion d'un équipement défaillant sur l'exploitation de l'application

De plus, elle signale à l'opérateur un équipement en état douteux, lui indiquant que les informations d'état ne sont plus fournies de manière fiable au centre d'exploitation. L'état douteux est détecté par l'application lorsqu'un équipement n'est plus accessible, ou qu'une information d'anomalie concernant l'équipement est détectée.

- visualisation des équipements en alarmes ;

Cette fonction permet à l'opérateur de visualiser les équipements pour lesquels une alarme est en cours. Ces équipements sont consultables en effectuant une sélection selon des critères différents et multiples : tous les équipements en alarme classés par ordre hiérarchique d'équipement, par date d'apparition, par type d'équipement etc.,

- sauvegarde des anomalies ;

Les anomalies de fonctionnement de chaque élément de configurations sont stockées systématiquement. Ce stockage permettra le suivi et l'analyse des anomalies. Les données stockées peuvent être conservées pour une durée spécifiée.

- forçage d'un équipement à l'état "PANNE" ;

Cette fonction permet à l'opérateur de forcer un équipement à l'état PANNE.

- consultation des journaux des alarmes ;

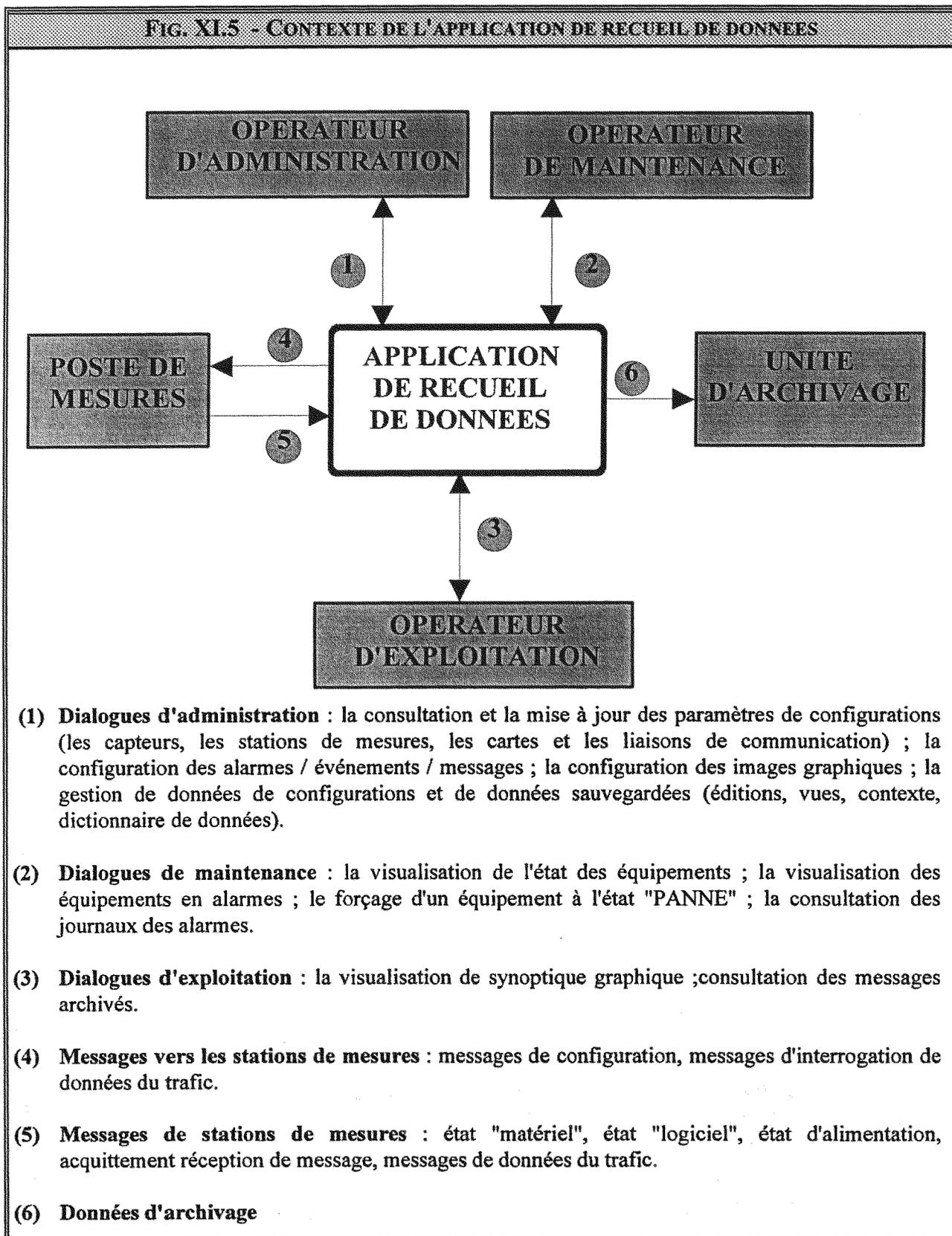
Le journal des alarmes contient la liste chronologique des alarmes détectées par le système. Celles-ci sont consultables par l'opérateur selon plusieurs modes de sélection : toutes les alarmes, les alarmes concernant un équipement précisé, etc., La taille du journal des alarmes est un paramètre configuré par l'exploitant.

XI.5.2 Description de quelques applications fonctionnelles

XI.5.2.1 Surveillance du trafic



XI.5.2.2 Recueil de données

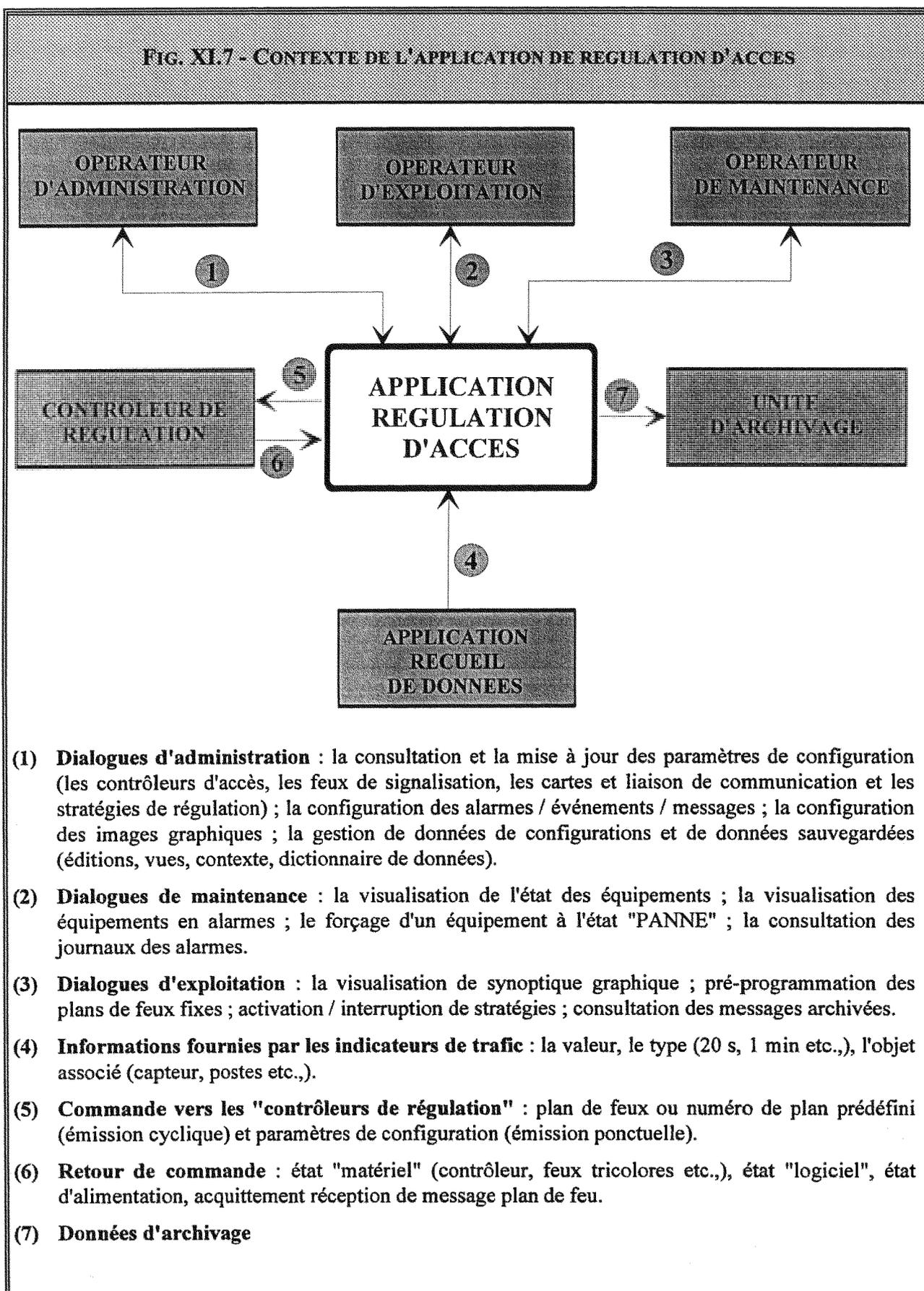


XI.5.2.3 Commande PMV

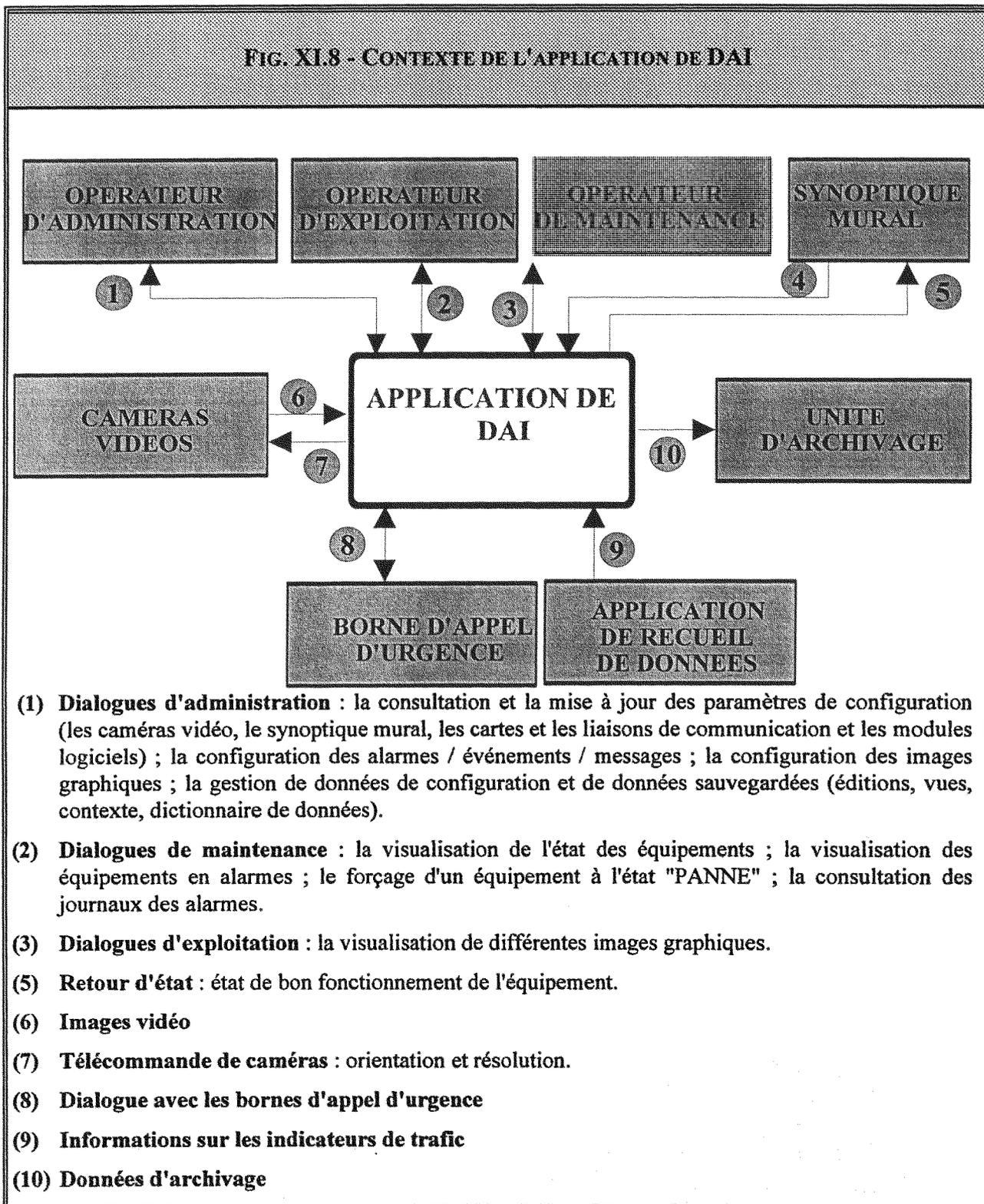
FIG. XI.6 - CONTEXTE DE L'APPLICATION "COMMANDE DE PMV"



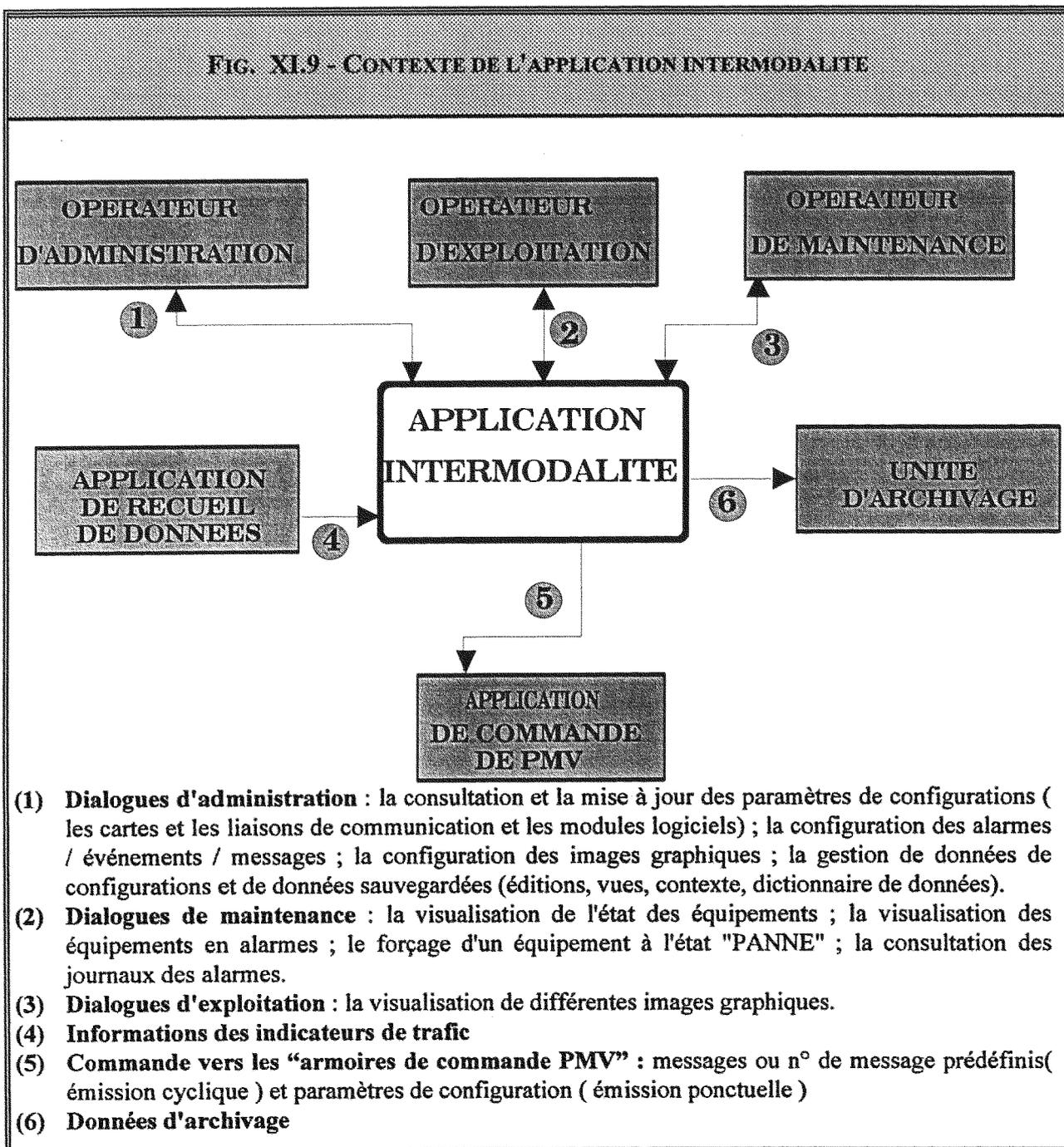
XI.5.2.4 Régulation d'accès



XI.5.2.5 La détection automatique d'incident (DAI)



XI.5.2.5 L'intermodalité



XI.5.3 Applications Utilitaires

Les applications utilitaires regroupent un ensemble de services organisé en interface programmatique (API) ou en modules logiciels nécessaires à la mise en oeuvre des applications fonctionnelles. Les applications fonctionnelles accèdent à ces fonctions via des interfaces commune. Ces fonctions communes peuvent être classifiées comme suit :

- fonctions de gestion de données : gestion de données de configuration, gestion de données temps réel, gestion de fichiers, gestion des alarmes / événements / messages ;
- fonctions d'interface utilisateurs ;
- fonctions de communication ;
- fonctions de contrôle opérationnelle : contrôle des applications, contrôle de la configuration informatique et gestion de l'heure ;
- fonctions d'utilités générales : administration et gestion du système, gestion de la sécurité du système, gestion de version de codes.

Nous nous bornerons dans ce qui suit à présenter certains utilitaires parmi les plus importants.

XI.5.3.1 Utilitaire de communication avec les stations distantes

Généralement, chaque ligne de communication doit être gérée d'une manière indépendante des autres lignes. Ceci élimine l'interférence d'anomalie sur une ligne avec l'exploitation des autres lignes. Ce découplage permet de maximiser le temps de réponse sur chaque ligne individuelle. L'*interrogation* peut ainsi s'effectuer d'une manière parallèle sur chaque ligne de communication. S'il y a de multiples stations connectées sur une seule ligne de communication, alors chaque station de la ligne est interrogée périodiquement. Le placement de multiples stations sur une ligne doit prendre en compte le temps de réponse désiré. Les données collectées dépendent des types de stations. Les données collectées des stations sont mises à l'heure et sauvegardées pour la diffusion vers les autres fonctions du système.

Les indicateurs de qualité possibles sont :

1. Le délai de transit de données de trafic

C'est le temps de transit, de bout en bout, de chaque message lorsque cela est possible (les messages dotés d'une information de datation). En outre, les valeurs suivantes sont élaborées pendant une durée donnée : le nombre de délais mesurés, le délai moyen, maximal et minimal.

2. Les indicateurs d'indisponibilité des mesures de trafic

Ces indicateurs concernent l'invalidité de chaque type de mesures du trafic, la qualité de la datation de messages de stations, le non-renouvellement de réception des mesures, les mesures en butée d'échelle, et des mesures contrôlées faussées par les contrôles logiques. Pour chaque indicateur, le nombre de mesures concernées, le taux, la durée moyenne, minimale et maximale d'observation du défaut, sont calculés pendant une durée donnée.

3. L'indicateur d'état d'exploitation des stations

Ceci consiste à déterminer, pendant une période donnée, le nombre de stations en alarmes, le taux de stations en alarmes, la durée moyenne, minimale et maximale d'observation d'état alarme. Le taux de stations en état alarme peut être comparé avec un seuil dont le dépassement est signalé à l'opérateur.

4. Les informations complémentaires

Celle-ci concernent le calcul de la moyenne des indicateurs. Les moyennes peuvent être calculées cycliquement ou sur demande.

XI.5.3.2 Utilitaire de gestion des alarmes

Les alarmes sont présentées sur les images d'interface utilisateur les plus appropriées et dans un contexte spécifique permettant :

- d'appréhender entièrement la situation,

- . d'indiquer le cas échéant, les événements explicatifs pouvant être à l'origine de l'anomalie,
- . de fournir des informations pour rétablir la situation.

Une autre manière de présenter des alarmes est à l'aide de listes. Les alarmes sont visualisées dans un ordre prédéfini (par exemple : l'ordre chronologique d'arrivée, l'ordre de sévérité).

Il existe deux grandes **familles d'alarmes** :

- . les alarmes d'exploitation ;
- . les alarmes de maintenance :
- . les alarmes de fonctionnement des équipements du terrain ;
- . les alarmes de fonctionnement du système informatique.

Les exemples d'alarmes d'exploitation peuvent être : incident, accident, bouchon, saturation, fermeture etc..

Les alarmes de fonctionnement des équipements du terrain sont, par exemple :

- . l'invalidité de capteurs ;
- . l'invalidité de station mesures ;
- . l'invalidité de liaison de transmission d'informations ;
- . les alarmes frontaux d'acquisition et /ou de diffusion d'information ;
- . la défaillance d'un PMV ;

XI.5.3.3 Utilitaire de gestion de l'Interface Utilisateur

XI.5.3.3.1 Principes généraux des dialogues

Au sens général, un dialogue est une conversation entre plusieurs partenaires sur un sujet déterminé en vue d'aboutir à un accord ; c'est aussi le contenu de la conversation, c'est à dire les propos échangés.

Dans le cadre d'un système d'interface homme-machine, il s'agit de l'ensemble des informations et des interactions disponibles pour l'utilisateur dans une fenêtre afin de mener une action jusqu'à son terme. L'association et l'enchaînement de tous les dialogues constituent l'ensemble du système d'interface homme-machine et permettent à l'utilisateur d'établir une "conversation" avec l'application.

XI.5.3.3.2 Extériorisation des alarmes

Extériorisation à l'écran

Les listes des alarmes doivent être consultées rapidement.

Des interfaces affichent le nombre d'alarmes en cours non acquittées et le nombre d'alarmes en cours acquittées.

Alarmes sonores

La centrale de sons peut être activée après détection d'un événement grave donnant lieu à une sonnerie.

La centrale de sons doit permettre d'émettre N sonneries distinctes. Lorsque des événements sont détectés simultanément ou proche dans le temps, les sonneries sont activées simultanément.

On distingue deux types de sonneries : sonnerie permanente que l'opérateur doit acquitter et sonnerie temporaire, acquittée automatiquement sans action de l'opérateur.

XI.5.3.3.3 Contraintes et performances

Afin d'assurer en particulier la **cohérence** de l'interface dans sa globalité mais surtout de répondre aux **besoins d'exploitation**, l'application doit respecter des contraintes et des performances que chaque projet a à définir.

XI.5.3.3.4 Evolutivité

L'IHM (Interface Homme Machine) du SAGT doit garantir certains critères d'évolutivité afin de s'adapter aux besoins d'exploitation des utilisateurs et aux changements intervenant sur le réseau de niveau 1.

XI.6 Le problème de la sécurité informatique

Au niveau du matériel informatique, pour éviter des problèmes de mise hors service du système d'exploitation, des architectures de matériels doivent être étudiées :

- les communications avec l'extérieur peuvent se faire uniquement par une seule machine dite coupe feu;

- le doublement du serveur peut être envisagé ou d'autres solutions actuellement opérationnelles comme les configurations matérielles sous forme de « grappes » de machines;

- l'utilisation de disques miroirs ou de partitionnements judicieux des disques disponibles sont des solutions viables à capacité constante pour le fonctionnement en mode dégradé.

Au niveau de la transmission de données, s'agissant d'un élément important pour le bon fonctionnement, le réseau doit être sécurisé par :

- une topologie adéquate et une possibilité de reprise à chaud en cas de coupure du support en un point. S'il y a perte de liaison entre 2 stations par exemple, une reconfiguration doit s'effectuer plus ou moins automatiquement pour utiliser les cheminements qui restent disponibles;

- un recours à un mode dégradé par liaison France Télécom ou autre. Les applications informatiques fonctionnelles doivent prendre en compte ce passage de façon à restreindre les débits de données et la charge des voies de secours.

Ce problème est traité plus en détail au chapitre XIV dans le paragraphe concernant la transmission des données.

Au niveau des applications, la gestion de la sécurité assure la prévention et la protection contre :

- l'accès à l'information du système par des personnes non autorisées,
- la modification ou la destruction des informations d'une manière accidentelle ou par des personnes non autorisées.

Les problématiques concernant la sécurité du système qui sont en liaison avec plusieurs systèmes externes sont :

- la prévention d'entrée des virus dans le système,
- la prévention d'utilisation des postes de travail par les utilisateurs non autorisés,
- l'allocation de droits exclusifs à un poste de travail pour la surveillance de processus,
- la prévention de maintenance non autorisée,
- l'utilisation des fonctions de maintenance,
- les procédures de définition des privilèges selon les personnes et les fonctions.

Il faut toutefois rappeler que l'utilisation de moyens informatiques connectés vers l'extérieur ne peut se faire dans de bonnes conditions de sécurité qu'avec simultanément :

- une administration efficace du réseau et des serveurs ;
- le respect strict et continu, au niveau utilisateur final, de règles simples de sécurité.

L'écriture d'un schéma directeur informatique peut être nécessaire. Il peut permettre d'implémenter des dispositifs complémentaires de protection.

On peut envisager :

- une architecture qui devrait isoler sur un brin spécifique du réseau les machines serveurs en communication avec l'extérieur et assurer une meilleure sécurisation du reste;
- une charte d'utilisation qui rappellera les règles élémentaires de sécurité en matière d'utilisation d'équipements informatiques en réseau.

Exemple : la protection du système SIRIUS

Ce qui suit présente de façon succincte les diverses protections mises en place sur le système informatique du système SIRIUS. Il aborde les sujets de la protection des réseaux de télétransmission et de la protection des calculateurs mises en place dans le cadre de ce projet ainsi que la propriété des logiciels.

A ce jour, en exploitation en temps réel, le système informatique SIRIUS comprend :

- 15 calculateurs au P.C. de circulation de Saint Denis (Nord),
- 15 calculateurs au P.C. de circulation de Champigny (Est),
- 15 calculateurs au P.C. de circulation d'Arcueil (Sud),
- 1 calculateur au P.C. de circulation de Boulogne (Ouest),
- 5 calculateurs au SIER à Créteil.

Par ailleurs, une plate-forme de test et d'intégration localisée au P.C. de Champigny comprend 8 calculateurs.

Ces calculateurs sont :

- des stations de travail Hewlett - Packard sous UNIX H.P.,
- des serveurs 486 et Pentium sous UNIX SCO,
- des postes de travail sous WINDOWS/DOS.

Un réseau privé ETHERNET interconnecte ces différents sites et sert de média de transmission au système.

Par ailleurs, au travers du réseau téléphonique public (réseau commuté, TRANSFIX, TRANSPAC et NUMERIS), le SIER (Service Interdépartemental d'Exploitation Routière

(dépend de la Direction Régionale de l'Équipement d'Île de France)) diffuse directement en temps réel des informations de trafic routier en Ile de France à des équipements de visualisation déportés (SYTADIN).

Protection du réseau de transmission :

Chaque site possède un réseau local ETHERNET et un routeur permettant d'accéder à des calculateurs distants via le réseau intersite.

Le mécanisme de filtrage standard sur ces routeurs permet à certains calculateurs d'échanger des informations avec un ordinateur d'un autre site et seulement ceux-ci.

Le réseau intersite est privé. Il est composé par des fibres optiques avec des matériels de transmission implantés le long du réseau de niveau 1. En outre, chaque site, pour des raisons de sécurité, est accessible par deux chemins différents. Il existe une exception provisoire pour la liaison entre les sites de Créteil et de Boulogne qui utilise le média TRANSFIX de France Télécom.

Seuls les calculateurs UNIX en "serveur" sont accessibles à distance et nécessitent une identification du correspondant. Les calculateurs fonctionnant sous WINDOWS/DOS, donc moins facilement protégeables, opèrent en mode "client".

La plate-forme de test possède un régime particulier puisqu'elle ne se trouve pas sur le même réseau physique que les systèmes en exploitation. Néanmoins une entorse à cette règle de séparation physique a été permise en dédiant un ordinateur comme passerelle entre le réseau d'exploitation et le réseau de plate-forme afin de faciliter le travail des équipes de réalisation et de faciliter la diffusion des logiciels entre cette plate-forme de test et les sites en exploitation.

Les échanges d'informations avec des équipements n'appartenant pas au SIER sont régis par la règle de mise à disposition d'un compte client (au sens UNIX) avec des droits d'accès restreints (lecture et éventuellement écriture de fichiers dans un répertoire dédié).

Les échanges d'informations avec des équipements n'appartenant pas au SIER et n'appartenant pas à d'autres exploitants du réseau routier (Ville de Paris, DDE, sociétés d'autoroutes,...) sont centralisés sur un ordinateur dédié faisant office de frontal de communication. Les informations fournies par ce ordinateur se présentent sous la forme de fichiers ASCII en libre service accessibles en lecture seule avec des droits d'accès restreints dans des répertoires attitrés.

Des intervenants habilités peuvent accéder aux calculateurs au travers du réseau téléphonique commuté (numéro vert) afin de permettre des actions de télémaintenance.

En raison du nombre actuel important des intervenants, les commandes à distance de ordinateur sont maintenues pour des raisons de confort d'accès durant les travaux (travaux de maintenance curative et travaux de maintenance évolutive).

Protection des logiciels sources :

Les logiciels sources et exécutables sont disponibles sur les calculateurs de plate-forme. De façon générale, les calculateurs en exploitation ne possèdent que les programmes sous forme de code exécutable.

Les supports magnétiques des logiciels sont conservés au SIER, à Créteil, et chez les entreprises réalisatrices.

Protection par mot de passe :

Les calculateurs critiques sont protégés par des jeux de mot de passe lorsqu'ils sont accessibles à distance.

Chaque site et chaque ordinateur possèdent des mots de passe en propre.

Les mots de passe sont changés régulièrement chaque mois. En outre, dès qu'une intervention de personnel extérieur au SIER a nécessité la diffusion d'un mot de passe principal d'un ordinateur (mot de passe gérant l'administration du système ou mot de passe de l'application), ce mot de passe est changé systématiquement par l'administrateur des systèmes informatiques du SIER.

Les mots de passe sont diffusés par l'administrateur :

- en totalité à un nombre restreint de personnes habilitées,
- à chaque P.C. de circulation sous enveloppe cachetée pour les seuls ordinateurs du site, permettant ainsi une opération de maintenance d'urgence par une personne non habilitée.

Propriété des logiciels SIRIUS :

L'ensemble des logiciels SIRIUS développés par le SIER est soumis à la clause A de propriété intellectuelle du code des marchés publics de l'État. Les logiciels et les outils permettant le développement et la mise en service des logiciels ont été achetés en totalité par le SIER.

XI.7 Le délicat problème de la maintenance logicielle et matérielle

Le volume du parc d'équipements gérés par l'exploitant, leur dispersion géographique, la diversité des techniques mises en oeuvre (informatique, électronique, transmission, électricité HT et BT, téléphonie,...etc) rendent particulièrement complexe l'organisation des tâches de maintenance.

Les contraintes particulières liées à la sécurité des usagers, à la disponibilité des équipements, à la conservation et à la pérennité du patrimoine influent largement sur cette organisation.

XI.7.1 Les organisations

La mise en place des moyens qui permettraient de gérer intégralement "en régie" ces tâches de maintenance peut être envisageable mais n'est pas recommandée eu égard aux moyens humains qu'elle nécessite.

L'organisation à mettre en place doit plutôt s'appuyer largement sur la "sous traitance". Néanmoins il est nécessaire de provisionner si ce n'est des équipes du moins des personnels techniques pour assurer non seulement le suivi mais aussi peut-être la maintenance de premier niveau. Indépendamment de la structure effectivement retenue, dans la suite nous appellerons unité la personne ou l'équipe à temps plein ou pas qui s'occupera de ce secteur.

Deux unités spécifiques peuvent avoir en charge les actions de maintenance et d'entretien du parc d'équipements :

- une unité plus spécifiquement chargée du parc de matériels de "terrain" (dispositifs de mesure du trafic, vidéosurveillance, PMV, SAV, réseaux de transmission et d'alimentation en énergie, locaux techniques) : l'unité "Équipements et Réseaux" (E&R),
- une unité chargée des outils informatiques (systèmes informatiques de gestion des PC, outils de surveillance des équipements) : l'unité "Administration des Systèmes Informatiques" (ASI).

Le fonctionnement (schématique) de ces deux unités est organisé de la façon suivante :

- l'aspect "diagnostic" et "intervention de premier niveau" est directement traité par l'unité concernée,
- l'aspect "dépannage", "réparation" et "entretien" est assuré par intervention de sous traitant, dans le cadre de marchés passés annuellement à des entreprises ou groupements d'entreprises spécialisées.

XI.7.2 Les outils

Pour être en mesure de gérer efficacement les tâches de premier niveau, les unités E&R et ASI doivent se doter d'outils informatiques qui leur permettent de formuler des diagnostics rapides :

- Outil de Gestion Centralisée des Équipements (OGCE) : cet outil permet d'avoir en permanence une vision exhaustive de l'état des PMV et des causes de dysfonctionnement,
- Outil de surveillance du RAU : l'ensemble des réseaux d'appel d'urgence peuvent être "télésurveillés" à partir d'un site central,

- Outil de contrôle du RAD (Recueil Automatique de Données) : permet d'analyser l'état du parc de stations de mesure du trafic,
- Outil de suivi du traitement des pannes,
- Outil de "redémarrage" à distance des systèmes informatiques en cas de "plantage".

D'autres outils peuvent être aussi nécessaire, en particulier, un outil de Gestion Technique Centralisée (GTC) qui permettrait de formuler des diagnostics complexes et d'identifier rapidement l'origine d'un dysfonctionnement.

XI.7.3 La sous traitance

Les entreprises qui interviennent en sous traitance pour le compte de l'exploitant doivent assurer principalement les actions de maintenance de deuxième niveau : réparation suite à accident, correction de "bogues" logiciels, remplacement de matériel défaillant, maintenance préventive, entretien courant,....

Les entreprises doivent être généralement astreintes à une obligation de résultat et non à une obligation de moyens. L'efficacité du résultat obtenu trimestriellement par l'entreprise est apprécié en particulier au regard du taux de disponibilité des équipements.

Permanences et astreintes :

Pour assurer un suivi aussi complet que possible du fonctionnement des équipements, l'exploitant peut mettre en place un double processus de permanences :

- aux heures ouvrées, un agent "chef de conduite" (niveau technicien supérieur) assure le suivi permanent du parc d'équipements. Il effectue les diagnostics et déclenche l'intervention de premier niveau dont le but est de remettre en service l'équipement défaillant le plus rapidement possible. La réparation définitive sera entreprise en "temps différé".

- en dehors des heures ouvrées, l'exploitant met en place des astreintes en fonction du niveau de service que veut assurer l'exploitant et dont le but est de remédier aux défauts majeurs de fonctionnement (panne totale d'un système informatique) ou aux pannes susceptibles de mettre en jeu la sécurité des usagers (panne RAU, coupure d'un câble d'énergie sous tension).

XI.8 Quelques exemples d'opérations

XI.8.1 SIRIUS

Les grands objectifs de l'opération SIRIUS (Service d'Information pour un Réseau Intelligible aux Usagers) tels qu'ils avaient été fixés en 1988 dans le dossier programme sont les suivants :

1. améliorer la sécurité en détectant les incidents au plus tôt et en informant les usagers de façon préventive de tout événement qu'ils risquent de rencontrer.
2. améliorer la circulation durant les pointes journalières, en informant les usagers en situation de choix d'itinéraire, en régulant le trafic en amont des points de congestion.
3. maîtriser les grands flux occasionnels et les trafics induits par les grands pôles générateurs par des actions d'information et de guidage.
4. limiter les répercussions dues aux accidents et aux chantiers en alertant les usagers et en intervenant au plus tôt sur les accidents.
5. améliorer le confort de conduite des usagers en leur donnant des informations globales sur les conditions de leurs déplacements.

SIRIUS possède **quatre étages fonctionnels**: Recueil, Traitement de l'information, Information, Actions. L'exploitation des voies rapides est divisée en 4 secteurs avec des centres d'exploitation de secteurs (CES).

XI.8.1.1 ARCHITECTURE TECHNIQUE DE SIRIUS EST

a - Réseau de transmission

Comptes tenus d'une part, du rôle stratégique que joue la fonction de télécommunication dans un système complexe comme SIRIUS, d'autre part de la pauvreté de l'offre réseau public le long des voies rapides, le réseau de transmission a été essentiellement axé autour d'un réseau terrestre indépendant. Seules quelques liaisons de sécurisation ou la desserte d'équipements isolés du reste du réseau utilisent les services de l'opérateur public.

Le système est organisé autour d'une architecture maillée à trois niveaux. Le transport des images vidéo est effectué, sous forme analogique, sur fibres optiques. La voix et les données sont transportées, sous forme numérique, sur d'autres fibres optiques du même câble.

Le premier niveau de l'architecture consiste à regrouper les signaux issus de chacun des terminaux (capteurs de trafic, panneaux à message variable, caméras...), par zone de 3 à 5 km, dans un petit local appelé site technique, en vue de leur mise en forme et de leur transport vers le niveau supérieur. Le raccordement des terminaux aux sites techniques est fait selon une architecture dite en étoile. Soixante six (66) sites techniques ont été installés.

Le second niveau de l'architecture est le local de concentration. Ce niveau reçoit les informations voix et données sur des circuits métalliques sous forme analogique. Dans le local de concentration, les signaux analogiques sont numérisés et multiplexés sur fibres optiques pour être acheminés, par bonds successifs de local de concentration en local de concentration, vers le CES de rattachement. Les images vidéo sont reçues des sites techniques sur fibres optiques et,

selon les locaux de concentration, sont soit transmises vers le CES de rattachement sans aucun traitement, soit commutées dans des matrices de commutation afin de réduire le nombre d'images simultanées à transmettre vers le CES. Les locaux de concentration sont situés au voisinage des principaux échangeurs autoroutiers, ils constituent ainsi les noeuds du réseau maillé de télécommunication. C'est à leur niveau que des aiguillages peuvent être effectués pour modifier les chemins utilisés par les différents flux de données. Notons toutefois, qu'avec la technologie utilisée ces aiguillages se font manuellement dans les locaux de concentration. Ils sont au nombre de douze.

Le troisième niveau consiste, dans les CES, à démultiplexer et démoduler les informations nécessaires au traitement et à les présenter aux différents utilisateurs (opérateurs, systèmes informatisés...). Il convient de noter que les CES jouent également un rôle de local de concentration pour les tronçons de voies rapides qui leur sont adjacents.

Cette architecture à trois niveaux présente l'avantage de permettre une sécurisation de certaines liaisons jugées sensibles. Ainsi les circuits du Réseau d'Appel d'Urgence (RAU), du Recueil Automatique de Données (RAD) et des Panneaux à Message Variable sont doublés. C'est à dire que depuis l'entrée dans le second niveau (départ du site technique) jusqu'au CES de rattachement, chaque information est transmise deux fois dans deux directions opposés, profitant de la structure maillée du réseau. Chacune de ces informations arrive donc "en double" au CES où des systèmes automatiques choisissent, à chaque instant selon des critères préétablis, lequel des deux exemplaires de la même information doit être traité.

b - Réseau d'énergie

Des études ont montré que l'alimentation directe de chaque équipement de bord de route ou même de chaque local technique par un branchement EDF basse tension n'était pas toujours réalisable. En effet, la situation de ces équipements, en bord de route, ou pire au milieu des échangeurs, pose problème dans de nombreux cas pour la desserte par le réseau public.

L'alimentation en énergie des équipements est donc réalisée, classiquement, à partir d'une distribution haute tension (5 500 Volts). Le réseau de distribution est conçu de manière à ce que chaque tronçon, d'une longueur moyenne de 20 km, puisse être alimenté par l'une ou l'autre de ses extrémités.

A chaque point de consommation d'énergie, principalement les sites techniques et les locaux de concentration, un transformateur de tension 5 500 V/400 V est installé et l'énergie basse tension est amenée de ces points jusqu'aux équipements terminaux situés en bord de route.

Là encore, la possibilité d'alimenter un tronçon par l'autre extrémité assure un bon degré de sécurisation dans la fourniture de l'énergie aux équipements.

c - Recueil automatique de données

Compte tenu de l'état de la technologie à l'époque du concours, et afin de produire des données de trafic de qualité, le choix de capteurs à boucles inductives avait été généralisé sur l'ensemble du projet. La mesure de la vitesse est effectuée par association de deux boucles distantes de quelques mètres sur chacune des voies de circulation. Afin d'offrir la possibilité de traitements ultérieurs, l'ensemble des signaux de présence de chaque véhicule sur chaque capteur est rapatrié en temps réel jusqu'au CES de rattachement.

d - Vidéo

Les caméras installées sont des caméras CCD noir et blanc. L'image large bande, éventuellement commutée au niveau des locaux de concentration pour diminuer la quantité instantanée d'images à transporter, est acheminée et visualisée au CES de rattachement de la caméra.

e - PMV

Deux technologies de PMV ont été installées. Les deux technologies, bien que radicalement différentes dans leur principe, offrent à l'utilisateur une qualité d'affichage strictement identique (aspect, taille des caractères, police de caractères, couleurs...).

La première technologie utilise des lampes à incandescence halogènes comme source de lumière, celle-ci étant transportée jusqu'à la face avant du panneau par des fibres optiques occultées ou non pour dessiner le caractère à afficher.

La seconde technologie utilise des diodes électroluminescentes disposées en matrices 5x7 pour dessiner les caractères.

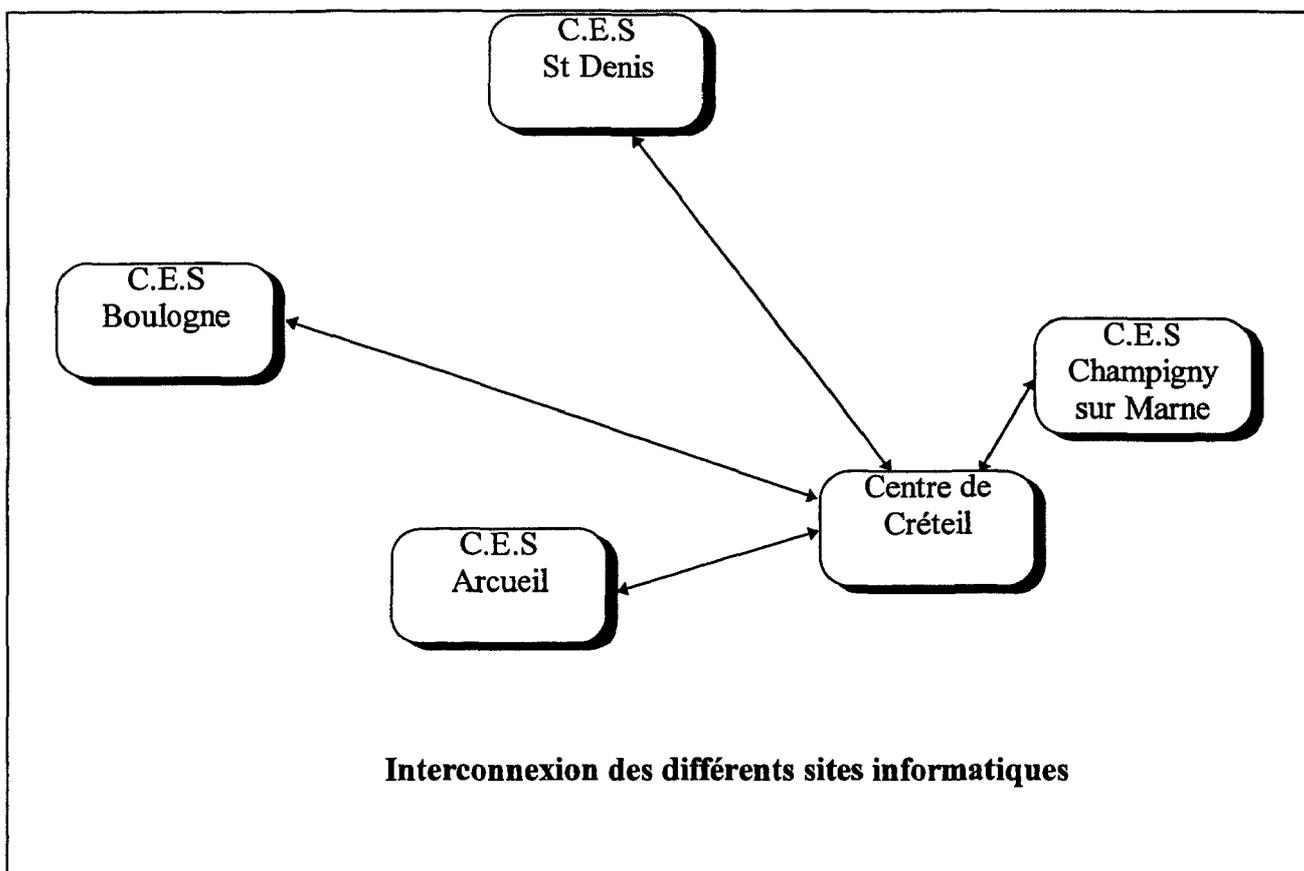
La répartition entre ces deux technologies est à peu près uniforme. L'intérêt, pour le Maître d'Ouvrage est de disposer d'au moins deux fournisseurs de panneaux, maintenant ainsi un certain niveau de concurrence.

XI.8.1.2. LES EQUIPEMENTS INFORMATIQUES*a - Les sites d'implantation*

La gestion de l'ensemble des installations techniques réalisées dans le cadre de l'opération SIRIUS est assurée aujourd'hui à partir de 3 Centres d'Exploitation de Secteur situés respectivement au Nord (Saint Denis), à l'Est (Champigny-Les Ratraits) et au SUD (Arcueil). C'est donc naturellement dans ces 3 CES qu'ont été mis en service les systèmes informatiques SIRIUS. Le quatrième CES qui gèrera les équipements de l'OUEST de l'Île de France est en cours de construction et sera mis en service à la fin de l'année 1996. Pour le moment le CES de Boulogne, non équipé en informatique SIRIUS, assure quand même des fonctionnalités minimales de recueil de données de trafic.

Nota : Les Centres d'Exploitation de Secteur peuvent être assimilés aux CIGT au sens du SDER.

Tous ces sites sont connectés entre eux, ainsi qu'avec le centre régional de Créteil par l'intermédiaire d'un réseau informatique étendu.

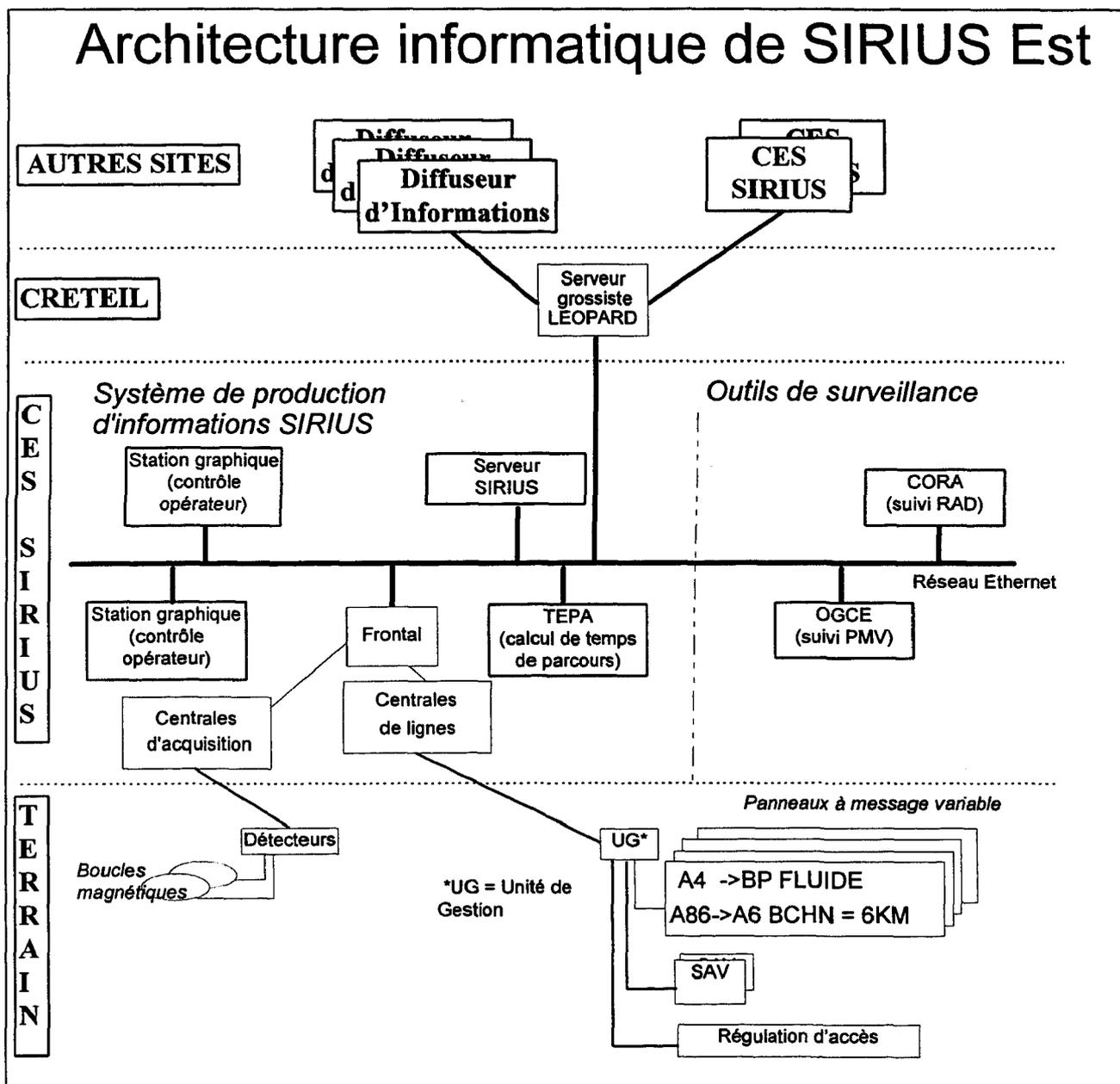


b - Description des grandes fonctionnalités du système informatique

Le système informatique de SIRIUS peut se décomposer suivant de grandes fonctionnalités, à savoir la production d'informations, la diffusion de ces informations, le pilotage du système et sa surveillance. L'architecture technique prévue à l'origine comprend des équipements de communications (frontal, centrales de lignes et d'acquisition) chargés de gérer les échanges avec les équipements de terrain, et le serveur SIRIUS, organe central du système, chargé de la production des messages. Ces machines sont reliées à travers un réseau local. A cette architecture initiale sont venus s'ajouter divers outils d'aide à l'exploitation et à la supervision (CORA, TEPA, OGCE).

Le schéma ci-après précise l'architecture du système informatique.

Architecture informatique de SIRIUS Est



La production d'informations

Les matières premières, représentées par des données de comptage de véhicules, sont produites grâce au Recueil Automatique de Données et transmises à chaque CES.

La fonction de production d'information est assurée par :

- Des traitements automatiques (Serveur SIRIUS) qui tiennent à jour en permanence sur le réseau autoroutier une situation composée de trois types d'événements :

- Accident
- Bouchon
- Balisage

et calculent, pour chaque panneau à message variable, un message adapté.

- Des traitements automatiques (TEPA) qui tiennent à jour en permanence, sur le réseau autoroutier, des temps de parcours entre pôles caractéristiques (noeuds autoroutiers, principaux échangeurs, points particuliers, ...) et calculent, pour chaque panneau à message variable, le message adapté à la situation présente.

- Une partie "interface opérateur", basée sur des stations de travail graphiques permettant de surveiller ou d'agir sur les traitements automatiques indiqués ci-dessus. Il s'agit alors de déclarations manuelles de l'opérateur préalablement informé via le système vidéo de surveillance ou par les patrouilles de police.

La diffusion des informations

La communication entre les sites producteurs d'information est assurée par le serveur grossiste LEOPARD, situé à Créteil :

- Communication permanente avec les 4 CES du SIER.
- Communication permanente avec les différents systèmes extérieurs de recueil de données (Boulevard Périphérique, serveur grossiste de la ville de Paris, système PARCIVAL du département Val de Marne (94)).

Toutes ces liaisons donnent la possibilité au serveur grossiste LEOPARD d'élaborer un état complet d'informations sur une grande partie de l'Île de France.

Ces informations sont ensuite diffusées, en premier lieu aux divers fournisseurs, afin de compléter leur information. Elles font également l'objet d'une diffusion plus large vers les opérateurs de diffusion d'information via des media personnalisés (radio, Minitel, téléphone, radiotéléphone, terminaux de visualisation cartographique...)

Le pilotage du système

L'opérateur a à sa disposition différents outils informatiques, alphanumériques ou graphiques. Grâce à ces équipements, il peut intervenir dans le système de production, par l'intermédiaire de procédures de saisie et de validation.

La surveillance du système

Un système aussi complexe nécessite des éléments de contrôle de ses différents constituants.

Le réseau entre les sites, sécurisé, est placé en permanence sous la surveillance d'un superviseur de réseau.

D'autres outils, conçus dans une optique d'aide à l'exploitation du réseau routier, sont à la disposition de l'opérateur. En temps réel, celui-ci est informé de l'état des équipements dynamiques par l'outil OGCE (messages affichés, dysfonctionnement éventuel...), de l'état du

trafic sur l'ensemble de la région Île de France, grâce à un terminal de visualisation cartographique SYTADIN. Il peut aussi consulter les valeurs de temps de parcours calculés sur des portions d'autoroute, contrôlant ainsi la cohérence avec les autres informations produites par le système.

Pour une supervision plus fine des données de comptage, des études a posteriori sont possibles à l'aide d'un outil analysant plus en détail le comportement des capteurs (CORA).

XI.8.2 CORALY

CORALY : COordination et Régulation du trafic sur les voies rapides de l'Agglomération LYonnaise

Le système CORALY est un partenariat entre la DDE du Rhône, les Sociétés d'Économie Mixte Concessionnaires d'Autoroutes SAPRR, ASF et AREA, et le Conseil Général du Rhône, partenariat mis en place pour améliorer la circulation sur les autoroutes lyonnaises, dont ils se partagent la responsabilité.

XI.8.2.1 - La raison d'être de CORALY

Il s'est créé ces dernières années autour de Lyon un réseau maillé de voies rapides complexe qui offre souvent plusieurs itinéraires pour aller d'un point à un autre. Il se trouve que les niveaux de trafic sont tels et les perturbations imprévisibles (accidents matériels ou chantiers neutralisant une ou plusieurs voie) si fréquentes, que l'usager n'est plus à même de déterminer seul quel est pour lui le meilleur itinéraire. Il appartient donc aux gestionnaires de la voirie de l'assister.

Cette assistance est rendue possible par le développement de l'électronique, des transmissions et de l'informatique. Les responsables des voies rapides lyonnaises ont donc décidé d'exploiter en commun les perspectives qu'offrent ces techniques. Ils y gagnent une valorisation supplémentaire des investissements très lourds qu'ils ont consentis en construisant ces autoroutes. En effet, la régulation du trafic permet d'accroître le nombre de véhicules qui peuvent profiter du réseau.

L'automobiliste de son côté aura moins de bouchons à supporter et sera dans tous les cas mieux informé des conditions de circulation.

XI.8.2.2- L'organisation de CORALY

Le système CORALY a été basé sur une organisation unique à l'époque en France. Le réseau est exploité par la DDE du Rhône et par les sociétés d'économie mixte concessionnaires d'autoroutes. Le système CORALY doit permettre la coordination de ces quatre exploitants. Cela engendre le découpage du système CORALY en deux niveaux distincts et complémentaires.

* **Le niveau exploitation:** Le lien avec les équipements de terrain est assuré à ce niveau. Cela permet à chaque exploitant d'exercer ses missions de maintien de la viabilité et de sécurité sur la partie du réseau dont il a la charge.

* **Le niveau coordination:** Il a pour but d'assurer la liaison avec les points d'appui des exploitants. C'est ici que sont prises les mesures de gestion du trafic qui permettent d'optimiser l'écoulement du trafic sur le réseau. Les événements et mesures de gestion du trafic sont

envoyées au CRICR pour information. Il a été convenu avec le CRICR que CORALY informe directement les radios autoroutières 107.7 (radio trafic et autoroute info) des événements et mesures concernant le réseau CORALY

XI.8.2.2.1 - Le Niveau Exploitation

Les équipements de terrain sont reliés aux points d'appui des gestionnaires (un pour chacun des quatre exploitants DDE, SAPRR, ASF et AREA). Ces points d'appui sont appelés Postes Avancés d'Intervention et de Surveillance ou PAIS. Les équipements de terrain sont commandés depuis ces PAIS grâce aux systèmes de commandes propres à chaque exploitant. C'est le niveau exploitation.

Les équipements mis en place sur le terrain sont nombreux :

- 123 stations de comptage: Ce sont des capteurs électromagnétiques noyés sous la chaussée qui détectent précisément le passage des véhicules. Ces stations renseignent les PAIS sur l'état du trafic (en fournissant le débit, taux d'occupation, vitesse et pourcentage de poids lourds au droit du capteur).
- 81 caméras vidéo télécommandables, pour surveiller en direct les points stratégiques où elles sont installées.
- 300 bornes d'appel d'urgence permettent à un usager d'entrer directement en contact avec un PAIS afin de signaler un incident (panne, accident ...).
- 30 panneaux à messages variables et 13 diagrammatiques d'alerte informent les usagers de l'état de la circulation. Les panneaux à messages variables permettent également d'orienter les usagers sur un itinéraire plus fluide.
- 14 sites directionnels variables permettent de guider les usagers vers un itinéraire ou un autre en fonction des conditions de circulation.
- 20 points de régulation d'accès (fermetures par barrière ou régulation par plans de feu) limitent l'accès au réseau en cas de perturbation importante.

Il faut mentionner, en complément à ces systèmes automatiques, une liaison radio permanente avec les équipes (patrouilles, équipages de police) qui sont sur l'autoroute et fournissent des précisions précieuses sur tous les événements en cours.

L'ensemble du réseau de voies rapides (160 km) est innervé par 500 km de câbles de transmissions, dont 150 en fibres optiques.

Ce réseau de câbles permet de relier les différents équipements disposés sur le terrain aux PAIS des exploitants. Toutes les informations en provenance de ces exploitants et les commandes envoyées par les PAIS circulent en continu sur ce réseau de câbles.

XI.8.2.2.2 - Le Niveau Coordination

C'est à ce niveau que le système CORALY prend toute sa valeur par rapport à d'autres systèmes déjà opérationnels du même type.

Une liaison informatique (le Réseau de Transmission Principal dit RTP) entre les points d'appui (les fameux PAIS) et le Poste de Coordination Général (ou PCG) permet à ce dernier de prendre en charge sans retard perceptible les actions de régulation et d'information qui dépassent les territoires respectifs des exploitants; c'est le niveau coordination.

Des opérateurs assurent la surveillance du trafic 24h/24 depuis le PCG. Les équipements de transmission assurent le transfert en temps réel et en continu des informations entre les quatre PAIS et le PCG.

Un système informatique est développé spécifiquement pour CORALY. Il permet le traitement immédiat de toutes les informations qui lui parviennent par l'intermédiaire du réseau de fibre optique. C'est un puissant système d'aide à l'opérateur. Quels que soient les événements qui surviennent sur le réseau, le système informatique propose immédiatement un plan d'action

adapté à la situation. Cela peut être fait de manière curative si un incident survient mais aussi de façon préventive en donnant des consignes à l'opérateur en fonction de la configuration de trafic que l'informatique aura détecté. Dans la majeure partie des cas, l'opérateur valide ce que lui propose le système. Il peut être amené à le modifier pour prendre en compte un événement dont le système informatique n'a pas la connaissance.

Ainsi, lorsque la saturation survient ou menace, c'est à l'initiative du PCG que l'automobiliste se voit adresser, selon la gravité de l'événement, une information, un conseil ou une consigne de délestage.

Tous les équipements qui sont installés pour assurer ce niveau de coordination (bâtiment, réseau, informatique ...) sont financés par chacun des Maîtres d'Ouvrage selon une clef de répartition proportionnelle à la part de réseau dans CORALY.

XI.8.2.3 - Le Réseau de Transmission Principal CORALY

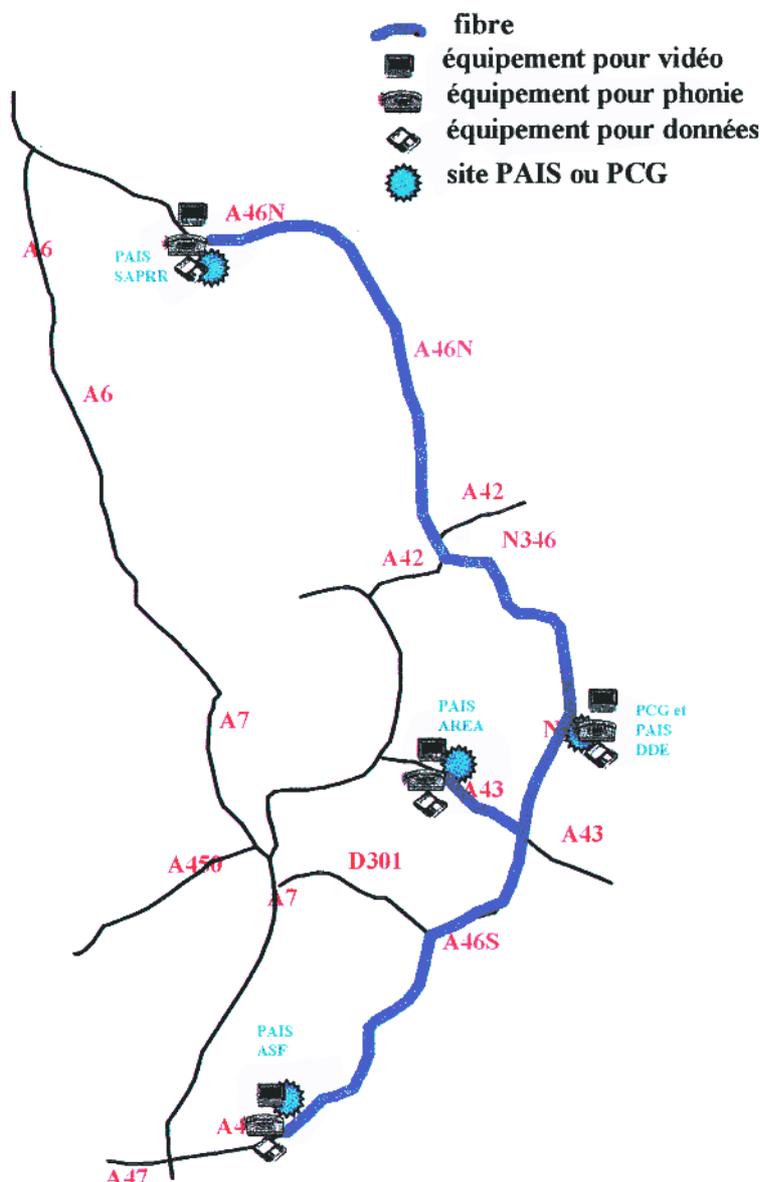
Comme indiqué ci-dessus, le PCG a été relié à chacun des PAIS par le Réseau de Transmission Principal CORALY, ceci afin d'assurer la coordination des exploitants.

Ce réseau est constitué sur le terrain par un câble 10 fibres optiques monomode.

Dans chacun des sites reliés, des équipements de terminaison permettent les échanges souhaités :

- voix (autocoms privés en réseau)
- vidéo (rapatriement au PCG des images de chaque exploitant)
- données (le plus important pour assurer les échanges informatiques entre les sites)

La conception du réseau est telle qu'il est fortement sécurisé.



Il est actuellement sous-utilisé et permet d'envisager des évolutions importantes (la moitié des fibres environ sont libres, les transferts de données ont été volontairement restreint au débit de 64kb/s alors que des débits supérieurs à 2Mb/s peuvent être atteints simplement).

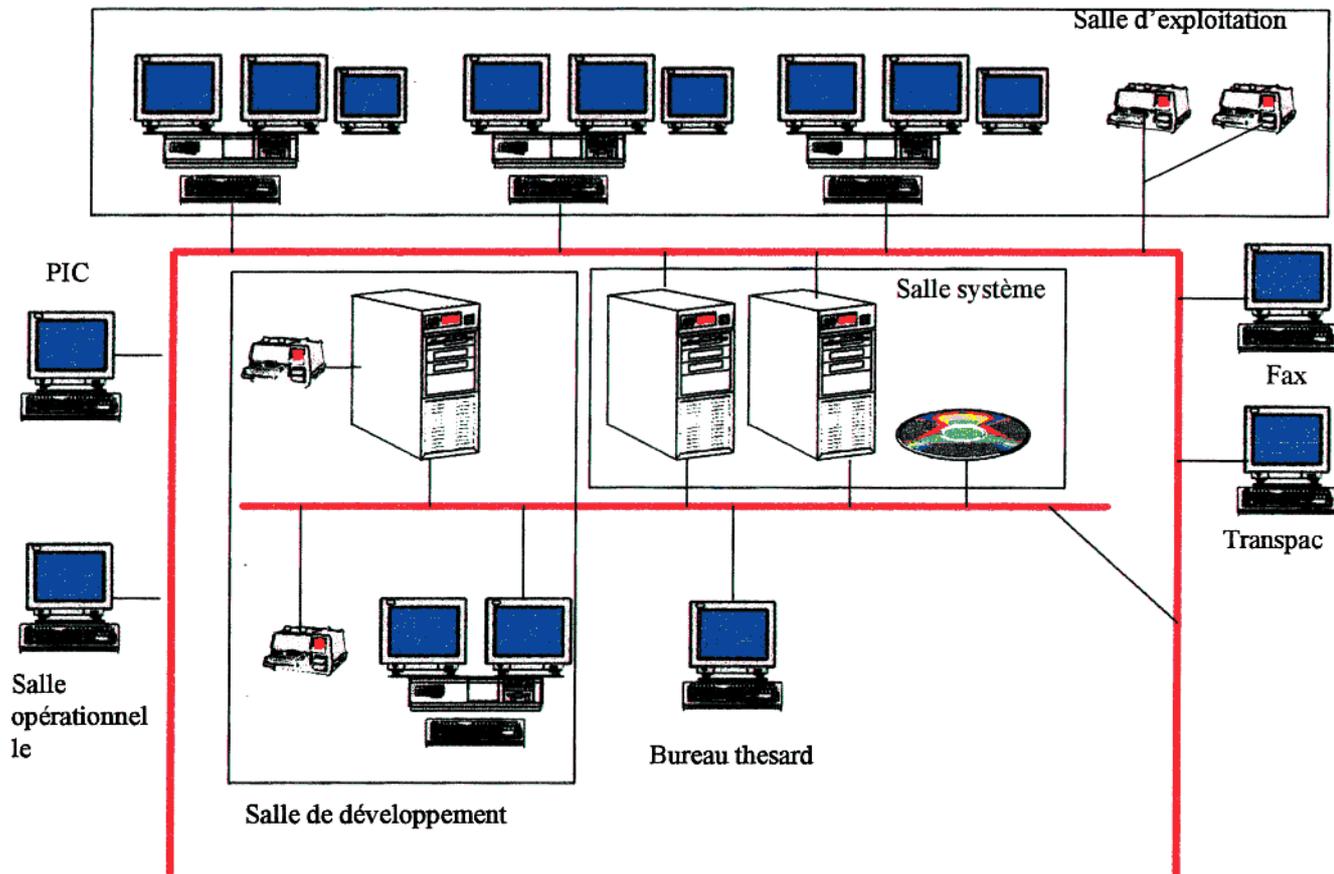
XI.8.2.4 - Le Système Informatique CORALY

Le schéma (page suivante) illustre les installations prévues dans le cadre de la réalisation du système informatique CORALY.

On constate sur ce schéma que les utilisateurs potentiels du système sont nombreux. Le système est conçu de telle sorte que à chaque profil d'utilisateur correspond des commandes autorisées et des droits d'accès distincts. Ainsi, un opérateur du PCG n'a pas les mêmes autorisations qu'un cadre d'astreinte d'un PAIS...

Divers modes dégradés permettent le fonctionnement du système au mieux en cas de panne d'un de ses composants (serveurs secourus, 3 postes opérateurs PCG banalisés...).

D'un point de vue logiciel, les développements sont entièrement spécifiques au projet. L'ensemble des modules développés sont répartis sur les différents postes composant le système informatique CORALY en fonction de leur fonction.



XI.8.2.4.1 - Architecture du système

Le système peut être décomposé en 6 sous ensembles fonctionnels distincts au premier niveau de découpage :

- **GESTION DU REFERENTIEL (REF)** : Cette fonction définit tout l'environnement de CORALY au sens large. Les principaux éléments sont : le réseau, ses équipements, les utilisateurs, les tours de service, le calendrier. C'est au travers de cette fonction, garante de la cohérence de l'ensemble, que se feront les modifications, les configurations, et l'accès au système.
- **RECUEIL de DONNÉES (RDO)** : Cette fonction centralise le recueil de toutes les données techniques CORALY, et hors CORALY. Ces données sont reçues telles qu'elles viennent des stations de comptage afin d'être traitées de manière homogène, au niveau marquage et redressement.
- **Mise en commun des ÉVÈNEMENTS (MCE)** : La mise en commun des événements permet d'assurer un même niveau d'information à tous les partenaires de CORALY malgré leur éclatement géographique, il s'agit donc d'une fonction capitale pour le bon fonctionnement du système. Elle permet de saisir, traiter, diffuser, et archiver les événements. Tout événement survenant sur le réseau CORALY et ayant une interaction avec le trafic doit être saisi, ce qui lui donne une valeur de main courante.
- **EXPLOITATION (EXP)** : Cette fonction permet de déterminer les actions ou plans d'action à mettre en oeuvre par rapport aux alarmes et événements en cours. Ces événements peuvent être automatiquement générés en fonction des alarmes et des comptages. Elle s'appuie sur deux grands modules : les consignes d'exploitation et les grandes configurations de trafic. Les consignes d'exploitation sont développées à

partir de la politique d'exploitation CORALY. Elles correspondent à un cahier de consignes informatisé permettant, pour chaque situation, de déterminer les actions ou plans d'action à lancer et de fournir une aide en ligne à l'opérateur. Les grandes configurations de trafic (jour de semaine, nuit, week-end, départ en vacance hiver ...) permettent, suivant l'état du trafic sur le réseau CORALY, de reconnaître une situation particulière et répétitive pour laquelle un ensemble de consignes spécifiques est établi.

- **GESTION des actions et commandes (GAC) :** Les actions correspondent à tout ce qui peut être effectué par un opérateur CORALY pour gérer le trafic. Plusieurs actions élémentaires peuvent être regroupées en plan d'action afin de traiter un événement. Lorsqu'un événement survient le système propose à l'opérateur le plan d'action adapté à la situation, celui-ci peut alors le modifier avant de le rendre opérationnel. Les actions et plans d'action en cours sont suivis afin d'être mis à jour lors de l'évolution des événements, et afin d'éviter de rester en place après la fin de l'événement qui les a déclenchés, ce qui permet de ne pas donner d'informations erronées à l'utilisateur. L'utilisateur du système CORALY pourra établir des plans d'actions à l'avance en prévision d'un événement, puis les déclencher au moment propice. Tout lancement d'action entraîne une détection des conflits possibles.
- **Analyse et REPRÉSENTATION des DONNEES (ANA) :** Cette fonction a pour but de donner à l'opérateur une vision synthétique et analytique des phénomènes du réseau CORALY au travers de différentes visualisations : Indicateurs, synoptiques, alarmes. Les données peuvent être des données temps réel, temps différé, ou une superposition des deux. Les visualisations du réseau contiendront la totalité des équipements accessibles par différents niveaux de zoom.

XI.8.2.4.2 - Ergonomie et IHM

La salle principale du PCG sera être équipée d'un synoptique mural d'une taille d'environ 2x3 mètres, et selon une technologie non définie l'heure actuelle.

Ce synoptique mural devra en permanence visualiser la vue de synthèse de CORALY et permettre l'évolution de cette vue sans intervention sur le matériel.

Comme indiqué sur le schéma, trois postes de travail seront disposés dans la salle. Un poste servira au gradé CRS. Son dispositif audio y sera intégré. Un poste sera dédié à l'opérateur du PCG. Le troisième poste sera utilisé, soit par le chef de centre lorsqu'il souhaite intervenir en salle, soit par le cadre d'astreinte du PCG lorsqu'il a décidé de se rendre au PCG en salle d'exploitation, soit par un deuxième opérateur si la situation le nécessite.

Ces postes seront banalisés d'un point de vue matériel afin d'avoir une plus grande souplesse et une possibilité de secours aisée. Ils seront disposés de telle manière que leurs utilisateurs puissent sans effort, avoir une bonne visibilité sur le synoptique mural.

Les "outils" à disposition de l'opérateur du PCG font l'objet d'une attention toute particulière en ce qui concerne la localisation et les modes d'accès. Ces outils sont :

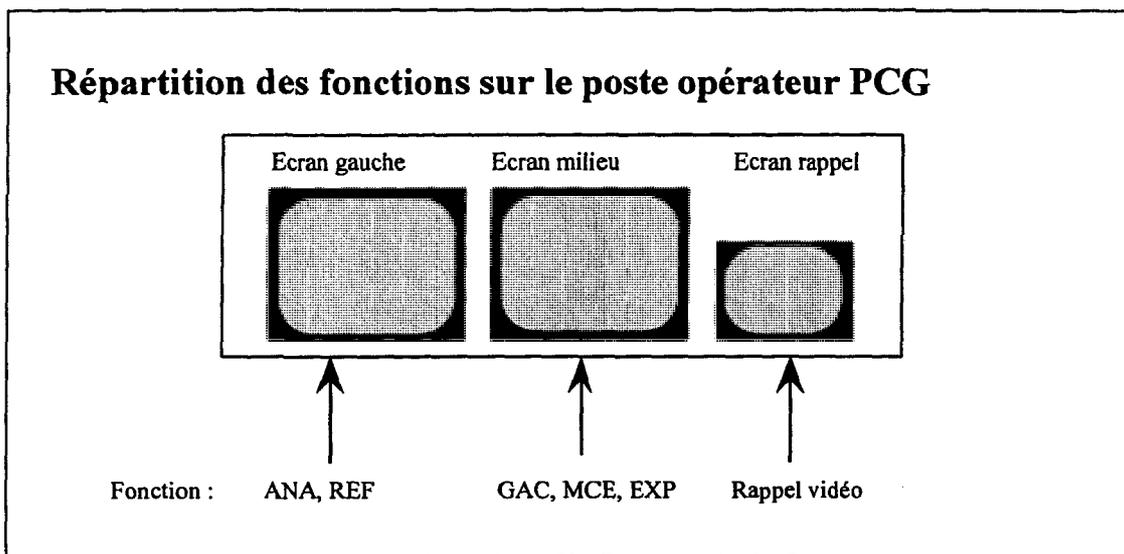
- Les aspects synoptiques (ANA_syn), qui représentent ce qui se passe.
- La mise en commun des événements (MCE) qui représente ce qui arrive.
- Les consignes d'exploitation (EXP) qui représentent ce qu'il doit faire.
- La Gestion des Actions et Commandes (GAC) qui représente ses moyens d'agir et les moyens qui lui permettent de suivre les actions non pleinement exécutées et les conflits.
- La visualisation des actions en cours (ANA_act) qui lui permet de suivre précisément les plans d'actions en cours.

- Les visualisations d'analyse de courbes ou d'indicateurs (ANA_crb) qui lui permettent de visualiser les tendances.

Les aspects MCE, EXP, GAC doivent être accessibles sur le même écran, central pour l'opérateur.

Les aspects ANA_syn et ANA_crb, et ANA_act peuvent soit coexister à condition qu'ils soient des aspects de "détail géographique", ou bien être appelés successivement s'ils concernent le réseau global. Ceci représente donc un deuxième écran situé à gauche du premier, sur lequel sont aussi localisées les autres fonctions, à mettre en oeuvre pour les autres utilisateurs des postes de la salle : (modification du référentiel, description des consignes, des plans d'action, ...)

Un troisième écran situé à droite du premier est utile pour servir de moniteur de rappel d'une caméra .



Un moyen de saisie clavier, et un dispositif de désignation (souris, boule roulante ou autre) unique pour les deux écrans informatiques sont à prévoir. Le dispositif de désignation doit prévoir que les opérateurs sont droitiers ou gauchers.

L'implantation des téléphones tiendra compte de la latitude à laisser aux opérateurs autour du dispositif de désignation.

Les imprimantes, fax , et télex seront accessibles par l'opérateur sans que le synoptique mural sorte de son champ de vision potentiel. Le facteur bruit est pris en compte.

XI.8.3 MARIUS

MARIUS (MARseille Information des USagers) est le nom du système d'exploitation des autoroutes de Marseille, sous tutelle de la DDE. Il comprend actuellement 60 sites (à terme 150) équipés de panneaux variables, recueil de données, caméras de télévision et un Poste Central à Septèmes, avec des opérateurs Police (CRS53) et DDE (Subdivision d'Entretien des Autoroutes).

Marius existe depuis 1976, date depuis laquelle il assure de façon totalement automatique la régulation des vitesses par panneau de limitation de vitesse variable tous les 500m.

Rénové en 1992-1996, suite à une forte démarche d'analyse de la valeur et en s'appuyant à tous les stades sur des ...tudes d'ergonomie, MARIUS est un système complètement intégré qui offre de façon unifiée aux opérateurs de la Police et aux opérateurs de la DDE, toutes les fonctions habituellement requises dans un Centre d'Exploitation. Tous les panneaux sont

commandés de façon entièrement automatique. Un seul écran suffit à gérer les caméras de télésurveillance, les réseaux d'appels d'urgence, les travaux, les accidents, les mouvements des patrouilles, les appels à pompiers et à garage, les données de trafic et la maintenance, l'envoi de fax, l'édition des consignes aux opérateurs, l'annuaire des correspondants.

On peut noter plusieurs points innovants:

- les mouvements des caméras sont commandés par la souris de l'écran du Poste opérateur (l'image de caméra en commande sera bientôt intégré dans l'écran et la commande de la caméra se fera alors en travaillant directement dans l'image). Les commandes de caméras se font dans le standard TEDI-LCR.

- le réseau d'appel d'urgence est géré aussi à l'écran du Poste Opérateur. Coté Postes d'Appel d'Urgence, le joncteur peut accueillir des antennes au protocole CSEE, ou Alcatel, ou téléphonique. Coté Poste Central, il dialogue avec le Poste Opérateur selon le standard TEDI-LCR.

- les PMV à texte utilisent des cristaux liquides et un film transflectif devant une source lumineuse. La réflectivité du film permet au texte de réfléchir la lumière du soleil, offrant ainsi un contraste important. Ces panneaux sont commandés également dans le standard TEDI-LCR.

- les panneaux d'alerte affichent sur chaque voie tous les 500m un clignotement en cas de bouchon en aval et une vitesse variable (110, 90, 70, 50) ainsi qu'une interdiction de doubler au poids lourds selon l'état de la circulation en aval. Ces panneaux sont commandés dans le standard TEDI-LCR.

- les stations SIREDO transmettent toutes les 6 secondes l'heure et la voie de passage, la vitesse et la longueur de tous les véhicules, sur toutes les voies, tous les 500m.

- le SAGT traite les données toutes les 12 secondes. En particulier, la vitesse moyenne glissante sur plusieurs véhicules successifs a été préférée à la vitesse moyennée sur 10 ou 20 secondes.

- le SIG (carte du réseau animée, actuellement "propriétaire") et la main-courante traite le RAU, les travaux, les balisages, les accidents, les incidents, les véhicules d'intervention (DDE, Police, pompiers, garages), les affichages PMV, les tunnels (urgences, éclairage, ventilation...).

- les appels à garage sont automatisés avec demande d'intervention sur Minitel.

- les éditions permettent des évaluations quant au trafic et quant au fonctionnement des équipements.

Le trafic donne lieu à des graphes permettant d'observer les secondes et minutes qui précèdent un accident (en corrélant vitesses, débits et affichages sur PMV), de mettre en évidence l'aspect ondulatoire du trafic, de visualiser des surfaces espace-temps d'encombrements, sur la journée ou la semaine, de visualiser les accidents dans l'espace-temps).

Les graphes journaliers ou hebdomadaires permettent de surveiller simplement le bon fonctionnement des équipements et servent de contrôle de la qualité de la maintenance

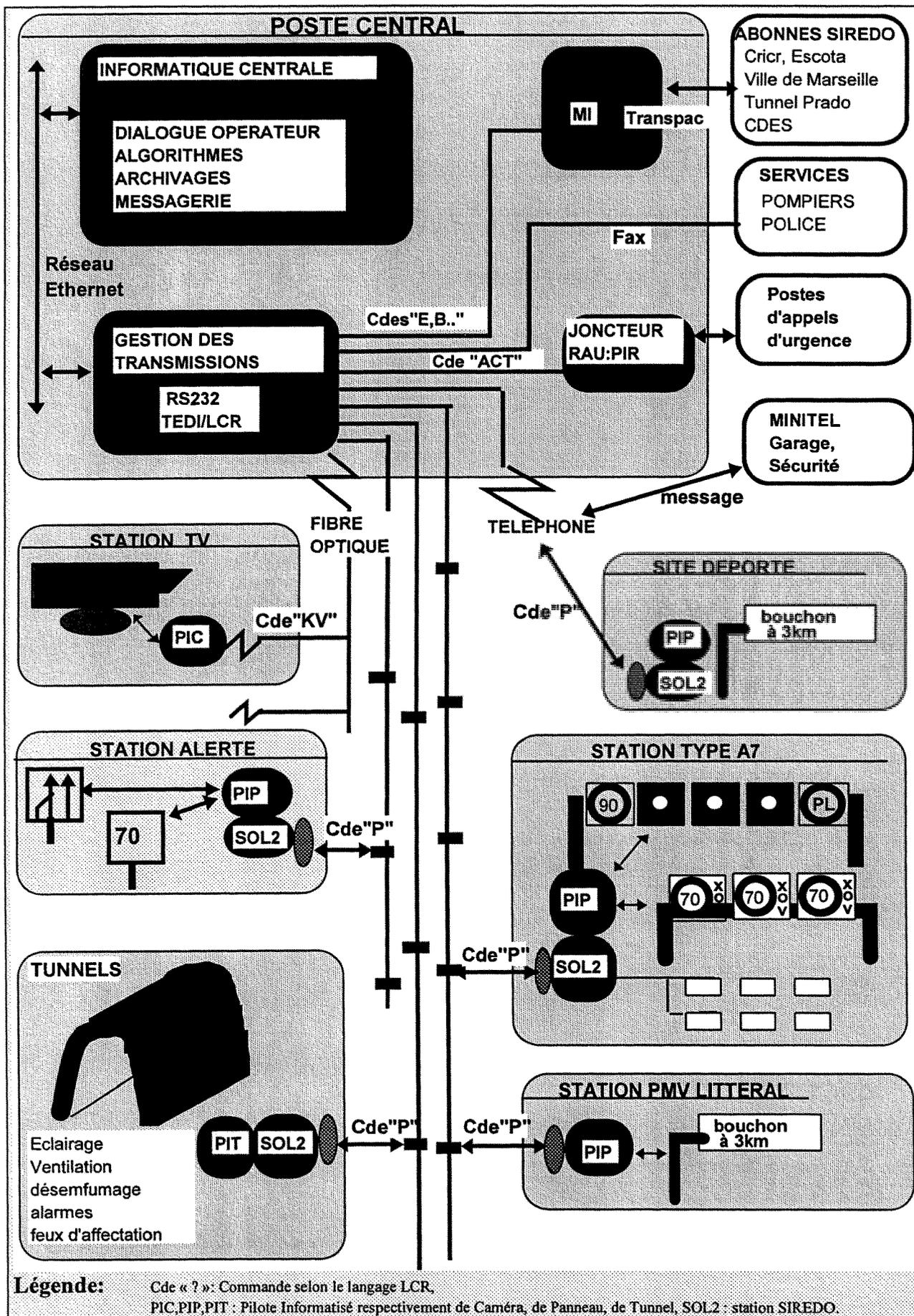
- les transmissions de données, toutes au standard TEDI-LCR se font de façon banalisée, en Bus, selon les disponibilités des réseaux. On peut ainsi rajouter des équipements d'industriels différents au fur et à mesure des besoins et des crédits. Les vieux réseaux sont en cuivre (une quarte 9600 Bds permet de rapatrier les données d'au moins 15 stations 3 voies). Les réseaux récents sont en Réseau Local Industriel à fibres optiques.

- la maintenance logicielle est sous tutelle d'un qualicien logiciel qui a conduit à réaliser un logiciel "lisible", qui le rend indépendant du développeur initial.

Les principes retenus pour MARIUS ont conduit à un système dont l'architecture est simple. L'entrée dans Marseille est, grâce à MARIUS, une autoroute urbaine bien instrumentée.

MARIUS est le système à l'origine de la démarche Equidyn menée par le SETRA et qui vise à standardiser, via l'utilisation pour la commande des équipements de la route le Langage de Commande Routier (LCR) compatible avec l'emploi des stations SIREDO.

Le CETE Méditerranée assure toute l'assistance de la DDE sur cette opération dans toutes les disciplines techniques (projets de définition, dossiers de consultation des entreprises, analyse des offres, contrôle des travaux).



XII) Contenu des dossiers

XII.1 Le dossier d'APS

Le dossier d'avant-projet sommaire a pour but de préciser les choix retenus lors de l'approbation du dossier d'études préliminaires et d'arrêter un *coût d'objectif plafond*. Pour cela, la précision des études doit permettre d'évaluer de manière assez fine chacun des types d'équipements prévus dans trois domaines principaux :

- les équipements terrain
- les réseaux de transmission
- le CIGT et ses dispositifs d'exploitation

En terme d'équipements et de réseaux, les estimations doivent se faire sur la base de quantitatifs prenant en compte la réalité du terrain et non plus sur la base de coûts moyens par unité. En effet, l'interaction de ce projet avec les autres projets (investissements routiers, autres partenaires) nécessite, au plus tôt, un niveau de définition des dispositifs de terrain.

L'APS doit aussi servir à prendre des mesures conservatoires si la période de réalisation du projet est étalée sur une période assez longue.

Son contenu sera le suivant :

1 - note de synthèse

- rappelant les objectifs et les enjeux des actions projetées, l'étendue du réseau, sa domanialité, les partenaires et acteurs du projet
- traitant de la typologie des situations à traiter
- élaborant les procédures de création ou mise à jour des plans de gestion de trafic

2 - un sous-dossier "procédures"

- élaborant les principaux scénarios du plan de gestion du trafic associant les partenaires
- modalités de mise en oeuvre des actions de gestion du trafic : prises de décision, relation entre les organes de commandes des différents exploitants, remontée des informations, informations des autres acteurs

3 - un sous-dossier "équipements de terrain" décrivant les principes de conception et la justification des éléments concernant :

- le réseau d'appel d'urgence,

- le recueil de données trafic,
 - la vidéosurveillance,
 - les équipements divers (météo, détecteurs de brouillard, de crues, etc...),
 - les équipements d'information des usagers (PMV, ...),
 - les équipements de régulation des accès,
 - les équipements divers (SAV, ...).
- 4 - un sous-dossier "réseaux de transmission" décrivant**
- l'architecture du ou des réseaux de transmission projetés (réseau propre à chaque exploitant, réseau commun),
 - la technologie retenue.
- 5 - un sous-dossier "CIGT" abordant**
- le programme immobilier du CIGT,
 - l'ergonomie des postes de travail et des équipements (synoptiques, transmissions, ...),
 - l'analyse fonctionnelle informatique,
 - l'organisation humaine.
- 6 - un sous-dossier "programmation"**
- chiffrage de l'opération avec une précision de l'ordre de 10%,
 - décomposition en lots techniques homogènes,
 - phasage envisagé,
 - description de l'équipe chargée de la conduite de l'opération,
 - détail de la charge financière par lots, par phases et par maître d'ouvrage,
 - analyse des coûts de maintenance et de fonctionnement,
 - une approche de la montée en puissance de l'organisation et des besoins en personnel.

XII.2 Le dossier de projet

Les études de projet ont pour objet de définir de façon précise tout ou partie du système, de vérifier que le coût d'objectif peut être tenu et de préparer les dossiers de consultation d'entreprises.

Le niveau préconisé pour les études de l'APS peut rendre possible pour le maître d'ouvrage de procéder sur cette base à la consultation des entreprises.

Par contre pour les domaines suivants :

- le CIGT dans sa composante immobilière
- le "système d'aide à la gestion du trafic"(équipements du CIGT et informatique)

la production de dossier d'études de projet est nécessaire. Le contenu de chacun de ces dossiers s'appuiera donc sur les procédures habituellement pratiquées dans les domaines "bâtiment" et "informatique"

XII.3 Le DCE

Le Dossier de Consultation des Entreprises est la traduction contractuelle du Projet de Définition.

Il sert de référence au Maître d'Ouvrage, au Maître d'Oeuvre et aux industriels dans la conduite de la réalisation. Il doit être clair et précis pour chacun des acteurs de la réalisation.

La procédure d'appel d'offres restreint, avec avis d'appel à candidature est habituelle. Si l'opération est un marché clef en main, les candidats sont des ensembliers compétents à la fois dans les domaines de l'informatique industrielle, des réseaux de transmission, du recueil de données, du génie civil sur autoroute. Si l'opération est découpée en plusieurs marchés, tels que PMV, artère de transmission, Génie Civil, Équipements du Poste Central, il est essentiel que chacun des marchés comportent une prestation d'ensemblier afin de garantir la bonne intégration du tout.

Pour la rédaction du Cahier des Clauses Techniques Particulières, on se référera au Guide Technique sur les PMV, qui contient, outre de nombreux renseignements sur l'usage et la technologie des PMV, les éléments intéressants quant à l'architecture des systèmes (page 157 et suivantes), que nous ne reproduisons pas ici. On pourra aussi se référer aux documents émis par le SETRA dans le contexte SIREDO (Cahier des Charges d'une station, guide de mise en oeuvre des boucles magnétiques, liste des poseurs de boucles agréés, document sur les protections contre la foudre).

Le CCTP doit détailler l'interface Homme-Machine. Il comporte un maquettage de tous les écrans. Ce maquettage est à réaliser avec l'aide d'un ergonome, qui prendra en compte l'environnement institutionnel et organisationnel du Centre d'Exploitation. Cette phase en amont du marché est essentielle, car elle permet au développeur, dont l'analyse des tâches d'exploitation n'est pas le métier, de mieux estimer les coûts et les difficultés informatiques. Elle permet aussi au Maître d'Oeuvre d'avoir une vision d'ensemble cohérente du système, en particulier pour déterminer ce qui peut et doit être automatisé et ce qui reste du ressort d'un opérateur.

De la même manière, toutes les éditions doivent être maquettées, afin de vérifier qu'elles contiennent effectivement toutes les informations que souhaitent ceux à qui elles sont destinées (par exemple, un juge d'instruction dans le cas d'un recours peut avoir à s'intéresser à l'état d'un PMV à un instant précis).

Le système informatique est un compromis difficile entre son ouverture, c'est à dire sa capacité à accueillir de nouvelles fonctions, et ses performances. Certains progiciels existants satisfaisants dans un environnement donné peuvent se révéler catastrophiques dès lors qu'on les intègre dans un environnement plus complexe. Inversement les logiciels sur mesure, dits "propriétaires", risquent de pénaliser les évolutions futures. Le CCTP doit donc comporter les exigences essentielles qui orienteront le Titulaire vers une architecture logicielle correcte.

Il est à noter que les volumes des données à transmettre entre le terrain et le poste central n'impose pas une architecture de transmission à hautes performances. Il convient de mettre en place un système robuste, avec des modes dégradés de bonne qualité. (un câble de 1 km subit en moyenne au moins une déprédation majeure tous les 20 ans)

Les exigences essentielles se traduisent dans le CCTP par:

- la définition des temps de réponse maximums admissible pour chaque commande manuelle. Par exemple: moins de 150 millisecondes pour faire tourner une caméra, moins de 2 secondes pour ouvrir une fenêtre d'usage fréquent, moins de 60 secondes pour trier des données sur un an...

- la définition des jeux d'essais et des procédures de réception qui permettront de tester les fonctions de façon indépendante de l'environnement et de tester aux limites

- la définition des procédures d'exploitation et de maintenance qui permettront au Maître d'Ouvrage de disposer après clôture du marché d'outils rigoureux et efficaces pour la gestion de son système. En particulier, le système doit assurer la gestion des plans de récolement et de la nomenclature des équipements.

- la définition d'un échéancier réaliste et détaillé, assorti de pénalités faciles à calculer.

Le CCTP doit comporter une nomenclature précise où se trouve détaillés les équipements et le Génie Civil de tous les sites.

Pour chaque site, un plan situe les équipements, les emplacements des réseaux EDF, PTT et artère de transmission, le ceinturage des terres demandé pour les protections électriques. Un profil en travers permet de mieux apprécier le Génie Civil.

Pour l'artère de transmission, tous les profils différents doivent être répertoriés.

Le Règlement de la Consultation (RC) doit préciser les critères de choix et la forme sous laquelle la proposition technique doit être faite.

Les critères de choix sont, par exemple:

- la compétence d'ensemblier qui a nécessairement servi de critère déjà lors de l'appel à candidature dans le domaine des systèmes d'exploitation de la route

- l'expérience du chef de projet en environnement autoroutier

- l'expérience du soumissionnaire sur la mise en oeuvre des réseaux à fibre optique

- la certification des stations de recueil de données

- l'agrément de l'installateur de boucles

- l'implantation régionale des équipes

- l'existence de seconde sources (remplacement partiels)

- la facilité de maintenance

- les coûts

- les délais

Il est important pour faciliter l'analyse des offres que les soumissionnaires suivent un cadre identique pour la présentation technique de leur offre. Le RPAO doit donc spécifier une liste de questions techniques à laquelle chaque soumissionnaire doit répondre avec précision.

Le Bordereau des Prix Unitaires doit préciser le contenu et les frontières de chaque prix. Les prix forfaitaires sont demandés lorsque la solution technique est du ressort du soumissionnaire. Ces prix forfaitaires doivent tous donner lieu à une décomposition des prix donnée par le soumissionnaire en annexe.

Le Détail Estimatif doit s'appuyer sur la nomenclature.

Pour faciliter la tâche de tous, il est pratique de fournir au soumissionnaire une disquette contenant les diverses pièces du DCE à remplir. L'offre sera rendue sur support papier et sur disquette. Les soumissionnaires et le service chargé de l'analyse des offres pourront ainsi gagner du temps et de la rigueur.

PARTIE C : Évaluation

XIII) Évaluation

La présente partie propose un cadre général surtout pour l'évaluation socio-économique (paragraphe XIII.2) des projets globaux d'exploitation relatifs au réseau de niveau 1, ainsi que des éléments pour l'évaluation d'impact et technique de systèmes (paragraphe XIII.3), et des recommandations de gestion de projet et de maîtrise de la qualité (paragraphe XIII.4). Le tableau ci-dessous résume principalement l'articulation entre évaluation économique, gestion de projet et les phases d'élaboration du projet.

Nota : Dans la suite de ce chapitre, le terme phase A correspond à la partie A et le terme phase B à la partie B du présent document.

Figure XIII.1. Evaluation économique et gestion de projet/ phases préparatoire et opérationnelle

	Évaluation économique	Gestion de projet & plan qualité / tests
Phase A « préparatoire »	Enjeux/objectifs/scénarios <ul style="list-style-type: none"> • Évaluer le potentiel socio-économique d'amélioration (fluidité, temps de parcours, sécurité, confort, etc.) • Première approche du coût du système 	<ul style="list-style-type: none"> • Recommandations générales de gestion de projet
Phase B « opérationnelle »	<ul style="list-style-type: none"> • Affiner le calcul socio-économique avec l'estimation de l'impact attendu de la solution retenue (faire le lien avec l'analyse fonctionnelle) • Décompte analytique des coûts du projet • Provisionner la post-évaluation (observatoire) 	<ul style="list-style-type: none"> • Cycle de vie du projet • Principe de validation • Plans qualité et tests

L'évaluation économique se décline en deux temps :

- le premier vise à cerner le potentiel socio-économique d'amélioration des conditions de circulation pour les usagers et la collectivité grâce au projet d'exploitation, ainsi que les coûts du

(des) système (s) envisagé (s). Cette étape se déroule au cours de la phase préparatoire et met en perspective les enjeux et objectifs de la ou les variantes sous l'angle économique.

- le second affine le calcul économique selon la solution retenue, ses fonctions et la mise en correspondance avec l'impact attendu.

La gestion de projet suit aussi deux étapes :

- pour la phase préparatoire, établissement de recommandations générales de gestion,
- au cours de la phase opérationnelle, principe de validation des choix techniques et organisationnels, plans qualité et tests ce qui conduit à une évaluation technique du système et des sous-systèmes mis en place pour l'exploitation au sens du SDER.

XIII.1 Généralités

XIII.1.1 Problématique décisionnelle

Les aspects découlant du SDER sont multiples. Nous rappelons qu'ils nécessitent d'appréhender les étapes suivantes :

1. Délimitation de l'objet d'étude constituant une entité réseau routier cohérent du point de vue des missions à remplir.
2. Diagnostic des conditions de circulation, des moyens disponibles, organisation en place, stratégies et procédures en vigueur.
3. Spécificité du réseau routier et du contexte de trafic.
4. Spécificité de l'organisation de l'exploitant et de ses moyens.
5. Acteurs ou différentes parties prenantes dans la mise en œuvre du SDER.
6. Identification des manques ou des plus par rapport au "cahier des charges".
7. Initialisation du processus conduisant à la mise en place d'une organisation, des moyens terrain et spécifiques pour remplir les missions (schéma de travail, concertation, etc.).

8. Impacts attendus sur les conditions de circulation et les services rendus / impact au niveau de l'exploitant (coûts) et des parties prenantes.
9. Itération pour optimiser les systèmes techniques et organisationnels.
10. Proposition de compromis.
11. Évaluation a priori et argumentation des investissements.
12. Adéquation aux objectifs initiaux, satisfaction du cahier des charges.

Il conviendrait aussi d'ajouter l'élaboration du cahier détaillé et définitif des charges, les procédures et recettes pour la mise en service, la post évaluation.

XIII.1.2 Argumentation des investissements d'exploitation

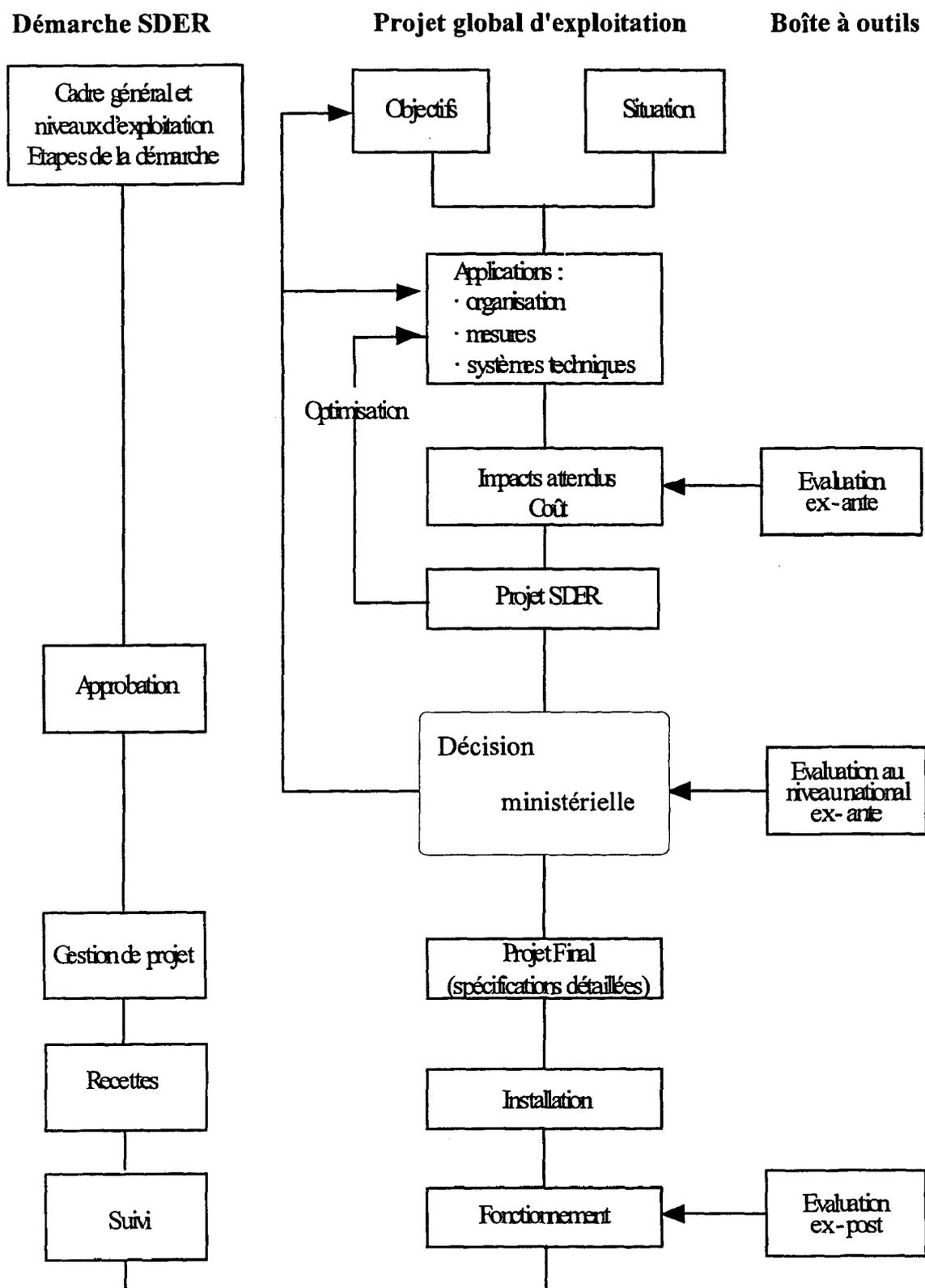
La figure XIII.2 ci-dessous résume la problématique décisionnelle du point de vue de l'exploitant. En effet, celui-ci doit affiner sa politique et son système d'exploitation en conformité avec le SDER. Il poursuit conjointement ses objectifs propres d'affectation de ressources et d'efficacité de gestion sous des contraintes qui lui sont propres. Il convient d'avoir à l'esprit que des équipements d'exploitation n'ont pas pour unique fonction le service rendu aux usagers, mais aussi de permettre à l'exploitant d'être plus performant. Ces objectifs et contraintes multiples ne peuvent trouver de solution qu'à l'issue d'un processus itératif. La ou les solutions proposées sont par définition des compromis qui, compte tenu de la variété des contextes de trafic et des organisations et moyens internes, seront différents d'un exploitant à un autre. Les techniques sont en développement et l'état de l'art en matière d'exploitation n'est pas encore stabilisé. Aussi, il sera difficile de disposer de points de repère tels que des ratios standards d'impact comme d'équipement¹.

De par sa nature, l'exploitation routière implique comme nous l'avons déjà évoqué, un processus de concertation avec les différents acteurs comme les gestionnaires de réseaux, l'État (initiateur de la démarche SDER), les collectivités locales, la police, la gendarmerie, les secours, les pompiers, les dépanneurs, l'autorité organisatrice des transports en commun, etc. Ceci conditionne aussi la nature des flux d'information et les moyens de son acheminement ainsi que l'organisation et ses règles de fonctionnement.

Les montants d'investissement en équipements et logiciels deviennent de plus en plus lourds, il convient donc d'ajuster les moyens aux objectifs poursuivis tout en minimisant la dépense.

¹ Dans un tel contexte il est alors souhaitable de favoriser la créativité et l'originalité des solutions. Pour faire progresser la connaissance et donner des points de repère comme système type / impact type pour une classification nature du réseau / contexte de trafic il conviendrait de regrouper dans une base de données les différentes expériences en la matière et de les analyser.

Figure XIII.2. Problématique décisionnelle



XIII.1.3 Les différents aspects d'évaluation

Figure XIII.3. Les différentes catégories d'évaluation

Évaluation	Méthodes
<p>Économique / Financière (phase A & B)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grille multicritère - Noyau coûts/avantages 	<ul style="list-style-type: none"> - Circulaires² 1986 + 1995 + spécificité de l'exploitation routière - Travaux ASFA³ - Administration avec ajustement des valeurs de conversion monétaire au contexte urbain. - Méthode du coût du contact utile⁴ (systèmes d'information) - Analyse de la valeur⁵
<p>Fonctionnelle (phase B)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Objectif/Fonction/Moyens 	<ul style="list-style-type: none"> - Analyse de la valeur - Méthode d'analyse structurée (SA-DT⁶, SA-RT, Yourdon) - Travaux ASFA - Administration (processus itératif d'optimisation)
<p>Impact (phase B et suivantes)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Stratégies - Grandes mesures d'exploitation 	<ul style="list-style-type: none"> - Observatoire - Modélisation/Simulation - Base de connaissance (enseignement des expériences) - Plan d'évaluation pour les expérimentations ou mesure particulière (ex. méthode des 12 étapes)⁷

² Voir les documents et rapports en bibliographie [MIN90], [CER94a], [MIN95], [SEC95]

³ Voir en bibliographie [GRO96]

⁴ Voir en bibliographie [USA92b], [USA94]

⁵ Voir en bibliographie [CLU95], [NOR84a, NOR85, NOR90a]

⁶ SA-DT Structured Analysis and Design Technique : C'est une méthode et un formalisme pour analyser ou concevoir un système technique, ces modules et composants et leurs relations. Son formalisme constitue par la suite une aide pour produire des spécifications. SA-RT est une méthode proche plus particulièrement adaptée aux études d'automatismes. Yourdon est l'auteur d'une méthode d'analyse structurée des systèmes. On pourra utiliser aussi une méthode d'analyse orientée objets.

⁷ Voir en bibliographie [COM90]

Technique (phase B et suivantes) - Fonctionnement / Performance	- Cycle de vie - Principe de validation - Plans qualité et tests
---	--

La problématique décisionnelle donne un aperçu des volets d'évaluation à réaliser. Il est important de garder à l'esprit la définition des critères d'appréciation pour les quatre catégories d'évaluation fonctionnelle, technique, opérationnelle, et économique :

- **L'évaluation socio-économique** sonde les coûts et avantages pour les différents agents économiques (agents concernés par l'utilisation et l'impact du système d'exploitation). Pour l'exploitant, une analyse financière sera réalisée. Ex ante les phases préparatoire et opérationnelle sont concernées. Ex post il s'agira de la mesure et vérification des effets après la mise en service du projet.
- **L'évaluation fonctionnelle** s'inscrit dans le processus d'élaboration du projet et notamment des systèmes organisationnels et techniques : adéquation objectifs / fonctions / moyens. Elle intéresse l'exploitant et le concepteur du système. Ici l'analyse fonctionnelle est réalisée au cours de la phase B opérationnelle.
- **L'évaluation de l'impact** sur le trafic (point de vue usager) et sur l'exploitation (point de vue de l'exploitant sur son organisation). L'impact sera exploré au cours des phases opérationnelle (ex ante) et suivantes (ex post).
- **L'évaluation technique** intéresse principalement l'exploitant qui apprécie comment le système fonctionne. Ce type d'évaluation sera entrepris en phase B opérationnelle, par exemple au cours de tests et ultérieurement après la mise en service des systèmes (évaluation ex post).

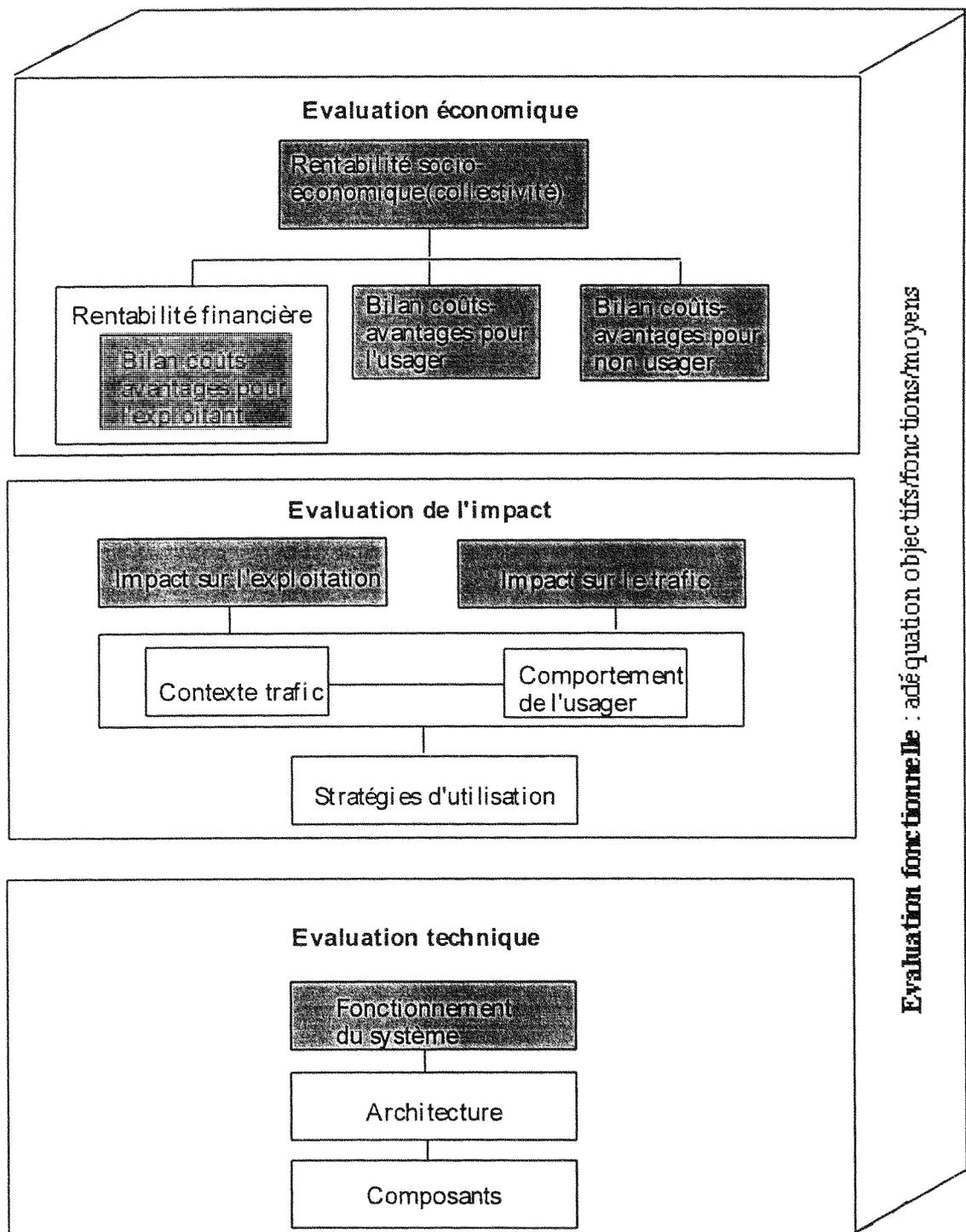
Nota : Un critère caractérise la manière dont un objectif est atteint. Par exemple, comment caractériser la sécurité de la circulation. Le critère accident sera par exemple représenté par le taux d'accidents rapporté aux véhicules•km.

Ces différents niveaux d'évaluation n'ont pas forcément la même profondeur d'analyse selon que le besoin est de valider les performances techniques d'un système ou la rentabilité socio-économique. Dans ce dernier cas, les éléments requis du volet technique sont très globaux et ceux des impacts sont mesurables et susceptibles de conversion monétaire. En général, l'évaluation de l'impact suppose que les systèmes techniques fonctionnent correctement. De même, l'évaluation économique utilise les résultats des autres niveaux. Par exemple, les variantes de systèmes auront un impact sur l'organisation (cf. chapitre sur le SAGT) et sur les conditions de circulation. Du point de vue économique cela se traduira par des coûts d'équipement et de fonctionnement et par la valorisation des temps de parcours et des gains de sécurité.

Il est évident que chacun de ces critères ne se suffit pas en lui-même lorsque l'objet d'étude est le système d'exploitation. Ils s'inscrivent dans la problématique générale évoquée ci-dessus nécessairement multidimensionnelle et multicritère dans la prise de décision. En particulier, il convient d'injecter des considérations comme la faisabilité technique, l'acceptation des

différents acteurs concernés, les dimensions socio-économiques non valorisées comme les effets sur les usagers du réseau associé, les aspects intermodaux, l'environnement, les alternatives aux investissements d'exploitation, etc. A la lumière de ces critères, un retour doit aussi être fait sur les objectifs de départ du système d'exploitation. Cela étant acquis, par conception le système d'exploitation satisfait au cahier des charges du SDER.

Figure XIII.4. Les différents niveaux d'évaluation pour l'exploitation d'un réseau de niveau 1



XIII.2 Evaluation socio-économique

L'évaluation socio-économique, stricto-sensu, suppose disponible l'ensemble des résultats d'évaluation technique et d'impact entrant dans sa sphère d'analyse.

Evidemment, au cours des phases préparatoire comme opérationnelle la méthodologie développée ici s'appliquera de manière ex ante. Le raisonnement sera hypothético-déductif tout en s'appuyant au maximum sur les données du diagnostic de trafic, les coûts du projet avec des hypothèses d'impact adaptées au contexte du réseau étudié. La méthodologie d'ensemble reste applicable si les mesures d'impact sont disponibles comme dans le cas d'une post évaluation.

L'évaluation socio-économique consiste à apprécier l'intérêt d'un projet par l'apport de surcroît de bien-être qu'il apporte à la collectivité par rapport à une situation sans ledit projet (ou encore appelée situation de référence). Dans les phases de gestation et d'élaboration on parlera d'évaluation ex ante. Lorsque le projet est en place et sur la période de fonctionnement l'évaluation est dite ex post (vérification des estimations, mesure et analyse des effets).

Un cadre normatif des rapports économiques et un formalisme mathématique sont à la base du calcul économique. Nous renvoyons le lecteur désireux d'approfondir ces aspects théoriques aux ouvrages spécialisés⁸.

La pratique alimente aussi largement les analyses coûts-avantages. Ici, les propositions décrites s'inspirent principalement des méthodes françaises usuelles pour l'évaluation des investissements routiers en infrastructure, des récentes circulaires de 1995 du Ministère des transports elles-mêmes découlant des travaux du Commissariat au Plan et des travaux ASFA-Administration relatifs aux systèmes d'aide à l'exploitation autoroutière.

A titre d'arrière-plan la figure XIII.5 commente la pertinence des critères d'évaluation des investissements routiers en milieu urbain par rapport à l'exploitation routière.

XIII.2.1 Pertinence des critères pour les investissements routiers en milieu urbain par rapport à l'exploitation routière

La circulaire portant sur les investissements routiers en milieu urbain recommande une grille multicritère. La figure XIII.5 ci-dessous résume ces critères en mentionnant le degré de pertinence par rapport à l'exploitation routière :

- xxx très pertinent et considéré comme devant faire partie du noyau pour l'évaluation des projets de niveau 1 du SDER,
- xx pertinent,

⁸ Notamment aux travaux des économistes français M. Allais, J. Lesourne.

- x marginal ou prise en compte plus qualitative,
- n.s. non significatif ,
- ? entre marginal et non significatif.

Figure XIII.5a. Grille multicritère pour l'évaluation socio-conomique d'un investissement routier en zone urbaine / Pertinence exploitation

Source : "Méthode d'évaluation des investissements routiers en rase campagne et en milieu urbain, fascicule spécial N° 86-11 bis" ; Direction des routes Paris France 14 mars 1986 [DIR86] et "Evaluation des investissements routiers urbains, Manuel de recommandations pour l'application", CERTU mars 1994 [CER94a]

Critères	Indicateurs possibles	Pertinence Exploitation Routière
1 Continuité d'itinéraire	<ul style="list-style-type: none"> . gain de temps pour le trafic de transit et d'échange . homogénéité des caractéristiques de l'itinéraire 	<p>xxx</p> <p>x</p>
2 Amélioration du fonctionnement de l'agglomération	<ul style="list-style-type: none"> . différence de flux au centre ville 	xxx
Revitalisation du centre	<ul style="list-style-type: none"> . % de PL dans le centre avant et après isochrones à partir du centre et des centres secondaires 	x
Amélioration de l'accessibilité	<ul style="list-style-type: none"> . indicateurs d'accessibilité 	x ou n.s. selon les cas
Rééquilibrage de la distribution des zones d'activité et d'habitat	<ul style="list-style-type: none"> . emplois desservis . opérations d'urbanisme desservies . rôle dans les projets de développement urbain . histogramme des temps de parcours . cohérence avec le PDU s'il existe 	x
Développement des TC-2R et piétons	<ul style="list-style-type: none"> . gains de vitesse commerciale TC . possibilités d'aménagements spécifiques 	n.s.
3 Sécurité	<ul style="list-style-type: none"> . nombre d'accidents évités . nombre de points dangereux et gravité dont le fonctionnement est modifié par (l'infrastructure) ici par l'exploitation 	xxx
4 Satisfaction de l'utilisateur, "dé-congestion"	<ul style="list-style-type: none"> . flux de trafic . trafic induit (ici pur et capté) . gains de temps . gains sur l'usure des véhicules . variation des longueurs de voies saturées à l'heure de pointe du soir (HPS) . calcul économique de l'avantage pour les trafics de transit et d'échanges 	xxx
		x
		xxx
		x
		xxx
		xxx
		xx (intermodalité)
		x
		n.s.

5 Environnement		
Respect du fonctionnement des quartiers	. indicateur de réduction des nuisances . pollution éventuelle des eaux	xxx xx
Intégration dans le site	. nombre et importance des itinéraires de déplacements de proximité modifiés . intégration dans le paysage urbain . qualité architecturale des ouvrages . nombre d'expropriations et de relogement à envisager . dysfonctionnements liés aux travaux . conformité avec les documents d'urbanisme	x xx xx x x n.s.
6 Caractère exceptionnel de l'état initial	. encombrement des carrefours . niveau sonore . point noir sécurité	xx xx xxx

xxx très pertinent, xx pertinent, x marginal, n.s. non significatif, ? entre marginal et non significatif

Figure XIII.5b. Grille multicritère pour l'évaluation socio-économique d'un investissement routier en zone urbaine (suite) / Pertinence exploitation

Critères	Indicateurs possibles	Pertinence Exploitation Routière
7 Emploi	. nombre d'emplois créés ou maintenus dans les entreprises de travaux publics	n.s. ?
8 Réduction de la dépendance énergétique	. énergie consommée à la construction et à l'entretien . variation de la consommation énergétique des usagers	n.s. ? xxx
9 Aménagement du territoire, développement régional	. taux de prime de la DATAR . desserte des zones industrielles . liste des liaisons entre pôles d'intérêt régional ou départemental modifiées par l'infrastructure et variation du temps de parcours de ces liaisons	n.s. n.s. ? xxx
10 Coûts	. coût d'investissement . coût économique d'investissement . coût annuel d'entretien et d'exploitation . coût économique global du projet . répartition de ces coûts entre les participants	xxx xxx xxx xxx xxx

xxx très pertinent, xx pertinent, x marginal, n.s. non significatif, ? entre marginal et non significatif

Nota :

- *niveau sonore*

A l'évidence l'exploitation, dans les usages actuels, n'a pas d'impact particulier sur les niveaux sonores liés à la circulation. Pour qu'il en soit ainsi il faudrait mettre en œuvre des mesures de gestion du trafic visant à réduire le niveau sonore (répartition des flux sur réseau maillé, baisse de la vitesse). Il convient de remarquer que la mesure des niveaux sonores pose elle-même problème : nombre de points de mesures physiques, population affectée, etc.

- *n.s. ou ? nombre d'emplois créés ou maintenus*

Dans le contexte de fort chômage le nombre d'emplois en jeu dans la conception, réalisation, installation, exploitation, maintenance des systèmes est une indication intéressante.

- *n.s. ou ? Réduction de la dépendance énergétique*

Ce critère n'est plus décisif. Il vaut mieux focaliser sur les consommations de carburant par rapport à la pollution atmosphérique et l'effet de serre.

XIII.2.2 Les étapes de l'évaluation socio-économique

11 étapes constituent le cadre de l'évaluation socio-économique :

A la délimitation de l'objet d'étude (réseau)

B le projet global d'exploitation (objectifs/fonctions/organisation/moyens/coûts)

C les effets attendus par agent économique

D les critères pour les effets monétisables et les méthodes de valorisation ("noyau coûts-avantages")

E les données et la mise en forme pour l'analyse économique

F l'appréhension des impacts sur les différents effets - construction des situations de référence et projet (observation/simulation)

G construction des bilans coûts-avantages par agent économique

H agrégation des bilans et identification des transferts entre agents

I critères de rentabilité

J autres effets

K présentation multidimensionnelle pour la prise de décision

Nota : Les étapes A et B ne sont pas détaillées, car cela est déjà le cas pour l'élaboration même du projet. Ici, il s'agit de mettre l'information au "format" utilisable par l'analyse économique. Par exemple disposer de l'information sur les équipements et l'organisation pour en déduire les coûts correspondants, ou encore connaître les temps de parcours en véhicules-heures pour effectuer la conversion monétaire avec la valeur du temps.

A. Contexte et diagnostic

Avant toute chose, il convient de cerner l'objet de l'étude, en particulier, pour la délimitation du réseau à exploiter, la connaissance des conditions de circulation, l'organisation et les équipements existants. Comme pour toute approche conceptuelle de systèmes techniques et informatiques il convient de ne pas négliger cette phase, car il est très difficile ou coûteux de rattraper dans les phases de réalisation et d'installation les oublis ou manques liés à la définition du besoin à satisfaire et des fonctions à remplir. Le réseau étudié et les données de trafic conditionneront l'évaluation socio-économique pour la construction de la situation de référence et la valorisation des effets attendus. Ce cadrage comprend entre autres:

- le délimitation du réseau et de son environnement,
- le diagnostic de trafic,
- l'organisation et équipements existants,
- les besoins d'amélioration ressentis.

B. Définition du projet global d'exploitation

La démarche sera structurée et systématique. La phase contexte et diagnostic constitue le point d'initialisation. En phase préparatoire, sont listées les grandes lignes, puis en phase opérationnelle le décompte analytique. Le projet repose sur la définition des objectifs, les principales fonctions, les acteurs, l'architecture organisationnelle, les équipements requis. En particulier, la correspondance entre les objectifs et fonctions du projet sera établie avec les types d'effets attendus.

- Classement des objectifs d'exploitation par rapport aux effets

Compte tenu de la pratique actuelle en matière de système d'exploitation, les effets peuvent se classer selon les catégories suivantes :

- la sécurité pour les usagers et les agents d'exploitation,
- les gênes à la circulation et le confort de l'usager,
- les coûts de déplacement,
- l'utilisation du réseau et le volume de trafic écoulé,
- les impacts indirects sur les pollutions,
- l'efficacité interne de l'exploitation et les coûts.

C. Impact attendu et coût

Il s'agit du volet le plus difficile à mettre en œuvre et pourtant crucial car les effets attendus justifieront les investissements réalisés. La méthode globale proposée est utilisable tant en évaluation a priori (ex ante) qu'a posteriori (ex post). La difficulté réside à deux niveaux. Le premier concerne l'impact supposé d'un ensemble d'actions pour les critères (sécurité, fluidité,

confort, etc.). Le second dans la correspondance bi-univoque configuration de système et impact sur les conditions de circulation.

• *Énumération des effets par agent économique*

L' énumération des effets attendus pour les différentes catégories "d'agents économiques" affectées de manière significative par le système d'exploitation sera réalisé. Le noyau de base est constitué par :

- les usagers du réseau de niveau 1 (VL, PL, autocar et bus),
- les usagers du réseau associé
- l'exploitant,
- l'Etat et les collectivités locales comme percepteur de taxes ou investisseur,
- le reste de la collectivité (effets sécurité, environnement, tourisme, sur la population résidente, sur les professionnels du tourisme, impact sur les TC).

Cette liste sera complétée en fonction des particularités du contexte socio-économique du réseau (exemple : commerçants, entreprises, professionnels du tourisme, etc.).

Dans cette phase d'élaboration du projet global d'exploitation on s'assurera de la cohérence avec les objectifs poursuivis. On classera les effets par agent économique selon trois catégories. Ceux susceptibles de quantification et de monétisation (cf. figure XIII.7), les autres quantitatifs ou qualitatifs.

• *Etablissement de la correspondance entre les configurations du projet et l'impact*

On établira un graphe entre objectifs / configuration systèmes / impact. Hormis les calculs de coût du système, cet exercice est délicat dans la mesure où il est difficile d'établir une correspondance bi-univoque exclusive entre équipements et effets. De plus le contexte, le réseau, la situation initiale influent sur les effets ou leur ampleur. Cette tentative de quantification sera néanmoins très utile pour pondérer les objectifs et les actions d'exploitation. Elle pourra servir aussi à quantifier les objectifs eux-mêmes. Ainsi les bases du processus d'adéquation "objectif-fonction-outil" seront jetées. Il est souhaitable, compte tenu de la diversité des situations, de laisser le maître d'ouvrage du projet établir cette correspondance. Toutefois, en dehors de justification, les hypothèses formulées ne pourront s'écarter sensiblement des quelques mesures disponibles ou des points de repères usuels.

A ce stade d'élaboration on fera ressortir :

- le chiffrage des coûts du système (équipement, installation, fonctionnement, maintenance, amortissements, personnel, bâtiments)
- les hypothèses d'impact sur les conditions de circulation,
- les autres effets attendus.

Sur la base de l'amélioration des temps de parcours, des gains de sécurité et du confort, un calcul sommaire de rentabilité socio-économique sera réalisé. Cela permettra de situer les enjeux.

La figure XIII.6 ci-après indique à titre d'illustration la correspondance entre les objectifs d'exploitation du guide avec ceux de l'analyse économique.

• *Evaluation analytique des coûts*

Pour les différentes configurations étudiées, un descriptif analytique des coûts du projet (composants, fonctionnement, moyens humains, voire superstructure) est possible. Ce calcul est un point très important mais ne présente pas a priori de difficultés de mise en œuvre.

• *Minimisation du coût*

L'optimisation (minimisation) du projet peut se faire à différents niveaux :

- adaptation des moyens sans remise en cause des performances attendues,
- réduction des actions à entreprendre (élimination des actions de très faible poids) comparaison avec la situation de référence,
- réduction des fonctions à remplir ou diminution des performances à atteindre.

Il est clair que la démarche est nécessairement itérative et requiert des expertises variées des intervenants du projet : exploitant-décideur, exploitant-opérateur, exploitant-agent de terrain, concepteur de système, etc.

D. Critères pour les effets monétisables et les méthodes de valorisation

Les figures XIII.6 proposent les critères entrant dans la sphère d'évaluation économique. La liste résulte des critères usuels et de leur pertinence pour l'exploitation routière, de la spécificité de l'exploitation routière et du contexte urbain. Tous ne peuvent pas faire l'objet d'un calcul économique.

Aussi il est proposé une grille intégrant :

- un noyau pour un calcul coûts-avantages et les indicateurs de rentabilité socio-économique,
- des critères quantitatifs mais non valorisés,
- des critères qualitatifs.

Les critères du noyau coûts-avantages doivent être mesurables ou estimés avec fiabilité. Ils sont convertis par des valeurs monétaires. Dans le cas de séquence de coûts ou d'avantages dans le temps, il y a actualisation en fonction du taux du Commissariat au plan en vigueur. Pour les critères rattachés ou utilisant le volume de trafic il convient de faire les analyses selon les différentes composantes de trafic : trafic de référence, trafic induit pur, trafic capté réseau associé, éventuellement trafic capté/transféré sur d'autres modes (cf. figure XIII.9).

Les critères quantitatifs mais non convertis monétairement doivent être mesurables ou estimés avec fiabilité.

Les critères qualitatifs font l'objet d'une appréciation des experts et hommes de l'art.

On peut considérer le noyau coûts-avantages comme d'un poids relatif important pour la prise de décision. Alors, les autres critères quantitatifs et qualitatifs complètent ou modulent les résultats des bilans coûts-avantages.

Les critères économiques sont compatibles avec les instructions en matière d'évaluation des investissements routiers (circulaires de 1986 et 1995). Toutefois pour tenir compte de la particularité de l'exploitation routière, des effets supplémentaires sont introduits :

- impact à la marge de la gestion du trafic comme la meilleure fluidité du trafic (baisse de sur-consommation de carburant et d'utilisation des véhicules en situation de congestion),
- réduction de l'incertitude et accroissement de confort liés à "l'information routière" (bonus d'information routière, d'une manière générale le plus confort apporté par l'exploitation routière : 1 centime par veh•km pour un VL),
- impact sur la pollution de l'air (cf. bibliographie travaux INRETS/ADEME).

La figure XIII.6 liste les principaux critères selon l'objectif général auquel ils se rattachent. Ce tableau donne une définition sommaire et indique leur catégorie : avec monétarisation (coûts-avantages), seulement quantitatif ou qualitatif.

Ces critères peuvent être intéressants dans l'absolu, mais c'est surtout en comparaison d'un projet avec une situation de référence que fonctionne l'évaluation. Les calculs se feront donc par différence. Par exemple, pour le critère temps de parcours, le différentiel sera le gain ou la perte de temps entre les deux situations.

Figure XIII.6a. Grille multicritère pour l'évaluation socio-économique d'un projet global d'exploitation relevant du niveau 1 du SDER

Effets	Critères	Définition (base annuelle)	Noyau coûts-avantages	Quantitatif mais non valorisé	Qualitatif
Sécurité	<ul style="list-style-type: none"> • Tués, blessés graves, blessés légers, accidents matériels • Points noirs sécurité traités 	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre total d'accidents, tués, blessés graves, blessés légers, accidents matériels évités 	x	x	

Conditions de circulation et confort de l'usager	<ul style="list-style-type: none"> • Temps de parcours • Malus pour un standard différent de l'autoroute (1) • Bonus/Malus d'information routière (sur pénalisation de la congestion, incertitude, stress) (2) 	<ul style="list-style-type: none"> • Par composante de trafic d'une part et VL, PL car/bus d'autres part temps total passé en circulation en veh•h. • Malus appliqué aux véhicules-km VL qui ne peuvent s'effectuer sur la voirie à caractéristiques autoroutières. (délestages, accès fermés, itinéraires alternatifs). • Majoration de la valeur du temps des usagers pour le temps passé en situation de congestion, temps total passé en perturbation ? ou bonus par veh.km avec information en continu ? Décomposition selon les trafics et la couverture des équipements. 	x	x	x
Coûts du déplacement	<ul style="list-style-type: none"> • Frais de fonctionnement et dépréciation des véhicules • Surcoût de fonctionnement et dépréciation en situation de congestion des véhicules • Péage éventuels 	<ul style="list-style-type: none"> • Par composante de trafic d'une part et VL, PL car/bus d'autres part en condition de circulation normale ou faiblement perturbée • Idem, mais en situation de congestion 	x	x	x
Equité pour les différents flux (Sous analyse selon les principales O/D)	<ul style="list-style-type: none"> • Gagnants/perdants 	<ul style="list-style-type: none"> • idem conditions de circulation et coûts des déplacements mais comparaison avec le calcul selon le plus court chemin 	x		

(1) Malus déjà utilisé dans la circulaire de 1986 et en 1995 portant sur les investissements routiers en interurbain.

(2) Il semble important de retenir le malus de congestion car la pénibilité de l'attente est ressentie plus durement que le simple temps de parcours. L'idée fait son chemin notamment suite à la généralisation des techniques télématiques avancées (ATT), mais pour laquelle on n'a pas actuellement de points de repère. On provisionnera donc cet item "bonus de confort d'information routière" en sachant qu'il ne sera peut être pas utilisé.

Figure XIII.6b. Grille multicritère pour l'évaluation socio-économique d'un projet global d'exploitation relevant du niveau 1 du SDER

Objectifs	Critères	Définition (base annuelle)	Noyau coûts-avantages	Quantitatif mais non valorisé	Qualitatif
Utilisation du réseau de niveau 1	<ul style="list-style-type: none"> • Volume total de trafic écoulé sous contrainte de niveau de service à définir. • Accessibilité • Amélioration des temps d'accès • Intermodalité (Fonctions prévues) 	<ul style="list-style-type: none"> • Véhicules-km rapportés à une base 100 km pour la longueur. • Contrainte de niveau de service : Temps de parcours moyen minimal? • Isochrones de temps d'accès par rapport aux principaux pôles urbains (zones commerçantes, zones industrielles, etc.). • Information TC, parc d'échanges, relais, semi-collectif, etc. 		<ul style="list-style-type: none"> x x x 	x
Interférences sur le réseau associé	<ul style="list-style-type: none"> • Volume de trafic contraint à circuler hors réseau de niveau 1. (délestages, régulation d'accès, itinéraires alternatifs³) 	<ul style="list-style-type: none"> • Véhicules-km délestés et n'accédant pas au réseau de niveau 1 avec le différentiel de temps de parcours et coût d'utilisation des véhicules avec les itinéraires via le réseau de niveau 1. • Ratio de ces véhicules-km délestés et n'accédant pas au réseau de niveau 1 / ensemble des véhicules-km du réseau associé ? <p><i>Nota : Le malus lié au standard d'infrastructure différent de l'autoroute est déjà comptabilisé par ailleurs. Si seul le ratio est calculable alors ce critère sera seulement quantitatif et viendra en complément de l'analyse coûts-avantages.</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> x x 	

(3) Il n'est réaliste d'isoler un effet du système d'exploitation sur le fonctionnement global du réseau associé sauf cas particulier.

Figure XIII.6c. Grille multicritère pour l'évaluation socio-économique d'un projet global d'exploitation relevant du niveau 1 du SDER

Effets	Critères	Définition (base annuelle)	Noyau coûts-avantages	Quantitatif mais non valorisé	Qualitatif
Nuisances (sera actualisé en fonction des réflexions en cours au niveau du Ministère des transports, Commissariat au plan)	• Pollution atmosphérique (4)	• Décomposition selon le volume de trafic (cf. circulaire de 1995) et les régimes de circulation (cf. travaux INRETS/ADEME) • Pollution de l'air • Effet de serre	x x		
	• Pollution des eaux (5)	• Capacité et rapidité du système d'exploitation à circonscrire ou limiter les effets de pollution accidentelle sur les eaux ou part des rejets d'eau contrôlés sur total des rejets ?			x
	• Bruit (6)	• Niveau de bruit selon les différentes plages horaires			x
	• Intrusion visuelle (7)	• Nombre d'équipements non intégrés dans le paysage			x
Efficacité interne de l'exploitation	• Coût du système	• Coût économique global (investissements, grosses réparations) • Coûts d'entretien et d'exploitation (personnel, entretien, fonctionnement) • Coûts financiers d'investissement (intérêts intercalaires)	x x x		
	• Gains de productivité	• Nombre et durée des événements traités traduits en gain sur les coûts de personnel	x		
	• Evantail des missions	• Variété des missions			x
	• Coût global par véhicule x km	• Coût global par véhicule x km			x
	• Recettes de péage	• Recettes de péage du réseau concédé s'il en existe.	x		

(4) La circulaire de 1995 introduit les recommandations du Commissariat au plan pour la pollution de l'air et l'effet de serre. Toutefois cette prise en compte n'intègre que des volumes veh•km et non les caractéristiques des flux en termes d'émission de polluants pour des régimes variés de trafic (congestion, ralentissement, etc.). Il n'est donc pas possible de rendre compte de l'impact d'une bonne gestion du trafic sur la pollution de l'air via le module environnement en son état actuel.

(5) A priori difficile d'identifier la contribution du système d'exploitation.

(6) On s'appuiera sur les travaux en cours et on s'assurera de la compatibilité avec les travaux européens et la position française sur l'effet de serre.

(7) Subjectif.

Nota :

- Valeurs de conversion monétaire

Des valeurs de conversion sont utilisées pour traduire ces différents effets en termes monétaires. Dans les tableaux précédents un certain nombre d'entre elles sont reconnues officiellement dans les circulaires de 1986 et 1995. Il s'agit des valeurs : du temps, des accidents, des tués, des blessés, bonus/malus pour les standards d'infrastructure. Ces valeurs de conversion sont révisées dans le cadre du Commissariat au plan en vue de leur actualisation. Pour le contexte urbain, la valeur du temps pose problème. Il est préférable d'utiliser une valeur différente de celle de l'interurbain car le nombre de personnes par véhicule léger est plus proche de 1. L'utilisation d'une telle valeur devra être dûment justifiée. A défaut et à titre transitoire on utilisera toutefois les valeurs ayant cours dans la circulaire de 1995. Les autres, en particulier pour les impacts sur l'environnement, ne sont pas officiellement adoptées. Elles font l'objet de discussions. Il est probable qu'en ce qui concerne les services rendus aux usagers du type : information routière, confort par les aides à la conduite et à la navigation, on soit très loin de pouvoir définir des valeurs. Ce fait pénalise un peu les systèmes télématiques qui agissent à la marge et améliorent l'environnement de la conduite.

- Optimisation du réseau de niveau 1

Compte tenu du caractère non linéaire des phénomènes de congestion et des conditions de circulation, l'optimisation de l'utilisation du réseau n'est pas évidente :

- *faut-il capter le maximum de trafic sur le réseau de niveau 1 car il est plus sûr que le reste du réseau routier indépendamment des temps de parcours ou au contraire,*
- *faut-il tendre à garantir un niveau de service (exemple temps de parcours minimal pour les usagers du réseau de niveau 1) ?*

La logique et l'intérêt général conduisent plutôt à favoriser une voie médiane. Si les critères proposés ici permettent d'alimenter la prise de décision, les données nécessaires sont difficiles à obtenir ou à simuler. En effet, la mesure des volumes de trafic contraints à ne pas circuler sur le réseau de niveau 1 pose problème : connaissance des O/D du point de vue de l'utilisateur, proportion des itinéraires susceptibles d'emprunter le réseau de niveau 1 mais contraints de ne pas le faire (délestages). Sur ce point les stratégies de régulation d'accès et de vitesse apportent peut être une possibilité intermédiaire au tout ou rien.

Une autre démarche plus normative pourra consister à fixer un objectif de niveau de service et à adapter les mesures d'exploitation.

E. Données et sources pour l'analyse économique

Le recueil de données comprend l'ensemble des éléments et états nécessaires pour :

- la description du réseau (carte),
- la description des équipements,

- les données de trafic (TMJA, répartition par catégories de véhicules, etc.),
- les événements et perturbations.

Ce matériel est mis en forme pour deux niveaux de besoin :

- description de la situation sur le réseau,
- tableau support des simulations statistiques.

Il contribue bien sûr au diagnostic concernant les conditions de circulation et les événements se produisant sur le réseau considéré, l'organisation et les équipements existants.

• **Situation sur le réseau**

L'objectif de cette description est de caractériser les contextes de l'étude socio-économique.

Les principaux constituants sont :

- la carte du réseau de niveau 1 et réseau associé en osmose directe,
- les bouchons par mois et par section, gêne en termes de véhicules concernés et véhicules-heures, si possible la cause de ce type de perturbation,
- les autres événements en nombre et en durée : accidents, travaux, météo, divers.

Ces différents éléments sont, soit directement accessibles dans la documentation ou les états des exploitants, soit issus de traitements informatiques ad hoc à partir de base de données ou encore dérivés ou estimés selon des états d'exploitation comme les durées d'affichages des messages sur les supports d'information (PMV, etc.).

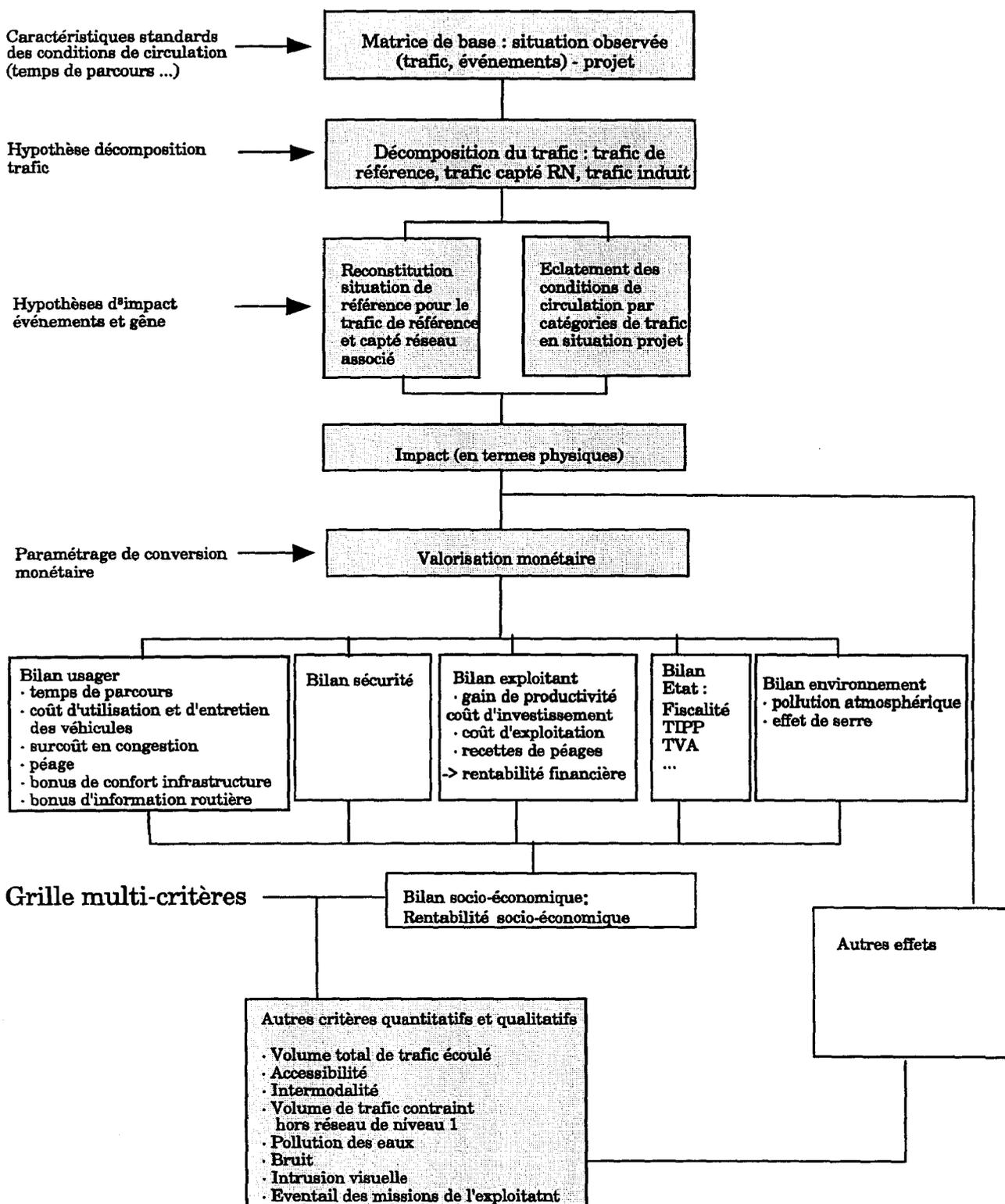
L'ensemble de ces données sera résumé sous forme de tableaux permettant de réaliser les simulations statistiques.

• **Tableau support des simulations statistiques**

Le tableau de départ nécessaire pour réaliser les simulations sera beaucoup plus synthétique que la description. En contexte ex ante le principe de l'évaluation repose sur une démarche de simulation "hypothético-déductive".

La figure XIII.7 schématise le principe de l'analyse et les sorties.

Figure XIII.7. Principe de simulation d'impact en évaluation ex ante



La simulation présente des limites par rapport à une démarche rigoureuse idéale (hypothèses d'impacts vérifiables sur des expériences et réseaux similaires). Néanmoins son intérêt est d'éclairer les décideurs sur les retombées socio-économiques potentielles d'investissement en équipements. On considérera les coûts et avantages comme des ordres de grandeurs. La véracité ou la pertinence des résultats sera vue à l'aune de la plausibilité des hypothèses d'impact comme

par exemple les effets de décongestion, l'accroissement de sécurité. Les méthodes possibles pour accréditer ces hypothèses sont :

- les résultats observés sur des actions d'exploitation particulières : déviation, délestage, régulation d'accès, régulation de vitesse, modulation des péages, etc.
- des résultats intermédiaires comme les taux déclarés d'obéissance, les enquêtes de satisfaction et d'opinion sur les systèmes d'information,
- l'expérience des exploitants (impacts de messages, délai d'intervention, temps de résorption des événements, formation des files d'attente, etc.),
- le consensus d'experts.

On décompose en tableaux correspondant :

- à la situation observée qui constitue ici en fait la situation projet (SP0) avec l'identification des ventilations pour le trafic de référence en situation projet (SP1) ainsi que pour le trafic induit (SP2) et capté (SP3),
- à la situation de référence reconstituée pour le trafic de référence (SR1) et capté de la route nationale ou du réseau associé (SR3)

Les indicateurs suivants sont utilisés avec la ventilation systématique VL, PL, car et bus :

- TMJA
- débit horaire moyen pour un sens
- durée des bouchons et des autres perturbations (travaux, accidents, météo, divers)
- veh•km en distinguant les situations bouchon, autres perturbations et normale
- vitesse moyenne
- accidents corporels et matériels en nombre et taux au 10^8 veh•km
- tués, blessés graves, blessés légers en nombre et taux au 10^8 veh•km

Période d'étude pour la constitution d'une base

Une démarche rigoureuse implique de prendre en compte une analyse historique qui permette de lisser les phénomènes ou situations exceptionnels (travaux lourds et longs, événements particulièrement marquants comme le blocage d'une section du réseau de niveau 1 par les transporteurs routiers, "opération escargots", accidents d'une exceptionnelle gravité, etc.). Pour cette période deux ou trois ans sont en général un minimum, sauf dans le cas où on peut considérer qu'il n'y a pas de bouleversement majeur et alors il est possible de prendre l'année la plus récente. Il conviendra d'identifier les modifications de réseau pouvant avoir un impact sur les conditions de circulation (élargissement, etc.). En cas d'évolution significative du réseau, la base reconstituée en tiendra compte (base à réseau constant et dans sa configuration la plus actuelle).

Champ géographique de l'étude

Le champ de l'étude est délimité préalablement par définition. Des ajustements peuvent intervenir compte tenu des contraintes des données et sources disponibles. Toutefois dans un tel cas il est préférable de reconstituer les manques en explicitant les règles d'affectation. Ainsi, sous réserves d'homogénéité du contexte de trafic et des conditions de circulation on peut, par exemple, utiliser des données par centre d'exploitation ou entité de base pour l'exploitation du réseau de niveau 1 ventilées au prorata kilométrique du réseau étudié.

Pas temporel, actualisation et valeur monétaire constante

En référence à la pratique usuelle en matière de choix socio-économique d'investissement le pas temporel sera l'année. La période d'évaluation retenue dans les simulations est de 15 ans (5 ans pour l'installation et 10 de fonctionnement). Pour des investissements en équipement d'exploitation il semble difficile d'aller au delà. Les données seront annualisées.

- La valorisation des séquences coûts et avantages dans l'analyse socio-économique (point de vue de la collectivité ou de l'intérêt général) sera à monnaie constante et actualisée. La référence sera l'année précédant la mise en service. L'actualisation est réalisée à l'aide du taux recommandé par le Commissariat au plan en vigueur à la date de remise de l'étude.

Pour obtenir les valeurs en monnaie constante, on multipliera par le coefficient exprimant les francs de l'année A en francs de l'année précédant la mise en service. L'INSEE publie régulièrement ces coefficients.

Pour les valeurs actualisées avec le taux du Commissariat au Plan, la formule usuelle pour une valeur en y est :

si la séquence X_y a lieu avant la mise en service : $X_{t_5} = \sum_{y=t_5}^4 \frac{X_y}{(1+Tx_a)^{(t_5-y)}}$ sinon

$$X_{t_5} = \sum_{y=t_5}^T \frac{X_y}{(1+Tx_a)^{(t_5-y)}}$$

où y	= 1 à T
t ₅	= année de mise en service
t ₄	= année précédant la mise en service (base d'actualisation)
T	= période d'étude
Tx _a	= taux annuel d'actualisation du Commissariat au plan (actuellement 8%)

On peut aussi utiliser cette formule pour les valeurs à mettre en francs constants en remplaçant le taux d'actualisation par le taux d'inflation.

- La valorisation⁹ des séquences coûts et avantages dans l'analyse financière (point de vue de l'exploitant avec une démarche d'entreprise) se fera en francs courants et sera actualisée avec un taux d'intérêt à long terme représentatif du type d'investissement. La référence sera aussi l'année précédant la mise en service. Pour simplifier la période d'étude sera la même que celle du calcul socio-économique.

Nota : La logique des analyses socio-économiques et financières sont différentes. L'analyse socio-économique évalue l'intérêt du projet pour la collectivité. L'analyse financière sonde les séquences d'excédents bruts d'exploitation et de flux de trésorerie pour connaître le retour sur investissement.

⁹ Instruction cadre du 3 oct 1995 [SEC95]

Pas géographique

Lorsque l'étude porte sur un système d'exploitation routier le réseau est généralement relativement important. Aussi le découpage géographique se fera en sections (tronçon entre deux échangeurs, deux diffuseurs, un échangeur-un diffuseur, entre deux carrefours, un carrefour-un échangeur ou un diffuseur).

Décomposition en classes de véhicules

Cette décomposition est justifiée du point de vue de l'évaluation socio-économique finale. On utilisera une décomposition moyenne sur l'année.

Débit horaire

Le débit horaire moyen sera supposé représentatif des volumes de trafic observés lors des perturbations.

Véhicules-kilomètres (veh.km)

Les veh.km pour des conditions de circulation type sont obtenus par la formule suivante :

$$veh.km_i = \text{débit}(1\text{sens}) \cdot \text{durée}_i \cdot \text{vitesse}_i \cdot \text{TempsMoyen}_i$$

où i est l'indice symbolisant le type de conditions de circulation : bouchon ou autres perturbations.

Vitesses moyennes

Les vitesses moyennes sont déduites des veh.km ventilés en trois catégories selon les conditions de circulation et le type de voirie. A défaut on utilisera les vitesses standards suivantes :

Figure XIII.8a. Principe de simulation d'impact en évaluation ex ante

(Vitesses standard en km/h)	Réseau de niveau I			Réseau associé		
	VL	PL	Car/bus	VL	PL	Car/bus
Bouchon	10	10	10	10	10	10
Autres perturbations	40	40	40	20	20	20
Normale (hors perturbation)	80	70	70	35	25	25

La vitesse moyenne est obtenue en divisant les veh.km totaux par le nombre total d'heures de trajet.

Consommation de carburants

Les valeurs standards de consommation des carburants seront récapitulées selon la ventilation ci-dessous. Elles seront dérivées des travaux INRETS/ADEME. Les valeurs ci-après sont données à titre indicatif.

Figure XIII.8b. Principe de simulation d'impact en évaluation ex ante

Cons / 100 km en litres	Situation normale ou faiblement perturbée				Situation congestionnée			
	VL	VL	PL	Car/bus	VL	VL	PL	Car/bus
Moteur	Essence	Diesel	Diesel	Diesel	Essence	Diesel	Diesel	Diesel
Réseau de niveau 1	10	8	50	50	20	15	80	80
Réseau associé	12	9	65	65	20	15	80	80

Si la répartition VL à moteur essence et diesel n'est pas connue on utilisera une décomposition 50% / 50%. Ceci n'est pas tout à fait conforme avec la circulaire de 1995 mais globalement plus proche de la réalité actuelle.

F. Appréhension des impacts sur les différents effets - construction des situations de référence et projet (ici simulation)

• Définitions

La situation projet

Se rapporte à cette situation ce qui se produit lorsque le système d'exploitation est en service ou supposé comme tel. Avant la mise en service il convient d'identifier la période nécessaire pour l'installation de l'organisation et des équipements. De même, il convient d'explicitier la période de montée en charge du système (temps d'apprentissage de l'exploitant comme des usagers pour obtenir l'impact maximum).

La situation de référence

Elle se comprend comme la situation qui existerait à la période du projet si le projet global d'exploitation n'était pas installé. La situation de référence est déduite à la fois par une décomposition des trafics observés et par un impact extrapolé ou simulé sur les conditions de circulation.

Trafic projet

Il s'agit du trafic escompté ou observé dans la situation projet.

Trafic de référence

C'est le trafic que l'on aurait à la période projet mais hors influence du système intégré d'exploitation.

Trafic capté du réseau associé

Il s'agit du trafic capté en provenance du réseau associé dû à l'amélioration du niveau de service sur le réseau de niveau 1.

Trafic induit (pur) sur le réseau de niveau 1

Le trafic induit sur le *réseau de niveau 1* résulte de l'intensification des déplacements du trafic de référence procurée par l'amélioration du niveau de service. Ces différents trafics sont éclatés en catégories VL, PL, car et bus. Les effets sont valorisés pour moitié seulement.

Trafic induit sur le réseau associé

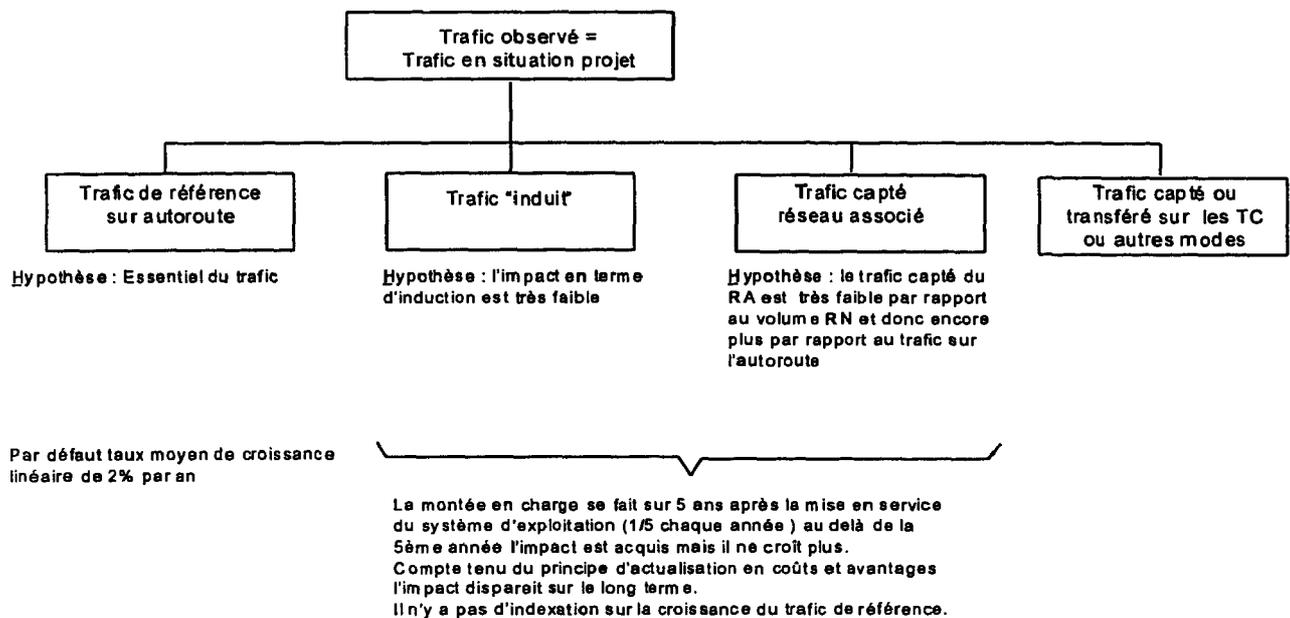
On suppose qu'il n'y a pas de trafic induit sur le réseau associé consécutif à l'amélioration des conditions de circulation liée au soulagement du trafic capté par le réseau de niveau 1.

Transferts modaux

On pourra ne pas supposer négligeable les transferts entre les différents modes de transports et cela bien que le contexte soit périurbain et que les points de transferts d'un mode à un autre ne soient pas toujours en connexion directe avec le *réseau de niveau 1*.

• Hypothèses de décomposition des trafics

Figure XIII.9. Schéma de décomposition des différents trafics



Les hypothèses concernent trois aspects :

- décomposition et croissance du trafic
- standards pour les calculs intermédiaires sur les conditions de circulation
- simulation d'impact

Décomposition du trafic

- HT1 : hypothèse trafic capté / trafic réseau associé
- HT2 : hypothèse trafic induit / trafic observé
- trafic de référence par déduction
- la décomposition VL/PL/car-bus provient de l'observation
- HT3 : pas de transferts modaux
- HT4 : pas de trafic induit sur le réseau associé
- HT5 : transferts avec les autres modes de transport

Croissance des trafics

- HT6 : pas de croissance des trafics captés et induits
- HT7 : croissance du trafic de référence

• Hypothèses relatives aux impacts

HI1 La mise en place du système d'exploitation requiert 5 ans. Chaque année compte pour un cinquième de l'effort d'organisation et d'installation des équipements.

HI2 La montée en charge de l'impact sur les conditions d'exploitation et de circulation demande cinq ans. Cela signifie que cinq ans sont nécessaires à l'utilisateur pour apprendre à utiliser l'information qui lui est délivrée et parallèlement la même durée pour que l'exploitant affine ses stratégies. Nous sommes donc au maximum de l'impact au bout de cinq ans.

HB L'impact sur les bouchons joue en fonction de la structure des causes : migrations domicile-travail et autres migrations avec excès de demande, accidents, travaux, divers auxquelles on applique des coefficients d'impact.

HA L'impact sur les accidents utilise la ventilation accidents sur événement préexistant et autres. On applique des coefficients comme dans la simulation des bouchons.

HARA On utilisera le différentiel entre les taux d'accidents sur le réseau de niveau 1 et le réseau associé. A défaut on utilisera les statistiques nationales du SETRA.

• **Architecture d'ensemble / conditions de circulation**

La codification utilisée dans les simulations est la suivante :

SP0.	Situation projet
SP1.	Situation projet du trafic de référence
SP2.	Situation projet du trafic induit
SP3.	Situation projet du trafic capté du réseau associé
SR1.	Situation de référence du trafic de référence
SR2.	Situation de référence du trafic capté

Ces tableaux décrivent les conditions de circulation. L'impact consistera par exemple en la différence SR1-SP1 qui indiquera la variation entre la situation de référence et le projet.

• **Coût du système**

Le module de coût du système intègre les séquences relatives aux :

- investissements
- grosses réparations
- amortissements des équipements,
- frais financiers intercalaires de l'investissement,
- frais de fonctionnement des équipements,
- frais de personnel liés au système d'exploitation,
- frais de formation,
- gains de productivité,
- recettes éventuelles de péage.

Nota : Ce module alimente à la fois l'analyse socio-économique et l'analyse financière. Comme évoqué plus haut les méthodes de calcul ne sont pas identiques.

G. Construction des bilans coûts-avantages par agent économique

Un effet sera valorisé en positif dans le bilan si cela correspond à un avantage, dans le cas opposé en négatif.

Les coûts-avantages pour les usagers concernent :

- le temps de trajet
- les coûts d'utilisation des véhicules
- les surcoûts d'utilisation des véhicules en situation de congestion♣
- les coûts de consommation des véhicules
- les surcoûts de consommation des véhicules en situation de congestion♣
- les péages éventuels
- le bonus de confort information routière♣
- le bonus d'infrastructure autoroutière

♣ non compris dans les circulaires de 1986 et 1995, (moyen de valoriser le confort d'information routière).

Les coûts-avantages pour l'exploitant concernent :

- les amortissements des équipements,
- les frais financiers de l'investissement,
- les frais de fonctionnement des équipements,
- les frais de personnel lié au système d'exploitation,
- les frais de formation,
- les recettes éventuelles de péage,
- les gains de productivité.

Les coûts-avantages pour l'Etat comme agent économique sont rattachés à :

- la TVA sur les investissements le fonctionnement et le supplément de recettes de péage (taux moyen dans ce dernier cas 7%,
- la TIPP,
- la taxe FITTVN sur les péages,
- autres impôts et taxes.

Les autres coûts-avantages pour la collectivité concernent :

- la sécurité (accidents matériels, tués, blessés graves, blessés légers)
- hors calcul de rentabilité socio-économique, l'environnement avec la pollution atmosphérique et l'effet de serre.

Figure XIII.10. Récapitulatif des valeurs de conversion monétaire (interurbain)

Source : Conception et évaluation des SAE, ASFA Paris 1996 [GRO96]

	VL	PL	Car
Nombre de personnes par véhicule (p/v)	2	1	25
Valeur du temps par voyageur ¹ (F/h)	37	193	7,72
Valeur du temps par véhicule (F/h)	74	193	193
Malus de congestion par voyageur* (F/h)	0%	0	0
Malus de congestion par véhicule* (F/h)	0	0	0
Malus de perturbation par voyageur* (F/h)	0%	0	0
Malus de perturbation par véhicule* (F/h)	0	0	0
Bonus de confort autoroute/réseau associé par voyageur* (F/km)	0,065		
Bonus de confort autoroute/réseau associé par véhicule (F/km)	0,13	0,13	
Bonus de confort information routière par véhicule* (F/veh.km)	0,01	0,02	0,02
Coût entretien véhicule, etc	0,43	0,85	0,85
Dont TVA	16,3%	0,07	
Dépréciation véhicule	0,14		
Dont TVA	14,3%	0,02	
TVA entretien + dépréciation	15,8%	0,09	0
Coût d'utilisation des véhicules en situation normale (F/km TTC)	0,57	0,85	0,85
Surcoût en situation de congestion* (F/km TTC)	20,0%	0,11	0,17
Taux TVA	15,8%	0,02	
Taux moyen de péage au km	0,38		
Ratio de péage classe du véhicule/VL	1	2	2
Péage par véhicule	0,38	0,64	0,76
Péage confort uniquement	0	0	0
Taxes péage	7%		
Carburant F/litre	4,98	3,25	3,25
TIPP	3	2,14	2,14
TVA	0,85	0	0
Taxe FITTVN en F/veh.km	0,04	0,04	0,04
Pollution atmosphérique hypothèse basse F/veh.km	0,06	0,33	0,33
Pollution atmosphérique hypothèse haute F/veh.km	0,1	0,62	0,62
Effet de serre F/veh.km	0,02	0,2	0,2

Coefficient TVA (TTC -> HT et HT -> TTC)	0,82919	0,206	
Taux d'inflation uniforme sur les périodes référence et projet	3,0%		
Péages, coûts des véhicules, du personnel indexés sur l'inflation			
Taux de croissance consommation finale des ménages (sécurité, temps, confort)	1,7%	2,1%	2,4%
Taux d'actualisation	8%		

	Tués	Blessés graves	Blessés légers	Matériels
en Francs 1994	3700000	381000	81000	20600

(1) pour les PL, les autocars et les bus la valeur du temps inclus des effets de parc lié à la rotation des véhicules.

* hors instruction. Il convient de noter que pour la valorisation du confort d'information soit on utilise les mali de congestion et autres perturbations qui s'appliquent sur les temps, soit un bonus de confort d'information uniforme basé sur les veh.km.

Nota : La valeur du temps pour les déplacements en milieu urbain fait l'objet d'intenses débats. En attendant les nouvelles directives officielles on pourra utiliser les valeurs pour l'interurbain rapportées au nombre de personnes par véhicule. Ce principe conduira à une baisse de la valeur par véhicule léger puisqu'en moyenne le nombre d'occupants est proche de un contre 2 en interurbain.

H. Agrégation des bilans et identification des transferts entre agents

Les bilans sont construits de manière additive puisqu'il n'y a pas doublon des effets. L'analyse des transferts entre agents s'observe par le jeu des taxes qui en principe ne change pas le bilan d'ensemble. Mais il est souvent intéressant dans le cas d'analyse de variantes impliquant des changements dans les niveaux de surplus des différents agents.

I. Critères de rentabilité

Les critères de rentabilité listés dans l'instruction de juillet 1995 sont :

- bénéfice actualisé,
- taux de rentabilité interne (TRI) de l'exploitant*,
- taux de rentabilité interne (TRI) socio-économique (collectivité),
- taux de rentabilité immédiate,
- bénéfice par francs investi,
- surplus des usagers*.

* non explicite dans l'instruction de juillet 1995.

Dans le cas d'exploitants purement publics la rentabilité interne n'a pas de sens (il y a uniquement des coûts).

Il convient de distinguer la rentabilité socio-économique qui représente un indicateur de bien-être pour la collectivité (plus les effets sont positifs plus la rentabilité est forte) de la rentabilité financière de la logique d'économie de marché résumant le taux de retour sur investissement. Ces deux taux peuvent diverger. Alors en cas de rentabilité socio-économique élevée et de rentabilité financière faible les subventions sont justifiables leur octroi faisant intervenir la contrainte budgétaire publique. Une bonne rentabilité socio-économique ne dispense pas de l'analyse des bilans par catégorie d'agent économique ou composante de trafic, car elle peut être obtenue soit en favorisant toujours les mêmes soit certains au détriments d'autres. Dans ce dernier cas il convient alors de mettre en place un système correcteur ou de compensation. La rentabilité immédiate intervient en appoint pour optimiser la date de mise en service.

*J. Autres effets**Environnement*

Le module environnement de l'instruction de juillet 1995 comprend :

- valeur actualisée pour la pollution de l'air (hyp. haute),
- valeur actualisée pour la pollution de l'air (hyp. basse),
- valeur actualisée pour l'effet de serre.

Ces effets sont basés sur le volume de trafic induit. En effet, on ne peut rien dire à partir de l'instruction sur l'amélioration de la fluidité sur les émissions de polluants. On peut penser que l'effet positif n'est donc pas pris en compte pour l'exploitation routière. Il convient donc d'ajouter un calcul d'impact prenant en compte les consommations pour différents régimes de circulation et les émissions de polluants (cf. travaux INRETS/ADEME).

Autres

Il conviendrait ici de lister les effets qui ne sont pas quantifiés mais dont on estime évident leurs impacts. Ceux-ci auraient alors l'occasion d'être pris en compte dans la sphère de décision. Mais ici on sort de l'analyse socio-économique pour entrer dans le processus décisionnel impliquant la démarche SDER, les contraintes de l'exploitant, le rôle du réseau de niveau 1 et les choix de politique d'exploitation.

Optimisation du réseau de niveau 1 / Volume de demande satisfaite

Deux critères quantitatifs sont proposés :

- Volume total de trafic écoulé sous contrainte de niveau de service à définir,
- Véhicules-km rapportés à une base 100 km pour la longueur.

Optimisation du réseau de niveau 1 / Accessibilité

L'exploitation en cas de mesures fortes (favoriser certains flux par exemple) peut avoir un impact sur les temps de parcours et donc l'accessibilité à certaines zones. Cette impact si il est significatif pourra se voir par la déformation des courbes isochrones et des populations desservies pour des zones ou pôles important de l'agglomération (centre ville, zones commerciales, industrielles, etc.). Un SIG sera probablement l'outil adéquat (cf chapitre XIV).

Le critère quantitatif reposera sur les isochrones de temps d'accès par rapport aux principaux pôles urbains (zones commerciales, zones industrielles, etc.).

Contrainte : Limiter les interférences sur le réseau associé

Critère quantitatifs :

- Véhicules-km délestés et n'accédant pas au réseau de niveau 1 ou différentiel de temps de parcours avec les itinéraires via le réseau de niveau 1.
- Ratio de ces véhicules-km délestés et n'accédant pas au réseau de niveau 1 / ensemble des véhicules-km du réseau associé ?

Il est difficile d'isoler un effet du système d'exploitation sur le fonctionnement global du réseau associé sauf cas particulier. L'appréciation du critère se fera selon les grandes catégories de mesures d'exploitation en interaction forte avec le réseau associé.

(A noter que le malus lié au standard d'infrastructure différent de l'autoroute est déjà comptabilisé par ailleurs : ici valorisation du différentiel de temps de parcours.)

Equité des mesures d'exploitation

Les mesures d'exploitation peuvent toujours favoriser les mêmes usagers au détriments d'autres (PL/VL, transit/flux locaux, charge du réseau associé pour améliorer la fluidité sur le réseau de niveau 1, etc.). De tels effets ne sont pas souhaitables sauf si on peut dédommager les perdants.

Le critère sera l'équité pour les différents flux avec les gagnants et les perdants selon les mesures de temps et coûts de déplacements par grandes catégories d'O/D.

Cohérence avec le système global de transport de l'agglomération et optimisation du réseau de niveau 1 / Intermodalité

L'exploitation routière est toujours en développement. L'intermodalité ou l'ensemble des équipements et mesures permettant de passer d'un mode de transport à un autre sont souhaitables. Du point de vue quantitatif, l'évolution des combinaisons VP/TC sont intéressantes. Leurs mesures ne sont pas aisées. Qualitativement on appréciera le projet d'exploitation en termes de "fonctions intermodales".

Critère qualitatif avec les fonctions prévues telles que l'information TC, parc d'échanges, relais, semi-collectif, etc.

Efficacité interne de l'exploitation

L'évaluation doit bien sûr être tournée prioritairement vers l'impact final et la satisfaction des usagers et des populations desservies par le réseau, mais à bilan socio-économique constant le projet d'exploitation peut fortement améliorer l'efficacité de l'organisation. Cela peut s'apprécier sous forme de gains de productivité (quantitatif) comme de l'éventail des missions possibles (qualitatif).

K. Présentation multidimensionnelle pour la prise de décision

La présentation se fera sous forme d'une note de synthèse et d'une annexe technique explicitant les données, hypothèses, choix, méthodes de calcul pour réaliser l'évaluation.

La note de synthèse sera un résumé en faisant porter l'accent sur les objectifs, les effets attendus, les hypothèses centrales ou les paramètres sensibles pour l'analyse coûts-avantages et les résultats.

La grille multicritère sera remplie avec une rubrique commentaire. Elle sera décomposée en trois parties :

- coûts-avantages et rentabilité,
- critères quantitatifs,
- critères qualitatifs.

Pour les critères quantitatifs et qualitatifs qui viennent en complément de l'analyse coûts-avantages une pondération pourra être utilisée en tenant compte de l'avis des différentes parties en présence : collectivités territoriales, exploitants, etc.

XIII.2.3 Recommandations de mise en œuvre et limites

Recommandations

La construction de la situation de référence, les raisonnements par observation ou simulation, etc. constituent des difficultés auxquelles on ne peut opposer des recettes toutes faites. Dans une étude, ce travail peut être lourd et il conditionne la pertinence des résultats. Pour la phase préparatoire (cf. figure XIII.1) la méthode se fera de manière simplifiée (tableur) en explicitant les données de base utilisées et hypothèses. Il est conseillé de faire au moins deux scénarios du type hypothèses basses/hautes avec des variantes de projet SDER. En phase opérationnelle le travail portera sur l'affinement de l'impact attendu. Les modèles de trafic pourront être utilisés si possible. Sinon une méthode tableur sera acceptable si elle permet par sa souplesse d'enrichir le processus de mise en correspondance entre fonctions du projet et impacts attendus.

Portée et limites

Chaque étape présente des écueils.

Difficultés liées à l'objet d'étude

- Les difficultés commencent dès la délimitation du réseau et de l'objet d'étude. On se posera toujours la question de la pertinence du réseau étudié par rapport à l'ensemble du système de transport. Le contexte urbain par l'interpénétration des réseaux routiers, la mixité des flux (transit, échanges locaux), des éventuels points d'échanges intermodaux rend complexe la délimitation du réseau à étudier et la portée spatiale des effets du projet global d'exploitation (dont la conception intégrera si possible cette problématique).

- Les résultats dans le cas de simulation sont étroitement liés à la structure du modèle, aux hypothèses de départ et à la situation initiale étudiée. D'une situation de départ fortement

dégradée les avantages procurés par le projet seront très importants. A l'inverse, un contexte faiblement perturbé aura un potentiel d'amélioration beaucoup plus faible. Comme tout exercice de ce type la portée des résultats sera jugée par une analyse de sensibilité des paramètres les plus cruciaux.

- La marge d'optimisation des systèmes techniques et de l'organisation du projet est dépendante du niveau de performance à atteindre. Les équipements en constant développement compliquent les choix techniques. Le processus d'optimisation objectifs-fonctions-moyens sera alors itératif.

Difficultés de mise en œuvre de la méthode

- Le relevé des données et sources est toujours un travail ingrat dont il faudra s'assurer de la fiabilité (disponibilité, précision, historique, etc.).

- La construction de la situation de référence est cruciale. Le raisonnement qui consiste à extrapoler une situation donnée peut être très périlleux. Ainsi, la formation de bouchons les jours de fort trafic en l'absence d'équipement et de mesures d'exploitation toutes choses égales par ailleurs conduirait à des situations de thrombose avancée (300 km de bouchon). Il est probable que les usagers auraient pour partie connaissance de la situation et d'une manière ou d'une autre (décalage des départs ou retours, modification d'itinéraire, etc.) ils essaieraient de ne pas subir de fortes pertes de temps. En conséquence l'ampleur du bouchon en serait limitée. D'une manière générale l'évolution de la demande de trafic sera d'autant plus difficile à anticiper que le réseau routier évolue ainsi que l'urbanisation.

- L'établissement de la correspondance fonctions du système et impact sur les conditions de circulation est un exercice nécessaire mais délicat car on manque de recul et de résultats d'expériences passées. De plus, non seulement les fonctions du SAGT ont une influence mais aussi la manière de les utiliser.

- Ici, les hypothèses d'impact sur les bouchons et les accidents, ainsi que l'existence d'un bonus d'information routière sont déterminantes pour le surplus de l'utilisateur et la rentabilité socio-économique. L'état de la connaissance ne permet pas de proposer de ratios standards. La difficulté est d'autant plus forte qu'en matière de sécurité comme de conduite en générale le facteur humain est omniprésent.

- Ainsi il serait fort utile de capitaliser les différentes expériences, évaluations disponibles et à venir pour enrichir le savoir en plein développement. Ceci implique la mise en place d'observatoires locaux et la centralisation dans une base de données des résultats.

- Ces impacts sont aussi d'une utilisation normative. Ainsi ils deviennent des objectifs à atteindre ou permettent de les pondérer.

- Les coûts du système sont aussi très importants. L'optimisation s'appuiera sur le décompte analytique des coûts du projet global d'exploitation.

• Pour les coûts comme pour les effets, on ne dispose pas vraiment de points de repère comme des ratios de coûts au km car la variété des contextes de réseau, de trafic, d'équipements et moyens humains déjà en place rend caduque toute analyse complètement standardisée.

• En ce qui concerne les investissements éludés, explicitement mentionnés dans l'instruction cadre du 3 octobre 1995¹⁰, leur prise en compte se fera selon les évolutions de la doctrine au niveau du Commissariat au Plan.

• Dans le cas d'ouvrage à péage, une amélioration des recettes requiert soit une hausse notable du trafic induit ou capté ou de récupérer une partie du surplus des usagers (avantages) sous forme d'augmentation des péages ? Dans ce dernier cas si le bilan socio-économique est inchangé, transferts des usagers (-) au profit de l'exploitant (+), à l'évidence, à l'issue de cet ajustement tarifaire le bilan usagers doit rester positif. Cette induction de trafic est difficile à mesurer car les effets de l'exploitation routière jouent à la marge sur les temps de parcours, la sécurité en comparaison avec un projet d'infrastructure nouvelle. Toutefois, l'exploitation contribue indéniablement à la "fidélité" des usagers au réseau à péage et à l'acceptation du péage comme service rendu.

La spécificité de l'exploitation routière et son insuffisante valorisation économique

• Lorsque l'exploitation agit sur un temps de parcours ou les sur-accidents sa contribution est valorisée selon les critères et pratiques usuelles du calcul économique codifiées dans les instructions portant sur l'évaluation des projets d'investissement en infrastructure routière. Mais la réduction d'incertitude sur les temps de parcours, l'amélioration du confort d'information routière ne sont pas explicitement pris en compte. Cette démarche provisionne un critère spécifique pour ces plus de l'exploitation : le "bonus d'information routière". Ce critère mérite un approfondissement pour le traduire en valeur monétaire.

• Le constat précédent est renforcé par le développement rapide des techniques et des effets positifs attendus des nouveaux systèmes de télématique avancée pour les transports.

Un impact environnemental à affiner

• L'environnement ne fait pas l'objet d'une valorisation adaptée pour l'exploitation routière. En effet, le calcul dérivé de la circulaire de 1995 sur les investissements routiers ne prend en compte que la pollution de l'air et l'effet de serre relative à des volumes de trafic exprimés en veh.km. Les caractéristiques des régimes de circulation et la variation d'émission de polluants en nature et quantité ne sont pas distingués. Aussi, pour prendre en compte les mesures d'exploitation routière qui fluidifient le trafic un module d'analyse ad hoc est préconisé.

Le projet global d'exploitation est non seulement un outil pour améliorer le service rendu mais aussi un outil de modernisation du service exploitant

• Le projet global d'exploitation du fait de sa nature transversale est non seulement un outil pour rendre un meilleur service des usagers-clients mais aussi un instrument d'efficacité et de productivité interne à l'exploitant. Les gains de productivité sont à l'évidence masqués par l'augmentation du service rendu aux usagers.

¹⁰ [SEC95]

La prise de décision est toujours multidimensionnelle

- La prise de décision ne saurait se réduire aux seuls critères de rentabilité mais est multidimensionnelle. L'analyse du contexte et des besoins ressentis ne doivent pas être négligés. Les effets non monétisés et censés avoir un impact important doivent être réintégrés dans la sphère de décision. Au sein de l'analyse économique traditionnelle l'analyse portera aussi sur l'équité des mesures d'exploitation et donc sur leur acceptation. En effet, certains usagers pourraient bénéficier d'avantages au détriment d'autres usagers (régulation d'accès, favoriser les flux longues distances contre les flux locaux, etc.). La complexité urbaine et les effets difficiles à quantifier (accessibilité, intermodalité, cohésion économique et sociale, ...) renforce le caractère multidimensionnel.

- Le débat actuel est intense sur des mesures d'exploitation de lutte contre la congestion par le péage urbain, des mesures réglementaires de circulation, des mesures propres au transport et la livraison des marchandises, le semi collectif, le choix entre favoriser les populations résidentes ou les usagers du réseau de niveau 1, etc.

XIII.3 Quelques éléments concernant les évaluations d'impact et technique

Ce paragraphe a pour ambition de fournir quelques lignes directrices concernant les différents aspects de l'évaluation d'impact ou technique de systèmes dans le contexte d'un projet d'exploitation de réseau de niveau 1 du SDER. Ces lignes directrices sont inspirées du projet DRIVE [COM90] auquel on pourra se reporter pour de plus amples détails.

Les objectifs de ces quelques lignes sont les suivants :

- aider les responsables de ces projets en leur fournissant un guide pour la conception et la réalisation de l'évaluation de tels systèmes,
- fournir des éléments pour mesurer la signification des résultats des tests.

XIII.3.1 Approche générale pour planifier et concevoir les évaluations

Pour une évaluation d'impact ou technique de systèmes, il y a trois principales nécessités :

- les conséquences de l'implantation des (nouvelles) technologies doivent être connues aussi tôt que possible,
- une évaluation de toutes les conséquences est nécessaire,
- les résultats de l'évaluation doivent permettre de pouvoir faire prendre une décision au responsable du projet.

Ces tâches demandent comme pour l'approche socio-économique deux approches différentes dans le temps :

- l'évaluation ex ante, i.e. une analyse de l'efficacité d'un système ou du classement d'un ensemble de systèmes en respectant leur efficacité relative, support de décision avant leur implantation,
- l'évaluation ex post, i.e. une analyse de l'efficacité du système après son installation.

L'évaluation doit être considérée, nous le rappelons, comme un processus itératif qui inclut la possibilité de redéfinir des objectifs et des hypothèses et le développement d'alternatives qui rempliraient les objectifs initiaux. Les expérimentations qui en découlent peuvent contribuer à la constitution d'une base de connaissance importante.

L'évaluation de systèmes qu'elle soit d'impact ou technique, pour l'exploitation tient une place importante dans le processus de décision. Pour ce faire, quatre étapes consécutives sont donc nécessaires :

- construire des scénarios de l'environnement de la future décision pour évaluer les alternatives,
- mesurer et/ou modéliser les situations d'exploitation,
- évaluer les impacts physiques et intangibles pour chaque critère d'évaluation à travers des mesures d'efficacité,
- quantifier les impacts et synthétiser les valeurs pour les composants de ces impacts.

XIII.3.2 Conception d'une évaluation d'impact ou technique à partir d'expérimentations

La question est : Comment les expérimentations doivent être conçues pour fournir des estimations satisfaisantes des critères d'efficacité qui sont utilisés dans le processus d'évaluation ?

Tester les composants d'un système et le système lui-même doit être basé sur les principes d'un coût minimum et d'une sécurité maximum.

Ceci signifie que l'expérience peut être conduite selon la séquence suivante (§ XIII.4.1 en associant la démarche qualité) :

- tests sur les composants individuels du système et des sous-systèmes pour un fonctionnement physique,
- tests des réactions de l'utilisateur aux composants individuels, sous-systèmes et système complet dans un environnement contrôlé,
- tests du système dans un environnement réel.

La dernière étape va être la plus chère et a des implications sur la sécurité, c'est pour cela qu'elle doit être abordée avec précaution.

Les critères d'efficacité pour une expérimentation sont définis dans un plan d'évaluation (§ XIII.3.3).

Ces critères peuvent être répartis en 3 niveaux :

Niveau 1 : les critères d'efficacité liés à la précision et à la disponibilité de la mesure par exemple ; c'est-à-dire au niveau du test technologique.

Niveau 2 : les critères pour tester l'impact sur les usagers dans un environnement contrôlé tels que : la perte d'attention dans la conduite, les mesures physiologiques de stress, les mesures de compréhension, les mesures de performance dans un véhicule test,...

Niveau 3 : les critères pour démontrer l'efficacité du système dans un environnement réel qui sont donnés dans le chapitre XIV traitant des indicateurs de circulation.

XIII.3.3 Proposition d'un plan d'expérimentation

La démarche d'évaluation conduit alors à établir un processus de conception de l'expérimentation (méthode dite des "12 étapes").

Le principal objectif d'un processus expérimental est de mesurer le (ou les) critère(s) d'efficacité aussi précisément que possible. Ceci peut amener la réalisation des étapes suivantes :

Etape 1

Définition du système ou du sous-système devant être testé.

Etape 2

Définition des méthodes de comparaison des systèmes potentiels.

Deux formes de comparaison sont envisageables :

- comparaison des critères d'efficacité par rapport à des normes,
- comparaison relative des critères d'efficacité entre les systèmes alternatifs.

Etape 3

Définition des critères de réponse.

Etape 4

Définition du contexte dans lequel le système doit être testé et première considération des variables concomitantes.

En effet, des effets externes (conditions météo, période de trafic considérée,...) peuvent influencer les critères de réponse. Il est donc important d'identifier les attributs du contexte qui varient probablement avec les critères de réponse.

Le problème de cette approche est qu'elle peut accroître la taille requise de l'échantillon et ainsi rendre l'expérimentation plus chère. Il est donc nécessaire d'effectuer un compromis entre le contexte et le coût global du test.

Etape 5

Permettre les effets d'interaction entre le système et le contexte dans lequel il est testé.

En effet, ceux-ci, comme nous l'avons vu dans l'étape précédente, ont une influence sur la réponse des interactions complexes entre le système et le contexte dans lequel le système est testé. Très souvent, ils sont négligés mais si cela est fait, la décision doit être prise en connaissance de cause.

Etape 6

Spécification d'un modèle formel des critères de réponse. Ceci est une étape vitale dans le processus pour deux raisons :

- elle identifie formellement les facteurs qui pourraient affecter la réponse du système dans le contexte où il est testé,
- elle fournit la base théorique pour les calculs des tailles d'échantillons. En particulier, elle peut supposer, ce qui généralement le cas, que les critères de réponse sont distribués selon une loi de probabilité normale.

Etape 7

Définition d'un site test.

Etape 8

Calcul du nombre de mesures requises de la réponse du système dans chaque contexte afin d'estimer avec une précision raisonnable les critères d'efficacité. Ceci conduit donc à calculer la taille de l'échantillon.

La taille de l'échantillon dépend de plusieurs facteurs :

- la variation entre les mesures individuelles de la réponse (en termes statistiques la variance d'erreur),
- le changement minimum en performance du critère d'efficacité qu'on veut identifier avec un certain intervalle de confiance,
 - l'intervalle de confiance retenu (souvent 95%),
 - la reconnaissance ou non de l'hypothèse de normalité de la réponse,
 - la sévérité des tests statistiques.

Etape 9

Constitution du plan d'expérience.

Etape 10

Intégrité de l'expérimentation.

Il pourrait encore y avoir des sources potentielles d'erreur dans des expérimentations bien conçues. Il est très important alors d'être conscient de cette éventualité lors des conclusions tirées des expérimentations.

Ces problèmes sont :

- certains éléments de l'impact ont pu être omis volontairement ou involontairement,
- certaines influences externes peuvent subsister qui n'ont pas été retenues lors de la définition du contexte,
- certains biais peuvent être introduits par les mesures elles-mêmes.

Etape 11

Mesures des critères de réponse.

Etape 12

Spécification de l'équipement et d'autres ressources utiles pour mesurer la réponse du système.

Cette répartition n'est qu'indicative et il est bien entendu que certaines étapes peuvent être sans objet ou doivent être interchangées suivant le système en test et le type d'évaluation que l'on veut lui faire subir (impact ou technique, ex ante ou ex post).

Il est à noter que les expérimentations peuvent être effectuées à différents niveaux de réalisation du système d'exploitation. Suivant le niveau concerné, les sites à utiliser présenteront diverses nécessités.

XIII.4 Recommandations pour la gestion de projet et une évaluation technique

Les recommandations ci-après visent à fournir les concepts usuels du management de projet et à sensibiliser aux principes de gestion d'un projet complexe comme celui concernant un la mise en place d'une exploitation de niveau 1. Elles fournissent des indications sur la mise en place d'une démarche qualité, indispensable pour une évaluation technique efficace des sous-systèmes et du système complet lié à l'exploitation de niveau 1.

XIII.4.1 Rôle du chef de projet

Le chef de projet assumant la conduite de l'élaboration du projet global d'exploitation est à la fois un décideur, un directeur technique et un gestionnaire.

- Comme **décideur** il devra dans le cadre de son projet prendre les décisions ou initiatives nécessaires à l'avancement comme la validation des étapes-clés. Dans bien des cas, les choix ou orientations les plus importants seront validés par un comité de pilotage, collège des différentes parties prenantes. Alors le chef de projet prépare les décisions par une information adaptée (rapports) et des présentations en comité de pilotage.

- Comme **directeur technique** il anime les développements du projet et veille au respect des cahiers des charges par les différents fournisseurs et prestataires.

Il met en place une organisation et une équipe projet ad hoc.

Il s'assure de la bonne concertation et collaboration des différents exploitants et autres acteurs concernés. Cela est particulièrement vital au niveau de l'étude d'opportunité, la définition des besoins et les études préalables. Ces volets sont inclus dans la phase préparatoire. Pour les choix techniques, compte tenu de la multiplicité des acteurs et des équipements, on s'assurera aussi de la compatibilité ou de l'interopérabilité des systèmes, ce qui passe aussi par la concertation si les choix sont très amont.

Il réalise le découpage du projet en différentes phases ou étapes consistantes en elles-mêmes et cohérentes entre elles. Il organise leur ordonnancement et planning.

Le chef de projet organise au niveau de son projet l'assurance qualité par les procédures qualité et l'organisation rattachée. L'assurance de la qualité est définie comme étant l'ensemble des actions préétablies et systématiques nécessaires pour donner la confiance appropriée en ce qu'un produit ou service satisfasse aux exigences données relatives à la qualité et réponde bien au besoin. Cette assurance qualité résulte d'une part, de l'obligation du suivi de formalismes (standards de présentation, check-listes, méthodes de conception, déroulement d'une procédure avec ses points de contrôle) et d'autre part, d'un contrôle du fond ou du contenu des travaux et prestations généralement exercé par des experts à l'expérience reconnue dans les domaines étudiés.

En phase préparatoire, l'accent qualité sera mis sur les atouts que l'on se donne pour l'analyse des besoins, des enjeux et l'évaluation des risques d'inadéquation de la solution proposée aux objectifs poursuivis. A l'issue de la phase préparatoire seront établis les plans et procédures relatifs aux différentes étapes de la phase opérationnelle.

En phase opérationnelle, la qualité joue un double rôle : s'assurer que le projet se déroule conformément aux attentes et que la qualité se retrouve prescrite dans les dossiers en sortie des travaux de la présente phase (plan qualité du SAGT, plans de test pour la vérification du service régulier, etc.).

- Comme **gestionnaire** il s'assure que les coûts, délais et procédures qualité sont bien respectés. Dans ce but, une logistique et des procédures de gestion ad hoc au projet sont mises en place. Une documentation technique et administrative est définie.

La direction de projet ne s'exercera pas de même manière dans la phase préparatoire et la phase opérationnelle. Dans la phase préparatoire il s'agit de faire révéler les enjeux, les besoins, les objectifs et les moyens d'amélioration. La concertation et l'organisation de la coopération entre les différentes parties sont donc cruciales. Dans la phase opérationnelle il s'agit de formaliser et de concevoir. La technique prend le pas d'où l'importance de la direction technique, des procédures de qualité et de validation.

Il va de soi que la complexité de la tâche du chef de projet requiert une démultiplication qui passe par la mise en place de l'équipe projet (délégation de responsabilité et assistants) voire de conseils extérieurs (experts). Pour remplir au mieux sa mission le chef de projet mettra en place une démarche dont les recommandations sont énumérées ci-après.

XIII.4.2 Démarche à mettre en place

Le chef de projet adoptera une démarche qui prend en compte les aspects suivants :

- *processus décisionnel,*
- *équipe projet,*
- *communication et relation avec les différentes parties concernées,*
- *principes de management,*
- *outils de management.*

Processus décisionnel

La lettre de mission du chef de projet précisera son degré d'autonomie dans les décisions à prendre au cours du projet global d'exploitation relatif au réseau de niveau 1. Par exemple, des orientations techniques ou organisationnelles seront fournies (cadrage). Le processus décisionnel sera probablement décrit : comité de pilotage, comité de suivi, contrôle qualité extérieur à l'équipe projet, etc. Si tel n'était pas le cas, ou si la lettre de mission n'est pas suffisamment explicite, alors il incombe au chef de projet de proposer ce processus décisionnel d'ensemble.

En ce qui concerne la validation intermédiaire des différentes étapes, tâches, produits ou travaux celle-ci est décrite dans les principes de management. Toutefois, un organigramme synthétique résumant les grandes étapes, les points clés et la séquence sera fourni.

Equipe projet

Le chef de projet s'attachera le concours de collaborateurs choisis en fonction des principes de management, des parties impliquées et de son propre rôle. Le mode de fonctionnement de l'équipe projet sera précisé par le chef de projet. Un organigramme de l'équipe et un tableau résumé des fonctions de chacun seront fournis. Cet organigramme fera aussi apparaître les responsables internes à l'équipe projet et externes pour le contrôle qualité.

Communication et relation avec les différentes parties concernées

La communication et relation avec les différentes parties concernées a d'autant plus d'importance que les intervenants sont nombreux. Quatre niveaux seront définis :

- *extérieure,*

- comité de pilotage ou conducteur d'opération,
- partenaires, co-traitants, sous-traitants, fournisseurs,
- équipe projet.

La communication vers l'extérieur s'adresse aux personnes ou aux publics qui ne sont pas directement impliqués dans l'élaboration du projet global d'exploitation. Ce type de communication se décide en principe dans les instances décisionnelles en dernier ressort (comité de pilotage, ...). A l'évidence sa conception sera spécifique à l'exemple de dossier de presse, articles, etc.

La communication pour le comité de pilotage ou décideur en dernier ressort comprendra d'une part les rapports périodiques synthétiques sur l'avancement du projet (qualité, coûts, délais, auto-évaluation du bon déroulement) et d'autre part, elle sera axée sur les étapes-clés, événements ou matière pouvant donner lieu à discussion ou décision d'ordre stratégique.

La communication avec les partenaires, co-traitants, sous-traitants et fournisseurs sera limitée à des aspects contractuels définis lors de la passation des marchés et bien sûr aux procédures de suivi et validation (états périodiques et procédures).

La communication au sein de l'équipe projet sera ciblée en fonction du rôle des personnes et du style de management impulsé par le chef de projet.

Une bonne gestion et diffusion de l'information permettra de gagner du temps et d'une manière générale améliorera la visibilité sur le projet et la prise de décision; d'où la nécessité pour le chef de projet d'élaborer un plan documentaire dès le début.

La diffusion de l'information comprend :

- les courriers,
- les convocations de réunion, ordres du jour et documentations afférentes
- les comptes rendus,
- les relevés de décision,
- les rapports périodiques du suivi de projet, qualité et coûts,
- les rapports et notes de synthèse techniques,
- les procès verbaux de recettes,
- les dossiers techniques,
- les marchés et dossiers afférents.

La diffusion de l'information est toujours sélective en fonction des quatre niveaux décrits ci-dessus. Elle sera conçue et gérée en fonction de la catégorie d'intérêt des personnes :

- grand public (usagers, populations en proximité du réseau)
- responsable politique (Etat, collectivités locales),
- responsable décisionnel (maître d'ouvrage, exploitants, exploitants associés, autorité préfectorale, services techniques),
- responsable de production (maître d'œuvre, équipe projet, experts, prestataires et fournisseurs).

Nota : Le chef de projet gardera à l'esprit la préparation d'éventuels contentieux (non respect de procédures, fournisseur défaillant, non conformité du travail de prestataire).

Le chef de projet s'adjoindra les services et les compétences nécessaires à ce secrétariat.

Principes de management

Dans le but de remplir sa mission, le chef de projet adopte sa conduite de projet selon les six principes suivant :

- définir le projet,
- choisir le mode de conduite
- décomposer en tâches,
- définir les règles de validation et formaliser les procédures,
- se doter d'outils de suivi et de gestion,
- s'assurer de la qualité.

Définir le projet

La définition du projet implique la reformulation de l'objet de la lettre de mission. Cette définition fait le lien entre le projet concret à mettre en œuvre et les recommandations du guide méthodologique. Le besoin à satisfaire, le contexte et les enjeux, les différentes parties concernées, la ou les solutions envisageables, les grandes étapes du projet doivent clairement apparaître, en particulier l'articulation des phases préparatoires et opérationnelles :

Phase préparatoire : mise à jour des enjeux et du besoin d'amélioration des conditions de circulation et d'exploitation sur le réseau de niveau 1 / proposition d'un système d'exploitation avec une organisation, des moyens humains et techniques et des fonctions adaptés. Cette proposition sera étayée par l'évaluation économique voire les résultats d'une analyse de la valeur. La décomposition en tâches élémentaires sera orientée en vue des sorties finales de la phase préparatoire : dossier de présentation et dossier d'études préliminaires.

Phase opérationnelle : définition et spécifications du système d'exploitation prenant en compte : les missions / fonctions, les acteurs, les structures, l'organisation, les moyens, le SAGT. Les choix techniques et organisationnels résulteront d'évaluation (analyse économique avec décompte analytique des coûts, analyse de la valeur, application de méthodes d'analyses structurées comme SA-DT, SA-RT, démarche d'optimisation). Les tâches élémentaires convergeront vers le dossier d'APS, le dossier "études de projet", le DCE.

Choisir le mode de conduite

Le chef de projet précisera son mode de conduite du projet. En particulier, il récapitulera l'organisation et les principales procédures mises en place :

- processus décisionnel,

- processus de validation et contrôle qualité,
- équipe projet et rôle des acteurs,
- structure d'accueil.

Décomposer en tâches

Le chef de projet réalise le découpage du projet en différentes phases ou étapes consistantes en elles mêmes et cohérentes entre elles. Il organise leur ordonnancement et planning. Ce travail est résumé par :

- un tableau récapitulatif comprenant le libellé, la date de début, la date de fin, les ressources en personnel (hommes-mois), le budget en francs, les entrées, les sorties, le responsable de tâche, les autres contributeurs,
 - un planning y compris les dates de réunions et de fournitures des sorties,
 - un PERT ou un diagramme des relations entre tâches,
 - un diagramme de Gantt.

Le découpage en tâches est optimisé en fonction des contraintes relatives au contenu du projet d'exploitation en lui-même, des règles de logique de gestion (à un point crucial de décision ou d'avancement doit correspondre la fin d'une tâche), des délais et des coûts.

Au travers du découpage proposé par le chef de projet, on devra retrouver les grandes phases et étapes du guide méthodologique (phase préparatoire, phase opérationnelle). Le découpage sera par contre plus fin.

La décomposition en tâches est au cœur du management de projet. Elle conditionnera pour une bonne part le déroulement du projet.

Il existe des logiciels informatiques dédiés à l'élaboration d'organigramme, d'ordonnancement et de planning.

Définir les règles de validation et formaliser les procédures

Les règles de validation s'inscrivent dans le cadre du processus décisionnel.

Elles concernent :

- les degrés de validation des dossiers techniques,
- les lecteurs,
- la passation des marchés,
- le suivi des coûts du projet,
- le suivi des plannings,
- la qualité.

Les degrés de validation des dossiers techniques comporteront deux niveaux : la validation ayant force contractuelle et l'approbation qui vaut engagement sur le document ou dossier soumis.

Pour les lecteurs toute fiche d'envoi comportera leur rôle :

- diffusion (qui diffuse, une seule personne),
- information (qui reçoit l'information, la ou les personnes donnent éventuellement leur avis),
- action (qui doit agir),
- validation (qui valide).

En outre cette fiche devra mentionner systématiquement l'auteur ou rédacteur ainsi que l'approbation de la personne donnant l'autorisation préalable de soumission du document ou dossier. Ceci est dû au processus de validation interne organisé par le chef de projet.

La passation des marchés sera bien sûr compatible avec la réglementation en vigueur pour le type et le contexte donné (exemple code des marchés publics, etc.). Le chef de projet s'assurera que l'adaptation du cahier des clauses administratives et générales provisionne bien les aspects spécifiques au projet.

Le suivi des coûts du projet sera réalisé par couplage d'un état périodique sur les engagements des ressources et l'avancement effectif des travaux. Le chef de projet, de manière judicieuse, donnera alors les autorisations de paiement pour les budgets des prestataires sous sa responsabilité en fonction de ce couplage et des différentes validations.

Le suivi des plannings sera relativement détaillé pour pouvoir apprécier *l'avancement réel constaté* notamment, en faisant apparaître les étapes intermédiaires comme des actions matérialisées par des jalons (présentation de rapport, exposé, démonstration, validation de dossier). L'avancement sera en général évalué mois par mois. Le planning pointé sera présenté et commenté chaque mois par les prestataires des travaux. Le chef de projet traitera cette information par rapport au planning de référence et se dotera d'indicateurs de déviation. Il appréciera s'il est alors opportun de modifier le planning de référence.

L'assurance qualité (cf. § XIII.4.1 plus haut) suivra le cadre général des normes AFNOR (cf. Bibliographie).

La formalisation des procédures vise à codifier et rendre opposables les règles de validation.

Se doter d'outils de suivi et de gestion

Trois catégories d'outils sont à mettre en place :

- le suivi de l'avancement du projet et des coûts,
- le contrôle qualité,
- la documentation.

Le suivi de l'avancement du projet et des coûts comprend les échanges d'informations avec les différents prestataires et la production d'états ou rapports périodiques concernant :

- l'avancement dans les plannings (plannings pointés)
- l'engagement des ressources (état périodique des coûts avec un pas mensuel en général),
- l'identification des écarts et leur implication,
- les communications extérieures et en comité de pilotage,
- les événements particuliers,
- l'auto-évaluation (jugement sur la capacité à atteindre les objectifs dans les conditions définies initialement),
 - les éventuelles mesures correctives,
 - les plannings actualisés.

L'ensemble de ces états comprend le détail pour une tâche et son agrégation, la période en cours, le cumulé et l'écart par rapport au prévu.

L'état relatif au contrôle qualité récapitulera les phases ou étapes validées ou infirmées résultant de l'application des procédures. Les éventuelles difficultés ou non conformités seront listées. Le plan qualité provisionnera les éventuelles mises à jour ou révisions résultant des aléas.

L'état relatif à la logistique du projet comprendra un volet inventaire de documentation de toute communication, information, rapport, dossier, etc. et un volet relatif à l'archivage des échanges d'informations ou attestations relatives aux procédures. Il existe des logiciels pour faciliter ce travail. Dans tous les cas on s'assurera d'une codification vérifiant la traçabilité (génése, auteurs, versions et mise à jour, etc.).

S'assurer de la qualité

Il est plus que conseillé d'intégrer systématiquement la démarche qualité à la gestion de projet. Il sera fait référence à l'assurance qualité dans les dispositions contractuelles entre les intervenants, prestataires et fournisseurs. Les thèmes de la gestion de la qualité et de l'assurance qualité font l'objet de nombreuses publications normatives par l'AFNOR (cf. bibliographie).

L'assurance qualité devra permettre d'atteindre les objectifs fixés avec conformité technique en identifiant les risques de dérives. Dans ce but des procédures et plans qualité sont mis en œuvre en vue de valider les différentes étapes et la sûreté de fonctionnement. L'obligation de méthodes structurées de conception, de plans de tests et d'identification systématique des écarts présentant un risque sont autant de moyens de renforcer la qualité.

Exemple d'indicateurs de qualité technique pour la vérification du service régulier :

Le principe des indices qualité est une métrique particulière pour l'indisponibilité d'un élément d'un SAGT. L'indisponibilité est généralement calculée comme :

heures de panne / heures de fonctionnement

La panne est définie comme l'état Non OK de l'élément considéré, qu'il soit positionné automatiquement ou forcé.

Les valeurs significatives sont :

- zéro tout est OK
- x ce n'est pas exact mais on s'en accommode
- y ce n'est pas exact mais on s'en accommode difficilement
- z ce n'est pas acceptable
- _ élément Non OK.

x, y, z étant à définir.

Ensuite des indices qualité sont définissables pour les tâches, les sous-systèmes, les machines, les sites et l'ensemble du SAGT.

Un projet global d'exploitation de niveau 1 du SDER se rapproche de celui d'élaboration d'un logiciel complexe (nombreux modules, échanges multiples d'informations). Aussi les pages suivantes s'en inspirent fortement. Comme règle générale, le chef de projet gardera aussi à l'esprit les dimensions multiples comme la réaction des usagers aux actions de gestion du trafic (pas forcément contrôlée par le système), l'insertion dans la politique d'exploitation voire des transports, etc.

Les plans qualité

Le sommaire ci-dessous énonce les têtes de chapitres pour l'élaboration d'un plan qualité du SAGT.

- 1 But - Domaine d'application et responsabilités
 - 1.1 Introduction
 - 1.2 Modules concernés par le plan qualité
 - 1.3 Responsabilités associées au plan qualité
 - 1.4 Procédure d'évolution du plan qualité
 - 1.5 Procédure à suivre en cas de non application
 - 1.5.1 Demande de dérogation
 - 1.5.2 Constat de non respect du plan
- 2 Documents applicables et documents de référence
 - 2.1 Documents applicables
 - 2.2 Documents de référence
- 3 Terminologie
 - 3.1 Glossaire
 - 3.2 Abréviations
- 4 Organisation
 - 4.1 Localisation du projet dans les services
 - 4.2 Structure du projet
- 5 Démarche de développement

- 5.1 Cycle de développement
- 5.2 Description des phases du cycle de développement
 - 5.2.1 Terminologie des objets produits
 - 5.2.2 Phase 1 : Spécification du système
 - 5.2.3 Phase 2 : Conception préliminaire
 - 5.2.4 Phase 3 : Conception détaillée
 - 5.2.5 Phase 4 : Codage pour un logiciel, fabrication ou fourniture pour un équipement
 - 5.2.6 Phase 5 : Tests unitaires
 - 5.2.7 Phase 6 : Intégration
 - 5.2.8 Phase 7 : Validation
 - 5.2.9 Phase 8 : Période probatoire
- 6 Documentation
 - 6.1 Documents de gestion de projet
 - 6.2 Documents techniques de réalisation
- 7 Gestion de configuration
 - 7.1 Eléments
 - 7.2 Identification
 - 7.3 Procédure d'identification et de gestion de la configuration
- 8 Gestion des modifications
 - 8.1 Origine des modifications
 - 8.2 Procédure et organisation
- 9 Méthodes, outils et règles
 - 9.1 Méthodes
 - 9.2 Outils
 - 9.3 Règles

Cycle de vie d'un projet

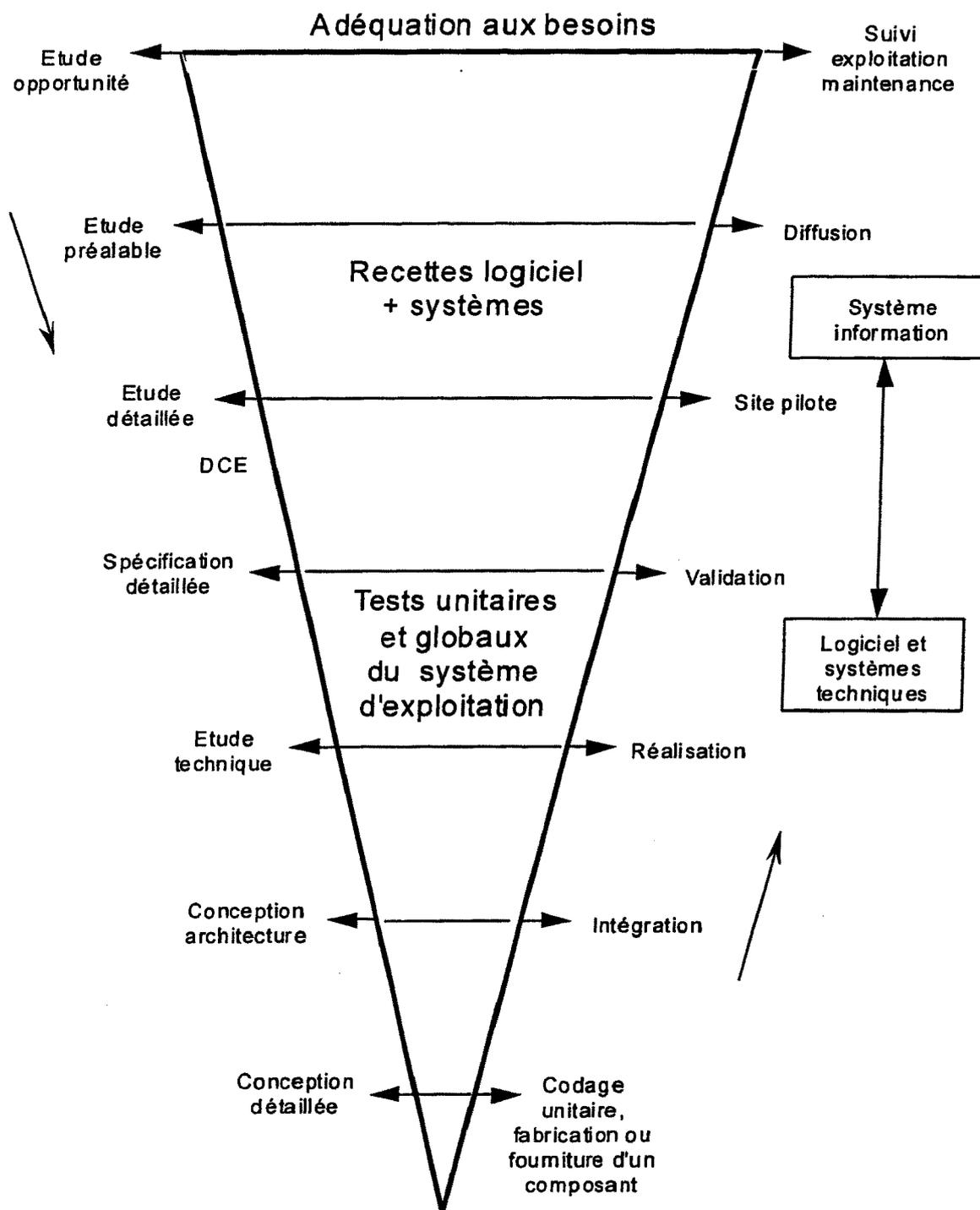
Le schéma ci-dessous résume les étapes de la vie d'un projet (courbe en "v"). La phase préparatoire correspond aux études d'opportunité et préalables, la phase opérationnelle aux études détaillées. Au sein de la phase opérationnelle les dossiers APS, "études de projet" et de consultation des entreprises anticipent sur les étapes suivantes du cycle de vie de la conception à la partie montante de la courbe. La séquence des étapes suit le sens des flèches sur le schéma. La validation des étapes dans la partie montante de la courbe se fait aussi par comparaison de celle en vis-à-vis sur la partie descendante.

Nota : nous nommerons dans les tableaux suivants

- EO = étude d'opportunité
- EP = étude préalable
- ED = étude détaillée
- ET = étude technique
- R = réalisation

Figure XIII.11. Cycle de vie d'un projet

Source : Adaptation du Manuel qualité pour les applications informatiques nationales, MELATT Paris 1988 [MIN88]



Les principales étapes de la courbe sont décrites dans la figure XIII.12 qui suit.

PARTIE C

Figure XIII.12. TABLEAU DES ETAPES, PHASES ET ACTIVITÉS DE LA DÉMARCHE GLOBALE
 Source : Adaptation des tableaux du Manuel Qualité pour les applications informatiques nationales, MELATT Paris, 1988 [MIN88]

ETAPES	PHASES	ACTIVITÉS PRINCIPALES	DOCUMENTS PRINCIPAUX	GESTION COURANTE	GESTION ETAPES ET PHASES FUTURES		
ETUDE D'OPPORTUNITÉ ET MONTAGE DE L'OPERATION	Analyse générale du problème et du besoin	<ul style="list-style-type: none"> Analyse du Schéma directeur Enquête et constat dans les services utilisateurs (exploitants) Les systèmes techniques sont-ils la seule réponse ? 	<p>ENTREE :</p> <ul style="list-style-type: none"> Schéma directeur du domaine, guide, diagnostic et besoins d'amélioration ressentis. <p>SORTIE : Dossier démontrant la pertinence de l'opération et décrivant la mission et le montage</p>	<ul style="list-style-type: none"> l'organisation, le plan et le suivi de cette étude doivent être tels que le délai et l'effort aboutissant aux conclusions soient pertinents par rapport aux enjeux de l'opération 	<ul style="list-style-type: none"> pré-chiffrage du budget de l'opération dimensionnement de l'étude préalable nécessaire 		
	Etude de l'état de l'art et référence à des opérations équivalentes	<ul style="list-style-type: none"> Études documentaires Etat de la technologie Investigations auprès d'exploitants équipés. 					
	Etude d'impact technico-économique	<ul style="list-style-type: none"> Préanalyse de la valeur Préanalyse des enjeux Préanalyse de productivité du service ... Préanalyse coûts-avantages 					
	Montage de l'étude préalable et définition de la mission de l'étude préalable	<ul style="list-style-type: none"> Désignation maître d'ouvrage Appréciation si possible Pré-chiffrage du budget (références extérieures) 					
ETUDE PREALABLE DU SYSTEME	Recueil	<ul style="list-style-type: none"> Investigation de l'existant sur un sous-ensemble représentatif 	<p>ENTREE : Dossier décrivant les objectifs de l'étude préalable (<i>il a été construit en s'appuyant sur le dossier de l'étude d'opportunité</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> en début, planification de l'étude préalable 	<ul style="list-style-type: none"> Planification précise de l'étude détaillée 		
	Préconception et organisation	<ul style="list-style-type: none"> Définition des orientations Elaboration validation des modèles Recherche des solutions techniques avec, éventuellement, des expérimentations. Evaluation de l'utilisation 				<ul style="list-style-type: none"> en cours : suivi d'avancement (selon plans) de l'EP relecture intermédiaire, revues 	<ul style="list-style-type: none"> planification et chiffrage sommaire des étapes suivantes (développement et diffusion)
	Appréciation	<ul style="list-style-type: none"> Scénario de mise en oeuvre Evaluation - bilan - rédaction 				<ul style="list-style-type: none"> en fin : qualification du dossier de l'étude préalable 	

PARTIE C

ETAPES	PHASES	ACTIVITÉS PRINCIPALES	DOCUMENTS PRINCIPAUX	GESTION COURANTE	GESTION ETAPES ET PHASES FUTURES			
ETUDE DÉTAILLÉE DU SYSTÈME	Conception fonctionnelle générale	<ul style="list-style-type: none"> Affinage modèles Etablissement - procédures - fonctions (y compris fonctions nécessaires à l'évaluation de l'impact) Analyse procédures transactionnelles et temps différé Validation et construction définition des modèles Conclusions 	<ul style="list-style-type: none"> ENTRÉE : Dossier de choix de l'étude préalable SORTIE : Dossier étude détaillée avec pour les logiciels : <ul style="list-style-type: none"> dossier de spécification des logiciels et équipements. manuels provisoires d'utilisation, d'exploitation, de mise en oeuvre dossier provisoire validation-recette plan provisoire d'installation 	<ul style="list-style-type: none"> en début : révision si nécessaire de la planification de l'ED en cours : suivi d'avancement (selon plans de l'ED) relectures intermédiaires, revues en fin : qualification revue des dossiers ED (entre autres le dossier de spécification du logiciel) 	<ul style="list-style-type: none"> planification précise de l'étude technique et de la réalisation première version plan validation recette site pilote première version plan d'installation décision de formation 			
	Spécification des logiciels et équipements	<ul style="list-style-type: none"> Traduction des besoins du client en : <ul style="list-style-type: none"> Fonctions Interfaces Performances Contraintes Exigences Qualité Conception de l'architecture des systèmes physiques et des logiciels Conception de l'architecture des données Décomposition de chaque traitement de logiciel 				<ul style="list-style-type: none"> ENTRÉE : <ul style="list-style-type: none"> dossier de spécification et les manuels SORTIE : <ul style="list-style-type: none"> dossier de conception préliminaire dossier provisoire des tests d'intégration et globaux ENTRÉE : <ul style="list-style-type: none"> dossier de conception préliminaire SORTIE : <ul style="list-style-type: none"> dossier de conception détaillée dossier provisoire des tests unitaires les manuels 	<ul style="list-style-type: none"> en début : révision si nécessaire de la planification ET en cours : suivi d'avancement selon plans ET 1ère version du plan intégration et tests associés en fin : qualification, revue des dossiers ET (conception préliminaire/conception détaillée) 	<ul style="list-style-type: none"> réactualisation de la planification de la réalisation version finale du plan des tests unitaires décision de formation
	Conception préliminaire des systèmes, des logiciels et des données	<ul style="list-style-type: none"> Conception de chaque traitement pour les actions d'exploitation. Décomposition de chaque traitement 						
Conception détaillée		<ul style="list-style-type: none"> ENTRÉE : <ul style="list-style-type: none"> dossier de spécification et les manuels SORTIE : <ul style="list-style-type: none"> dossier de conception préliminaire dossier provisoire des tests d'intégration et globaux ENTRÉE : <ul style="list-style-type: none"> dossier de conception préliminaire SORTIE : <ul style="list-style-type: none"> dossier de conception détaillée dossier provisoire des tests unitaires les manuels 	<ul style="list-style-type: none"> en début : révision si nécessaire de la planification ET en cours : suivi d'avancement selon plans ET 1ère version du plan intégration et tests associés en fin : qualification, revue des dossiers ET (conception préliminaire/conception détaillée) 	<ul style="list-style-type: none"> réactualisation de la planification de la réalisation version finale du plan des tests unitaires décision de formation 				

PARTIE C

ETAPES	PHASES	ACTIVITÉS PRINCIPALES	DOCUMENTS PRINCIPAUX	GESTION COURANTE	GESTION ETAPES ET PHASES FUTURES
REALISATION	Codage, fourniture et	<ul style="list-style-type: none"> Traduction des traitements en code Production 	<ul style="list-style-type: none"> ENTREE : <ul style="list-style-type: none"> dossier de conception détaillée et les manuels SORTIE : <ul style="list-style-type: none"> listage des éléments codés dossier de tests unitaires 	<ul style="list-style-type: none"> en début : révision si nécessaire de la planification étape R en cours : suivi d'avancement selon plans étape R Version finale plan intégration et tests associés relectures, revues intermédiaires codes et tests 	<ul style="list-style-type: none"> réactualisation des plans de validation-recette (version finale) et de diffusion décision de formation (utilisateurs du site pilote et diffuseurs)
	Tests unitaires	<ul style="list-style-type: none"> Tests unitaires de chaque traitement 	<ul style="list-style-type: none"> ENTREE : <ul style="list-style-type: none"> dossier des tests unitaires dossier de conception détaillée SORTIE : <ul style="list-style-type: none"> résultats des tests unitaires listage des éléments testés unitairement dossier de tests d'intégration et globaux 	<ul style="list-style-type: none"> en fin : revue, qualification des fournitures (logiciel, composants, manuel, etc.) 	
	Intégration et Tests globaux	<ul style="list-style-type: none"> Assemblage progressif des traitements Tests d'intégration et globaux 	<ul style="list-style-type: none"> ENTREE : <ul style="list-style-type: none"> dossier des tests d'intégration et globaux dossier de conception préliminaire SORTIE : <ul style="list-style-type: none"> dossier de tests d'intégration et globaux listage des éléments testés en intégration dossier de validation recette les manuels 		

PARTIE C

ETAPES	PHASES	ACTIVITÉS PRINCIPALES	DOCUMENTS PRINCIPAUX	GESTION COURANTE	GESTION ÉTAPES ET PHASES FUTURES
VALIDATION SUR SITE PILOTE	Intégration et mise en place du système	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place du système (logiciel, matériel, organisation) 	ENTREE : <ul style="list-style-type: none"> Dossier des tests de validation (+ cahier recette) Dossier de spécification 	<ul style="list-style-type: none"> en début : révision si nécessaire des plans de cette étape 	<ul style="list-style-type: none"> version finale plan d'installation
	Validation Recette	<ul style="list-style-type: none"> Tests complets en fonctionnement opérationnel Recette 	SORTIE : <ul style="list-style-type: none"> Résultat des tests de validation Dossier définitif des phases précédentes Procès verbaux de recette 	<ul style="list-style-type: none"> en cours : suivi d'avancement de la réalisation de la recette en fin : revue (avec procès verbal) des résultats de la recette et de l'expérimentation conséquences 	
	Expérimentation	<ul style="list-style-type: none"> Campagne d'utilisation 	<ul style="list-style-type: none"> Plan d'installation définitif Manuels d'utilisation, mise en oeuvre et exploitation 		
MISE EN SERVICE	Préparation	Ces phases concernent la mise en route.	ENTREE : <ul style="list-style-type: none"> Plan d'installation Système validé 	<ul style="list-style-type: none"> en début : révision si nécessaire planification diffusion 	<ul style="list-style-type: none"> décision de formation des utilisateurs et des exploitants
	Formation				
	Mise en oeuvre proprement dite		<ul style="list-style-type: none"> Manuels utilisation, mise en oeuvre et exploitation 	<ul style="list-style-type: none"> en cours : suivi d'avancement 	<ul style="list-style-type: none"> organisation du suivi d'exploitation et de la maintenance
	Lancement		SORTIE : <ul style="list-style-type: none"> Système installé 	<ul style="list-style-type: none"> en fin : revue recette après chaque diffusion 	

PARTIE C

ETAPES	PHASES	ACTIVITÉS PRINCIPALES	DOCUMENTS PRINCIPAUX	GESTION COURANTE	GESTION ÉTAPES ET PHASES FUTURES
EXPLOITATION MAINTENANCE	<p>Suivi-bilan exploitation et impact du système sur le trafic ...</p> <p>Expression, anomalie ou évolution fonctionnelle</p> <p>Mise en réalisation et en validation de la modification</p> <p>Gestion des versions</p> <p>Mise en route d'une nouvelle version</p>	<p>· Suivi et bilan technico-économiques du système.</p> <p>· Emploi de fiches dans lesquelles sont formalisées les anomalies ou la demande d'évolution.</p> <p>· En fait retour vers étapes et phases amont.</p> <p>· Activité d'archivage</p> <p>· En fait retour vers l'étape de mise en oeuvre.</p>	<p>ENTREE :</p> <ul style="list-style-type: none"> · Système installé · Manuels utilisation, diffusion, mise en oeuvre et exploitation <p>SORTIE :</p> <ul style="list-style-type: none"> · fiches anomalies techniques · demandes évolution fonctionnelle et adaptation · fiche compte rendu des évolutions et améliorations effectuées (lien avec la gestion des versions) · dossier bilan exploitation · dossier post évaluation 	<ul style="list-style-type: none"> · le suivi de l'exploitation et de l'utilisation doit permettre d'apprécier l'adéquation du système aux objectifs prévus dans l'étude d'opportunité. · pour la gestion de la maintenance, il faut tenir compte de la gestion des évolutions du système et de ses anomalies mais aussi de la question des étapes précédentes puisque la maintenance engendre un nouveau circuit sur la démarche globale. 	

XIII.4.3 Eléments de vocabulaire¹¹

Ici il s'agit de fixer le vocabulaire.

Les niveaux de management (décisionnel et aide à la décision)

Lorsque l'on est amené à prendre en charge un projet, pour sa gestion ou management, il y a lieu de considérer simultanément les différents aspects :

- les hommes,
- les techniques,
- les risques,
- les coûts,
- les délais.

• Il faut distinguer le niveau de la décision assumé par le chef de projet conformément à la délégation d'autorité que lui a reconnue sa hiérarchie ou le collège des parties prenantes. Dans bien des cas la multiplicité des parties prenantes : exploitants, collectivités locales, Etat amène à mettre en place un comité de pilotage pour valider les grandes étapes ou options. Le pouvoir de décision en propre au chef de projet sera ainsi bien circonscrit, pour le reste il conserve un fort pouvoir d'influence par les rapports périodiques et les présentations en comité de pilotage.

• La gestion de projet doit suivre une démarche d'aide à la décision et donc apporter les informations analysées nécessaires à la prise de décision.

Direction de projet

La mission de la direction de projet est essentiellement de :

- fixer les objectifs, la stratégie, les moyens, l'organisation et le programme d'action,
- coordonner les actions successives et /ou concomitantes,
- maîtriser, c'est-à-dire être à tout instant capable dans tous les domaines, de modifier la stratégie, les moyens et la structure si un objectif évolue ou si le programme ne peut être respecté,
 - optimiser la répartition des ressources (en main-d'oeuvre, matériel, etc.) en vue d'arriver à une solution optimale, ou de moindre coût, dans une vision globale du projet.

L'organisation

Il existe trois types de structures non permanentes :

¹¹ Ces éléments sont inspirés du livre AFNOR sur le management de projet, cf. bibliographie [AFN94]

- les spécialistes restent hiérarchiquement rattachés à leurs chefs de spécialité et le chef de projet transmet ses consignes par leur canal : son autorité est alors assez réduite, et la coordination difficile. Ce schéma est généralement fréquent mais peu efficace sauf dans le cas d'un petit projet ou d'un projet de haute technologie lorsque les lots de travaux sont relativement indépendants,
- tous les intervenants sont détachés pour la durée de leur intervention dans une structure provisoire, qui assure une grande cohésion, mais présente souvent des problèmes d'optimisation des charges de travail,
- une structure "croisée" ou matricielle concilie les avantages des deux précédentes mais celle-ci subordonne chaque membre du groupe de projet à deux autorités directes, ce qui est parfois difficile à vivre.

Ces considérations sont plutôt à relier avec la structure d'appartenance du chef de projet et d'accueil de l'équipe. Il vaut mieux raisonner en organisation et équipe ad hoc au projet. Les membres de l'équipe ne faisant pas forcément partie de la même structure d'appartenance. La taille et la complexité d'un projet d'exploitation militent pour une équipe projet spécifique organisée et animée par le chef de projet.

Optimisation et décision

Il n'y a pas de recettes toutes faites pour s'assurer d'une prise de décision optimale. Il incombe au chef de projet de sentir les étapes-clés et d'organiser en conséquence le processus de validation : réunion du comité de pilotage, procédures qualité, etc.

Même s'ils sont liés, il convient de ne pas confondre l'optimisation du processus décisionnel lié au projet et l'optimisation du produit que fournira la réalisation du projet. Dans ce second cas le déroulement du projet peut inclure en lui-même une méthode d'optimisation des systèmes techniques d'exploitation.

Coordination

Pour reprendre une phrase de M. Benghozi (voir bibliographie) :

"Gérer un projet signifie planifier, organiser et exécuter des tâches complexes, temporaires, mobilisant de nombreux agents (chercheurs, ingénieurs, administratifs, financiers, fabricants, commerciaux ...) en vue de la réalisation d'objectifs définis et limités. Il s'agit d'intégrer en un ensemble cohérent des activités et des personnels qui relèvent de divisions éclatées de l'entreprise".

"En pratique, la tâche essentielle de la direction de projet est de mettre en place des procédures de coordination, et de veiller à ce qu'elles soient respectées, quitte à les modifier à l'occasion si cela se révèle nécessaire".

On pourrait ajouter s'agissant de projets complexes liés à la politique d'exploitation des transports qu'il est aussi conseillé de sentir cette dimension politique.

Planification

Le terme de planification recouvre plusieurs types d'actions et plusieurs niveaux de fonctions dont le dénominateur commun est de définir ce que pourra être l'avenir, et les moyens à adopter pour s'y bien comporter.

C'est ainsi que se distinguent :

- la planification économique, qui tente de prévoir l'évolution des besoins, sur un plan très général et avec des objectifs politiques, au sens large,
- la planification stratégique qui, dans le cadre de cette évolution, vise à situer le service dans la meilleure position possible,
- la planification opérationnelle, qui se pratique dans le cadre strict de la conception et de la réalisation d'un projet,
- la planification de production, ou ordonnancement, qui recherche la meilleure organisation possible pour la réalisation du système d'exploitation.

Gestion de projet

La gestion de projet a pour objectif essentiel d'apporter à la Direction de projet, des éléments pour prendre en temps voulu toutes les décisions lui permettant de respecter les termes du contrat passé avec le conducteur de l'opération, en contenu, en qualité, en délai et coûts (dépenses et recettes) ; c'est donc une tâche principalement prévisionnelle (avec une vision à long terme), intégrant une compréhension globale, technique, contractuelle et commerciale du projet. Les rapports de projet sont la photographie de la situation ; ils représentent un passage obligé pour prévoir les évolutions ultérieures, détecter les écarts par rapport aux prévisions et prendre les mesures appropriées.

En second lieu, la gestion de projet doit également dégager des données statistiques fiables et réutilisables pour améliorer éventuellement la préparation et la réalisation des projets futurs.

Système d'information autant qu'aide à la décision, la gestion de projet est un outil de communication. Elle permet aux responsables de parler le même langage et d'accorder leurs efforts.

Dans un contexte " multi-projet ", il est l'indispensable outil d'arbitrage entre les priorités.

La gestion de projet comprend, dans le plan directeur de projet :

- la maîtrise des délais et la planification opérationnelle,
- l'estimation et l'évaluation des coûts,
- la maîtrise des coûts,

- la gestion des moyens par les procédures de projet,
- la préparation des tableaux de bord,
- la logistique de projet.

La maîtrise des délais et la planification opérationnelle

La planification opérationnelle a pour objet de prévoir et suivre les objectifs (délais, coûts, etc.) de réalisation d'un ouvrage (ouvrage étant ici compris dans son sens le plus large).

Planifier, c'est donc établir le plan directeur de projet, c'est-à-dire :

- cerner les ouvrages ou parties d'ouvrage à réaliser, et, d'une façon plus générale, le but à atteindre,
 - en déduire les objectifs d'actions (études, approvisionnements, travaux à mettre en oeuvre),
 - définir les actions générales (activités) ou particulières (tâches) à accomplir pour cette mise en oeuvre,
 - en déduire les moyens nécessaires,
 - comparer les moyens disponibles aux moyens nécessaires,
 - en déduire les délais prévisionnels susceptibles d'être tenus, après ordonnancement de l'exécution de l'oeuvre,
 - respecter les échéances et principalement celles à marge réduite ou sur le chemin critique,
 - tenir le délai final prévu.

Estimation - Evaluation des coûts

Le projet d'exploitation au sens de la conduite et réalisation des phases préparatoires et opérationnelles du guide fait l'objet d'une estimation financière. Le travail du chargé de mission sera de décomposer en tâches élémentaires ces masses. Au cours de la vie du projet le chef de projet se dotera de procédures de rapports périodiques et d'états financiers pour suivre et anticiper d'éventuels problèmes.

Le chiffrage du produit attendu (organisation et systèmes techniques pour le maintien de la viabilité, la gestion du trafic, l'aide au déplacement) est complètement inclus dans un certain nombre de tâches internes au projet.

La maîtrise des coûts

Pour la réalisation du produit au delà de la phase opérationnelle il conviendra d'anticiper dans les cahiers des charges, les DCE, les risques de dérives de coûts et les décalages temporels. Les contrats futurs et leurs modalités d'exécution seront aussi un moyen de se prémunir contre les aléas financiers, mais cette réflexion ne fait pas partie du présent guide.

La logistique de projet

La logistique est la fonction qui assure à chaque intervenant de disposer, au moment voulu, des moyens nécessaires pour l'accomplissement de sa tâche. La logistique est définie dans la norme AFNOR NF X 50-600.

Dans le cadre du projet, se distinguent deux types de logistiques concernant les flux d'information (les documents) et les flux physiques (les matériels) ; l'une et l'autre ont à intervenir, plus ou moins, dans chaque phase du projet, et vis-à-vis de tous les intervenants :

- la logistique "documentaire" est en charge de la diffusion des divers documents, dans leur état d'applicabilité, auprès de tous les utilisateurs possibles. Avec la multiplication du nombre d'intervenants, la complexité des projets et la fréquence des modifications, dont les conséquences doivent être répercutées correctement sur de nombreux documents, la fonction logistique documentaire a pris une importance considérable ; cela justifie la constitution de services individualisés, qui peuvent être rattachés soit à la fonction étude, soit à la fonction gestion de projet ; ces services ont de plus en plus fréquemment recours à des progiciels spécialisés et leurs méthodes s'apparentent à celles des services de documentation.

- la logistique "matérielle" s'exerce principalement durant deux phases du projet : les approvisionnements et les travaux. Elle s'appuie fortement, dès la phase d'étude, sur la planification opérationnelle et la maîtrise des coûts.

PARTIE D : Compléments

XIV) Annexes

XIV.1 La construction d'un système de gestion du trafic par analyse de la valeur

XIV.1.1 L'exemple de Lille (Allegro)

XIV.1.1.1 Le contexte

La métropole lilloise est irriguée par un réseau routier maillé constitué de voies rapides dénivelées et de voies urbaines structurantes supportant des trafics importants, en particulier pour ce qui concerne les échanges locaux. De nombreux et complexes problèmes d'exploitation existent et représentent un enjeu considérable dès à présent vis-à-vis de l'ouverture européenne et de la position géographique privilégiée de Lille dans ce contexte.

Une volonté commune entre les principaux partenaires concernés (État, Région Nord-Pas-de-Calais, Département du Nord, Communauté Urbaine de Lille) s'est manifestée pour élaborer un projet d'exploitation dynamique du réseau routier majeur de l'agglomération; cette volonté s'est traduite par l'inscription de l'opération au XIème Contrat de Plan, signé le 1er Juillet 1994.

Il est à noter par ailleurs que, simultanément, le projet de Schéma Directeur d'Exploitation de la Route (SDER) prévoyait déjà que les quatre agglomérations millionnaires en population (Paris, Marseille, Lyon et Lille) bénéficieraient d'un niveau d'exploitation "1 A", ce qui militait pour la mise en place d'un système d'exploitation dynamique.

XIV.1.1.2 Pourquoi l'analyse de la valeur?

Afin d'établir une clarification concertée des objectifs et la définition d'un projet commun autour de principes admis par tous, il a été décidé de recourir à la méthode de l'analyse de la valeur. Cette méthode, quoiqu'ancienne, donne encore souvent l'impression d'être relativement nouvelle et fait parfois peur à ceux qui n'en ont qu'une connaissance livresque. Dans le cas de Lille, le but de l'étude ainsi engagée était de définir le futur système (dénommé ALLEGRO: Agglomération liLLoise Exploitation Gestion de la ROute) à partir des fonctions à assurer et en tenant compte des enjeux et des coûts d'exploitation; pour y parvenir, il importait de s'appuyer sur les études déjà réalisées, en matière de connaissance du réseau et des trafics, ainsi que sur l'expérience des exploitants actuels. Le résultat de cette étude d'analyse de la valeur devait servir ensuite de base à la rédaction des chapitres relatifs aux objectifs d'exploitation et à l'organisation future dans le Dossier d'Études Préliminaires du système.

L'analyse de la valeur sert à concevoir un système de façon à assurer, au moindre coût, toutes les fonctions demandées, et seulement celles-là, avec toutes les exigences requises et pas plus...

Elle repose sur:

- une dynamique (pour vaincre les résistances au changement et les pesanteurs): constitution d'une équipe rassemblant tous les points de vue et manifestant une ouverture d'esprit aux idées des autres et à l'innovation;
- une logique: nécessité de confronter les fonctions à assurer (quelles sont les fonctions et les exigences "justes"?) et les éléments (est-ce une fonction ou une solution?); mettre en parallèle la valeur des fonctions (quel niveau de performances? Quel degré de satisfaction?) et les coûts (où sont-ils? Comment varient-ils?);
- une approche à la fois créative (accumuler les idées sans choisir dans l'immédiat) et économique (concevoir au vu des coûts).

XIV.1.1.3 Déroulement de la démarche

Un groupe a été constitué qui ne comprenait que des "débutants" en la matière; étaient ainsi appelés à travailler ensemble des ingénieurs de la DDE (Subdivision Entretien Autoroutes, Subdivision Eclairage-Vidéosurveillance, CDES), du CETE, de la Communauté Urbaine et du Département (Direction de la Voirie), des fonctionnaires des forces de l'ordre (Sécurité Publique et CRS) et les responsables du CRICR de Lille. Le groupe s'est réuni à cinq reprises (une journée complète à chaque fois) espacées d'environ trois semaines, entre Novembre 1994 et Février 1995, et une demi-journée supplémentaire pour valider le rapport final. Ce groupe était co-animé par Monsieur LITAUDON, consultant extérieur pour l'aspect méthodologique, et le chef de projet de la DDE pour les aspects techniques.

L'ordre du jour des différentes séances était le suivant:

-1ère réunion: Exposé sur la Méthode et Écoute des Besoins:

Il s'agissait d'un "remue-méninges" où chacun exposait ses besoins pour le futur système.

-2ème réunion: Analyse des Fonctions (recherche des exigences "justes"):

Liste d'idées "a priori" sur la prise d'informations, leur transfert, leur traitement, l'émission des messages à l'utilisateur et les mesures parallèles (organisation, évolutivité, etc...).

Ce que le système doit faire:

- mieux exploiter le réseau: prévoir les bouchons, orienter les usagers, réguler le trafic, marquer les queues de bouchons, assister les concepteurs routiers;
- maintenir et rétablir la viabilité: prévoir les perturbations dues aux chantiers, prévenir des dangers possibles, orienter et réguler le trafic autour des chantiers, détecter les obstacles, alerter les intervenants, dégager les voies au plus vite, limiter la gêne des chantiers et les causes d'incidents.

Ce que le système peut faire (sans que ce soit sa raison d'être):

- donner des informations de confort à l'utilisateur: indiquer les temps de parcours, informer sur les transports en commun, délivrer des messages de sécurité ou à caractère touristique.

Toutes ces fonctions ont ensuite été déclinées en termes d'orientations: par pondérations relatives, investira-t-on plus dans la diffusion de messages à l'utilisateur ou dans le recueil de données? traitera-t-on prioritairement les bouchons aléatoires ou les bouchons récurrents?

-3ème réunion: Approfondissement des Fonctions:

Prévoir les bouchons: besoin de données synthétiques, et de leur évolution, plutôt que de tout connaître à chaque instant et partout de manière très fine; travailler autour de situations-types plutôt que concevoir des modèles de simulations.

Prévenir les usagers: envoyer des messages aux domiciles (radios, minitel, etc..) et en amont des points de choix; imager les messages (pictogrammes) pour vaincre les problèmes linguistiques (anglais, allemands, scandinaves, flamands, etc...).

Bien connaître les chantiers et les coordonner (décalages dans le temps, travail de nuit, etc...).

Détecter l'obstacle isolé au plus vite (patrouilles, vidéosurveillance, etc...) et procéder au rétablissement de la viabilité dans les meilleurs délais.

Maintenir la sécurité: éviter les suraccidents et les dépannages sur bande d'arrêt d'urgence, offrir des refuges, faciliter l'arrivée des secours au plus vite, organiser l'enlèvement des véhicules accidentés.

Harmoniser le système avec les autres systèmes et le rendre évolutif (trafics, comportements, technologies, réglementations, etc...).

-4ème réunion: Pondération des Fonctions, Recherche d'Idées et Propositions:

Pondérations relatives des fonctions selon plusieurs critères: en résultats attendus du système, en part d'évolutivité, dans le traitement des informations, par domaines de réseau, par situations d'exploitation.

Recherche d'idées sur les messages (vocabulaire, langage, moyens, nature, types de panneaux, etc...).

Déclinaison des propositions générales suivantes: analyser avant de choisir, comprendre avant de modéliser, organiser avant de traiter, simplifier avant d'automatiser.

Esquisse de planning.

-5ème réunion: Organisation et Planning:

Positionnement d'ALLEGRO avec les autres partenaires (CARROSSE pour la Communauté Urbaine, le CRICR, MARIANE pour la SANEF, forces de l'ordre, etc..).

Schéma de circulation des informations (quelles informations et avec quels panneaux).

Priorités d'investissements.

XIV.1.1.4 Réflexions sur la méthode de l'analyse de la valeur

Les conclusions du rapport final d'analyse de la valeur ont été particulièrement utiles pour la réalisation du Dossier d'Études Préliminaires d'ALLEGRO. Ceci dit, quels enseignements peuvent être tirés aujourd'hui du recours à cette méthode pour le projet d'exploitation dynamique de l'agglomération lilloise?

-L'"esprit" d'un groupe est véritablement né: non que l'atmosphère de départ pouvait prévoir de gros conflits, mais chacun avait légitimement des préoccupations propres qui pouvaient diverger de celles de son voisin. Très vite s'est instauré un climat empreint d'une grande franchise et d'une exemplaire compréhension mutuelle. Tout cela peut paraître évident mais mérite néanmoins d'être signalé car, au fur et à mesure de l'avancement des réflexions collectives, la perception que tous avançaient vers un objectif partagé était réelle.

-L'évolution du groupe fut très perceptible. A titre d'exemple, on peut dire très schématiquement que, à l'issue du premier jour, l'objectif du système était "d'informer l'utilisateur"; après la deuxième journée, il devenait "anticiper les bouchons et informer l'utilisateur"; à l'issue du troisième jour, il s'agissait de "mieux traiter les perturbations non récurrentes et

informer l'utilisateur en espérant que le système puisse diminuer l'impact des perturbations récurrentes"...Un autre exemple significatif a trait à la pondération relative des fonctions: au départ, il semblait opportun d'investir fortement dans la diffusion de messages à l'utilisateur; par la suite, il a semblé plus judicieux de donner priorité au recueil de données par rapport à une trop grande multiplication de panneaux à messages variables...

-L'efficacité du groupe a été, semble-t-il, amplifiée par deux types d'actions permanentes menées en dehors et en parallèle aux réunions: d'une part, la diffusion d'une abondante documentation sur d'autres systèmes d'exploitation dynamique, ce qui avait l'avantage d'instaurer une véritable culture commune sur le sujet; d'autre part, de nombreux entretiens informels entre les participants et le chef de projet, ce qui complétait les travaux du groupe et renforçait sa cohésion.

- La principale difficulté rencontrée dans la démarche a été la réflexion sur les coûts: autant il semble relativement facile de raisonner de façon permanente en terme de coûts pour la conception d'un produit industriel, autant cet exercice s'est avéré particulièrement délicat pour un projet comme ALLEGRO. En ce sens, on pourrait dire que le groupe s'est un peu écarté de la méthode originelle de l'analyse de la valeur, mais un tel point de vue reste à nuancer: il a été ainsi constaté que le coût économique du renversement d'un camion engendrant une coupure d'autoroute une demi-journée est du même ordre de grandeur que celui des temps perdus dans les bouchons récurrents d'une section particulière du réseau; par ailleurs, et même si le raisonnement en termes de véritables coûts semblait absent, l'approche par pondérations relatives y ressemblait fort et aidait à orienter les choix...

Accessoirement le groupe a participé à la recherche d'un nom pour le projet lillois:

ALLEGRO, qui se décline en : Agglomération liLloise Exploitation Gestion de la ROute

Ce terme a évidemment une forte connotation d'allégresse, d'entrain et de dynamisme: il traduit, lui aussi, l'esprit dans lequel a travaillé, et continue de le faire, le groupe des différents partenaires aujourd'hui initié à l'analyse de la valeur...

En conclusion, une idée surgit inévitablement: le même résultat aurait-il été obtenu SANS l'usage de l'analyse de la valeur? La question demeure, bien entendu, sans réponse, mais il semble que, même s'il pouvait être possible d'y répondre affirmativement, un pan entier de la démarche se serait écroulé: celle-ci aurait été plus longue à mener, ses conclusions (et l'évolution permanente de celles-ci) auraient été moins structurées, mais, et surtout, le consensus aurait été certainement plus difficile à obtenir...

XIV.1.2 L'exemple de Rennes

XIV.1.2.1 Le constat de la situation du trafic à Rennes

La circulation à Rennes connaît un certain nombre de difficultés communes aux agglomérations de plus de 300 000 habitants :

- mouvements pendulaires journaliers se superposant au trafic de transit sur le réseau national
- concentration du développement (activité et habitat) le long des grands axes avec son incidence sur le trafic
- objectifs parfois différents des maîtres d'ouvrage publics sur la destination du réseau viaire ou plus largement sur la fonction déplacement

A cela s'ajoute un certain nombre de spécificités (croissance forte du trafic sur le réseau principal : plus de 7% par an, développement rapide des nouvelles infrastructures, structure radio-concentrique assez claire et fonctionnelle du réseau, conscience des acteurs que l'utilisation de cette structure peut être rationalisée).

En outre, la fin de la décennie 90 se présente comme charnière en matière de déplacement avec l'achèvement de l'anneau de la rocade de routes nationales, le bouclage de la seconde ceinture départementale et la réorganisation du centre-ville autour d'un nouveau système de transport en commun. L'ensemble des gestionnaires a donc été rapidement conscient que l'existence d'un maillage complet en structure et en mode nécessitait une réflexion spécifique dans l'esprit du schéma départemental d'exploitation de la route.

XIV.1.2.2 La démarche

Une fois établie la nécessité d'une démarche partenariale pour l'établissement d'un système de gestion cohérent, la difficulté repose essentiellement sur la définition d'un noyau dur d'objectifs communs aux maîtres d'ouvrages. L'analyse de la valeur apparaissait donc comme un outil adapté et la première décision fut donc de choisir par consultation un organisme animateur. La discussion sur le programme de la consultation permet d'une part de bien définir ce qui est d'emblée les préoccupations pratiques des gestionnaires et d'autre part d'adapter le déroulement de la démarche partenariale au degré d'adhésion des acteurs. Cette réflexion a duré environ 6 mois.

Il a alors été convenu de diviser la démarche en deux phases :

- une tranche ferme destinée à tester la faisabilité de la démarche et devant aboutir à la définition d'un cahier des charges fonctionnel du système de gestion; cette tranche est financée à 100% par l'État.
- une tranche conditionnelle pour définir la consistance technique et financière du système si les partenaires sont convaincus de la faisabilité de l'opération. Cette tranche serait financée par tiers entre l'Etat, le Département et la Ville.

XIV.1.2.3 Le déroulement de la démarche

Le but de l'étude était autant de renforcer la conscience des gestionnaires de la nécessité de travailler en commun, que d'établir un système adapté au degré de coopération entre les acteurs et à la volonté commune de limiter de manière drastique les coûts d'investissement et de fonctionnement.

Le choix de l'opérateur (par consultation¹) répondait donc à deux critères principaux :

- l'adaptabilité permanente de son système d'analyse de la valeur
- la distance par rapport au système de gestion existant (sachant qu'un cabinet spécialisé dans les études de système serait nécessaire en tranche conditionnelle)

La constitution du groupe de travail est également délicate entre un nombre limité de participants pour être efficace (12 à 15 personnes) et le nombre important d'opérateurs sur le

¹ Ont été consultés FORG, SMA Ingénierie, Litaudon et DG Conseil.
Cette dernière société a été retenue.

réseau à des titres divers et de la difficulté de cerner la notion d'usagers et de ceux qui peuvent les représenter.

En définitive, le groupe a été constitué des maîtres d'ouvrage (État, Département, Ville) auquel s'est ajouté le district, la police urbaine, la gendarmerie, les services de secours et le CRICR pour les opérateurs; la prévention routière, la chambre de commerce et d'industrie de Rennes au titre des "usagers". Le CETE de Nantes jouait le rôle d'expert extérieur.

XIV.1.2.4 Les premiers résultats

Trois questions ont été abordées :

- les fonctions d'usages du réseau : nature du trafic, hiérarchisation, service à l'utilisateur,...
- la définition des fonctions de gestion : trois types d'actions à entreprendre, besoins en matière de gestion,...
- les différents concepts existants en matière de système de gestion.

Il reste, pour achever la première tranche, à croiser les fonctions d'usages avec les fonctions de gestion pour réaliser le cahier des charges fonctionnel du système.

XIV.1.2.5 Les éléments

La fin de la première étape a abouti, en novembre 1994, à la définition d'un cahier des charges fonctionnel définissant les principes de fonctionnement du système de gestion du trafic.

L'étape suivante a été la définition technique du système. Outre le groupe actuel et son animateur, il a été utile d'adjoindre quelques spécialistes de ce type de système. Une telle étude est évaluée à environ 600 000 F et s'est achevée à l'été 1995.

XIV.1.2.6 Le rôle de l'analyse de la valeur

Comme pour d'autres opérations, l'analyse de la valeur permet de formaliser le partenariat que l'on souhaite instaurer. Toutefois, les perspectives de résultats de l'étude en cours et l'examen d'un certain nombre d'autres cas traités par cette méthode montrent que la solution élaborée est relativement complexe eu égard aux critères techniques habituels.

On peut s'interroger pour savoir si la solution est complexe ou si la méthode même, par définition plus consensuelle et donc moins discriminante que la pure application des normes, conduit par nature à des solutions complexes.

XIV.2 La détection Automatique d'Incident (DAI)

Les techniques de DAI rencontrent depuis quelques années un très vif regain d'intérêt. Une des raisons majeures de cette renaissance réside dans le développement prometteur de l'information destinée aux usagers. La crédibilité des systèmes d'information repose en grande partie sur une bonne connaissance des conditions de circulation. La surveillance du trafic devient dès lors une mesure d'exploitation incontournable. Son efficacité conditionne étroitement la qualité et la fiabilité des systèmes d'information.

Les techniques de DAI bénéficient aujourd'hui des progrès réalisés dans le domaine des nouvelles technologies de l'information et des communications appliquées à l'exploitation routière.

XIV.2.1 Des technologies variées

Si les boucles électromagnétiques constituent encore aujourd'hui les capteurs les plus usités dans les systèmes d'exploitation, d'autres méthodes de mesure et de détection font depuis peu leur apparition. Parmi ces nouveaux procédés, les capteurs vidéo représentent une des alternatives les plus sérieuses. Plusieurs systèmes utilisant le traitement d'image en temps réel sont aujourd'hui disponibles. Citons en particulier le système TRISTAR-DAI, développé en France par l'INRETS. De multiples systèmes concurrents existent, comme par exemple AUTOSCOPE développé aux Etats-Unis, IMPACT en Angleterre et d'autres encore au Japon.

Si un incident est communément défini comme tout événement conduisant à l'arrêt d'un ou de plusieurs véhicules du flot, on notera que chaque technologie détecte un certain type d'incident. Ainsi, les systèmes à boucles détectent les incidents par leurs conséquences sur le trafic. La technologie vidéo s'attèle à repérer certains types d'événements, comme par exemple les véhicules arrêtés sur la BAU, les véhicules arrêtés hors congestion, ...

Des investigations en cours laissent entrevoir les potentialités de technologies diverses comme par exemple les radars, les barrières laser, le radio téléphone cellulaire, ou encore le câble rayonnant.

XIV.2.2 Des algorithmes nouveaux

Pour de nombreux dispositifs de mesure, en particulier pour les boucles, les actions de surveillance reposent sur la mise au point d'algorithmes de détection utilisant les données de trafic acquises en temps réel.

Reconnaissance des formes

- Algorithme californien
- Californien étendu
- Algorithmes de Payne

Méthodes statistiques

- Modèle Déviation Standard normale (SND)
- Algorithme bayésien
- Séries chronologiques
 - Modèles ARIMA
 - Lissages
- Algorithme HIOCC
- Filtrage (Delos)
- Modèle dynamique (Kalman, ...)

Réseaux de neurones

- Perceptron multicouches
- Modèles avec logique floue

Théorie des catastrophes

- Algorithmes McMaster

Systemes et algorithmes intégrés

Table XIV.2.1 : Exemples de méthodes de DAI à partir de boucles électromagnétiques

Dans sa forme la plus simple, un algorithme de détection consiste à comparer une fonction des données issues des mesures à un seuil préalablement fixé. Un incident est déclaré si, par exemple, la valeur de la fonction est supérieure au seuil choisi. Une classification des principales approches utilisant les données issues des boucles électromagnétiques est présentée dans la table XIV.2.1. Elle souligne la diversité des méthodes de développement et de traitement des algorithmes de détection. Elle regroupe les méthodes les plus anciennes tout comme les techniques les plus récentes. Parmi celles-ci, citons le recours aux réseaux de neurones, la théorie des catastrophes et les algorithmes de filtrage.

La première liste fait appel aux techniques de reconnaissance des formes. Elle inclut les algorithmes les plus répandus, c'est-à-dire les diverses formes de l'algorithme californien, référence incontournable dans le domaine. Ces algorithmes : californien simple ou étendu, algorithmes de Payne - discriminent certaines formes dans les données relatives aux incidents à partir des phénomènes tels que l'augmentation des taux d'occupation en amont de l'incident et leur diminution en aval, (figure XIV.2.1).

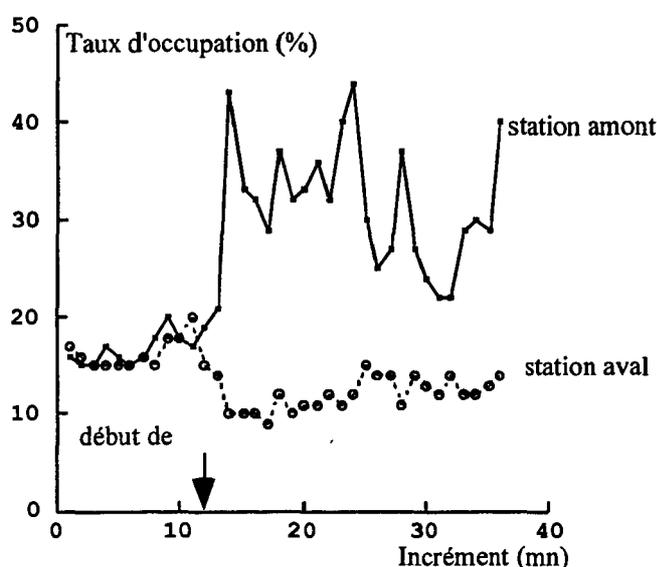


Figure XIV.2.1 : Évolution des taux d'occupation en cas d'incident

Les algorithmes de la seconde liste des méthodes statistiques consistent à appliquer des techniques de prévision à court terme afin de détecter des irrégularités : écarts significatifs entre valeurs prévues et mesurées, dans les séries temporelles des données de trafic. Dans la panoplie citée, les algorithmes de lissage exponentiel (simple ou double) jouent un rôle majeur.

XIV.2.3 Une étape cruciale : Le calibrage

Les performances de toutes les méthodes de DAI sont appréhendées à partir des trois critères suivants :

- le taux de détection, défini par la fraction du nombre d'incidents détectés sur le nombre d'incidents effectifs ;
- le taux de fausses alarmes. Il y a fausse alarme lorsqu'à l'issue d'un test, le système diagnostique un incident qui ne s'est pas produit en réalité. Par définition, le taux de fausses alarmes correspond au rapport entre le nombre de fausses alarmes et le nombre de tests effectués au cours d'une période donnée.
- le délai moyen de détection.

Ces critères ne sont pas indépendants. Ainsi, plus le taux de détection d'un algorithme est élevé, plus le taux de fausses alarmes croît. Inversement, toute réduction du taux de fausses alarmes pénalise la qualité de la détection. En pratique, l'exploitant cherche donc à mettre en place une méthode de surveillance assurant, pour un niveau de détection fixé, un taux de fausses alarmes minimal.

Pour les algorithmes à seuils fondés sur les données de boucles, le problème revient à résoudre un programme d'optimisation non linéaire sous contraintes du type suivant :

$$\text{Min } S \{ FA / TD > y \}$$

où FA désigne le taux de fausses alarmes, TD le taux de détection, S l'ensemble des seuils de l'algorithme et y désigne un niveau de détection préalablement fixé (par exemple 80%).

Cette opération essentielle porte le nom de calibrage. Commune à de nombreuses technologies et particulièrement pour les boucles, elle *conditionne étroitement les performances des méthodes de DAI effectivement mises en oeuvre par les exploitants.*

En France, le logiciel DAISI (Détection Automatique des Incidents par Seuillage Itératif) a été développé à l'INRETS pour faciliter aux exploitants toutes les opérations de calibrage, d'évaluation et d'implantation sur site des diverses techniques de DAI utilisant les données de boucles (ou de tout autre type de capteur ponctuel).

XIV.2.4 Exemple d'évaluation de DAI par boucles

La figure XIV.2.2 illustre la contribution essentielle de cette phase de calibrage. Le site concerné est constitué d'un tronçon de 8 km environ sur le Boulevard Périphérique Intérieur Sud de Paris, avec en moyenne une station de mesure tous les 500 m. Les données sont agrégées toutes les minutes pour l'ensemble de la chaussée.

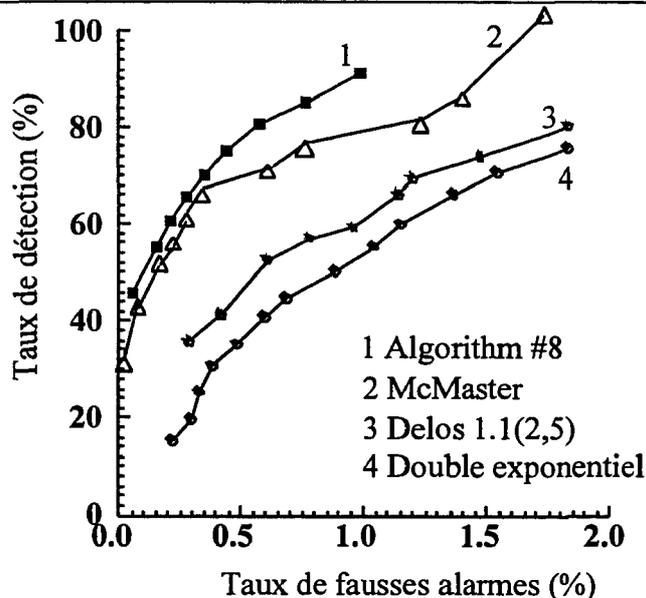


Figure XIV.2.2 : Performances comparées d'algorithmes de DAI sur le Boulevard Périphérique Intérieur Sud de Paris où Algorithme #8 = Algorithme de Payne étendu

Quatre algorithmes appartenant à diverses catégories de méthodes sont testés et calibrés. Les potentialités de diverses approches sont illustrées à partir des *courbes caractéristiques*. Ces courbes de compromis représentent les variations du taux de détection en fonction du taux de fausses alarmes. Elles caractérisent les performances potentielles de tous les algorithmes. Elles sont établies ici à partir d'une base de données expérimentales comportant 177 incidents réels observés sur le site.

Avec l'algorithme de Payne étendu par exemple, on atteint, pour un taux de détection de 71%, un taux de fausses alarmes de 0,34%. Cette configuration correspond à 126 incidents détectés (sur 177) et 63 fausses alarmes enregistrées durant une période de 8,5 jours sur 12 stations consécutives. Elle implique donc, en moyenne, 0,62 fausse alarme par jour et par station. Ces résultats augurent donc des potentialités réelles des systèmes de surveillance par boucles, dès lors que des *calibrages précis et adaptés* sont effectivement réalisés.

Il est à noter que des performances tout à fait exceptionnelles sont aujourd'hui signalées pour des systèmes à boucles. Aux États-Unis, les expériences concernent d'une part l'utilisation des réseaux de neurones et d'autre part les algorithmes de filtrage. Au Canada, il s'agit principalement de l'utilisation des algorithmes McMaster.

XIV.2.5 Tests de DAI par capteur vidéo

Diverses expérimentations de systèmes de DAI fondées sur le traitement d'image en temps réel ont à ce jour été réalisées. Citons en particulier le cas du système TRISTAR, expérimenté en France sur plusieurs sites comme les autoroutes A8 (réseau ESCOTA) et A43 (réseau AREA).

La table XIV.2.2 synthétise les résultats d'une évaluation du système TRISTAR-DAI sur un tronçon de 4 km de l'autoroute A43. L'utilisation de 16 caméras vidéo implantées sur

l'ensemble du site a conduit, après trois mois d'observation, aux résultats globaux suivants, incluant les voies de circulation et la BAU.

incidents réels	incidents détectés	% détection	nombre de FA par caméra	% FA	FA/caméra/jour
2388	2044	86%	18	12%	0.28

FA : fausse alarme

Table XIV.2.2 : Performances de TRISTAR-DAI sur A43

D'autres résultats soulignent aussi les remarquables performances du système pour la détection de certains types d'incidents.

XIV.2.6 Considérations opérationnelles

Avec la technologie des boucles électromagnétiques, les systèmes de surveillance mis en oeuvre aujourd'hui en Europe et aux ...tats-Unis, reposent essentiellement sur les algorithmes des deux premières classes "Reconnaissance des formes" et "Méthodes statistiques". L'algorithme de Payne et ses dérivés sont très largement utilisés sur les autoroutes californiennes. Les méthodes de lissage exponentiel forment la base du système AUTOWARN, mis en oeuvre sur l'autoroute M4 en Angleterre. Elles sont également très usitées sur les autoroutes A13 et A20 entre La Haye et Rotterdam. En France, les évaluations conduites par l'INRETS, dans le cadre du programme SIRIUS et pour l'exploitation du Boulevard Périphérique de Paris, soulignent de manière constante les bonnes performances de l'algorithme de Payne (voir figure XIV.2.2) par rapport à de nombreuses autres approches.

La densité d'équipement recommandée est généralement de l'ordre d'une station tous les 500 m (aux ...tats-Unis, il s'agit d'une station tous les 1/2 mile). Des tests expérimentaux montrent que l'on peut dégrader cette densité et aller jusqu'à une station tous les 1500 m environ sans dégradation excessive des performances. A l'inverse, une densité d'une station tous les 150 m ne semble pas accroître significativement les niveaux de performance.

XIV.2.7 Les aménagements singuliers

Un cas particulier doit être signalé : il concerne la surveillance des *points singuliers* des autoroutes et des voies rapides, comme les *tunnels* par exemple. Pour ce type d'aménagement, soulignons l'existence du système IDRIS, développé très récemment en Angleterre, et utilisant les données issues de stations à double boucles électromagnétiques espacées tous les 100 m le long de l'aménagement. Ce système, fondé sur le suivi individuel des véhicules, est crédité de performances remarquables en trafic faible.

Sur ce point précis des tunnels, soulignons que d'excellents résultats sont également obtenus avec le système TRISTAR.

A noter enfin, les bonnes performances de l'algorithme de Payne sur le cas précis du convergent A6-BP (Boulevard Périphérique) avec un système de mesure à boucles.

XIV.2.8 Perspectives

Ces explorations multiformes permettent d'entrevoir à court terme des améliorations très sensibles des performances des systèmes de surveillance existants. Elles contribuent également à l'émergence des méthodes et des technologies de surveillance du futur. Il semble aujourd'hui assez vraisemblable d'imaginer que les futurs systèmes intégreront la technologie vidéo pour les nombreux points singuliers allié à diverses méthodes de DAI pour d'autres parties des réseaux.

Le choix des systèmes repose sur de multiples critères intégrant à la fois les performances techniques, les coûts économiques induits, les dispositifs déjà mis en place et les caractéristiques du recueil de données, ...

XIV.3 La régulation des vitesses et le contrôle des vitesses

Des mesures de gestion de trafic peuvent avoir pour effet de modifier la probabilité d'incidents ou d'accidents ou de retarder l'apparition de la saturation. Elles consistent en :

- d'une part mieux réguler les flux de circulation, notamment par des actions sur la vitesse,
- d'autre part mettre en place des dispositifs renforcés de surveillance du réseau, matériels ou organisationnels, permettant une connaissance de ces incidents ou accidents le plus rapidement possible.

XIV.3.1 Régulation des vitesses

Il n'existe que peu d'expériences de régulation de vitesse sur autoroute. En Hollande aux environs d'Amsterdam, en Allemagne à Stuttgart, au Canada, en Angleterre sur la M25 et en France sur les autoroutes marseillaises depuis deux décennies environ. La régulation de vitesse consiste à afficher à intervalles plus ou moins réguliers un conseil variable de vitesse, en fonction des conditions de trafic générales ou ponctuelles et en fonction des conditions d'environnement (météo, chantiers, ...).

En général, l'affichage est réalisé au dessus de chaque voie tous les 500 m, sauf en Angleterre où l'affichage est en terre-plein central tous les 2 miles.

Le système peut en outre assurer la présignalisation et la signalisation des voies neutralisées.

En favorisant le lissage des vitesses (atténuation de la circulation "en accordéon"), un dispositif de régulation de vitesses présente le double intérêt :

- d'augmenter les débits des voies, donc la capacité de la section,

- de limiter les sur-accidents par une homogénéisation des flux, et par conséquent de favoriser la sécurité et la fluidité du trafic.

A titre d'exemple, un tel dispositif est donc en service depuis une vingtaine d'années sur l'autoroute nord de MARSEILLE. Il comporte plusieurs types d'équipements :

- des capteurs au sol (boucles électromagnétiques) et leurs stations SIREDO,
- des portiques supportant des panneaux d'alerte (une par voie),
- un logiciel installé au CIGT (Centre d'Ingénierie et de gestion de trafic) qui traite les données recueillies par les capteurs et qui renvoie des instructions (vitesses conseillées) aux panneaux, sachant que :

- les équipements de terrain (capteurs, portiques) sont disposés suivant un pas de 500 mètres environ ;

- chaque portique est, par l'intermédiaire du CIGT, "asservi" à l'ensemble des lignes de capteurs du dispositif ;

- des algorithmes permettent, à partir des débits et vitesses mesurés par une ligne de capteurs, d'indiquer à l'usager sur les portiques situés en amont de ces capteurs, les valeurs de vitesses qui lui sont recommandées pour rester en phase avec le flux général de la circulation .

Les études menées sur ce système ont permis de mettre en évidence une modification des comportements individuels et une modification de la perception de la section équipée par les moyens habituels.

Au vu de l'expérience marseillaise (qui s'applique à des voies normales), il semble qu'un tel dispositif - qui offre un temps de réaction (entre l'apparition d'un incident et l'information à l'usager), de l'ordre de 30 secondes dans le meilleur des cas et en tout état de cause toujours inférieur à 3 minutes - permette les gains suivants :

- . diminution de l'ordre de 10 % du nombre des accidents et de 30 % du nombre des sur-accidents ;
- . augmentation de 12 à 15 % de la capacité d'écoulement du trafic.

Au delà des chiffres, ce dispositif a concouru à rendre les comportements prudents et homogènes en période de fort trafic, autant de facteurs qui peuvent expliquer les chiffres précédents.

Il est à noter que les expériences étrangères sont pour leur part beaucoup plus catégoriques : les systèmes augmentent de façon significative la capacité et la sécurité.

XIV.3.2 Contrôle des vitesses

Si, en période de fort trafic, des gains de sécurité tangibles peuvent être obtenus par un système automatique de régulation de vitesses, cette méthode devient en revanche moins

efficace en période de trafic très fluide, durant lesquelles les usagers peuvent être tentés, en l'absence de gêne, de pratiquer des vitesses très élevées qui, en cas d'incident, aggraveront fortement les conséquences de celui-ci.

Il convient donc, pour ces périodes, de prescrire une vitesse maximale et d'exercer un contrôle de cette vitesse sous une forme répressive. Pour donner ce caractère et donc permettre de verbaliser les contrevenants, il faut ajouter un listel rouge autour des signaux et introduire une réglementation adaptée. Pour éviter de mettre en doute la fiabilité des systèmes ou le caractère prescriptif des indications, il faut faire la preuve que la vitesse dépassée et le listel rouge étaient affichés au moment de l'infraction.

Se pose alors deux types de questions :

- Quelle vitesse maximale prescrire ?
- Quel mode de contrôle : automatique ou traditionnel ?

a/ - Vitesses maximales -

Ce sont les trop grandes différences de vitesses entre véhicules qui sont facteurs d'accidents, et aussi d'aggravation des conséquences de ces accidents (importance des impacts et gravité des blessures) .

L'objectif est donc d'homogénéiser les vitesses des véhicules.

On perçoit très bien que ce n'est pas durant les périodes de congestion, pendant lesquelles la vitesse est naturellement réduite par la densité du trafic, que le problème de sécurité se pose (sauf en queue de bouchon où c'est alors un système de régulation, vu précédemment, qui apporte une aide à l'utilisateur), mais au contraire durant les périodes de trafic fluide : soit en milieu de journée, où le trafic n'atteint pas les niveaux de saturation, mais reste néanmoins soutenu, soit la nuit, où le trafic est très faible où les accidents sont davantage le résultat de pertes de contrôle isolées liées à des vitesses excessives qu'à des différences de vitesses entre véhicules.

Dans les deux cas, il apparaît utile de prescrire une vitesse limite.

Or, pour être efficace, il faut qu'elle soit crédible, que l'utilisateur en ressente le bien fondé : ainsi cet usager admettra t-il plus facilement de réduire sa vitesse lorsqu'il sentira sa sécurité menacée par un trafic dense, bien que fluide, que lorsqu'il circulera seul, sur une voie rapide à 3 voies, en pleine nuit.

Aussi conviendra-t-il de différencier ces deux circonstances et de prescrire deux vitesses limites différentes, adaptées à chacun des deux cas, en fonction des caractéristiques de la section considérée (sinuosité, profil en long, proximité des entrées et sorties....).

Outre la crédibilité de cette prescription par les usagers se pose aussi le problème de sa mise en oeuvre pratique, notamment en ce qui concerne les possibilités de verbalisation.

Les forces de police ne peuvent verbaliser que sur la base d'un arrêté réglementaire. Or, le cadre légal français ne permet pas d'établir un arrêté "à vitesses variables".

Ainsi, et bien que l'existence d'un système de régulation (avec ses capteurs de vitesses et de débits) le permette techniquement, il ne sera pas possible de moduler des vitesses maximales prescrites en fonction de seuils de débits.

Ces vitesses maximales seront nécessairement constantes à l'intérieur d'un même créneau horaire, fixé préalablement par l'arrêté de limitation de vitesse.

Et compte tenu des fluctuations du trafic d'une journée à l'autre (en fonction d'événements divers), il n'apparaît pas judicieux de définir un trop grand nombre de créneaux : deux devraient suffire :

- Un pour "le jour", incluant les périodes de congestion (matin et soir) -
- Un pour "la nuit", limité aux heures de trafic très faible.

b/ - Mode de contrôle -

b.1 - Automatique -

A partir du moment où la section est équipée d'un système de régulation de vitesse, la mise en place d'un dispositif de contrôle automatique, à base de photos ou de vidéo des vitesses, n'introduira pas un surcoût important, si ce n'est qu'il faille aussi installer des panneaux au-dessus des voies d'accès pour permettre au flot entrant de connaître la vitesse limitée en vigueur.

Il conviendra toutefois d'équiper systématiquement tous les portiques de "boîtes" susceptibles de recevoir un appareil de prises de vues afin que l'usager ne puisse pas savoir à l'avance à quel endroit il risque d'être "contrôlé" et de garantir ainsi le respect de la vitesse limite prescrite sur la totalité de la section et non pas seulement aux endroits "connus".

Un point faible de ce mode de contrôle réside dans la quasi impossibilité de qualifier les motos.

Diverses expériences ont été menées en Angleterre, en Suisse, mais aussi en France à Lyon et à Lille qui ont mis en évidence une certaine efficacité.

Que la section soit équipée ou non d'un système de régulation de vitesse, il est toujours possible d'effectuer un contrôle des vitesses par la méthode traditionnelle (véhicule équipé d'un radar embarqué).

La limite de cette méthode réside dans la difficulté pour les forces de l'ordre d'arrêter les véhicules, sur une section courante de voie rapide. Néanmoins, cette méthode peut aussi fonctionner avec un appareil de prise de vue, mais on retombe alors sur la limite signalée précédemment pour le contrôle automatique : la quasi impossibilité de qualifier les motos.

XIV.4 La régulation d'accès

XIV.4.1 Introduction

L'aggravation des problèmes de circulation dans les zones urbaines, conjuguée aux contraintes des nouvelles infrastructures routières, accélère le besoin de développement d'une politique de gestion et de régulation du trafic.

En France, on assiste depuis quelques années à la mise en oeuvre de grands systèmes d'information de gestion du trafic en milieu périurbain (CORALY, MARIUS, SIRIUS...). Ces systèmes permettent une connaissance instantanée des conditions de circulation sur les voies rapides, la diffusion aux usagers d'une information maîtrisée et des interactions dynamiques sur le trafic, guidage et limitation de vitesse notamment.

Pendant, aucun de ces systèmes ne tire pleinement profit des possibilités offertes par la régulation des accès comme moyen direct d'action sur le trafic; ceci, malgré des travaux de recherche très avancés et des expérimentations significatives menés par l'INRETS², ceux-ci ayant notamment permis la mise au point d'une stratégie de régulation adaptative (ALINEA), reconnue mondialement comme l'une des meilleures.

La gestion des accès est l'un des rares moyens de régulation du trafic sur les voies rapides, et c'est sans doute le plus efficace, comme le prouvent les nombreuses applications opérationnelles en place depuis longtemps aux États-Unis et plus récemment en Europe. Malgré quelques réussites, la régulation d'accès n'a pas connu en France le développement, sans doute du fait d'une réticence des usagers, relayée par certains responsables et élus locaux qui la ressentent comme une contrainte supplémentaire introduite dans les déplacements.

XIV.4.2 Principes de la régulation des accès

AUGMENTER LA CAPACITE DE LA VOIE RAPIDE ET DESENGORGER LA VOIRIE LOCALE

Le principe de base de la régulation d'accès s'appuie sur la constatation que le débit et la vitesse d'une voie rapide chute lorsque trop de monde se présente. Il consiste à redistribuer dans le temps le nombre de véhicules entrants sur l'autoroute de manière à ce que la demande reste inférieure ou égale à la capacité d'écoulement de l'autoroute. Pour cela, on utilise les

² Travaux menés par MM. BLOSSEVILLE, HADJSALEM et PAPAGEORGIOU

rampes d'accès comme des zones de stockage temporaire. La réduction de la demande est obtenue par la réduction statique du nombre de files de l'accès, l'installation de feux de signalisation sur les rampes, voire dans certains cas la fermeture de l'accès. Grâce à cette technique, il est possible d'améliorer le niveau de service de l'autoroute en limitant les effets des congestions, et également les conditions de sécurité en facilitant les manoeuvres d'insertion.

Bien entendu la régulation d'accès est une mesure temporaire, optimale pendant les phases transitoires d'accroissement et de diminution du trafic sur les autoroutes : en situation fluide et en situation de saturation importante, la régulation d'accès n'a plus d'efficacité.

DES STRATEGIES A CYCLE DE FEUX FIXE ET ADAPTATIVES

Il existe un grand nombre de stratégies pour réguler le débit des véhicules entrants sur une autoroute à l'aide de feux de signalisation. Ces stratégies diffèrent par leur niveau de sophistication et d'automatisation. On distingue principalement les stratégies à cycle fixe et les stratégies adaptatives.

La technique la plus simple consiste à utiliser des plans de feux à cycle fixe. Dans ce cas le calcul de la durée de vert des feux - donc du débit autorisé - est basé sur des estimations horaires du débit en section courante et du débit acceptable en provenance de la rampe d'accès.

Pour les stratégies adaptatives, le débit autorisé est calculé en temps réel en tenant compte des évolutions du trafic caractérisé par le débit, le taux d'occupation et la vitesse. Ces états de trafic sont mesurés par l'intermédiaire de capteurs disposés sur l'autoroute à proximité de l'accès et sur la rampe. Les différentes stratégies adaptatives (Demande-Capacité, Taux d'occupation, ALINEA...) utilisent une ou plusieurs de ces caractéristiques pour calculer le débit de rampe optimal, converti en durée de vert des feux.

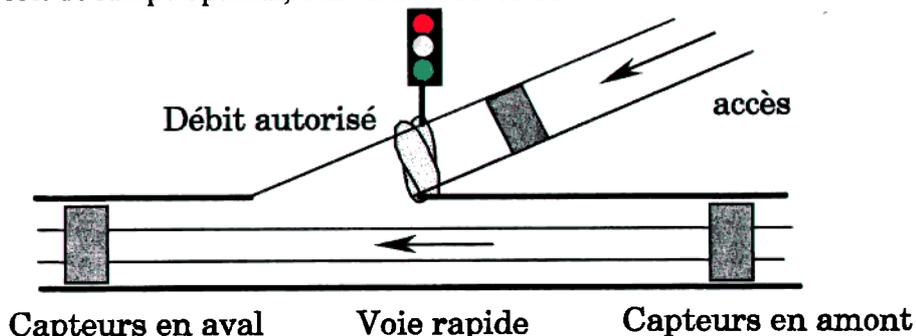


Figure XIV.4.1 - Stratégies adaptatives : le débit autorisé sur l'accès est calculé en fonction des caractéristiques instantanées du trafic mesurées par les capteurs.

La plupart des stratégies peuvent assurer un écoulement des véhicules entrants

- par peloton, quelques véhicules par cycle de feu : le débit autorisé calculé est converti en durée de vert,
- ou au "goutte à goutte", un véhicule par cycle de feu : le débit autorisé calculé est converti en durée de cycle.

Quelles soient à cycle fixe ou adaptatives les stratégies de régulation peuvent fonctionner de manière locale ou coordonnée. La régulation locale d'un accès permet la gestion d'un accès isolé, alors que la régulation coordonnée assure la gestion d'une série d'accès successifs afin d'optimiser globalement le niveau de service d'une section importante d'autoroute.

XIV.4.3 La carte de son utilisation

AUX ÉTATS-UNIS

Depuis le début des années 60, des systèmes de régulation d'accès aux autoroutes ont été installés aux États-Unis et ailleurs : soit dans le cadre d'un système global d'exploitation d'un réseau, soit comme mesure ponctuelle sur un site spécifique.

Les premières expérimentations ont eu lieu à Detroit. Dès 1963, les premières mises en service opérationnelles apparaissent à Chicago. A Los Angeles, la régulation d'accès aux autoroutes commence en 1968 et depuis le système n'a cessé d'être étendu pour finalement couvrir plus de 900 accès, ce qui en fait le plus grand système mondial.

Aujourd'hui, aux États-Unis, la régulation d'accès constitue la technique de régulation des autoroutes, la plus employée. Cet outil est présent dans la plupart des systèmes d'exploitation du réseau autoroutier des grandes villes américaines. Différentes techniques de régulation d'accès sont utilisées, allant des stratégies à cycle fixe aux stratégies adaptatives.

Parmi les exemples réussis de mise en oeuvre opérationnelle, on peut citer Los Angeles, Chicago, Detroit, Portland, Seattle, Austin, San Diego, Houston, Minneapolis.

Ce dernier cas est particulièrement intéressant. Le Département Transport de l'État du Minnesota a progressivement introduit un système de gestion des autoroutes de l'agglomération des "Villes Jumelles" de Minneapolis et St-Paul, sur une période de plus de 20 ans.

En 1970, les deux premières régulations d'accès sont installées sur une section de 8 km de l'autoroute I-35E au nord du centre-ville de St-Paul. Cette régulation d'accès à cycle fixe fonctionnant par goutte-à-goutte a déjà permis une augmentation de 22% de la vitesse moyenne sur cet axe. En novembre 1971, le dispositif initial est amélioré pour devenir adaptatif et 4 accès supplémentaires sont régulés. Cette section de l'autoroute I-35E est régulièrement analysée depuis lors, et en 1985, on a montré que les vitesses moyennes observées sont 16% plus élevées qu'avant la régulation d'accès, alors que dans le même temps, les débits ont augmenté de 25%. Du point de vue de la sécurité, les gains sont également significatifs puisque le taux d'accident en heure de pointe a chuté de 38%.

En 1974, un projet d'exploitation de l'autoroute I-35W est lancé et prévoit, entre autres, de réguler 39 accès. Dix ans après, des études d'évaluation concluent que les vitesses moyennes sur l'axe régulé ont augmenté de 35%, et que le taux d'accident a été réduit de 38%.

Aujourd'hui le système intégré de gestion des autoroutes de Minneapolis/St-Paul comporte 354 accès régulés pour un linéaire de 528 km de réseau. Le goutte-à-goutte est utilisé, et généralement, une voie de l'accès est réservée au covoiturage. La régulation d'accès paraît particulièrement performant : il repose en grande partie sur des techniques automatiques et s'appuie sur un réseau de boucles particulièrement dense.

D'une manière générale, on constate qu'aux États-Unis, la plupart des dispositifs de régulation d'accès installés d'abord à une petite échelle ont été progressivement étendus. Ceci constitue en soi, un premier indicateur de réussite.

EN EUROPE

Côté européen, à l'exception de quelques expériences significatives, la régulation d'accès n'a pas connu le même développement qu'en Amérique du Nord. On peut néanmoins mentionner en Grande-Bretagne, la régulation adaptative d'un accès de l'autoroute M6 en 1986, étendue progressivement à 6 accès en 1989 et aux Pays-Bas, la régulation d'un accès en 1989 étendue à 4 accès en 1994 sur l'autoroute A10 WEST près d'Amsterdam.

L'expérience menée à Amsterdam depuis 1994 a permis de comparer les résultats des deux stratégies adaptatives ALINEA et RWS, stratégie dérivée de la Demande-Capacité. Ces deux stratégies ont été alternativement testées sur chacun des accès en écoulement goutte-à-goutte et comparées à une situation sans régulation. Le résultat le plus significatif est que le temps de parcours moyen sur des itinéraires associant autoroute et rampes d'accès a été réduit de 19 % en fonctionnement ALINEA et plutôt dégradé en fonctionnement RWS.

EN FRANCE

En France, on peut citer le dispositif installé dès la fin des années 70 sur les autoroutes de la région Île-de-France. Ce système, basé sur une régulation par feux fixes, constitue toujours l'une des plus importantes opérations de régulation d'accès en Europe, avec une quarantaine d'accès contrôlés sur les autoroutes A1, A3 et A6.

XIV.4.4 Un dispositif controversé en France.

Parmi les réticences rencontrées lors de l'installation d'une régulation d'accès par feux, il y a celles, objectives, liées aux difficultés de circulation aux abords des accès et celles, subjectives, liées à la mauvaise perception par l'utilisateur d'un équipement considéré comme contraignant. Ces réticences peuvent être le plus souvent atténuées par la diffusion d'informations et par certains dispositifs techniques.

La plupart des difficultés objectives rencontrées lors de l'installation d'une régulation d'accès sont dues à l'absence de prise en compte des remontées de file d'attente sur les bretelles d'accès mais surtout à l'utilisation de plans de feux à cycle fixe ne correspondant pas à l'état réel du trafic. Leur solution est avant tout technique :

- la file d'attente peut être contenue dans des limites acceptables par un dispositif qui prend en compte sa longueur dans le calcul du plan de feux ;
- la crédibilité de la régulation d'accès est conservée par l'utilisation d'une stratégie de régulation adaptative collant le mieux possible aux configurations de trafic.

Certains usagers peuvent percevoir le dispositif de régulation d'accès comme une contrainte supplémentaire introduite dans leur trajet, contrainte limitant leur possibilité d'accès à la voie rapide considérée comme un espace de liberté. Il s'agit d'une première impression négative qui peut être atténuée par une campagne d'explications présentant les bénéfices globaux de l'opération. Cette impression est d'ailleurs provisoire : à l'usage, l'automobiliste perçoit de lui-même l'intérêt du système. Ainsi lors d'une panne du système de régulation sur l'autoroute A1 en Île-de-France, des usagers se sont plaints, demandant le rétablissement du système.

L'allongement de la file d'attente aux accès régulés est souvent considéré par l'utilisateur comme une perte de temps. Il s'agit, là aussi, d'un problème d'information : avec un système bien conçu, le temps d'attente sur la rampe d'accès est largement compensé par l'amélioration des conditions de circulation sur la voie rapide, ainsi que le démontrent de nombreuses expériences.

Cependant, pour des trajets courts, le temps d'attente sur la rampe d'accès peut être dissuasif et conduire à un changement d'itinéraire via le réseau parallèle, la régulation d'accès privilégiant somme toute des trajets suffisamment longs (quelques tronçons de la voie rapide). Dans certaines configurations de réseaux, on peut constater un report de trafic de la voie rapide vers le réseau de surface associé. Pour parer à toute difficulté de cet ordre, des études

amont d'affectation sont nécessaires au cas par cas. Ces études doivent prévoir l'impact du système de régulation envisagé, déterminer la meilleure stratégie à employer, et définir la zone à réguler et le type de régulation. En plus des critères purement techniques de performance du système, ces études servent aussi à préparer au mieux les négociations et les arbitrages nécessaires entre l'État et les collectivités locales.

XIV.4.5 Une mise en oeuvre particulière

UNE ARCHITECTURE CENTRALISEE OU DECENTRALISEE

Pour être efficace et ne pas susciter l'opposition des usagers, une régulation d'accès par feu doit intégrer des stratégies adaptatives et prendre en compte la file d'attente.

L'adaptativité nécessite le recueil en section courante des états de trafic et le calcul instantané des durées de cycle des feux. Dès lors se pose le problème de l'intégration de cette fonction dans un système existant de supervision du trafic sur autoroute. La première méthode, décentralisée, consiste à doter l'équipement de régulation, de la fonction de recueil en section courante et d'y intégrer certains algorithmes de régulation. C'est l'architecture adoptée dans le système d'Amsterdam; elle s'utilise particulièrement dans le cas de systèmes isolés.

La seconde méthode consiste à télécommander les cycles de feux à partir d'un système informatique central. Celui-ci intègre les algorithmes de régulation et centralise les données de trafic produites par le système de recueil de l'autoroute. Cette méthode plus simple et plus évolutive, nécessite néanmoins des données assez fines (1minute au moins) et disponibles immédiatement. Elle permet d'assurer la coordination d'un ensemble d'accès à partir d'une supervision macroscopique de l'autoroute et d'interchanger aisément les stratégies de régulation.

LA GESTION DES FILES D'ATTENTE

La prise en compte des remontées de file d'attente par un dispositif automatique est impérative sur les rampes d'accès en zone urbaine pour éviter la congestion du réseau au voisinage de l'accès.

Le principe de ce dispositif consiste à mesurer la longueur de la file d'attente à l'aide de capteurs placés sur la rampe et d'adapter le plan de feu actif, en le rendant plus permissif dès que la queue atteint une certaine longueur.

Ce mécanisme tend à s'opposer à la stratégie de régulation dont l'objectif est de maintenir la fluidité de l'autoroute : l'efficacité de chacun de ces dispositifs s'obtient au détriment de l'autre. Un tel système automatique - adaptatif et gérant les files d'attente - permet le compromis, cependant c'est à l'exploitant de fixer accès par accès le degré de priorité entre voie rapide et réseau secondaire.

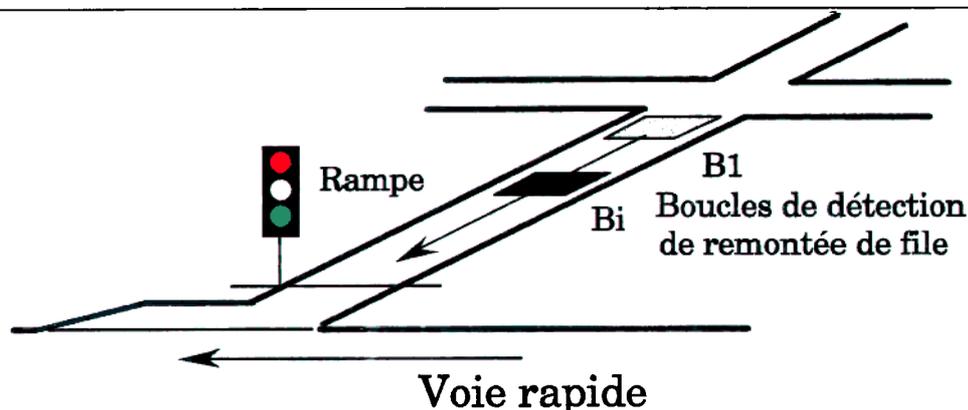


Figure XIV.4.2 - Dispositif de gestion de remontée de la file d'attente : la boucle terminale (B1) définit la longueur maximale de la file, la file remontant à son niveau débraye la stratégie de régulation. Les boucles intermédiaires (Bi) permettent de rendre la stratégie plus permissive.

NOTA : L'ÉCOULEMENT AU "GOUTTE À GOUTTE"

Très répandu aux États-Unis, le "goutte à goutte" consiste à faire entrer un par un les véhicules sur l'autoroute, afin de réduire les conflits d'insertion. Cette technique permet de maintenir une vitesse plus stable sur l'autoroute et d'améliorer globalement la sécurité.

Le débit autorisé calculé par la stratégie adaptative est converti en durée de cycle du feu, le nombre de cycles déterminant le nombre de véhicules entrants (1 véhicule par cycle). La durée d'un cycle varie, selon le débit autorisé, entre 4 secondes et 12 secondes. La durée du vert est déterminée par le temps de franchissement de la ligne de feu par le véhicule, soit en moyenne de 1 à 2 secondes.

Le débit maximum autorisé avec cette technique sur un accès à une voie est de 900 véhicules/heure (environ 1300 véhicules/heure pour un écoulement par peloton). A Amsterdam, les accès à deux voies sont équipés d'un feu pour chaque voie, ce qui permet de faire entrer les véhicules deux par deux.

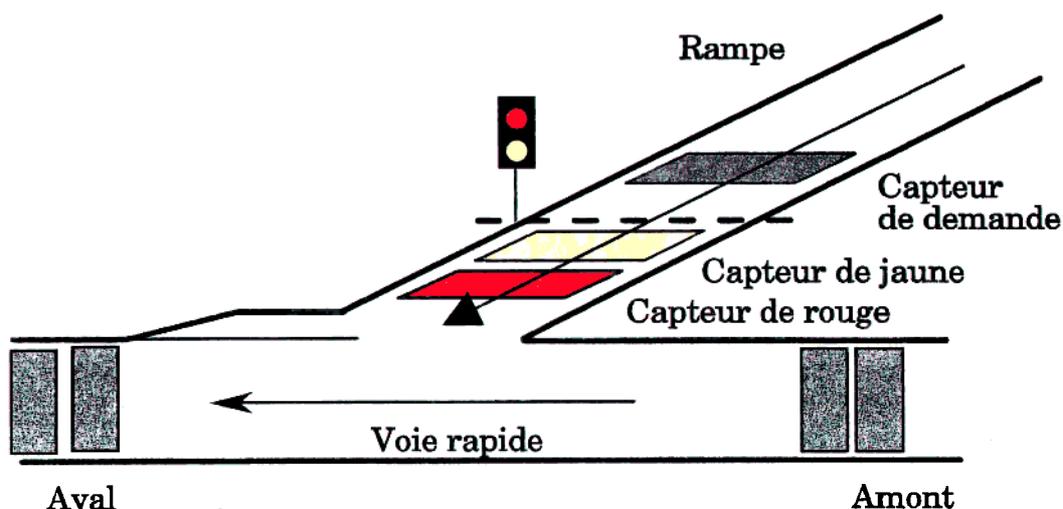


Figure XIV.4.3 - Équipement d'un accès destiné au "goutte à goutte" (Amsterdam). Le feu est au rouge jusqu'à ce qu'un véhicule se présente, détecté par le capteur de demande. Dès que le capteur de jaune détecte le franchissement de la ligne de feu par le véhicule, le feu passe au jaune, puis au rouge dès la détection du véhicule par le capteur associé (cas d'Amsterdam)

La mise en place de cette technique en France, pose le problème de la réglementation : l'utilisation d'un feu tricolore (R22 ou R22j) ne permet pas de respecter les durées minimales de jaune fixe et de vert (jaune clignotant), imposées par la réglementation française : 3 et 5 secondes pour le jaune, 6 secondes pour le vert.

D'un point de vue strictement technique, les multiples recherches, expérimentations et les mises en oeuvre opérationnelles réalisées aux États-Unis et en Europe ont montré tout l'intérêt de la régulation d'accès : c'est un outil qui augmente considérablement la capacité d'action sur le trafic des exploitants des voies rapides.

Des réticences subsistent par rapport à la régulation d'accès et notamment en France. Elles sont souvent consécutives à des expériences passées malheureuses ou à un manque de connaissance des progrès techniques réalisés dans ce domaine.

L'usage de la régulation d'accès aux voies rapides urbaines mérite certainement d'être développé dans toutes les grandes agglomérations françaises qui mettent en place des systèmes de gestion et d'exploitation des VRU.

XIV.5 La cartographie automatique du trafic : Outil de diagnostic et d'évaluation

XIV.5.1 Introduction et pré-requis

De nombreux réseaux d'autoroutes et de voies rapides sont aujourd'hui équipés de recueils permanents des données de trafic fournissant les variables essentielles : débit, taux d'occupation, vitesse, ... La disponibilité de ces données, généralement fournies par les dispositifs à boucles électromagnétiques, permet d'appréhender de manière automatique les caractéristiques des pointes de trafic. La congestion peut en effet être caractérisée par les critères de durée, de longueur et d'intensité des retenues.

La prise en compte des phénomènes dans un diagramme temps-espace suggère de manière naturelle, l'utilisation des courbes de niveau. Cette visualisation graphique constitue un moyen pratique de représentation d'une surface à 3 dimensions - temps, espace, indicateur de trafic - dans un plan. Pour l'exploitant, elle présente de plus l'avantage de fournir un éclairage rapide sur :

- la localisation des goulots ;
- la durée de la congestion pour une période donnée ;
- le degré réel de saturation du réseau.

Pour pouvoir être mise en oeuvre, l'approche cartographique nécessite les données fournies par un système de recueil : pour l'essentiel il s'agit des valeurs du taux d'occupation agrégées sur 6 mn. La densité d'équipement induit naturellement la qualité des estimations relatives aux caractéristiques des pointes. Sur autoroute et voie rapide urbaines, une station de mesure par boucle tous les 500 mètres constitue une configuration idéale. Des tests montrent toutefois que cette densité peut être nettement réduite (1km à 1.5 km voire même 2 km) sans obérer gravement la qualité de l'approche cartographique. La méthode a également été testée, avec succès, pour l'analyse des grandes pointes saisonnières sur un réseau d'autoroutes interurbaines.

XIV.5.2 Principes méthodologiques

Pour être en mesure de cartographier automatiquement les niveaux de trafic, il importe que la variable d'état : taux d'occupation (ou vitesse moyenne), soit préalablement définie par ses valeurs numériques aux noeuds d'une grille. Le taux d'occupation t est généralement choisi comme variable d'état. Chaque valeur à un noeud quelconque de la grille, correspond à la valeur du taux d'occupation t enregistré à un instant donné par une station de détection. Ainsi par exemple, un capteur situé au point x_i fournira à l'instant t_j la valeur t_{ij} du taux $t_{ij} = t(t_j, x_i)$. Le repère temps-espace utilisé ici, représente une grille rectangulaire irrégulière. Sur l'axe des temps, l'échelle correspond à la période d'échantillonnage (ou d'intégration) des mesures, issues des stations de détection. L'axe des distances permet quant à lui, de repérer la position de ces stations par leur point repère (PR), le long de l'autoroute. En règle générale, les stations ne sont pas équidistantes.

Le maillage désigne le processus permettant de substituer, à un ensemble discontinu de points irrégulièrement répartis, un continuum, pouvant par suite être cartographié. Cette étape est indispensable pour le tracé des lignes de niveau. Dans ce processus, l'aire d'étude contenant les valeurs mesurées du taux d'occupation est subdivisée au moyen d'une grille imaginaire régulière. A chaque noeud de la grille est associée une valeur, estimée selon diverses méthodes. Le plus souvent, cette estimation tient compte des points les plus voisins (e.g. algorithme de la "distance inverse"). Cette étape d'estimation achevée conduit alors à l'obtention d'une grille rectangulaire et régulière. Celle-ci permet le tracé des courbes de niveau de taux d'occupation.

L'étape suivante consiste à construire les composantes de la "courbe de niveau" t_c où t_c représente le taux d'occupation critique des sections homogènes de l'infrastructure.

Ces courbes de niveau de taux d'occupation font apparaître sur la carte temps-espace, plusieurs composantes fermées de forme quelconque. Selon la valeur du taux, l'aire délimitée par ces composantes correspond à un indicateur d'encombrement. Le calcul *automatique* de cette aire, très utile en terme d'évaluation, peut être effectué directement à partir du graphique.

Par ailleurs, pour chaque contour de congestion, le début de la pointe, la fin de la pointe, la longueur de la retenue peuvent également être déterminés de manière automatique. La carte permet ainsi d'exhiber des indicateurs quantitatifs, caractéristiques des états de trafic observés.

XIV.5.3 Exemple de fonctionnement d'une voie rapide urbaine

La figure XIV.5.1 suivante représente une analyse cartographique du fonctionnement d'une voie rapide urbaine : le Boulevard Périphérique Intérieur Sud de Paris. Les études de capacité préalables montrent que le taux d'occupation critique de l'infrastructure est de 25 % environ. La carte synthétise le fonctionnement de l'ouvrage pour l'ensemble d'une journée ouvrable de l'année 1990. Elle fait clairement ressortir les "têtes" de retenue habituelles de l'infrastructure, comme par exemple les répercussions des accès vers les autoroutes A6a et A6b.

Les différentes pointes de trafic sont repérées (et numérotées) sur la représentation cartographique. Pour chacune d'elles, on détermine *automatiquement* la durée, la longueur de la retenue, le volume d'encombrement (en $h \cdot km$) et enfin, l'intensité (les modalités de cette dernière caractéristique correspondent aux classes des valeurs de taux d'occupation

supérieures au taux critique de 25%). Le tableau XIV.5.1, généré automatiquement, complète l'interprétation de la carte.

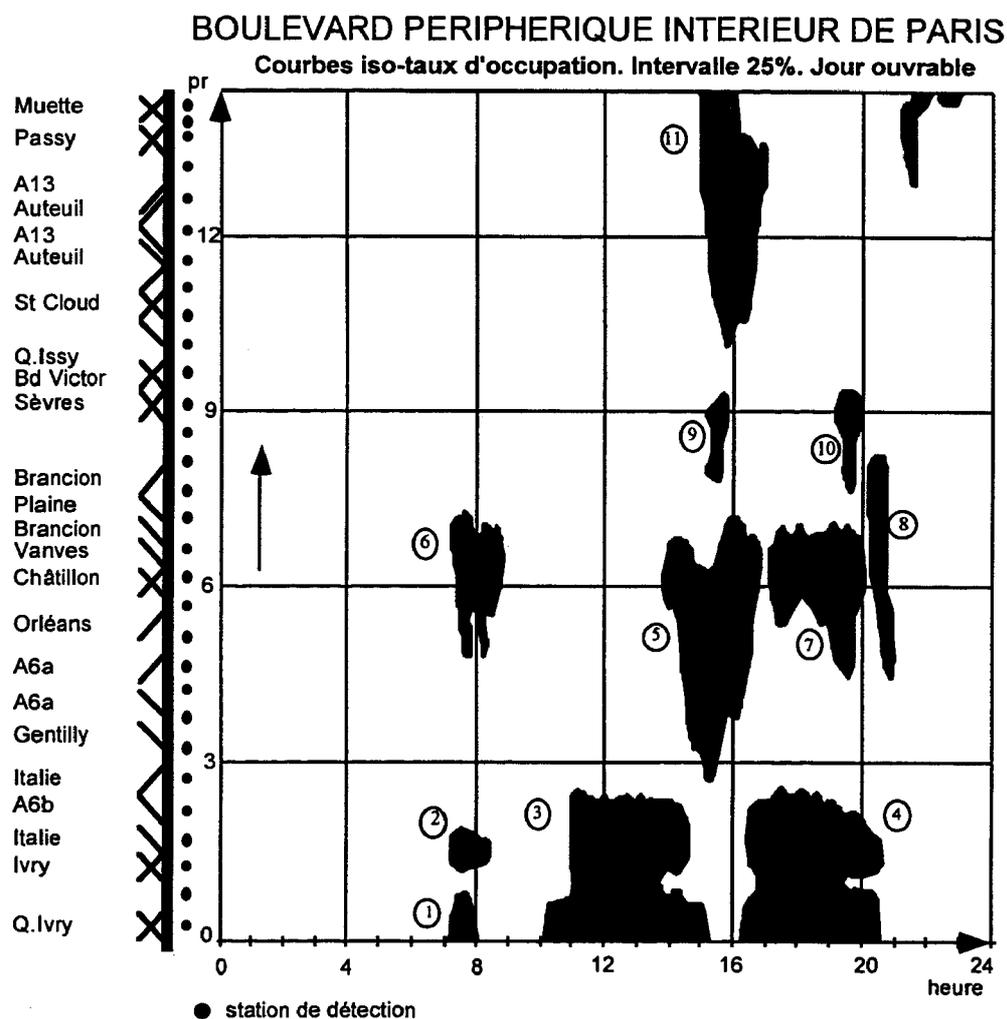


Figure XIV.5.1 : Exemple de cartographie automatique du trafic

N° pointe	Durée (h)	Longueur (km)	Encombrement (h*km)
1	0.824	0.797	0.504
2	1.196	0.717	0.622
3	5.192	2.577	9.080
4	4.429	2.618	9.130
5	3.052	4.511	7.768
6	1.615	2.465	2.421
7	2.948	2.691	4.624
8	0.793	3.818	1.597
9	0.733	1.531	0.639
10	0.824	1.748	0.790
11	2.170	4.390	5.885

Table XIV.5.1 : Exemple de quantification automatique des pointes de trafic

Ces résultats permettent de dresser des statistiques relatives aux caractéristiques des pointes observées sur l'ouvrage : durée, longueur, volume d'encombrement pour une période donnée. Ainsi, l'on déduit du tableau XIV.5.1 les éléments ci-dessous, typiques d'une journée ouvrable sur la partie de l'infrastructure considérée.

Variable	Durée (heure)	Longueur (km)	Encombrement (h*km)
Minimum	0.73	0.72	0.50
Maximum	5.2	4.51	9.13
Moyenne	2.16	2.53	3.92
Ecart type	1.56	1.30	3.52

Table XIV.5.2 : Statistiques relatives aux pointes de trafic

XIV.5.4 Perspectives

La méthode cartographique peut être employée de façon systématique par les exploitants des autoroutes ou des voies rapides :

- pour l'analyse, la représentation, la quantification et la comparaison des différentes pointes de trafic : pointes journalières, grandes migrations saisonnières liées aux déplacements de loisirs, événements perturbants (accidents, incidents, phénomènes météorologiques, ...)
- pour l'évaluation des effets des opérations des actions de régulation ;
- pour la tenue de statistiques régulières : journalières, mensuelles ou annuelles, sur l'évolution des phénomènes de congestion des infrastructures routières (observatoire de la congestion).

XIV.6 Les indicateurs de trafic

"l'indicateur est le témoin quantifié d'un niveau de service"

En fonction des objectifs recherchés, on peut classer les indicateurs en plusieurs catégories :

- Les indicateurs locaux de trafic, représentatifs des conditions d'écoulement dans une section.
- Les indicateurs de qualité des déplacements
- Les indicateurs de consommation d'énergie.
- Les indicateurs de nuisances dues au trafic

XIV.6.1 Les indicateurs de trafic

Les états du trafic sont décrits par :

- **Le débit** en u.v.p/h qui est directement issu des comptages. En régime fluide, cette variable traduit bien la demande de circulation et permet d'adapter les dispositifs de gestion du trafic. En saturation, elle est en revanche, moins sensible et ses variations présentent un doute d'interprétation (augmentation ou diminution de la congestion?).

- **La concentration** (ou densité) en uvp/file/km qui exprime la quantité de véhicules présents sur la chaussée. Elle est difficilement mesurable soit par photographies aériennes pour une utilisation en temps différé ou par des capteurs vidéo qui peuvent la mesurer sur des longueurs de voies de 200 m maximum.

- **Le taux d'occupation** qui est le pourcentage de temps pendant lequel un point de la chaussée est occupé par les véhicules. Cette variable est simple à mesurer avec une boucle électromagnétique et son extrapolation spatiale est représentative de la concentration qui est quant à elle beaucoup plus difficile à obtenir (voir supra).

- **La vitesse de flot** qui est la moyenne harmonique des vitesses individuelles des véhicules mesurées dans une section (c'est la moyenne qui vérifie la loi fondamentale d'un écoulement).

Cette vitesse peut être mesurée avec des radars, des doubles boucles ou des caméras vidéo. La vitesse peut aussi être calculée sur une boucle simple en estimant la longueur moyenne des véhicules.

XIV.6.2 Les indicateurs de qualité du déplacement

Ils s'adressent à un réseau ou à des tronçons d'un réseau, on peut distinguer :

- **Les indicateurs de durée** qui s'expriment par le temps de parcours ou la vitesse moyenne sur un itinéraire. Le temps de parcours étant une valeur additive, on peut segmenter le trajet en tronçons homogènes et mesurer le temps de parcours sur chacun d'eux (méthode du véhicule flottant qui peut s'adjoindre le système de recueil et traitement automatique MITEMPS).

Pour effectuer un bilan sur un réseau il est nécessaire de pondérer les temps de parcours des tronçons par leurs débits respectifs.

- **Les indicateurs de régularité** qui caractérisent la dispersion des temps de parcours par rapport à la moyenne ou une référence théorique. Ils sont intéressants dans les zones denses en circulation fréquemment perturbées. Ils exigent un grand nombre de mesures voir un recueil de données permanent.

- **Les indicateurs de gêne** qui traduisent le degré de pénibilité des déplacements, ce sont :
 - le nombre et la durée des arrêts
 - le temps d'attente à un carrefour ou à un accès
 - les entraves à la circulation (arrêt illicite,..)

XIV.6.3 Les indicateurs de consommation d'énergie

Ils indiquent la consommation de carburant des véhicules.

Une étude de l'INRETS a permis d'établir la consommation en carburant d'un véhicule de cylindrée moyenne à l'aide d'une formule faisant intervenir:

- la distance parcourue
- le temps de roulage total du déplacement
- le temps total d'arrêt du déplacement
- le nombre d'arrêts

la consommation d'un arrêt étant elle-même fonction des conditions de circulation et d'autant plus importante que la vitesse est élevée.

XIV.6.4 Les indicateurs de sécurité

Ces indicateurs peuvent être construits à partir des statistiques d'accidents corporels de la circulation ou encore des différentiels de vitesse entre deux files ou entre les véhicules d'une même file. Leur évolution étant lente, il faut pour les suivre effectuer des observations sur plusieurs années dont il est difficile d'isoler l'influence spécifique de tel ou tel facteur (aménagement, régulation, signalisation ..)

Il est donc souvent préférable de mesurer l'évolution du nombre d'infractions commises par un type d'usagers dans une situation donnée. Pour cela, il existe à présent des détecteurs (boucles ou vidéo) capables d'enregistrer certaines infractions (franchissements de feux ou de lignes continues).

XIV.6.5 Les indicateurs de nuisances dues au trafic

- **Les indicateurs du niveau de pollution atmosphérique** : la circulation automobile s'accompagne à la fois d'une importante consommation d'oxygène et de l'émission dans l'atmosphère de nombreux polluants. On note parmi les plus nocifs :

- le monoxyde de carbone,
- les oxydes d'azote,
- les hydrocarbures,
- le plomb,
- les poussières ou particules.

L'ozone est un polluant secondaire issu de l'influence du rayonnement solaire sur les oxydes d'azote et les hydrocarbures.

Pour suivre l'évolution du taux de concentration de ces produits dans l'atmosphère, il faut disposer de capteurs généralement implantés à des endroits où les personnes peuvent être exposées de façon continue pendant une longue période (souterrains, carrefours importants ...).

Pour suivre l'évolution des concentrations de ces polluants, 29 associations de mesure de la qualité de l'air et 5 laboratoires constituent le réseau français.

Une prochaine directive européenne et la loi sur l'air devraient permettre de réglementer les mesures en fixant les indicateurs pertinents de la pollution urbaine due aux transports.

- **L'indicateur du bruit** : depuis les années 60, le bruit est pris en compte comme un élément majeur parmi les nuisances dues à la circulation. 1,5 millions de français vivent au voisinage immédiat d'un réseau de niveau 1 et sont soumis à des niveaux sonores supérieurs à 70 dB(A)

La nouvelle réglementation acoustique complète la loi de Décembre 92 sur la lutte contre le bruit et est applicable depuis le 1^{er} Janvier 96 grâce à deux décrets d'application qui limitent le niveau sonore aux abords notamment des infrastructures routières de transport dont le trafic est supérieur à 5000 v/j . Les secteurs affectés par le bruit sont classés avec les niveaux sonores correspondants à ne pas dépasser. Le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré (LAeq défini par la norme NF S 3110) est calculé pour les deux périodes 6h-22h et 22h-6h.

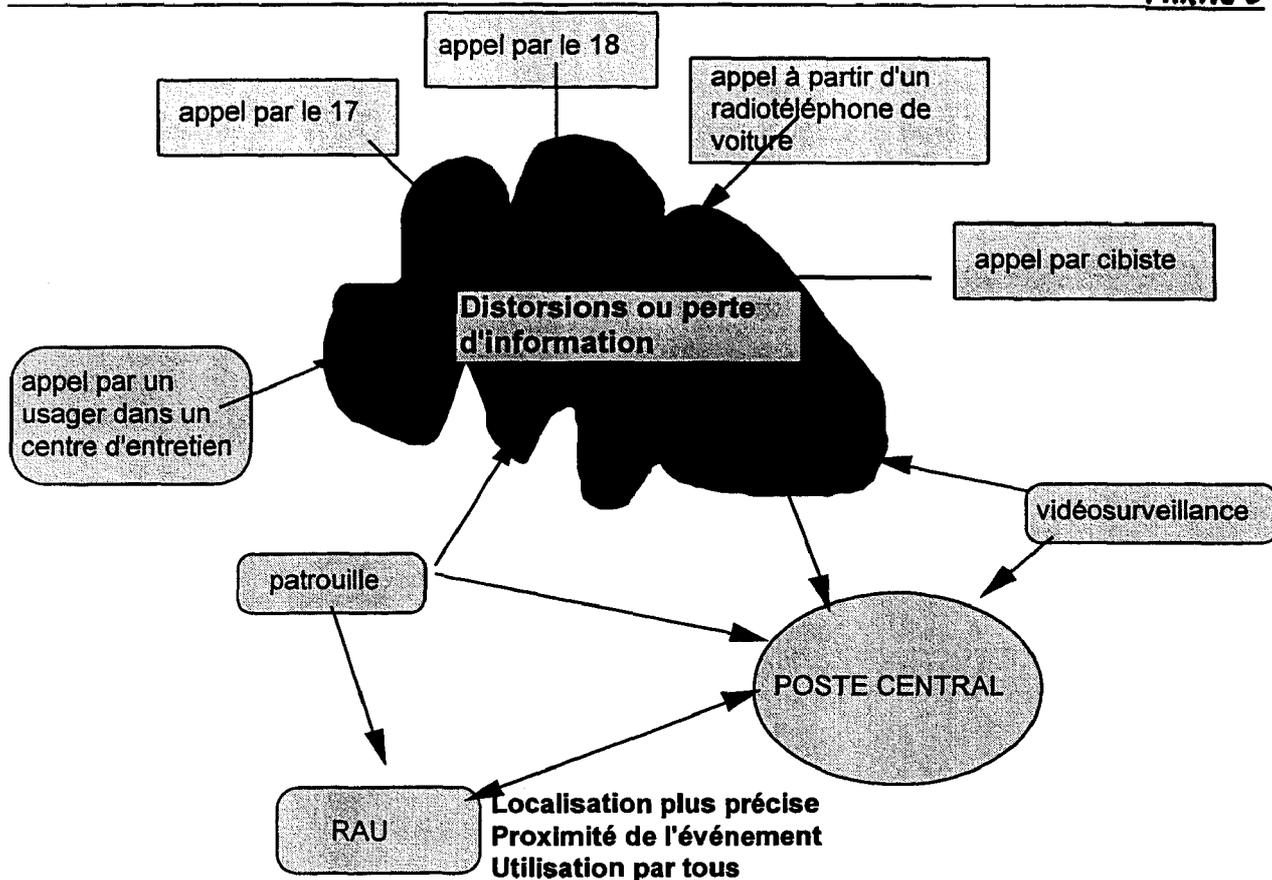
Les isolements de façades nécessaires sont imposés. Toute dégradation provoquant un bruit additionnel de 2 dB(A) entraîne l'amélioration des protections.

XIV.7 Le réseau d'appel d'urgence (RAU)

XIV.7.1 Introduction

Les RAU sont la base des alertes lors des accidents sur les réseaux routiers à grande circulation et sur certaines routes secondaires dans des secteurs inhabités. Ils constituent l'équipement le plus important de l'exploitation des voies rapides. Au titre d'équipement de sécurité, leur disponibilité doit être totale. Un RAU en panne sur un secteur doit automatiquement être remplacé par un patrouillage dense du secteur (au moins une fois par heure pendant la nuit).

L'alerte par des moyens concurrents tels que le téléphone (numéro 15, 17 ou 18) à partir des cabines téléphoniques ou de chez un particulier, la CB (Citizen Band), ou plus récemment les radio-téléphones de voiture, conduit souvent à des distorsions dommageables de l'information du fait de la difficulté à localiser l'appel. **Le RAU reste donc le moyen d'alerte essentiel et sûr.**



XIV.7.2 Terminologie

La norme NF P 99250 définit entre autres, un PCA (Poste de Centralisation des Appels) comme un équipement central comprenant un *PO* (Poste Opérateur, interface Homme/machine: clavier/écran/imprimante) et un *Joncteur*, élément central assurant la mise à disposition de la voie phonique et l'identification d'un appelant ou la mise en communication d'appelé.

Les PAU (Postes d'Appel d'Urgence) sont des Postes téléphoniques spécialement adaptés aux appels d'urgence, soit raccordés au réseau téléphonique commuté (RTC), soit connectés sur une quarte d'un câble privé. L'ensemble des PAU connectés à une même quarte est appelé une antenne.

XIV.7.3 Documents existants

Il existe toute une série de normes ayant trait au réseau d'appel d'urgence :

- * [NOR91b] norme NFP 99-250 : Equipements de la route - Réseau d'appel d'urgence - Caractéristiques générales,
- * [NOR92] norme NFP 99-251 : Equipements de la route - Réseau d'appel d'urgence - Aspects et dimensionnement des Postes d'Appel d'Urgence (PAU),

* [NOR95b] norme NFP 99-252 : Équipements de la route - Réseau d'appel d'urgence - Principes de maintenance des PAU,

d'autres sont en cours de parution :

* [NORa] norme NFP 99-253 : Équipements de la route - Réseau d'appel d'urgence - Caractéristiques techniques des PAU et des PCA,

* [NORb] norme NFP 99-254 : Équipements de la route - Réseau d'appel d'urgence - Mise en oeuvre des PAU et des PCA.

Elles permettent de décrire les exigences fondamentales des réseaux de RAU :

Localisation automatique du Poste appelant;

Echange bilatéral simultané;

Priorité de transmission;

Dysfonctionnement local sans conséquence sur l'ensemble;

Tenue à l'environnement physique et électromagnétique;

Disponibilité globale supérieure à 98%;

Possibilités de tests manuels ou automatiques.

Le cahier des charges type : Fournitures d'équipements de réseaux d'appels d'urgence autoroutiers, édité par le SETRA (E9113) décrit fonctionnellement les réseaux sur quarte téléphonique privée. Il existe également un guide technique : Réseaux de télétransmissions des autoroutes de liaisons non concédées, édité aussi par le SETRA (E9312), mais aussi la circulaire 89-71 du 05/12/89 et la lettre circulaire 91-7606 du 15/04/91 produites par la DSCR.

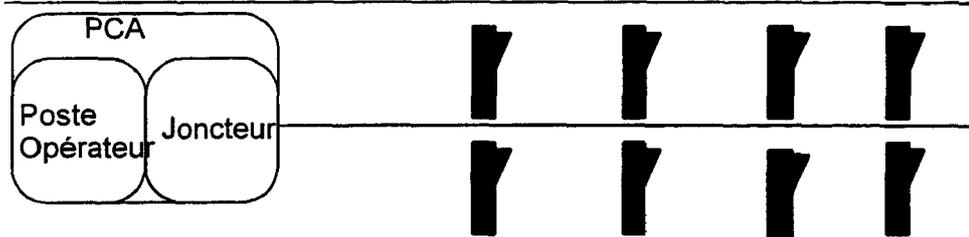
Il convient de signaler une note technique également, datant de 1990 et dont le titre est : « Postes téléphoniques d'appel d'urgence » éditée par le SETRA (E9066).

XIV.7.4 Catégories de matériels

On distingue trois types de RAU envisageable sur les VRU:

XIV.7.4.1 Les réseaux sur câble privé

Les PAU sont connectés à l'heure actuelle principalement, à une quarte téléphonique privée tirée le long de l'infrastructure, reliée à un Poste de Centralisation des Appels (PCA). L'opérateur en service dispose d'une compétence localisée et est capable d'alerter directement les services d'intervention concernés. L'ensemble des autoroutes concédées et non concédées, ainsi que certaines voies rapides sont équipées de ce système. Les opérateurs dans les Centres d'Ingénierie et de Gestion de Trafic (CIGT) ou les Centres Opérationnels de Gendarmerie (COG) sont des agents du ministère de l'intérieur ou de la défense et dans certains cas, des agents d'exploitation civils.

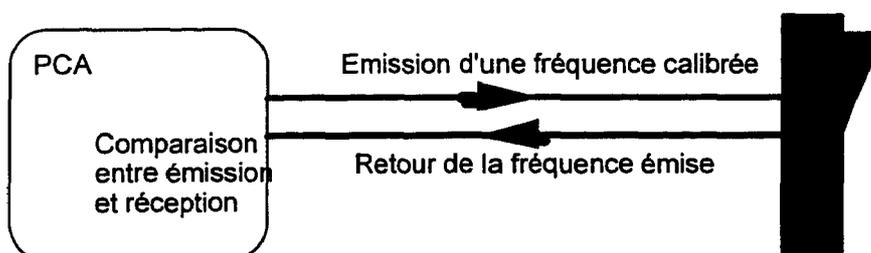


Lorsqu'un usager appuie sur le bouton d'appel, le PAU envoie au PCA son identification. L'acquis de l'appel par l'opérateur établit la communication phonique.

Il ne peut y avoir qu'une seule communication à la fois par antenne, mais le PCA est capable d'identifier l'appel d'un autre PAU pendant la communication.

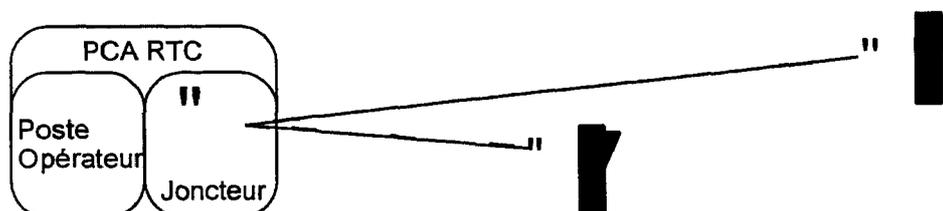
Dans l'autre sens, l'opérateur peut avoir l'initiative de la communication. Les PAU savent reconnaître les appels qui leur sont adressés et commuter la voie phonique en conséquence.

Les PCA récents permettent d'effectuer des tests de bon fonctionnement à distance, en demandant à un PAU sélectionné d'assurer le rebouclage de la voie phonique en provenance du PCA (voie du Haut-parleur) sur la voie phonique vers le PCA (voie du microphone). Le PCA envoie alors un signal phonie dont il écoute la qualité à son retour.



XIV.7.4.2 Les réseaux sur RTC

Les PAU de ces réseaux sont l'équivalent d'un poste d'abonné au Réseau Téléphonique Commuté. Les appels aboutissent à un poste de centralisation des appels, tenu en général par des personnels des Forces de l'Ordre compétentes territorialement. Les PAU utilisant le RTC sont implantés souvent sur les RN et RD au gré des besoins, en général sur des sections critiques à forte circulation ou sur des sections particulièrement isolées (routes de montagne), ou accidentogènes.



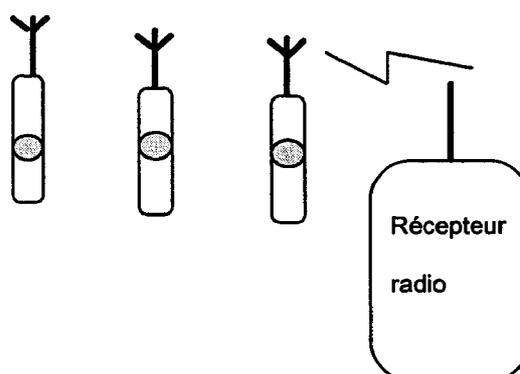
Lorsqu'un usager appuie sur le bouton d'appel, le PAU compose automatiquement le numéro du PCA. Lorsque la communication est physiquement établie, le processus de

reconnaissance de l'identification du PAU appelant et de l'établissement de la communication phonique est comparable à celui des PAU sur réseau privé.

La télémaintenance est comparable à celle des réseaux privés, à ceci près qu'elle nécessite la mise en communication physique préalable par appel téléphonique de chaque PAU à tester.

XIV.7.4.3 Les réseaux radio pour PAU de chantier

Les chantiers autoroutiers imposent de mettre à titre provisoire des équipements d'alerte sur les sections où les voies sont rétrécies et où la BAU est supprimée.



Les PAU de ces réseaux sont de simples équipements radio à appel sélectif aboutissant à un poste radio situé provisoirement dans le PC le plus proche. Ces équipements ne sont pas normalisés.

XIV.7.5 Nécessité d'une informatisation

La plupart des PCA actuels sont de simples pupitres qui assurent des fonctions de type téléphoniques: sonnerie, affichage du Poste appelant, mise en communication phonique, mise en garde et reprise de garde d'un Poste, appel d'un Poste.

La gestion d'un RAU de réseau de niveau 1 doit assurer d'autres fonctions entre autres :

- Description de l'environnement routier d'un PAU (base de données géographiques) lors de l'activation de celui-ci;
- Tests de maintenance périodiques et automatiques (journal de bord du fonctionnement du système);
- Saisie d'informations complémentaires à chaque appel (main-courante de toutes les actions d'exploitation engagées par l'opérateur).

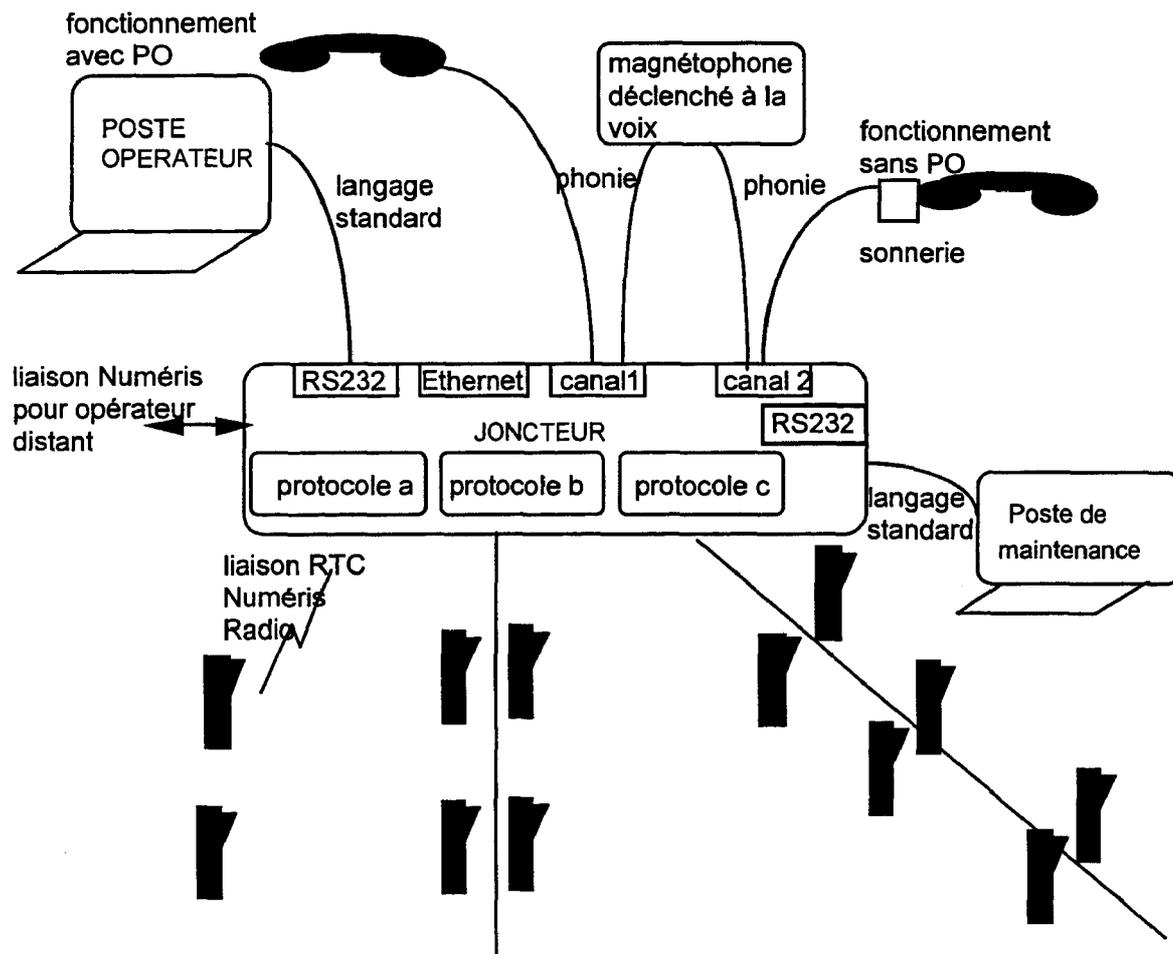
L'informatisation de la gestion d'un RAU doit ainsi permettre des statistiques précises de l'utilisation des PAU et de la qualité de leur utilisation. Il est utile de connaître en détail, PAU par PAU, leur fréquence d'utilisation par thème (accident, incident, demande de renseignement, véhicule en panne, appel intempestif, appels par erreur, appels "sans objet", appels par les services eux-mêmes, appels pour tests), et de vérifier leur disponibilité (taux de panne, délai entre la sonnerie et l'établissement de la communication, durée de la communication, durée de la mise en garde éventuelle)

Il est aussi intéressant de croiser l'utilisation d'un PAU et les accidents, afin de vérifier que le RAU est bien adapté à sa fonction d'assistance à l'utilisateur.

Cependant, il reste essentiel de maintenir une indépendance suffisante du RAU, avec un mode dégradé conforme à la norme NF P99-250 en cas de panne du poste opérateur.

Il faut signaler que toutes ces fonctionnalités sont d'ores et déjà existantes.

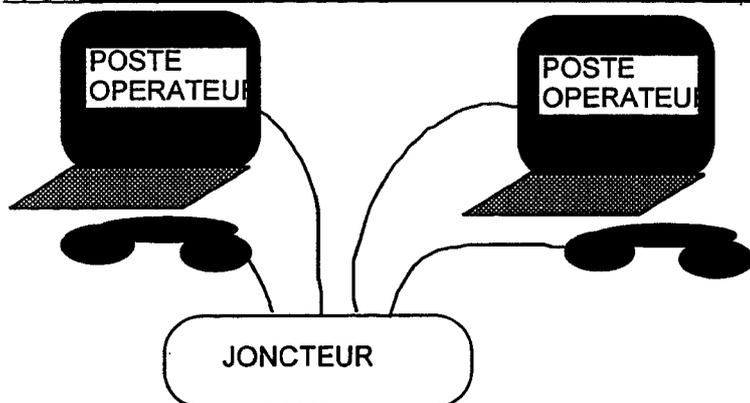
Le schéma ci-dessous propose une architecture pour un RAU d'exploitation de réseau de niveau 1 :



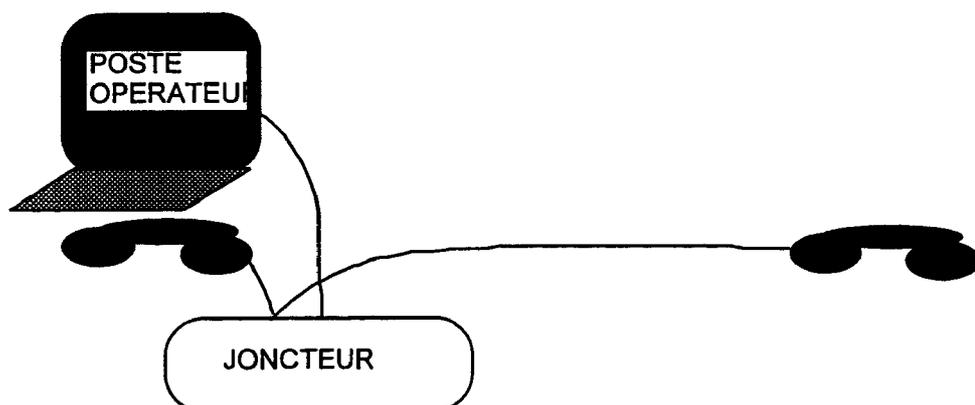
XIV.7.6 Adjonction de fonctionnalités

Certains besoins peuvent se faire jour:

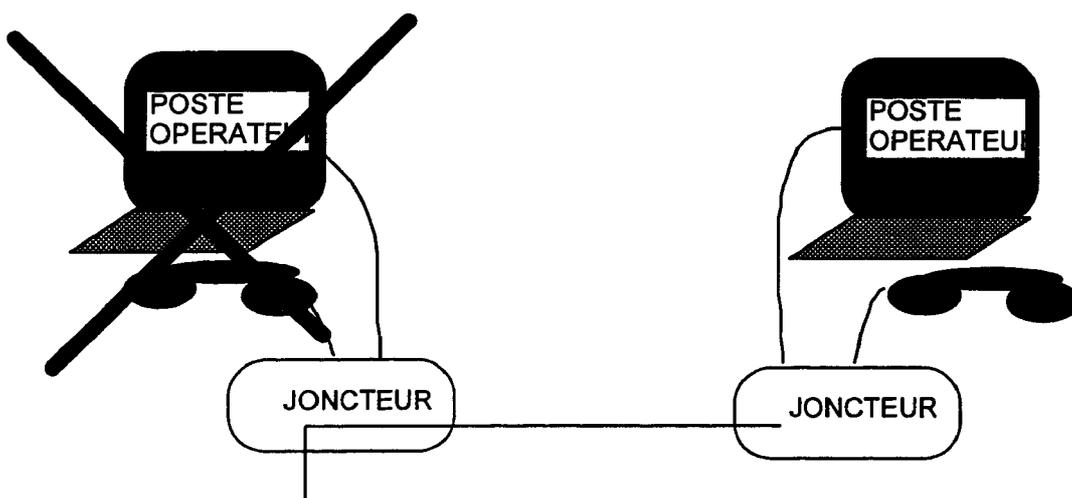
- Doublement du Poste opérateur dans un même PC, permettant à deux opérateurs distincts d'avoir une communication avec tous les PAU de toutes les antennes du réseau .



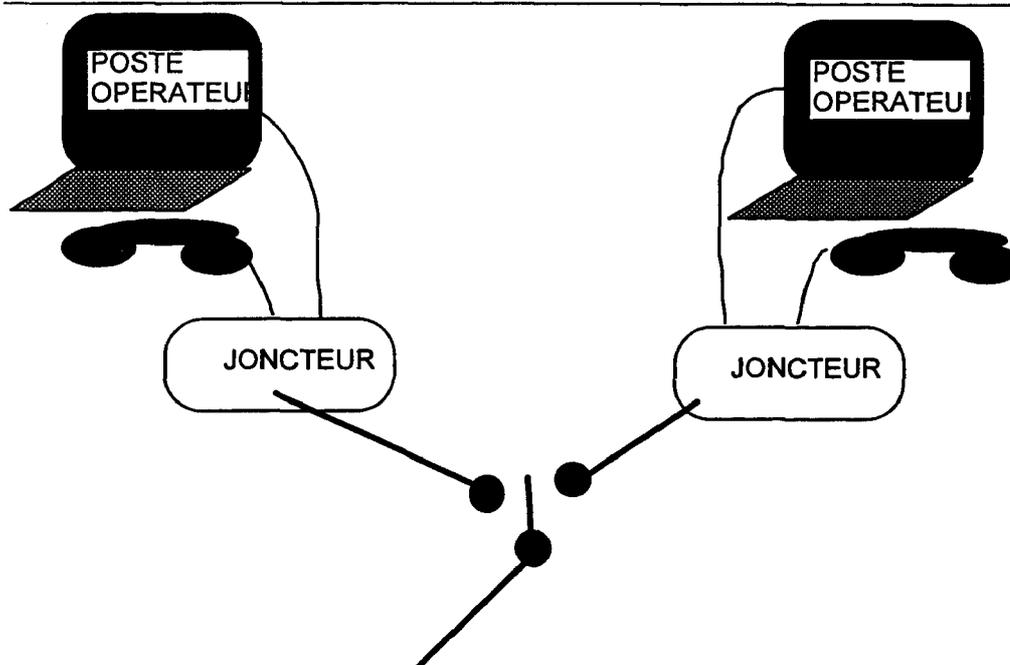
- Écoute à distance d'une communication entre un Poste Opérateur et un PAU



- Déport géographique du Poste opérateur, en particulier pour satisfaire aux astreintes tournantes.



- Couplage d'une antenne sur un autre joncteur, en particulier pour assurer une continuité de service en cas de rupture de câble



Selon les désirs de chacun , ces fonctionnalités doivent être bien prévues au moment de la réflexion générale autour du SAGT.

XIV.7.7 Problèmes de compatibilité et perspectives

En fonctionnement de base, sans parler des fonctions qu'il peut sembler utile d'ajouter aux RAU compte tenu de l'émergence de nouveaux besoins et des nouvelles possibilités technologiques, un RAU doit permettre :

- L'adressage individuel de chaque PAU
- La reconnaissance du code adresse de chaque PAU appelant
- La reconnaissance d'une commande de commutation des voies phoniques (microphone dans un sens et haut-parleur dans l'autre sens)
- La reconnaissance d'une commande de bouclage de la voie HP sur la voie microphone

A ce jour, le cahier des charges type cité ci-dessus mentionne deux types de protocoles, incompatibles entre eux, assurant de façon élémentaire ³ ces fonctions de base et certaines fonctions annexes.

Techniquement, il apparaît difficile de changer la conception d'un des éléments du réseau sans devoir changer la conception des autres éléments:

- Là où l'on voudrait n'acheter ou ne remplacer qu'un PAU à la fois, on ne peut acheter ou remplacer qu'un système complet
- Là où l'on voudrait intégrer le RAU dans un système d'exploitation plus vaste, on dépend de la bonne volonté du constructeur de RAU à interfacer son système avec un autre système
- Là où l'on voudrait déporter certaines fonctions, pour traiter les problèmes d'astreinte ou de test de maintenance à distance, il sera aussi nécessaire de doubler tous les équipements

³vitesse de transmission de quelques dizaines de bauds, à comparer avec les vitesses couramment pratiquées actuellement de 4800 bauds - quelques signaux élémentaires à comparer avec les exigences des réseaux actuels où l'"intelligence" est largement décentralisée

- Là où l'on pourrait envisager des modes dégradés particuliers, par déplacement provisoire de certains matériels, ou par appel à un autre « mainteneur » que le « mainteneur » officiel, les "systèmes propriétaires" s'opposent à toute solution sécurisante.

Pour éviter ce genre de problèmes les spécialistes de la transmission ont inventé le concept de couches et standardisé des protocoles de télécommunication. Les RAU sont des systèmes de transmission. On peut penser qu'ils vont évoluer dans ce sens.

Pour aller dans ce sens, il va être possible de regrouper dans un même Centre d'Exploitation des réseaux construits par deux constructeurs différents. En effet, un PCA « universel » est opérationnel sous la forme d'un prototype implanté en Seine Maritime.

Cette évolution ne peut être que progressive, afin de respecter la durée de vie de 20 ans que l'on peut légitimement espérer pour ces matériels. Elle pourrait s'attacher aux points suivants :

1 - liaison Joncteur - Poste Opérateur

La première action peut consister à permettre la cohabitation de plusieurs RAU de provenance différente au sein d'un même système. Cette ouverture est déjà prévue partiellement dans la norme qui permet l'éclatement d'un PCA en deux couches:

- le **Joncteur**, qui traite de l'établissement de la communication
- le **Poste Opérateur**, qui traite de la gestion du réseau par l'opérateur

2 - liaison PAU - Joncteur

La deuxième action peut consister à définir fonctionnellement les échanges de données avec un PAU puis à mettre au point et à promouvoir un standard d'échanges des données et de phonie entre PAU et Joncteur qui soit indépendant de tous les médias de transmission (cuivre privé, fibre optique, RTC, Numéris, GSM (radio-téléphone cellulaire).

Cette nouvelle génération de PAU n'est pas envisageable à court terme. Les nouvelles générations de PAU à circuits numériques, basés sur les protocoles de transmission existants, assurent bien les exigences fonctionnelles demandées.

Nota : Il convient de citer qu'une étude concernant la faisabilité d'une évolution des PAU pour les rendre accessibles aux sourds et muets, est actuellement en cours.

XIV.8 Le réseau de transmission de données

XIV.8.1 Limites de l'annexe

Cette annexe n'est pas à proprement parler un guide méthodologique. Il s'agit plutôt d'éléments d'aide à la conception et d'un état partiel de l'art dans le domaine des transmissions de données. Il se limite par ailleurs à la télétransmission de données routières.

Il ne prend pas en compte par exemple, la téléphonie, la radio FM routière, les échanges informatiques entre réseaux locaux ...

Il suppose au préalable une définition claire de l'architecture fonctionnelle, ainsi que le choix du type d'équipements dynamiques, leur nombre et leur implantation, ...

Par ailleurs, cette annexe ne traite véritablement que de la conception du système (en gros, phases d'études d'avant-projet sommaire et détaillées), en particulier parce qu'il s'inspire de projet en cours. Il y aurait lieu d'y intégrer la dimension opérationnelle (coûts d'exploitation / maintenance, études et nouveaux investissements, etc ...) et surtout les ressources humaines (organisation, formation, sous-traitance).

On retiendra donc que plusieurs aspects mériteraient un développement approfondi dans une présentation si nécessaire revue en conséquence :

- bilan et ratios de coûts tirés entre autres des projets sur des réseaux de niveau 1 installés (Paris, Lyon, Marseille ...) : part génie civil, maintenance, exploitation, investissements, études, comparaison fibre/cuivre/radio, etc ... - cf § XIV.8.4.2 « Critères d'évaluation » et § XIV.8.6.2.1 « Évaluation - Coûts »

- état de l'art technique rapporté à des indicateurs ou critères (débits typiques sur les réseaux, évolutions, taux de pannes/disponibilité, etc ...) sur lesquels pourrait s'appuyer le décideur/chef de projet, notamment pour la sécurisation du réseau, ... - cf § XIV.8.6.4 « systèmes de transmission » et § XIV.8.6.5.

- la façon dont SIREDO et le TEDI/LCR s'intègre à l'architecture de communication mériterait un complément d'explication à part entière, sinon l'indication d'un document de référence s'il existe.

- les § XIV.8.8 « organisation de la gestion » et § XIV.8.9 « la conduite d'opération » en particulier la phase opérationnelle.

XIV.8.2 Les enjeux

XIV.8.2.1 La problématique

Les fonctionnalités attendues des centres de gestion du trafic se traduisent par des échanges d'information d'importances stratégiques hiérarchisées, de nature et volume extrêmement variables (voix, images ou données trafic), entre interlocuteurs nombreux et très différenciés à la fois par leur statut (personnes, systèmes, dispositifs ...) et leur situation géographique.

Ces échanges mettent en jeu deux niveaux fonctionnels :

- le réseau de télétransmission qui établit les communications entre les équipements dynamiques d'exploitation sur le terrain et le CIGT. Ce réseau couvre l'envergure géographique représentée par les voies de circulation gérées,

- le réseau global de télécommunications, qui intègre le précédent, et qui est commun à plusieurs exploitants. Il est déployé selon l'organisation opérationnelle spécifique à ce type de système : CIGT des réseaux de niveau 1 et CIGT associés tels que Centre d'Exploitation du réseau urbain, Centre d'Exploitation autoroutier concédé, CRICR, Centre d'Entretien et d'Intervention (CEI), ...

La présente annexe concerne pour l'essentiel le réseau de télétransmission, ainsi que les « prises » d'interface avec les autres réseaux, étant entendu que le réseau « commun » relève plutôt d'une démarche de schéma directeur des télécommunications .

Le réseau de télétransmission constitue un élément prépondérant du système de gestion de trafic routier en terme de performances; il conditionne fortement les possibilités d'adaptation de l'ensemble du dispositif de télécommunication pour les années à venir.

XIV.8.2.2 Les objectifs

Les critères qualité à retenir pour la définition de ce réseau sont les suivants :

Adaptabilité aux besoins de communication : infrastructures (génie civil et supports) suffisantes pour répondre aux besoins en capacité pour un horizon de l'ordre de deux décennies;

Evolutivité par l'adoption d'une architecture ouverte de réseau (logiciel et matériel) permettant de prendre en compte les standards, les besoins fonctionnels du futur, les avancées technologiques, la mise en charge progressive du système, le vieillissement différentiel des organes;

Sûreté de fonctionnement par la garantie d'un degré élevé de fiabilité des informations recueillies et par la transparence des systèmes de transmission,

Maintien du niveau de service optimal

par l'utilisation de technologies pérennes,

par la sécurisation,

par l'administration du réseau;

Optimisation des coûts d'investissement et d'exploitation par une bonne maintenabilité du système

XIV.8.2.3 La démarche méthodologique

Le choix d'une solution structurante pour le réseau de télétransmission devra s'effectuer dans une démarche méthodologique classique de conduite de projet. Outre une introduction terminologique, le canevas de la présente annexe en respecte d'assez près les phases successives : présentation (correspond au bilan de l'existant), analyse des besoins et contraintes, solutions techniques (état de l'art), éléments de choix (scénarios), gestion et organisation.

XIV.8.3 Introduction / Terminologie

En préalable, voici quelques éléments de connaissance en « réseaux et télécommunications » utiles mais non indispensables à la démarche méthodologique elle-même :

- une introduction au modèle de communication utilisé pour l'échange d'informations entre ordinateurs,
- un rappel terminologique sommaire,
- la comparaison entre système télécom sur des réseaux de niveau 1 et modèle en couches.

Les termes marqués d'un carré ■ figurent dans le glossaire spécialisé en fin du XIV.8.

XIV.8.3.1 Modèle de référence OSI

Pour éviter la multiplication des solutions d'interconnexion de systèmes basés sur des architectures hétérogènes, un organisme international, l'ISO (International Organization for

Standardisation) a développé un modèle de référence appelé modèle OSI (Open Systems Interconnection ISO 7498). Il permet l'interconnexion de systèmes d'origines différentes dans le respect des normes et des protocoles de ce modèle. Celles-ci sont publiques et accessibles à tous. Les systèmes qui sont conformes à ces conventions sont dits ouverts.

Inversement, un système qui ne permet la communication qu'entre des équipements d'un même type, ou d'un même constructeur, en utilisant des protocoles qui sont la propriété de quelqu'un est qualifié de « propriétaire » ou fermé.

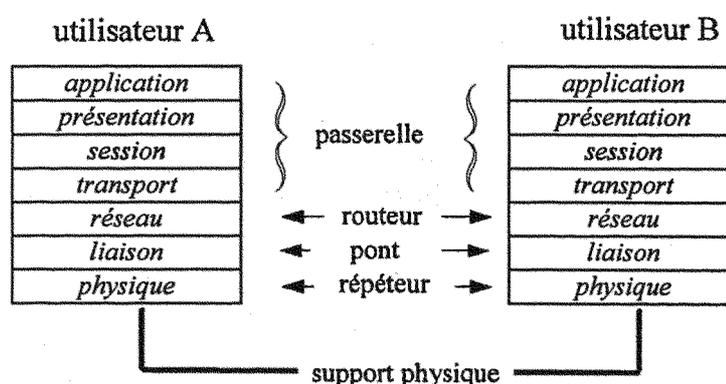
Le modèle OSI ne concerne pas l'architecture interne des systèmes, mais leur comportement externe permettant la communication. Il est applicable à toutes les catégories de réseaux. Il est construit selon une structure en sept couches qui correspondent chacune à un type de préoccupation :

N°	nom de la couche	services offerts	entité
7	Application	fournit à l'utilisateur d'un système ouvert (opérateur, programme d'application ...) l'interface avec les mécanismes de transfert OSI	message■
6	Présentation	permet aux systèmes qui échangent des données d'interpréter celles-ci indépendamment de leur représentation syntaxique dans ces systèmes	
5	Session	définit l'organisation du dialogue entre applications distantes	
4	Transport	garantit aux couches supérieures une qualité de service constante pour le transfert des données quel que soit le type de réseau réellement utilisé	segment■
3	Réseau	définit les protocoles capables d'acheminer les données au travers d'un ou de plusieurs noeuds de communications intermédiaires	paquet■, datagramme■
2	Liaison de données	permet l'échange de données sans altération entre équipements adjacents	trame■, cellule■
1	Physique	fournit un support physique (canal de communication) au transfert des données entre deux équipements	bit, trame■

Les couches 1, 2, 3 et 4 (orientées transmission) se préoccupent du transport d'informations et masquent aux couches supérieures les problèmes liés à la communication entre deux équipements distants.

Les couches 5, 6 et 7 (orientées traitement) fournissent des services d'accès à la communication pour différents types d'applications.

Selon le niveau auquel deux systèmes communiquent, le terme consacré pour désigner le système intermédiaire change (cf. figure ci-dessous).



XIV.8.3.2 Terminologie sommaire

Type de données.

Une donnée est dite numérique lorsqu'elle ne peut prendre que des valeurs discrètes; c'est le cas des chaînes de caractères échangées entre deux équipements informatiques.

Lorsque les valeurs que peut prendre cette donnée demeurent continues sur un certain intervalle, celle-ci est dite analogique; le son et la voix humaine, s'ils ne sont pas numérisés, en sont des exemples.

Signal numérique et signal analogique :

un signal est dit numérique lorsque son amplitude varie en ne prenant que des valeurs discrètes par intervalle.

Un signal est dit analogique lorsque son amplitude varie de manière continue dans le temps, prenant ainsi des valeurs différentes à chaque instant.

Transmission numérique et transmission analogique :

la transmission proprement dite consiste essentiellement en la propagation et le traitement des signaux. On parle de transmission analogique lorsque l'information à transmettre est représentée sur le support de transmission par variation continue d'un seul et même paramètre physique.

La transmission numérique est caractérisée par la discontinuité des variations du paramètre physique sur la ligne. L'information à transmettre existe alors en nombre fini et se conforme à un certain alphabet.

Transmission asynchrone :

la transmission d'un signal nécessite, sur le plan temporel, une synchronisation afin de permettre aux récepteurs de reconnaître, notamment, le début et la fin de la transmission.

Le mode asynchrone signifie qu'il n'y a pas de relations préétablies entre l'émetteur et le récepteur.

Ce qui nécessite l'adjonction à chaque suite binaire ou caractère, d'éléments de repérage permettant la reconnaissance du début (Start) et de la fin (Stop) de chaque caractère.

Transmission synchrone :

dans le mode synchrone, l'émetteur et le récepteur se mettent d'accord sur un intervalle constant qui se répète sans arrêt dans le temps.

La transmission synchrone permet une transmission plus rapide des données que la transmission asynchrone, puisqu'elle ne requiert pas de bits de début et de fin de caractères. De plus, elle offre contre les erreurs une meilleure protection que la transmission asynchrone. Dans la pratique, les émetteurs et récepteurs synchrones sont généralement plus complexes et plus coûteux que les appareils asynchrones.

Isochrone :

caractéristique d'une transmission où les deux extrémités travaillent au même rythme (ils sont donc synchrones) et ne supportent aucun retard. C'est le cas de la téléphonie et de la transmission vidéo, dans une moindre mesure cependant, qui présentent des exigences de temps réel. Ce n'est pas le cas des transmissions informatiques du type fichiers de données.

Pour les données relatives au trafic on parle de temps contraint pour signifier que l'intervalle entre mesures successives rapatriées par le CIGT est fixé à un seuil significatif (par exemple : 1 ou 6 ou 20 secondes, voire 1 minute).

Liaison point à point :

eu égard au nombre d'équipements qu'une liaison permet d'interconnecter, on distingue généralement deux types de liaison : les liaisons point à point et les liaisons multipoint. Une liaison est dite point à point lorsqu'elle ne relie que deux équipements, soit un à chaque extrémité. Pour ce type de liaison, le taux d'activité est généralement faible et le support physique sous utilisé.

Liaison multipoint :

dans le cas où plus de deux équipements sont reliés à une même liaison, on parle de liaison multipoint.

Ce type de liaison implique des techniques de raccordement et des méthodes de partage du support plus complexes. La configuration multipoint peut être étendue à une liaison en boucle, l'accès à un système peut se faire par deux chemins différents et la sécurité de fonctionnement est supérieure.

TCP/IP :

sigle de Transmission Control Protocol/Internet Protocol. Protocole de communication créé initialement par le Département américain de la Défense pour gérer un réseau local de type Ethernet sous le système d'exploitation UNIX, il doit surtout son succès au fait qu'il a été l'un des premiers protocoles à permettre d'interconnecter entre eux plusieurs réseaux locaux hétérogènes. Non retenu dans le cadre de la normalisation officielle de l'ISO, il reste cependant le plus utilisé dans le monde des stations de travail sous Ethernet et UNIX, et constitue surtout le standard pour accéder au réseau Internet.

XIV.8.3.3 Système de télécommunication sur des réseaux de niveau 1 et modèle en couches

La nature même d'un système de gestion de trafic fait qu'on se préoccupe en tout premier lieu du support physique de transmission et des machines agissant aux extrémités, ce qui correspond au **niveau 1** du modèle OSI. Comme indiqué plus loin § XIV.8.4.2, ceci s'explique par le coût et la durée de vie importante du média, de plus c'est le souci de garder un système le plus ouvert possible qui prévaut.

Dans un tel système, le CIGT collecte périodiquement ses données auprès des équipements dynamiques sur le terrain. On se situe au **niveau 2** du modèle OSI. Il s'établit uniquement des relations maître-esclaves, dans lesquelles les esclaves sont sollicités de façon quasi continue. Et sauf à vouloir prendre en compte un réseau maillé, les commandes envoyées du CIGT, transitent vers les adresses physiques des exécutants en empruntant :

- soit des lignes multipoints (exemple : bus RAU),
- soit des liaisons multi-voies affectées, c'est à dire des circuits.

Les données émises par les esclaves sont rapatriées sensiblement par le même chemin que les commandes, exception faite pour les images vidéo qui transiteront toujours dans le même sens, alors que les commandes des caméras peuvent éventuellement arriver par ailleurs. Les changements de cheminement ou reroutages sont pris en compte par l'application informatique au niveau du CIGT.

En conclusion vis à vis du modèle OSI en couches :

- il n'y a en général dans un système de télécommunication sur un *réseau de niveau 1* qu'un seul réseau de transmission par CIGT de Secteur, donc il n'y a pas besoin de routage et donc pas de couches 3 et 4.

- en général il n'y a pas non plus de couches 5 et 6, et donc on reste avec les couches 1, 2, et 7, c'est ce qu'on appelle une architecture OSI « effondrée », limitée au strict minimum; ce

qu'il faut retenir pour le lecteur c'est la distinction entre les protocoles de transmission (couches basses 1-2 voire 3-4) et les formats de message entre applications (couches 7 voire 5-6).

Par contre sur le réseau de télécommunication commun aux différents CIGT, les flux informatiques sont souvent du TCP/IP (entre ordinateurs hébergeant les différents sous-systèmes de traitement internes au CIGT, échanges avec les autres CIGT y compris le CIGT central), auquel cas il passe effectivement des protocoles 3 et 4, sur le réseau commun.

XIV.8.4 Analyse de l'existant

XIV.8.4.1 Les types de réseaux existants

Parmi les réseaux de télétransmission les plus récents existants sur réseau de niveau 1 ou sur des infrastructures assimilées, on peut distinguer plusieurs types : à réseaux dédiés & bas débit (exemple Marius à Marseille), à anneau moyen débit (ex. PAIS DDE69), à anneau forts débits (ex. Sirius à Paris, Coraly à Lyon, Migrazur à Mandelieu). Pour une meilleure compréhension se reporter aux schémas synoptiques de réseaux figurant en fin de ce paragraphe XIV.8.

1/ à réseaux dédiés : ils conservent comme par le passé un réseau de terrain propre par groupe d'applications :

- le réseau RAU (PAU, antennes en câble cuivre, PCA),
- le réseau vidéo (commande des caméras, transmission analogique des images vers le CIGT ou vers une matrice de commutation déportée, en empruntant un ensemble de fibres propres, avec utilisation d'un système de transmission propriétaire),
- le réseau de données proprement dit (modems, lignes et répéteurs, station de comptage ou PMV ...).

2/ à anneau moyen débit : sur fibre optique, avec un système de transmission MIC à 2 Mbit/s (multiplexage d'IT à 64 kbit/s) et une structure arborescente, comme par exemple le réseau DDE69 :

- trois boucles de câbles en Fibre Optique parcourent l'ensemble du réseau; 8 points de regroupement se situent le long des boucles en Fibre Optique; la liaison équipement de terrain
- point de regroupement se fait par des modems à 9600 bit/s sur câble cuivre.

Les données comprennent la récupération des données de comptages toutes les 10 s, la récupération des états des PMV, la télécommande des caméras, des sites directionnels variables, des contrôles d'accès ...; les protocoles utilisés (TEDI en niveau 2 et LCR en niveau 7) transitent de façon transparente sur des canaux à 64 kbit/s.

- les images transitent sur leurs fibres optiques propres,
- le réseau RAU reste indépendant sur cuivre.

2bis/ le cas de « Sirius Est » est intermédiaire,

- le support de transmission est mixte (un unique câble composé de 8 quartes + 10 fibres optique, ou 11 quartes + 16 ou 20 fibres optiques), mais les réseaux vidéo et données sont distincts, ainsi que le RAU.

- les sites techniques regroupent le dispositif de multiplexage des images en provenance des caméras (8 canaux possibles), le recueil automatique des données de trafic qui adresse les signaux émanant des capteurs sur des liaisons par modems à 2400 bit/s après multiplexage, l'unité de gestion des PMV sur des liaisons à 1200 bit/s;

- 14 locaux de concentration relient un certain nombre de maillons portant des sites techniques : le transport des données (autre que la vidéo) entre locaux de concentration s'effectue sur un système PDH à 34 Mbit/s sur Fibre Optique;
- le RAU fonctionne séparément.

3/ à anneau fédérateur haut débit : la dorsale à haut débit (sur fibre optique) relie les sites de regroupement et fédère tous les types de flux,

- le système de transmission est soit apparenté télécommunication (insertion/extraction d'IT de 64 kbit/s à 2 Mbit/s) soit du type réseau local informatique étendu MAN (FDDI) soit un système hybride propriétaire;
- au point de regroupement local (ou noeud) où viennent se connecter les organes de terrain on trouve un routeur (ou une passerelle) qui sert de point d'accès à l'artère principale;
- le réseau capillaire de terrain vers les organes locaux (stations de comptage, caméras, PMV ... météo) est en cuivre ou fibre optique.

XIV.8.4.2 Les infrastructures existantes

Elles peuvent comporter des câbles de transmission répondant aux préconisations des documents de référence en usage :

il s'agira généralement de câbles type L711 ou L712, à 7 ou 10 quartes cuivre affectées :

- au RAU, aux stations de comptage, aux PMV, stations météo,
- aux concentrateurs de points singulier (tunnel, relais radio d'exploitation...)
- aux télécommandes de dispositifs (caméras ...)
- 2 à 5 quartes de réserves (MIC, TV ...)

des câbles coaxiaux (ex. type KX8) pour la transmission d'images vidéo

des câbles à fibres optiques multi-mode ou monomode.

XIV.8.4.3 Bilan

Le bilan de l'existant sert à mettre en évidence :

- l'état du génie civil du réseau existant : qualité et dimensionnement, nombre de fourreaux utilisés et libres a priori, existence de chambres,
- type et état qualitatif des câbles,
- implantation des câbles et des fourreaux, localisation par rapport aux chaussées, identification des parcours des chemins de câbles (existence de plan après pose),
- implantation des équipements dynamiques d'exploitation (RAU, caméra vidéo, station de comptage, bassin hydraulique éventuel, ...).

Ce bilan doit pouvoir conclure sur la nécessité d'une rénovation du réseau existant et sur la réutilisation partielle ou complète du génie civil et des câbles en place dans le cadre du projet.

XIV.8.4.4 Documents de référence

La bibliographie est aujourd'hui composée des documents :

Guide du SETRA [SET90a], Janvier 1990, intitulé « transmissions sur fibres optiques appliquées à la gestion de la route »

Guide du SETRA [SET91a], Août 1991, intitulé « transmissions sur câbles cuivre appliquées à la gestion de la route »

Recommandations du SETRA [SET93b], Mai 1993, intitulé « réseaux de télétransmissions des autoroutes de liaison non concédées »

Guide technique du SETRA [SET94a], Mai 1994, « les équipements dynamiques routiers »

XIV.8.5 Les besoins

XIV.8.5.1 Analyse des besoins

en équipements dynamiques

On rassemble sous ce libellé quatre types de dispositif presque systématiquement présents :

- les stations de recueil de données trafic	- les panneaux à messages variables
- les postes d'appel d'urgence	- les caméras de Vidéosurveillance

Autres dispositifs :

- les signaux d'affectation de voies ou de directions variables	- les stations météo
- les dispositifs de régulation d'accès	- les biseaux automatiques
- les caméras de DAI	- les détecteurs divers centralisés (tunnel, bassin hydraulique ...)

éléments spécifiques au domaine routier considéré (réseau de niveau 1)

La situation géographique du CIGT et des centres d'intervention associés, constitue un élément structurant important du réseau de télétransmission.

- réseau de développée relativement importante (50 à 100 km, voire davantage)
- envergure géographique variable
- contexte urbain, périurbain et rase campagne
- maillage de certaines voies routières (bd. périphériques), éclatement en étoile des autres

Les équipements de recueil de données sont situés sur le bord de la chaussée (stations de comptage), sur des infrastructures poteaux, murs, ponts (caméras, radars), dans des zones très proches de la chaussée (stations météo); et par voie de conséquence les points d'accès au réseau de transmission aussi, ainsi que les équipements d'affichage (feux de signalisation, PMV, ...) sont placés en extérieur dans un environnement « hostile ».

Les équipements dynamiques devront « peu ou prou » répondre aux commandes passées au moyen d'un langage de commande standard du MELTT, le langage LCR; le protocole TEDI restant probablement obligatoire pour certains types d'équipements ...

Les infrastructures de transmission à mettre en oeuvre seront soit neuves, soit devront tirer profit des moyens de transmission déjà en place, au moins en phase provisoire.

contraintes

Un certain nombre de contraintes particulières sont à prendre en compte :

- assurer un maximum de sécurité de fonctionnement et d'utilisation, donc rechercher des chemins de secours en cas de coupure de câbles
- mesurer l'impact (en dimensionnement) de l'utilisation du réseau DDE comme solution de secours pour les autres exploitants avoisinants et prévoir l'interface (ou la cohabitation) avec les réseaux des autres exploitants, en particulier sous l'aspect génie civil
- prévoir la réalisation du réseau de télétransmission en phase avec les étapes successives d'aménagement du réseau routier concerné

XIV.8.5.2 Critères d'évaluation

Une classification sommaire fait ressortir un ordre de priorité parmi les critères :

- compromis fonctionnalités / coûts globaux,
- fiabilité de fonctionnement,
- facilité d'exploitation (source d'économie),

- migration progressive de l'existant vers le réseau projeté.

Nota :

- *pérennité différentielle des composants du réseau (exemple: durée de vie d'un câble = 20 ans; pérennité des matériels de transmission = 5 à 7 ans),*
- *ménager le maximum d'indépendance entre éléments constitutifs de l'architecture du réseau (adoption de standards sur le plan logiciel, de technologies non propriétaires) en particulier pour les plus structurants,*
- *les investissements les plus lourds concernent le support de transmission car celui-ci nécessite des travaux de génie civil coûteux.*

Le planning de réalisation tiendra compte de caractéristiques propres au secteur des télécommunications :

- *études (spécifications systèmes et cahier des charges) itératives à partir des éléments préliminaires*
- *consultations (contact avec les fournisseurs, les installateurs, les opérateurs) pour le recueil d'informations technico-économiques*
- *marché, fabrication, installation, mise en service.*

Le choix de systèmes radioélectriques privés est assujéti à des contraintes administratives particulières pour la délivrance de canaux de fréquences; d'où la nécessité de prévoir une solution de « repli », et d'en tenir compte dans le planning de réalisation.

XIV.8.5.3 Synthèse des flux de communication

Le réseau doit d'abord tenir compte de l'**existant** actuel et de l'évolution à court terme en équipements dynamiques. Les caractéristiques déterminantes des équipements sont le nombre d'équipements par catégorie, la nature et le modèle des équipements utilisés, les supports de transmissions utilisés, les modes de raccordement, les capacités d'extension et d'évolution propres.

besoins

pour les infos en provenance du terrain

Selon la typologie prévue les besoins en fonctionnalités et en débits attendus par l'exploitation sont :

<i>nature</i>	<i>caractéristiques</i>	<i>ordre de débit</i>
<i>caméra</i>	<i>transmission isochrone bande passante importante trafic permanent</i>	<i>analogique : 5 Mhz numérique après compression : 64 kbit/s à 2 Mbit/s voire davantage</i>
<i>poste d'appel d'urgence</i>	<i>transmission isochrone bande de fréquence vocale trafic ponctuel faible</i>	<i>analogique : 4 000 Hz numérique : 64 Kbit/s</i>
<i>équipements dynamiques</i>	<i>numérique basse vitesse (TEDI/LCR) transmission asynchrone (temps contraint)</i>	<i>9 600 bit/s ou beaucoup plus selon périodicité, usages, densité</i>

La caractérisation des flux (simultanéité, fiabilité) et l'évaluation en terme de débits constitue le pivot central dont dépendra tout le dossier. La difficulté provient du fait que :

- les caméras vidéo peuvent intégrer localement des fonctions de numérisation, de traitement et de compression des données, le volume à transmettre est bien sûr très dépendant du nombre d'images par secondes, des dimensions et de la qualité souhaitée;

- sauf à multiplier les types et le nombre d'équipements dynamiques, ou à revoir l'architecture de terrain et la périodicité des mesures, le recueil de données à partir de stations de comptage n'est aujourd'hui pas considéré comme très gourmand en débit;

- on peut vouloir dans le futur affecter d'autres fonctionnalités aux équipements comme par exemple les postes d'appel d'urgence compte tenu de leur pas régulier d'implantation (signalisation d'alerte, diffusion d'information évoluée ...).

Il y a donc lieu de prendre garde à identifier au mieux les services d'application qui seraient projetés en sus des services existants (cf. § XIV.8.4.1.1) et cette réflexion, sur d'autres équipements ou capteurs à prévoir, doit prendre en compte les besoins futurs éventuels d'une autre nature (interconnexion Bureautique, télépéage, GTC tunnels, information parking ...) ainsi que les réserves de capacité souhaitables.

pour l'exploitation du réseau de télétransmission lui-même

- débits utiles pour la gestion et l'administration du réseau
- interconnexion entre CIGT et CEI, liaison déportée pour astreinte

pour les communications avec l'extérieur

- communication « interactive » avec les autres acteurs sur le terrain (agents d'exploitation, dépanneurs, pompiers, SAMU, forces de police) via la radio d'exploitation ...

- diffusion d'information depuis le CIGT en direction des institutions « externes » (préfecture, Centre d'Exploitation de ville, concessionnaires d'autoroutes, médias publics, CRICR, ...)

la sécurisation

Pour assurer la fiabilité globale du système, le niveau de service minimal est fonction du risque encouru : la continuité du service est assumée soit de manière totalement transparente, soit en « mode dégradé ». Elle requiert des ressources propres, ou l'utilisation de ressources tierces (publiques ou privées).

En complément au § XIV.8.3.3, le bilan de l'existant doit permettre de conclure sur les points suivants relatifs aux système en place : capacité en débit de transmission, adaptabilité à d'autres systèmes de transmission.

XIV.8.5.4 Architecture logique de communication

Elle traduit la logique des flux de communication et peut se schématiser en quatre niveaux :

Réseau Terrain

Les informations recueillies auprès des équipements dynamiques (ou diffusées en cas d'information-guidage de l'usager) sont rapatriées vers le CIGT par l'intermédiaire d'un réseau de télétransmission dit Réseau Terrain

Si une architecture arborescente est retenue, on peut distinguer le réseau principal ou « dorsale » fédératrice qui relie les points de regroupement entre eux, et le réseau secondaire ou « capillaire » qui diffuse depuis les points de regroupement vers les équipements dynamiques terminaux.

Réseau local du CIGT

Le réseau local du CIGT met en relation les différents organes de traitement de l'information.

Réseau inter-CIGT

Le dialogue entre CIGT de secteur (Centre d'Exploitation de même niveau) et avec le CIGT central, s'effectue à l'aide d'une artère aux capacités adaptées, qui peut être soit la dorsale fédératrice, soit une liaison particulière.

Réseaux extérieurs

Le ou les CIGT diffusent des informations vers l'extérieur de façon indépendante du réseau de télétransmission ou bien en empruntant le commun de télécommunication.

XIV.8.6 Les solutions

On décompose le réseau de télécommunication en domaines en général distincts mais qui interfèrent les uns sur les autres; dans le cadre du réseau de télétransmission d'un réseau de niveau 1 on s'intéresse principalement aux trois premiers :

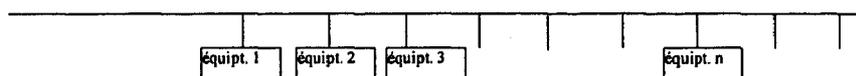
- 1) les supports physiques de transmission : câbles cuivre, fibres optiques, ondes hertziennes ...
- 2) les systèmes de transmission : bande de base, modem, MIC, multiplexeurs ...
- 3) les dispositifs assurant la liaison entre équipement dynamique d'exploitation et système de transmission
- 4) les réseaux locaux, routeurs d'interconnexion, autocommutateur

XIV.8.6.1 Topologie et mode de partage du réseau

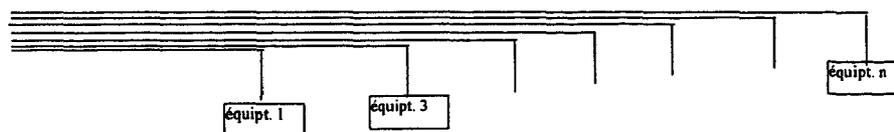
La topologie représente la manière dont les équipements dynamiques sont raccordés au support physique. Une topologie est caractérisée par la figure géométrique réalisée par les liaisons établies entre les équipements. Quatre topologies sont ainsi distinguées : l'étoile, le bus, l'arbre et l'anneau.

Le mode de partage du réseau et la configuration particulière au site routier conduit aux représentations suivant le mode de raccordement :

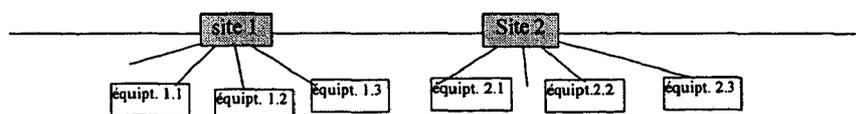
- direct de chaque équipement sur le support commun de transmission : topologie en Bus



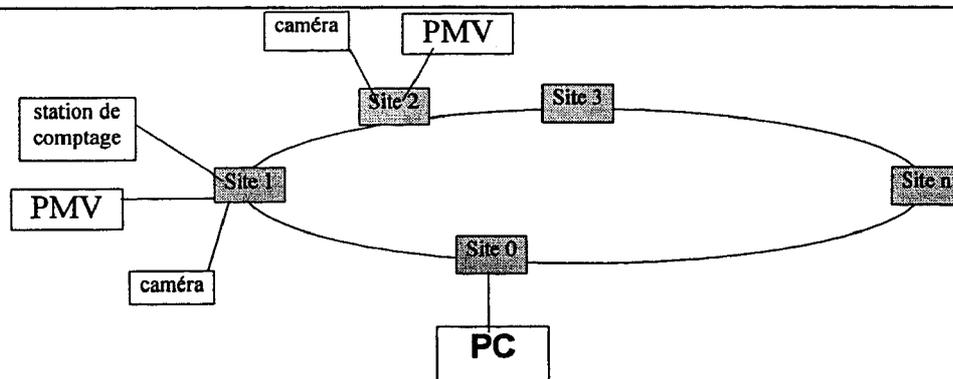
- direct de chaque équipement sur des supports dédiés de transmission : topologie en Etoile



- par l'intermédiaire de sites de concentration : la topologie en Arbre utilise un support commun principal (artère) et des supports dédiés en terminaison (capillaires)



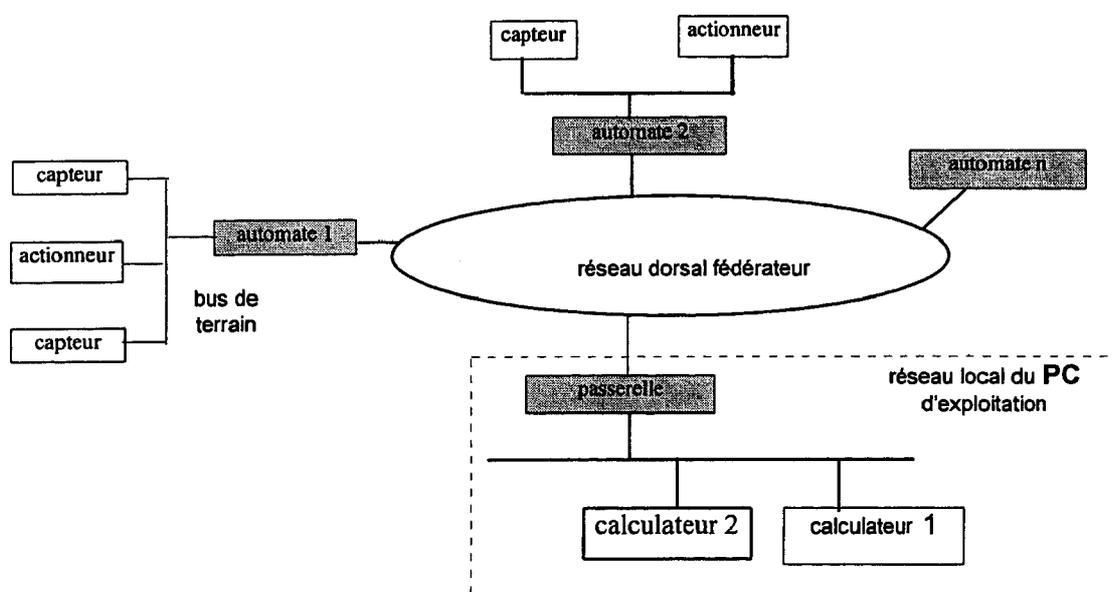
- par l'intermédiaire de sites de concentration placés sur un support commun formant une boucle : topologie en Anneau



- l'interconnexion de réseaux en arbres ou de réseaux en anneau permet la constitution d'un réseau **Maillé**.

Chaque site abrite un point ou noeud de communication, qui selon l'importance du logiciel dont il est individuellement doté jouera le rôle de « noeud de transmission intelligent » assurant, en partie ou en totalité, les fonctions d'accès à la dorsale (backbone), de routage, de traitement, voire la gestion d'un bus de terrain.

Dans ce dernier cas, la physionomie du réseau prendra l'allure suivante :



XIV.8.6.2 Génie civil

Il comprend les fourreaux, les chambres de tirage et les locaux techniques (site de regroupement, armoire spécifique pour dispositif sur le bord de la chaussée).

XIV.8.6.3 Supports de transmission

Câbles métalliques à quartes

Les câbles répondant aux spécifications CNET L711 et L712, sont constitués de conducteur cuivre isolés de 1,2 mm de diamètre, assemblés en 7 ou 10 quartes étoile. Une quarte correspond à deux paires de fils symétriques toronnées ensemble.

Le réseau d'appel d'urgence utilise comme seul support, une ou deux quartes du câble de transmission, dans la bande de fréquence téléphonique (analogique : 300 Hz à 3400 Hz). Cette même bande de fréquence est utilisée par les modems pour transmettre sur une ou plusieurs autres quartes du même câble les données en provenance des équipements, hors la vidéo.

Les débits autorisés sont :

- en analogique : modem en bande de base, 4800 bit/s à 28800 bit/s (voire davantage en mode HDSL■)

- en numérique : 2 à 10 Mbit/s, voire davantage à très courte distance

L'intérêt réside dans le moindre coût des équipements d'interface.

Pérennité, limites

- RAU : sur une quarte inter-distances possibles entre postes de 200 m à 2000 m, antenne de longueur maximum 30 km à 40 km,

- circuit numériques MIC : maximum de deux systèmes à 2,048 Mbit/s qui peuvent cohabiter sur un câble à 7 ou 10 quartes, régénération du signal par pas de 2000 à 2500 m.

Inconvénient majeurs

- sensibilité aux perturbations électromagnétiques et à la foudre

- dégradation du signal dans la bande des fréquences téléphoniques

- poids et défaut de maniabilité, dimension des chambres de tirage

Câbles métalliques coaxiaux

Les câbles coaxiaux sont des supports de transmission constitués de deux conducteurs concentriques séparés par un isolant qui peut être de l'air ou du plastique, le tout recouvert d'une enveloppe protectrice. Les câbles coaxiaux utilisés dans les réseaux téléphoniques pour transmettre sur de grandes distances sont en cours d'abandon.

Ils étaient recommandés pour leur grande capacité, pouvant aller dans certains cas jusqu'à 500 Mbps. Ils sont employés en télédistribution pour la transmission des signaux à large bande, comme le signal vidéo, transmis sur une bande dont la largeur est de l'ordre de 350 Mhz. Ils sont dans la pratique utilisés en sortie de caméra vidéo pour une transmission directe de faible portée (500 m au maximum avec du coaxial de catégorie KX8).

Câbles à fibres optiques

Une fibre optique est un cylindre constitué de 3 milieux concentriques :

- le coeur, quelques microns de diamètre, où s'effectue la propagation du signal lumineux sous la forme d'un seul mode (fibres monomode) ou de plusieurs modes (fibre multimode),

- la gaine, diamètre 50 à 100 microns, qui permet le guidage et le maintien du signal lumineux dans le coeur,

- le revêtement, constitue une protection mécanique.

La largeur de bande (50 Ghz) de la fibre monomode autorise des débits extrêmement élevés : on dispose d'une réserve très importante au regard des moyens de transmission aujourd'hui disponibles (1 à 10 Gbit/s)

Atténuation :

- pour une longueur d'onde de 1330 nm (10^{-9} m) la portée est de 50 km;

- pour 1500 nm elle est de 80 km.

Les gains en volume, en poids et en souplesse de mise en oeuvre se répercutent sur le génie civil associé. Le taux d'erreur de transmission sur fibre optique est évalué à 10^{-12} contre 10^{-9} sur cuivre. L'immunité électromagnétique, chimique et à la foudre constituent autant d'atouts caractéristiques de la fibre optique.

Faisceaux hertziens

On désigne par faisceau hertzien un système de transmission qui utilise des ondes radioélectriques de fréquence élevée pour établir une liaison entre un émetteur et un récepteur. La visibilité optique entre stations relais est nécessaire. Les bandes de fréquences octroyées par l'administration sont limitées :

- 23 Ghz, 4 canaux à 2 Mbit/s possibles, distances moyennes entre relais 8 km, contraintes administratives importantes, interrompues par les fortes perturbations météorologiques,
- 2,4 Ghz, 1 à 2 Mbit/s, en réseau local uniquement, portée de 100 à 200 m, limitations administratives.

L'intérêt réside dans un coût plus faible, une mise en oeuvre rapide et la perspective d'une bonne intégration dans un système tout radioélectrique (réseau de transmission et radio d'exploitation). Par contre la maintenance est très pointue, une sécurisation filaire en mode dégradé est indispensable, la réglementation est évolutive, la capacité à terme n'est pas du même niveau que pour la fibre optique, la répercussion sur l'environnement n'est pas négligeable, les interférences en site périurbain sont possibles.

autres systèmes

Laser, infrarouge : permettent de hauts débits, mais sont essentiellement utilisables en transmission en point à point, à visée directe et à courte distance.

VSAT : les liaisons par satellite constituent un cas particulier de faisceaux hertziens, le satellite joue le rôle de station relais (transmission analogique ou numérique); solution coûteuse mais intéressante pour les réseaux d'une envergure nationale par exemple.

XIV.8.6.4 Équipements de transmission

transmission en bande de base

Lorsqu'un signal est transmis sans modification sur le support, dans sa bande de fréquence d'origine, on parlera de bande de base. Le signal occupera toute la bande passante disponible du canal. Cette technique est consommatrice de ressources car on ne peut faire passer qu'un seul signal.

transmission par modem

Différentes raisons rendent impossible la transmission en bande de base à des vitesses élevées et sur de grandes distances (pertes et affaiblissements sur la ligne, pas de propagation en dehors de la bande passante du support, etc.).

Ces raisons imposent la transformation des données numériques à transmettre en un signal analogique modulant une onde porteuse, signal adapté au support de transmission. Les opérations de modulation en émission et de démodulation en réception sont réalisées par l'ETCD (équipement de terminaison de circuits de données) couramment appelé **modem** (modulateur - démodulateur).

En outre, la modulation d'amplitude, de phase ou combinée, permet le **multiplexage fréquentiel** en attribuant une fréquence porteuse propre à chaque signal.

Le paramètre modulé reste une fonction continue du temps, relié linéairement au signal; on est en transmission analogique.

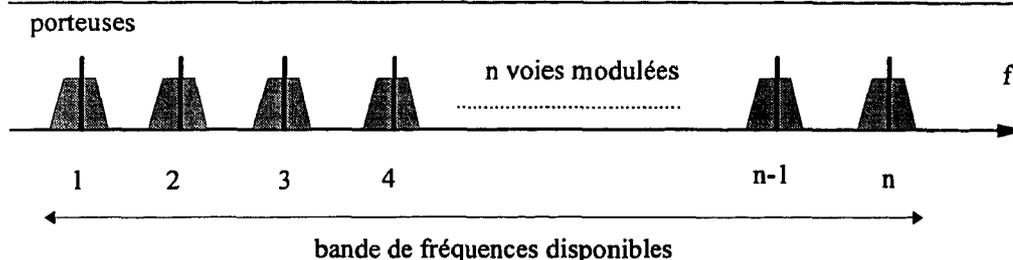


Figure XIV.8.1 : multiplexage fréquentiel

Ce mode de transmission ne concerne pas le RAU qui dispose sur une quarte cuivre d'un système de transmission intégré et autorise le raccordement des postes sur 30 km de part et d'autre du coffret de raccordement.

Les équipements d'exploitation nécessitent une bande passante restreinte, la vidéo est gourmande (5 Mhz, en point à point, un support de transmission par caméra); la limite de distance en utilisation à 19200 bit/s est pour un câble à quartes (12/10) de 33 km.

système à multiplexage temporel (MIC)

Sur une ligne de communication formant une liaison entre deux points distants, il peut être intéressant de faire transiter en même temps les données de plusieurs clients. Plutôt que chaque client dispose de sa propre infrastructure, il est beaucoup plus économique de n'avoir qu'une liaison partagée par plusieurs utilisateurs. Le multiplexeur a pour but de recevoir des données de plusieurs terminaux par des liaisons spécifiques, appelées les voies basse vitesse, pour les transmettre toutes ensemble sur une liaison unique, que l'on nomme voie haute vitesse.

A l'autre extrémité de la liaison, il faut effectuer la démarche inverse, i.e. à partir des informations arrivant sur la voie haute vitesse, récupérer les données des différents utilisateurs et les envoyer sur les bonnes voies de sortie. C'est le démultiplexeur qui effectue cette tâche. La machine qui effectue le multiplexage ou le démultiplexage s'appelle un MUX.

La méthode la plus classique de numérisation de la parole est appelée MIC (Modulation Impulsion et Codage) en Europe. Ce système de multiplexage comporte trois fonctions principales :

1. l'échantillonnage de signaux analogiques de chacune des voies,
2. la quantification et le codage des échantillons multiplexés pour un signal numérique,
3. le multiplexage temporel des échantillons des différentes voies.

La transmission MIC est définie par un ensemble de trente voies (plus deux voies de synchronisation et de signalisation). L'échantillonnage est réalisé avec une fréquence de 8 kHz (période de 125 μ s). Les échantillons multiplexés dans le temps sont codés sur 8 bits.

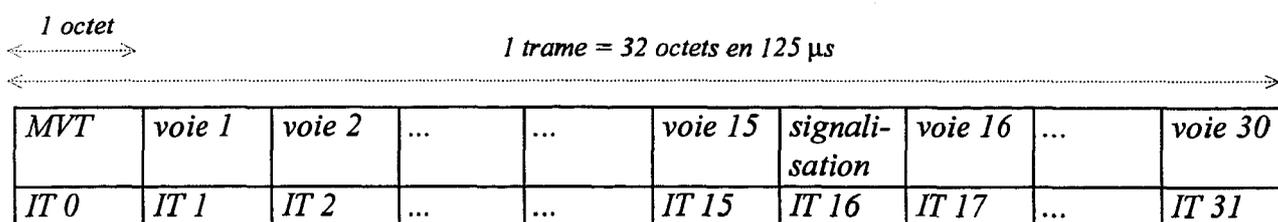


Figure XIV.8.2 : Trame MIC 30 voies utiles

Le débit d'une voie est de 64 kbit/s, ce qui correspond à un débit effectif sur la ligne de 2 048 kbit/s (32 voies). Ces valeurs sont justifiées,

- *d'une part, par la possibilité de convertir sans perte notable de qualité le signal analogique de la parole en signal numérique à 64 kbit/s*
- *d'autre part, par le fait qu'il est possible de transmettre des données binaires avec des débits de l'ordre de 2 Mbit/s sur une ligne téléphonique adaptée.*

Le passage au numérique permet donc d'acheminer simultanément par multiplexage temporel une trentaine de connexions téléphoniques sur une même ligne.

La technologie MIC est aujourd'hui largement utilisée et éprouvée, en particulier sur autoroutes. Sur un réseau principal de débit normalisé 2 Mbit/s une gamme d'équipements d'interfaces permettent :

- *de créer une trame à 2 Mbit/s, en point à point (multiplexeurs numériques 30 voies MIC, multiplexeurs brasseurs audio)*
- *d'extraire une ou plusieurs voies à 64 kbit/s (dérivation)*
- *de coder-décoder numériquement des signaux vidéo de 64 kbit/s à 2 Mbit/s (codeur vidéo).*

Des cartes de sous-multiplexage complémentaire permettent de délivrer des débits de données à des niveaux inférieurs basse vitesse (19200 bit/s, 9600 bit/s, 4800 bit/s ... 75 bit/s) sur des jonction normalisées (V24/V28 et/ou V36/V10-V11)

terminaison numérique de ligne (sur fibres optiques)

PDH (Plesiochrone Digital Hierarchy)

16 trains (entrée/sortie) de données à 2 Mbit/s sont disponibles	ou 4 fois 2 Mbit/s	ou 1 fois 2 Mbit/s
2 Fibres Optiques transportent 34 Mbit/s	8 Mbit/s	2 Mbit/s

La terminaison numérique de ligne offre 16 entrées/sorties à 2 Mbit/s. Le groupage de 16 circuits numériques à 2 Mbit/s (chacun pouvant contenir 30 circuits à 64 kbit/s) par multiplexage temporel donne 34 Mbit/s. Le transport de ce groupe de circuits s'effectue par l'intermédiaire d'une terminaison numérique de ligne optique qui est raccordée à 2 fibres optiques, une pour l'émission, l'autre pour la réception. Le niveau supérieur de la hiérarchie plésiochrone numérique, 140 Mbit/s s'atteint en groupant de la même façon 4 fois 34 Mbit/s.

SDH (Synchronous Digital Hierarchy)

63 trains (entrée/sortie) de données à 2 Mbit/s sont disponibles
2 Fibres Optiques transportent 155 Mbit/s

Cette nouvelle hiérarchie standard prend en compte comme la précédente la numérisation de la parole suivant un échantillonnage toutes les 125 µs, elle est complètement synchrone.

Elle assure l'interopérabilité des réseaux, en particulier entre réseaux publics et privés, et internationaux.

Une trame, d'une longueur dépendant de la vitesse, sera émise toutes les 125 µs; la trame de base SDH est composée de 9 fois 270 octets. Au total, cela fait 155.520 Mbit/s.

Un mécanisme (horloge à 2 Mhz) permet une parfaite synchronisation des échanges entre réseaux; il y a déconnexion entre le volume utile transporté et le conduit de transport de bout en bout. La gestion par pointeur permet d'accéder directement aux débits binaires de 2 Mbit/s, 8 Mbit/s, 34 Mbit/s ... sans multiplexage intermédiaire comme dans la hiérarchie PDH. Ce système autorise la réalisation de liaisons point-à-point ou multipoints sécurisés ou réseaux en anneau.

Les liaisons SDH normalisées sont au nombre de trois, correspondant aux STM-1, STM-4 et STM-16. Dans le second cas, la trame de base est multiplié par 4, et par 16 dans le troisième cas. Cela correspond à des débits de 622 Mbit/s et 2,488 Gbit/s.

Commutation ATM

Technologie multiservices primitivement étudiée pour les réseaux publics étendus, ATM est un mode de transport d'informations à hauts débits (155 à 622 Mbit/s) sous forme de cellules courtes et de taille fixe (53 octets) remplies à l'émission par des données arrivant de façon asynchrone depuis les applications. Elle permet l'intégration sur un même système de commutation, de la voix, des données et des images. Elle sera bien adaptée à de forts débits en particulier sur réseau maillé, lorsqu'elle aura atteint un degré de maturité suffisant.

réseaux intégrés (MAN)

Dans ce cas, tous les équipements sont fédérés sur une artère de communication à l'exemple de la norme FDDI constituée d'un double anneau en fibre optique, fonctionnant à 100 Mbit/s, à méthode d'accès à jeton, pouvant couvrir une envergure de 100 km et recevoir un nombre élevé de stations. En principe les réseaux FDDI, utilisent une méthode d'accès qui ne permet pas de garantir l'isochronisme des échanges indispensable à la transmission de la voix et de la vidéo. Cependant certaines adaptations propriétaires le réalisent (exemple : système FDDI propriétaire sur le futur tronçon de A43 concédé à la SFTRF, système Mavix sur l'autoroute Naples-Salerne en Italie)

Ce type de réseau n'est pas forcément plus coûteux, par contre il oppose le concept de réseau local informatique étendu (MAN), où il y a compétition entre les stations accédant au média, à celui de réseau de télécommunication où il y a établissement de circuits de communication.

Il existe aussi des systèmes propriétaires hybrides, télécommunications & réseaux informatique, fonctionnant à 100 Mbit/s, qui sur une base d'intervalles de temps de capacité 5 Mbit/s, assurent l'interconnexion de réseaux locaux ethernet à 10 Mbit/s (exemple : système Racal sur « Migrazur » autoroute A8 Escota).

Ces différents systèmes offrent des fonctionnalités plus riches que de simples systèmes de transmission : ils sont donc à considérer avec attention. Cependant ils sont susceptibles d'être dépassés quand la technologie ATM (qui fonctionne à 155 Mbit/s comme le 1er niveau de la hiérarchie SDH) sera parvenue à maturité, et surtout ils sont moins ouverts et seront de fait moins évolutifs.

autres solutions sur offre publique ou par le biais d'opérateur privé

Ces solutions, autres que privées, sont susceptibles d'avoir recours :

- * à l'un ou à plusieurs des réseaux ou services qui figurent au tableau ci-dessous (la liste n'est pas exhaustive, elle ne prend pas en compte par exemple les nouveaux services de radiotransmission),
- * utilisés indépendamment les uns des autres ou bien faisant l'objet d'une prestation globale,
- * dans le cadre d'un marché passé ou bien avec l'opérateur public, France Télécom, ou bien avec un autre opérateur selon les possibilités de la réglementation en cours, celle-ci évoluant actuellement (année 1996) très rapidement.

sigle	appellation	mode de communication	capacité
<i>RTC</i>	Réseau téléphonique commuté	commutation de circuits analogiques	28 800 bit/s
<i>Numéris</i>	Réseau à intégration de	commutation de circuits	canaux à 64

	services	numériques	kbit/s
<i>LS</i>	Liaisons spécialisées	liaisons permanentes analogiques	2400 à 19200 bit/s
<i>Transfix</i>	Liaisons numériques	liaisons permanentes numériques	2400 bit/s à 2, 10 et 34 Mbit/s
<i>Transpac</i>	Réseau X25■	commutation de paquets	2400 bit/s à 2 Mbit/s
<i>Frame Relay</i>	Relais de trames■	commutation de trames	2 Mbit/s et plus dans le futur
<i>Transrel</i>	Service d'interconnexion de réseaux locaux distants	utilise Transpac, Frame relay ou CBDS/ATM■	9600 bit/s à 10, 16 Mbit/s
<i>Transveil</i>	Service de téléaction	s'appuie sur Transpac	1200 bit/s
.....			

XIV.8.6.5 Liaison support de transmission - équipement dynamique d'exploitation

Ce point est l'un des plus importants du dossier. Il est aussi l'un des plus difficile à cerner compte tenu des évolutions importantes et rapides des techniques et de l'aspect « propriétaire » des éléments en cause. Chaque équipement terminal, station météo ou de comptage, PMV, caméra ... même s'il est conforme à des normes et répond correctement à un langage standard, possède en effet un certain nombre de caractéristiques industrielles propres.

communication avec les équipements dynamiques de terrain

Les stations de comptage, stations météo, PMV et autres équipements de terrain (hors la vidéo et le RAU) ont été conçus par des constructeurs différents. Ils utilisent en règle générale un protocole de commande qui travaille en point/multipoint avec un support dédié.

Il est possible de mettre en place au niveau de l'équipement une interface informatique (Pilote Informatisé) qui permet l'utilisation du standard de communication mis au point pour les stations de comptage du programme SIREDO. Ainsi chaque dispositif de recueil ou d'affichage, comprend un organe dédié à la transmission, ainsi qu'un organe chargé de l'adaptation de la commande au matériel spécifique. Le langage de commande LCR dissocié du protocole de liaison TEDI fait l'objet de spécifications prévoyant sa généralisation à tous les équipements dynamiques (1996).

Sur le plan transmission, des systèmes récents permettent d'interfacer les points d'accès avec les supports optiques, en utilisant une fibre commune pour l'ensemble des systèmes terrain. La comparaison portera donc sur un bus cuivre classique, fibre optique, faisceaux hertziens et solutions mixtes ...

Vidéosurveillance

Images analogiques : bande passante 2 à 3 Mhz magnétoscope VHS
6 Mhz TV

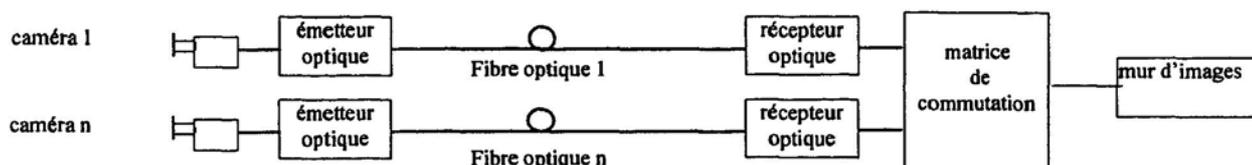
Numérisation de l'image : Une image est décomposée en points élémentaires ou pixels et chaque pixel est codé sur plusieurs octets si le nombre de couleurs est grand. On remarquera que les images animées demandent des débits binaires extrêmement importants. C'est dans le domaine de la compression que les plus grands progrès sont actuellement réalisés. Des techniques mathématiques permettent de réduire considérablement le nombre de bits composant une image fixe et de procéder par prédiction avec compensation de mouvement pour les images animées, réduisant ainsi les débits à transporter.

Les vidéocodec transforment les signaux analogiques en données numériques : à très large bande ils sont encore chers, de par la technologie matérielle/logicielle qu'ils sont obligés d'employer. Cependant, les progrès réalisés pour la visiophonie et la vidéoconférence font que la situation évolue rapidement : les équipements d'extrémité deviennent compétitifs avec le transport en analogique. Une norme générique H.320 est ainsi spécifique aux systèmes de vidéophonie sur canaux Numéris de 2 x 64 kbit/s à 2 Mbit/s.

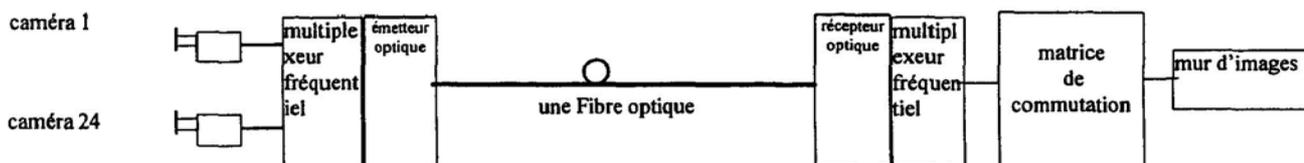
Type d'information	Débit du signal numérisé	Débit après compression
Son	64 kbit/s	1,2 à 9,6 kbit/s
Images animées noir et blanc	16 Mbit/s	2 x 64 kbit/s : visiophonie sur PC 2 Mbit/s : surveillance vidéo
Images animées couleur	100 Mbit/s	384 kbit/s à 10 Mbit/s

Transmission sur fibre optique

1) Transmission du signal vidéo analogique en bande de base, utilisant 1 fibre par signal

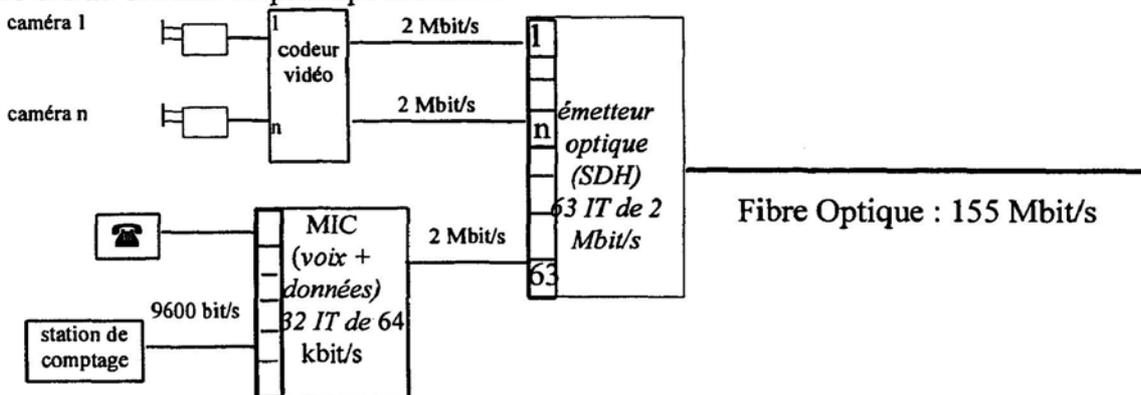


2) transmission du signal vidéo analogique, en multiplex fréquentiel, ce qui permet de transmettre jusqu'à 24 voire 48 images vidéo sur une seule fibre optique. La transmission vidéo reste distincte de la transmission voix-données.



3) transmission du signal vidéo numérisé, en multiplex temporel, ce qui permet de transmettre plusieurs images vidéo, simultanément avec les informations voix et données, en utilisant une seule fibre optique; les techniques de numérisation d'images avec compression, transforment les signaux vidéo en signaux numériques normalisés correspondants au standard de codage de la voix et des données (codage MIC : 64 kbit/s à 2048 kbit/s).

Elle peut s'utiliser seule ou plutôt concomitamment avec la transmission SDH : on arrive dans ce cas au schéma de principe suivant :



Transmission sur câble cuivre

1) sur quartes cuivre

Type L712 : 4 quartes sur 10 sont affectables à un système MIC à 2 Mbit/s chacun.

2) sur paires téléphoniques

Bien que les choix des fabricants soit aujourd'hui plus en faveur des transmissions professionnelles sur fibres optiques, les recherches récentes pour offrir la vidéo interactive, à la demande, sur la boucle d'abonné téléphonique (fils de diamètre 0,6 mm) aboutissent aujourd'hui aux résultats :

technique	nombre de paires	débit descendant	débit remontant	portée
ADSL	1	6 à 8 Mbit/s	640 kbit/s	3 km
HDSL	1	2 Mbit/s	2 Mbit/s	1 à 3 km

Ce mode de transmission est mis en oeuvre au moyen de modems spécialisés dont le prix pourrait devenir attractif. Bien qu'elle en soit encore au stade expérimental et que sa pérennité soit faible vis à vis de la fibre optique, cette technique ne serait éventuellement susceptible que de permettre une réutilisation de câbles en place, pourvu qu'ils aient une qualité suffisante, et de différer ainsi la mise en place de la fibre optique.

RAU

Les systèmes RAU font l'objet d'une annexe particulière au présent guide. Les normes laissent le choix du support de transmission. Le basculement vers un support autre que la quarte cuivre classique et l'extension des fonctionnalités de base peut s'envisager dans le cas du choix d'un support de réseau principal à fibres optiques.

Les diverses combinaisons envisageables sont à examiner par exemple :

- RAU sur cuivre : une quarte cuivre, solution classique, techniquement totalement maîtrisée
- RAU sur fibre optique : immunités aux perturbations, média commun et génie civil réduit, technique finalisée mais encore peu répandue
- RAU sur fibre optique + cuivre : arête principale optique et déports de câbles téléphoniques vers l'amont & l'aval à partir de points de concentration, solution innovante
- RAU radio : contraintes administratives, rajout de relais, autonomie électrique à prévoir, solution intéressante ponctuellement sinon dans un système totalement hertzien.

Les critères de comparaison sont nombreux : gain en fonctionnalités, maîtrise technique et longueur de pose, coût du génie civil, longueur maximale d'une antenne, utilisation d'un média commun aux autres réseaux, consommation électrique, maturité technologique.

XIV.8.7 Scénarios & éléments de choix*XIV.8.7.1 Constitution de scénarios*

Différents scénarios doivent être évalués, selon la nature et les types d'équipements, selon les types de supports de transmission envisagés, selon leur architecture de raccordement.

La topologie du réseau tiendra compte :

- de l'architecture logique adoptée en définitive,
- du nombre (en général important) d'équipements implantés à terme et de leur distribution géographique.

La **définition des scénarios** doit comporter des indications sur :

- le type de système pour le réseau principal (ou artère) de terrain, et sa sécurisation bilatérale éventuelle

- le type de système pour le réseau secondaire (ou capillaire) s'il existe

- la structuration du support (fourreaux, répéteurs, sites techniques, pylônes ...)

Les scénarios aujourd'hui envisageables sont par exemple :

Scénario cuivre,

Scénario fibres optiques, & fibres optiques + cuivre,

Scénario faisceaux hertziens.

La présentation de chacun des systèmes envisagés fera apparaître :

- principes généraux	- avantages
- descriptif technique	- inconvénients
- constitution de l'installation	- évolution du système
- génie civil	- sécurisation du système

XIV.8.7.2 Évaluation de scénarios

Coûts des constituants élémentaires

Il est fonction des conditions économiques du moment.

A titre indicatif, les coûts varient beaucoup selon qu'on considère un génie civil lourd ou un génie civil allégé; en définitive sur une base globale de prix de 500 F le mètre linéaire (1995) :

- le génie civil représente 30 à 50 % du coût,

- le câble à fibres optiques est d'un coût comparable à celui du câble à quartes métalliques : le câble support représente 20 % du coût

- les équipements de télécommunication comptent pour 30 à 40 %

Estimation des scénarios

Les coûts seront le résultat de l'appel d'offre. La comparaison doit s'appuyer autant sur l'aspect technique que financier, et prendre en compte les frais de maintenance. Les différences financières entre les solutions peuvent évoluer fortement dans le contexte actuel (avancées technologiques nombreuses et rapides, dérégulation à l'horizon du 1er Janvier 1998, ...).

Plusieurs points complémentaires sont à souligner :

- le phasage de mise en oeuvre progressive, en particulier sous l'aspect migration des applications existantes;

- l'intégration des fonctionnalités télécommunication dans le logiciel d'exploitation : cette intégration va de pair avec l'optimisation logique et physique du système de gestion de base de données utilisé.

Observations

Ces considérations sont bien entendu à rapporter aux objectifs désignés au paragraphe XIV.8.2.2.

Topologie

Compte tenu des technologies disponibles, les préférences actuelles vont plutôt vers des réseaux arborescents constitués d'une artère principale distribuant des sites techniques de regroupement, à partir desquels sont reliés les équipements dynamiques d'exploitation.

Cependant les solutions traditionnelles à base de réseaux dédiés sont aujourd'hui tout à fait opérationnelles.

Support de transmission

A priori, la solution câble (optique ou cuivre) est aujourd'hui mieux maîtrisée que la solution hertzienne (techniquement et administrativement). Elle garantit la confidentialité des échanges et permet la stabilité des coûts.

La nécessité de rapatrier des images vidéo, très consommatrices en ressources, paraît à terme exclure les supports à quartes en cuivre.

La solution optique est, au moins pour le réseau principal, tout à fait concurrentielle avec la solution cuivre. Elle bénéficie d'un fort potentiel de développement et, à l'exemple des opérateurs en télécommunications, on peut attendre d'elle une pérennité assurée et une réserve de capacité importante.

Il reste que les interfaces entre support de transmission et équipement sur le terrain constituent un point à surveiller; les solutions innovantes radioélectriques peuvent trouver ponctuellement place dans le système.

Équipements de transmission

Indépendamment du type de support retenu le multiplexage (par insertion/extraction d'intervalles de temps IT) est un point de passage quasi obligé pour permettre la transmission des informations du terrain sur un support commun vers le CIGT. C'est une technologie éprouvée et très largement répandue, voire banalisée.

La transmission sur système MIC est moins coûteuse; utilisant une quarte cuivre elle convient pour la télécommande des équipements dynamiques, le RAU utilisant traditionnellement une seconde quarte. Par contre le système ne permet pas le transport d'images vidéo temps réel sur de grandes distances, et ses capacités à évoluer sont réduites.

Il y a cependant lieu de se rappeler qu'un câble à 10 quartes est en mesure de supporter 2 liaisons MIC à 2 Mbit/s sur 30 à 40 km. Un équipement optique terminal adapté au codage MIC permet de disposer d'un canal ou de plusieurs canaux de 2 Mbit/s sur fibres optiques et constitue de la même façon une solution intermédiaire.

Le système SDH est relativement onéreux, par contre les performances et les fonctionnalités sont très intéressantes : il est très adapté à la transmission vidéo numérisée, il permet de regrouper sur le même support voix-données-images et ainsi d'optimiser le nombre de fibres optiques et le génie civil, il assure l'interconnectivité au niveau physique avec les systèmes externes. Pour de nouveaux investissements, à prix proches ou équivalents, il vaut mieux faire l'acquisition d'équipements SDH - dont la pérennité paraît assurée ce qui n'est pas le cas pour la technologie PDH, à terme.

XIV.8.8 Sécurisation

XIV.8.8.1 Sécurisation des transmissions

La configuration en maille généralement des réseaux routiers de niveau 1, la présence de partenaires d'exploitation (ville, sociétés d'autoroutes), la proximité urbaine, contribuent à faciliter la sécurisation du réseau de télétransmission.

Plusieurs solutions sont envisageables : pose de câbles sur des tracés distincts, dédoublement de noeuds importants vers des sites géographiquement distincts, maillage du réseau, utilisation de liens de secours publics ou privés (Numéris, Transpac, via France Télécom ou un autre opérateur...).

Outre ces structures redondantes, et la sécurité active à la charge du système de gestion, une sécurité passive est à introduire dès la conception (réaction automatique en cas de perturbations, reroutage automatique, liens prioritaires).

XIV.8.8.2 Système de gestion du réseau de transmission

Ce point du dossier est à souligner. Il constituerait un sujet en soi compte tenu de son importance pour l'exploitation / la maintenance future et de ce fait pour la qualité du service fourni par le réseau. Il est de fait un élément crucial du sous-système « communication » du SAGT.

Vu la complexité d'un réseau de télécommunications, la diversité des équipements, la dispersion des stations, il y a nécessité de disposer d'un système de gestion centralisé du réseau de transmission. Un tel système assure une gestion dynamique des échanges sous tous leurs aspects (topologie, supports physique, liaison, équipements de transmission, ...), permet une réduction des coûts d'exploitation et garantit la qualité des services.

Outre les compétences spécifiques des intervenants, ce sont en général plusieurs systèmes qu'il faut contrôler et une « plate-forme » externe commune de supervision n'est en général pas disponible.

XIV.8.8.3 Sécurisation des applications informatiques

Le modèle conceptuel d'organisation d'un SAGT en sous-systèmes « interdit » aux télécommunications de « trier » les données informatiques. La priorisation des applications (recueil de données, commande de PMV, régulation d'accès, DAI, etc ...) passera nécessairement par l'instauration d'un dialogue entre le sous-système communication et le noyau logiciel qui prend en charge l'administration et la coexistence des différents sous-systèmes.

Il reviendra donc au sous-système communication d'alerter le noyau en cas de dépassement des seuils de trafic ou d'occupation, à charge pour celui-ci de définir quelles sont ses priorités et de retarder les échanges ou les transferts non prioritaires.

Nota : la sécurisation des applications n'est pas à confondre avec la politique de sécurité du système : « ... ensemble des lois, règles, et pratiques qui régissent la façon dont l'information sensible et les autres ressources sont gérées, protégées et distribuées à l'intérieur d'un système spécifique ... »

XIV.8.9 Organisation de l'exploitation

XIV.8.9.1 Maintenance de niveau 1

Elle comprend les tâches concourant au maintien du niveau nominal de fonctionnement des équipements installés : supervision, échange standard de matériel, sauvegardes, ajout, suppression ou modification de lignes sur des équipements existants.

Cette maintenance est en général du ressort d'une équipe technique constituée à cet effet qui a en charge la « gestion au quotidien »; l'organisation d'une astreinte sera à étudier en dehors des heures ouvrables afin d'assurer la continuité de fonctionnement des systèmes.

XIV.8.9.2 Maintenance de niveau 2

La maintenance « niveau 2 », qui intègre les mêmes fonctions que la maintenance « niveau 1 », se distingue par le fait qu'elle nécessite des moyens d'analyse plus performants et des compétences plus « pointues ».

Elle sera assurée, en général, par le constructeur (ou par un sous-traitant) dans le cadre d'un contrat de maintenance passé par le maître d'ouvrage.

XIV.8.9.3 Tableau de bord

La nécessité d'un tableau de bord fournissant des indicateurs de niveau de service est impérative; par contre ses composantes et ses moyens de production restent à définir. Il sera tenu à jour à partir d'éléments en provenance de la « plate-forme » de supervision.

XIV.8.9.4 Organisation

- Moyens humains, formation, documentation
- Dispositifs d'astreinte (ligne pour GTC déportée, appel par radiomessagerie ...)
- Immobilier (local de transmission interne au réseau de niveau 1, local énergie de secours et onduleur)
- Connexions externes (téléphonie, échange de données, ...)
- Radiocommunications et mobiles (FM route, exploitation, radiomessagerie)

XIV.8.10 La conduite d'opération**XIV.8.10.1 Schéma de maîtrise d'ouvrage**

A priori ce guide méthodologique s'adresse au chef de projet de mise en œuvre de l'exploitation du trafic sur un réseau de niveau 1, projet dont le système de transmission n'est qu'un volet. En pratique il part rarement de rien et les phases successives décrites ci-dessous peuvent aussi correspondre à une évolution progressive du système. Toutefois pour simplifier, on peut regrouper le type d'activités selon les phases de la vie du CIGT :

- l'étude préliminaire demande très peu de choses du point de vue des télécommunications,
 - l'étude d'avant-projet demande une étude spécifique des télécommunications, d'autant plus que s'il y a des travaux de génie civil à effectuer, il faut les faire avant que le système informatique ne soit opérationnel. En principe les études sont traitées. Les études d'avant-projet détaillées peuvent être découpées en autant de tronçons que nécessaires, en cohérence avec un schéma directeur qui peut être construit à partir des principes d'architecture élaborés dans l'APS.
- mise en place du réseau,
 - passage en phase opérationnelle,
 - maintenance corrective et renouvellement.

Avec en tête les points clés listés ci-dessous § XIV.8.10.2, l'objectif est de se faire présenter quelques scénarios crédibles (il faut pouvoir comparer plusieurs solutions); ces scénarios doivent prendre en compte l'ensemble du problème : matériel / logiciel / coûts / organisation / phasage : investissement-installation-mise en œuvre-fonctionnement-maintenance-évolution, y compris la question (qui paraît essentielle) "que peut-on et que faut-il sous-traiter ?".

Voir à ce propos, les questions liées à la déréglementation des réseaux de télécommunications prévue pour le 1er. Janvier 1998 et les perspectives de revente de capacité ou de sous-location de fibre optique.

XIV.8.10.2 Rappel des points clés des télécommunications pour un réseau de niveau 1

Sont regroupés ici pêle-mêle et dans une liste qui n'est bien sûr pas limitative, les différents points d'ordre général qu'il semble essentiels de garder à l'esprit :

* **il y a différents flux à faire passer** : vidéo / RAU / équipements de terrain (mesure + PMVs), voix, bureautique, radio / services d'information aux usagers, péage, etc.. : le système est forcément plus ou moins hétérogène, d'autant plus que physiquement il faut aussi distinguer le réseau de terrain, les réseaux de type bureautique, la radio, et les interfaces avec les réseaux tiers (publics en général)

* **expérience des contractants et leur pérennité** : le système dure plusieurs années et il vaut mieux ne pas changer de fournisseur trop souvent

* **promouvoir des solutions simples, standard, robustes** (ce qui n'empêche pas par ailleurs de prévoir une plate-forme de test pour procéder à des développements ou des mises au point, bien au contraire)

* **développement incrémental du système**, test systématique à chaque étape, figer les choix techniques le plus tard possible (compte tenu des évolutions rapides de l'offre produits)

* **rôle central de l'intégration des télécommunications au logiciel** (la majorité des données sont numériques)

* **maintenance et supervision du réseau**, indicateurs de qualité de service

* **veille sur les nouveaux produits** (au moins du point de vue commercial)

* **adaptation des personnels aux tâches d'exploitation** : problème crucial pour le ministère de l'Équipement dont ce n'est pas le métier de base

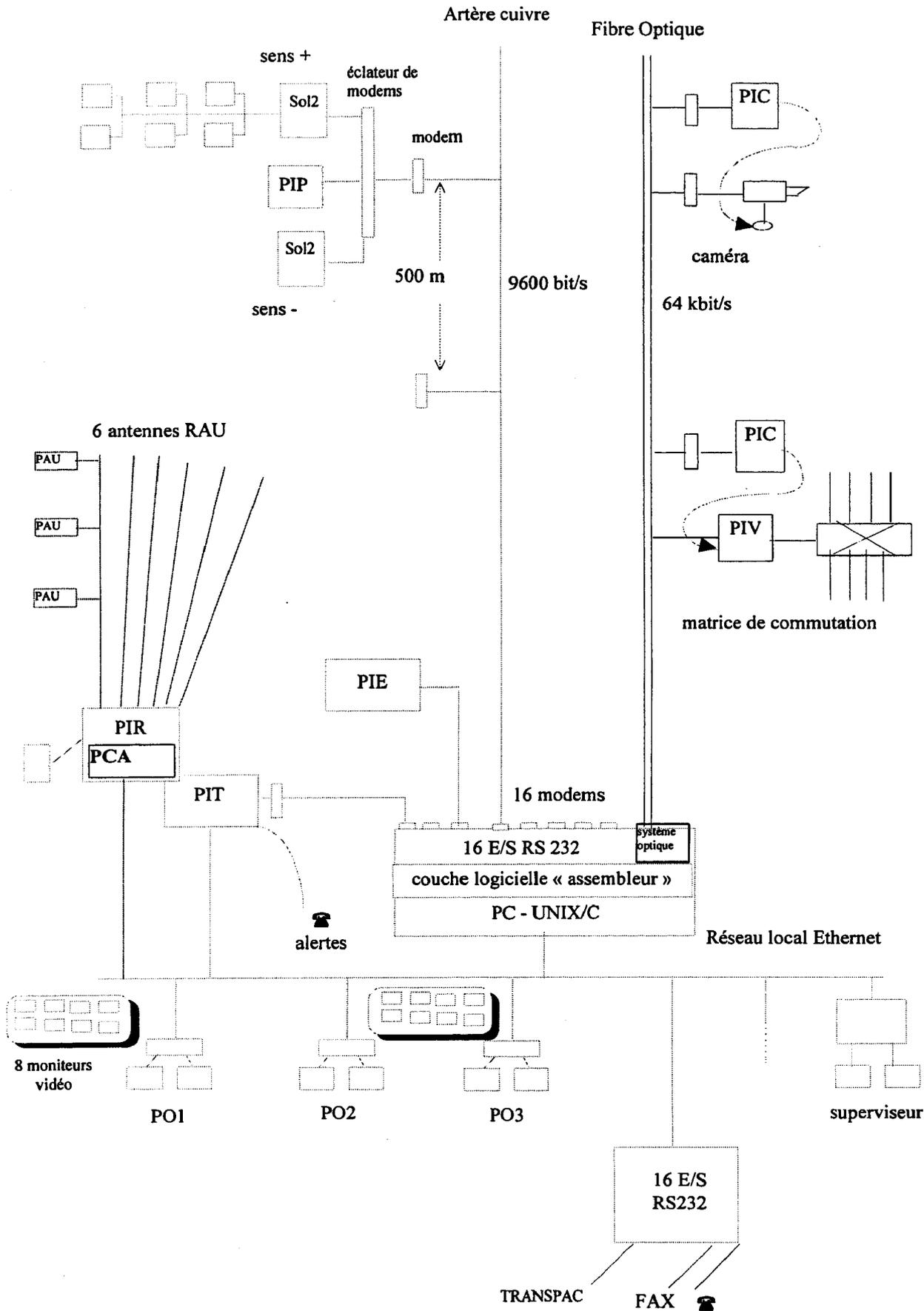
* **maîtrise d'ouvrage forte** et ne se noyant pas dans les détails techniques.

XIV.8.11 Des exemples de réseaux

Il a été jugé intéressant de donner des exemples de schéma synoptique de réseaux en place :

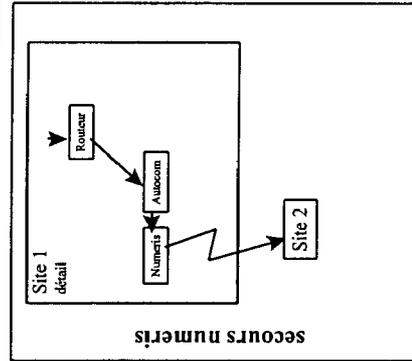
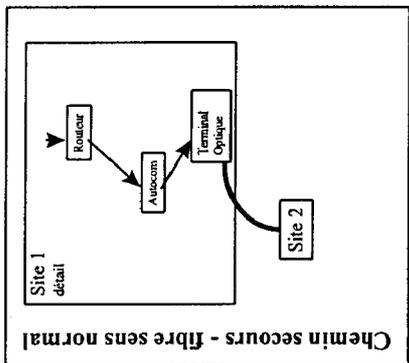
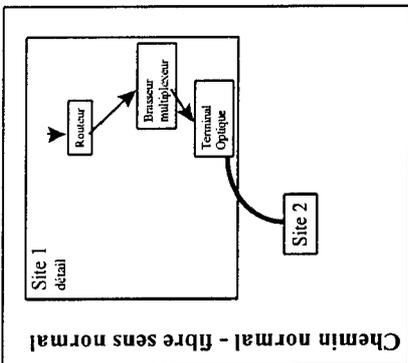
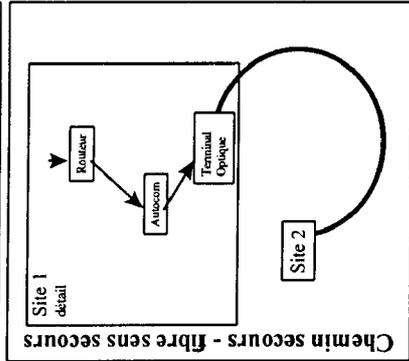
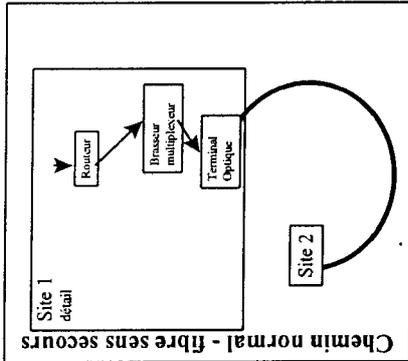
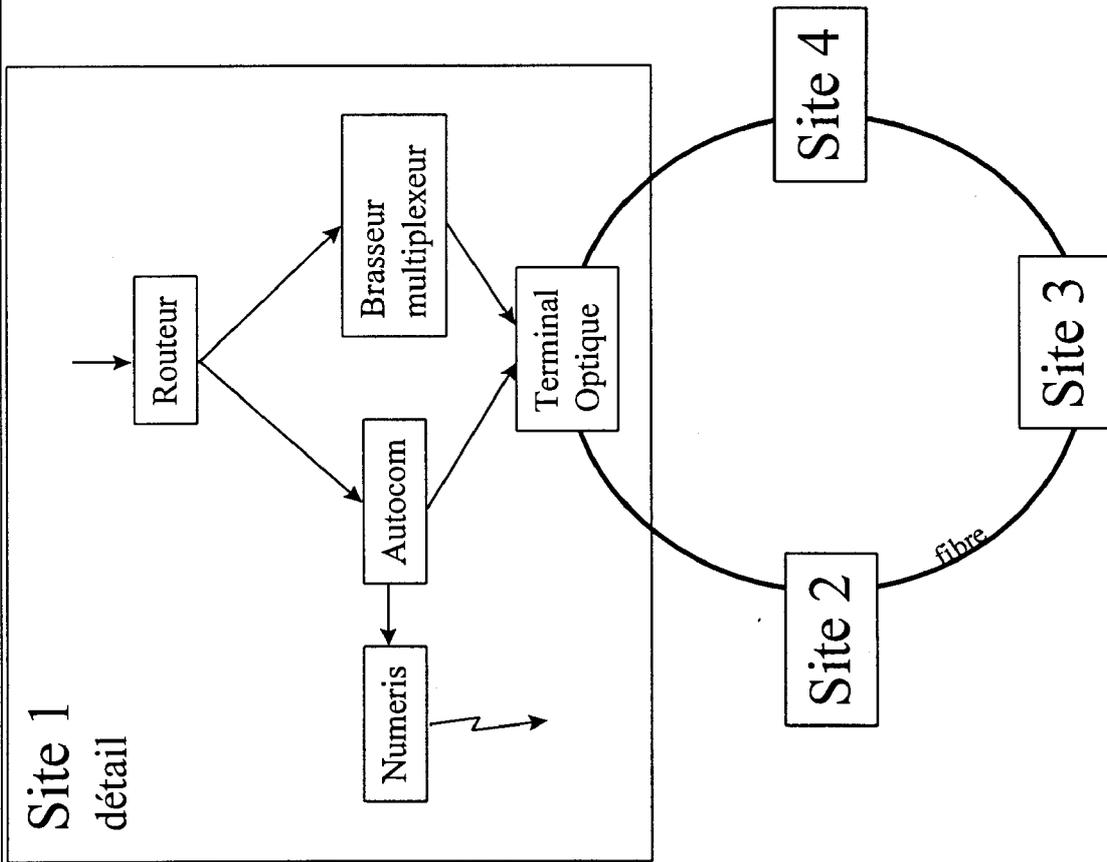
- *Transmissions sur supports dédiés : Marius*
- *Anneau dorsal F.O./transmission PDH et capillaires cuivres*
- *Sirius*

Supports dédiés : Architecture des transmissions de Marius



Ci dessous est présenté le réseau de transmission principal de CORALY

PARTIE D



Les modes de secours du réseau

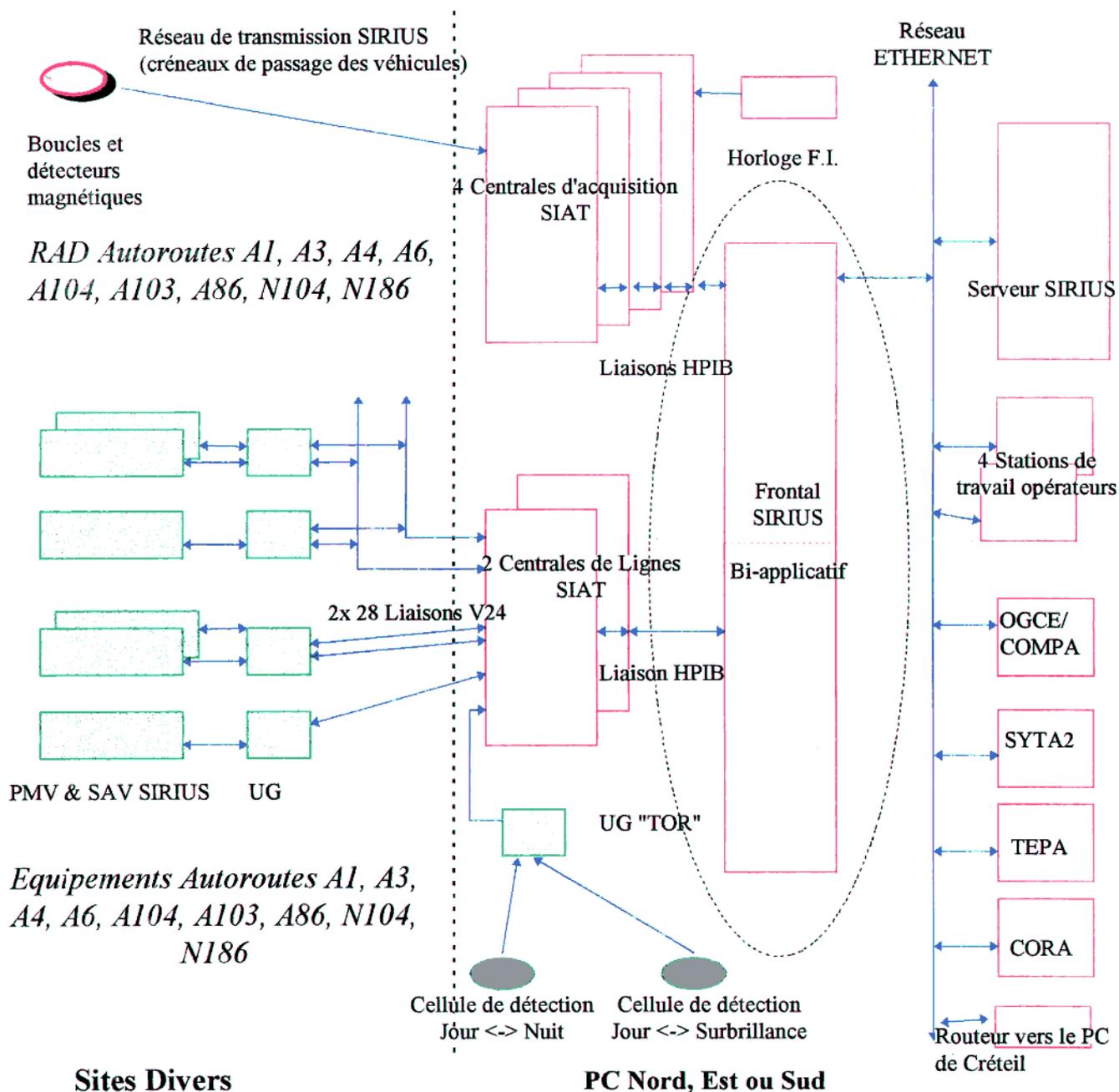
Le réseau est composé de 4 sites similaires reliés par un câble fibre optique

Cette partie présente l'architecture transmission actuelle des PC SIRIUS :

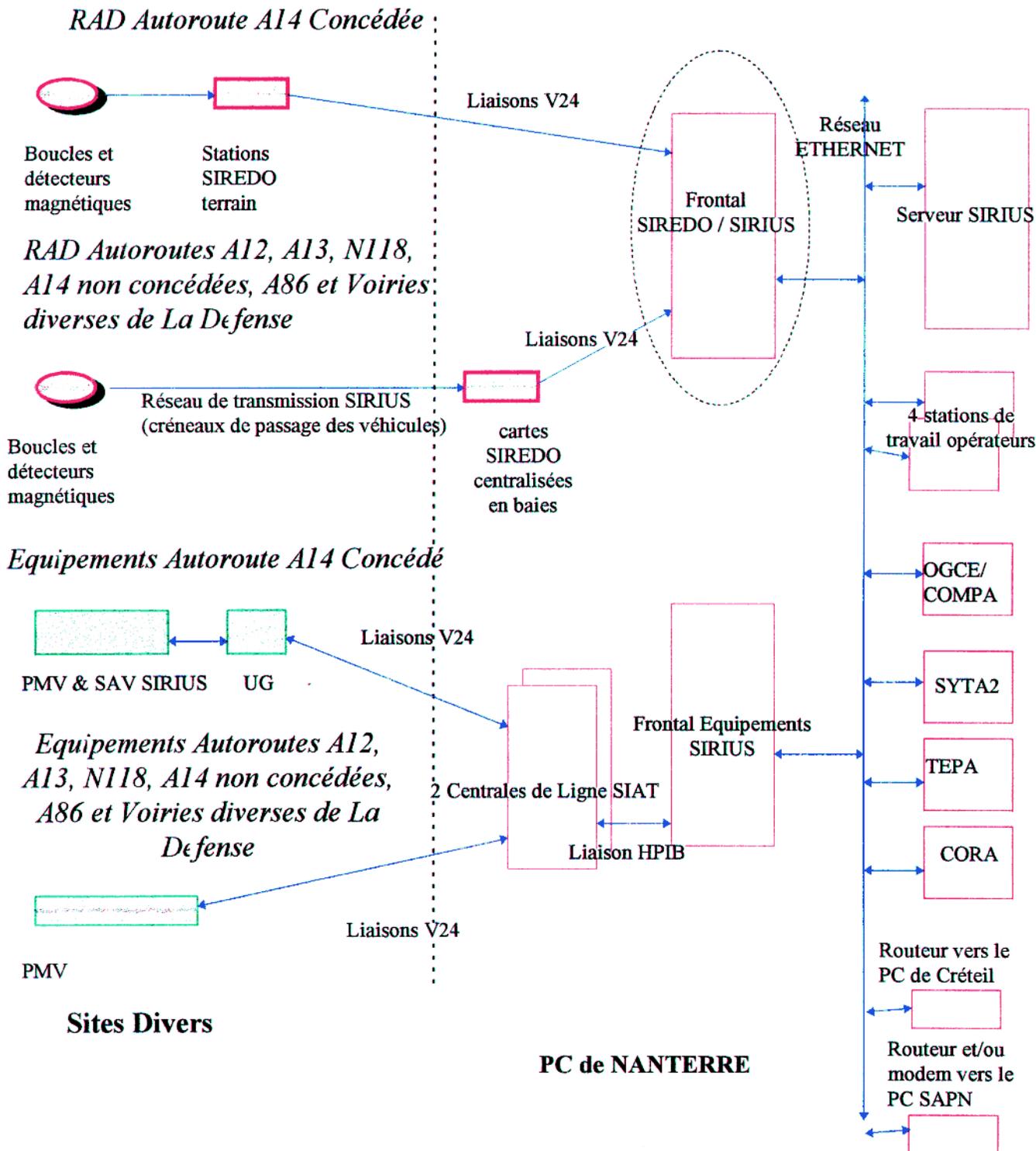
PC de St Denis, PC des Ratraits- Champigny ou PC d'Arcueil d'une part et d'autre part le PC de Nanterre.

Les acronymes rencontrés ci-dessous ont été définis au paragraphe XI.8.1.

ARCHITECTURE d'un PC SIRIUS (Est, Nord, Sud)



ARCHITECTURE DU PC de Nanterre



XIV.8.12 Glossaire « transmission »

Brassage

Il consiste à réaliser des liaisons (point à point ou en grappe) entre les prises placées en extrémités de lignes. Il agit au niveau d'un répartiteur entre un câble entrant et un câble sortant. Une telle connexion effectuée au moyen d'une jarretière réalise un brassage statique; par opposition le même type de liaison effectuée par logiciel permet un brassage dynamique.

CBDS/ATM

Service d'interconnexion de réseaux locaux proposé par France Télécom : défini à partir d'un service américain de commutation de cellule de 53 octets, orienté sans connexion, avec une méthode normalisée d'encapsulation de multiprotocoles, et des débits de 1, 45 à 155 Mbit/s attendus.

Cellule

La cellule est l'unité de multiplexage et de commutation de l'ATM (Asynchronous Transfer Mode). Chaque cellule est une unité de transport individuelle d'un fragment de données. Elle est de petite taille et de longueur fixe. Elle contient deux parties : un en-tête de cinq octets, une partie données utilisateur de 48 octets.

Datagramme

Unité de données qui est transmise sans tenir compte des relations avec celles qui la précèdent ou la suivent. Un datagramme contient, outre les données, l'adresse du destinataire et un numéro d'ordre : il nécessite un dispositif de réassemblage dans l'équipement de destination pour que la séquence des blocs, conforme au message émis, soit reconstituée dans le bon ordre

FDDI

Fiber Distributed Data Interface, réseau local sur support fibre optique, à haut débit 100 Mbit/s, en double anneau à jeton pouvant faire 100 km.

HDSL

La technologie HDSL s'appuie sur des traitements électroniques du signal très poussés. Elle permet à la simple paire téléphonique en cuivre reliant deux modems spécialisés, de soutenir des transferts de données à des débits bidirectionnels simultanés de 2 Mbit/s sur 3 km.

IT

Intervalle de temps. En vue du multiplexage temporel, la trame MIC de 125 μ s est découpée en 32 intervalles de temps, ou IT, de 3,9 μ s. Les instants d'échantillonnage sont décalés d'une voie à l'autre. Chaque IT correspond à une voie téléphonique et fait un octet.

MAN

Metropolitan Area Network : réseau dont l'étendue peut varier entre celle d'un campus, d'une ville ou d'une région.

Message

Unité de donnée initiale renvoyée par un équipement de terrain ou soumise par un utilisateur comme la couche application. En principe la taille n'est pas limitée.

MIC

Modulation par impulsion codée, procédé de codage de la parole sur une voie téléphonique numérique par échantillonnage du signal analogique. Par extension, un MIC identifie 32 intervalles de temps portant chacun un échantillon de voix.

Multiplexage

Opération qui consiste à écouler sur une même voie ou dans une même unité de données plusieurs communications d'utilisateurs différents

Paquet

Unité de données transitant dans un réseau. La taille est bornée. Similaire à trame, généralement utilisé pour des voies logiques. Il contient toutes les informations nécessaires à son routage.

PDH

Hierarchie numérique plésiochrone. Méthode d'assemblage 4 par 4, par multiplexage de trames MIC à 2 Mbit/s, afin de constituer des systèmes de débits plus élevés à 8, 34 et 140 Mbit/s.

Relais de trames

Alternative à la solution X25, plus efficace en transmission car les corrections d'erreurs sont effectuées par les équipements terminaux. Débits jusqu'à 2 Mbits/s et 45 Mbit/s.

Répéteur

Equipement du niveau physique capable d'amplifier un signal électrique ou optique. Un répéteur ne fait aucune interprétation sur les données.

SDH

Nouvelle hiérarchie standard de transmission : numérique, synchrone entre réseaux, sur fibre optique). Les débits numériques sont élevés : 155 Mbit/s, 622 Mbit/s et 2,4 Gbit/s. Elle permet une grande souplesse d'accès aux sous-ensembles de canaux, l'insertion/extraction en une seule opération de flux à 2, 34, 140 Mbit/s.

Segment

Utilisé dans la couche IP (réseau) de TCP/IP pour désigner un datagramme soumis par TCP à IP pour transmission. Utilisé aussi pour parler d'une branche physique d'un réseau

TCP/IP

Suite de protocoles développés pour le compte du Département Américain de la Défense dans les années 70 et 80 pour l'interconnexion de réseaux Ethernet. Les protocoles TCP/IP doivent leur succès en tant que standards de fait du monde Internet, à ce qu'ils ont été les premiers à résoudre concrètement l'interconnexion de systèmes hétérogènes connectés en réseau.

Trame

Unité de données circulant sur une voie. Généralement utilisée pour une voie physique. Une trame est toujours décrite par un format. Sa taille est bornée.

X25

Protocole de communication standard régissant les règles d'échange d'interface entre l'équipement terminal de communication opérant en mode paquet sur un réseau de transmission de données.

XIV.9 La maintenance des équipements

La maintenance a pour objectif le maintien du système dans l'état de fonctionnement où il a été réceptionné. La maintenance se mesure par un taux d'indisponibilité des fonctions et non pas des équipements. Les coûts annuel de maintenance varient entre 4 et 8% du montant de l'investissement, sans compter les investissements de remplacement (par exemple, la durée de vie d'un afficheur de PMV est de l'ordre de 10 ans!).

Le volume et la complexité de la maintenance dépendent de plusieurs facteurs :

- **la complexité du système.** Avec un système complexe, les défaillances peuvent être plus nombreuses, les diagnostics peuvent être difficiles et la défaillance d'un élément peut entraîner la défaillance de toute une chaîne d'éléments

- **la standardisation des équipements.** Des équipements disparates entraînent un lot de rechange important, une formation plus lourde des mainteneurs, la multiplication des fournisseurs de matériel de rechange, une tendance à remplacer trop vite les équipements normaux par des équipements plus luxueux.

- **les modes dégradés.** Un mode dégradé non satisfaisant peut entraîner la nécessité d'une maintenance en astreinte le samedi, le dimanche et les jours fériés. Cependant, la sécurité intrinsèque (type SNCF) des systèmes d'exploitation de la route n'est pas une obligation. Seuls les réseaux d'appel d'urgence doivent être considérés comme de première importance.

Les outils de maintenance doivent être définis au CCTP pour être intégré au système et permettre :

- une base de données documentaire et géographique qui facilite les opérations de maintenance,
- une certaine automatisation dans la détection des pannes et des remises en service, associée à un journal de bord du système et au calcul du taux d'indisponibilité,
- une gestion rigoureuse des heures passées à maintenir.

La maintenance peut se décomposer en deux corps de métier spécialisés, intervenant dans le cadre de deux marchés séparés :

- une équipe de maintenance polyvalente (câbles, vidéo, PMV, transmissions, énergie...),
- une équipe de maintenance informatique chargée de maintenir les ordinateurs et les logiciels d'application.

Ces marchés peuvent être forfaitaire, ou à commande. Dans tous les cas, le Service d'Exploitation devra disposer d'un contrôleur de travaux exigeant et rigoureux.

Outre une phase d'initialisation des tâches de maintenance, qui permettent au mainteneur d'être entièrement opérationnel, y compris dans ses rapports avec des sous-traitants éventuels, la maintenance polyvalente comprend les opérations préventives de nettoyage, de vérification

et de tests réguliers, les opérations curatives selon des conditions d'interventions assorties de pénalités, les rapports concernant les détériorations partielles ou totales ou les désuétudes et les avis sur les extensions ou remplacements sur investissement.

La maintenance informatique comprend les tâches de configuration de nouveaux équipements, d'assistance aux paramétrages des algorithmes, les tâches d'archivages, les réinitialisations de certains processus défaillant selon des conditions assorties de pénalités, la recherche des défauts de conception et l'estimation des travaux de suppression du défaut, les avis sur les extensions fonctionnelles ou en volume du système. Tout projet de nouveau développement ou transformation proposé par le mainteneur doit être visé par un expert nommé par le Maître d'Ouvrage.

XIV.10 La normalisation et la certification

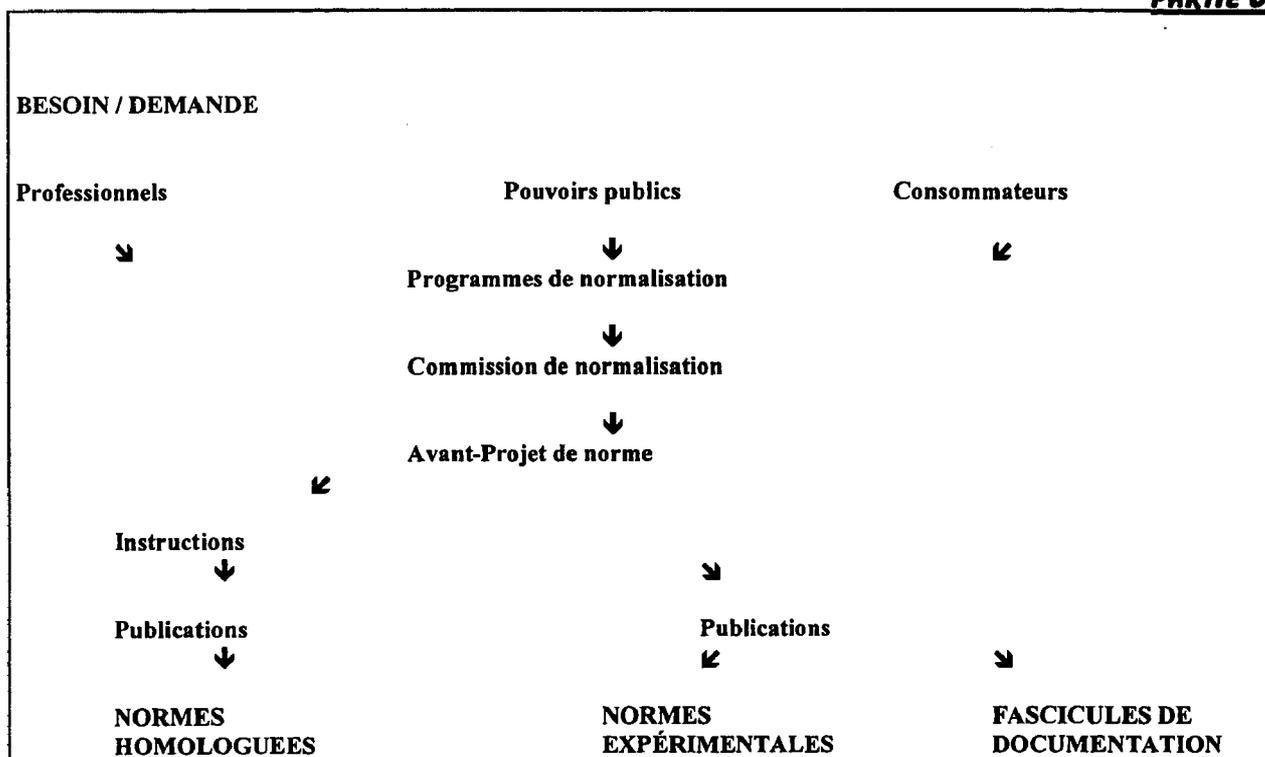
XIV.10.1 La normalisation

"La normalisation a pour objet de fournir des documents de référence comportant des solutions à des problèmes techniques et commerciaux concernant les produits, biens et services, qui se posent de façon répétée, dans des relations entre partenaires économiques, scientifiques, techniques et sociaux". Le texte du décret 84-74 du 26 janvier 1984 situe clairement la démarche normative dont l'évolution s'est encore accentuée depuis l'entrée en vigueur de l'Acte Unique Européen, le 1er juillet 1987.

La normalisation est, en fait, la définition d'un produit, assortie des méthodes de mesure et d'essais, pour reconnaître la conformité à cette définition, d'un produit isolé ou éventuellement d'un lot de produits.

Les travaux normatifs sont effectués dans l'esprit permanent du consensus entre tous les partenaires : professionnels, consommateurs et pouvoirs publics.

Schématiquement, une norme française s'élabore de la façon suivante :



La réalisation des normes répond à des objectifs parfois contradictoires :

- ne pas détruire inutilement des produits existants, récents mais non normalisés, pour éviter la remise en cause prématurée d'investissements,
- resserrer la gamme de produits, pour limiter les possibilités de gaspillage,
- soutenir le progrès technique, par un haut niveau d'exigence de la qualité des produits.

XIV.10.2 La certification

En aval de la normalisation, se situe la certification qui détermine une procédure par laquelle une tierce partie donne une assurance écrite sur la conformité d'un produit aux exigences spécifiées par une norme.

Elle débouche sur l'apposition d'une marque sur les produits, par exemple la marque française NF.

L'ASQUER (Association pour la Qualification des Équipements de la Route) tient ce rôle d'organisme certificateur en France depuis le 15 décembre 1992, date de sa création.

Elle regroupe : l'État, les collectivités territoriales, les sociétés d'autoroutes, les industriels et des organismes techniques, regroupés en trois collèges.

L'ASQUER délivre déjà la marque NF sur des produits routiers tels que la signalisation horizontale et verticale et pourra l'attribuer aux produits électroniques et télématiques dès lors que le référentiel normatif en cours sera suffisant.

XIV.10.3 La référence aux normes

La référence aux normes s'impose pour les marchés de travaux, fournitures et services, aux entités visées par les directives européennes et notamment :

- l'État et ses établissements publics autres que ceux ayant le caractère industriel et commercial (code des marchés publics),
- les collectivités locales et leurs établissements publics, (code des marchés publics)
- les sociétés d'économie mixte (décret du 26 mars 1993).

Les conditions d'utilisation des normes sont définies par le décret 84-74 du 26 janvier 1984 (modifié à plusieurs reprises ensuite) fixant le statut de la normalisation. Il prévoit quelques possibilités de dérogation à la référence aux normes, et notamment :

- la continuité opérationnelle d'un système existant ou dans certains cas, l'homogénéité d'un parc de matériels,
- le caractère innovant d'un projet qui ne peut se limiter à l'emploi des normes existantes,
- l'absence de méthodes d'essais qui doivent être prévues en complément des normes "fonctionnelles".

Ce souhait de dérogation doit faire l'objet d'une information à l'AFNOR, en remplissant une fiche spéciale de dérogation indiquant les motifs.

Toutefois, au stade du dépouillement des offres, l'acheteur public ne peut écarter a priori les soumissions établies conformément à des normes étrangères en vigueur dans d'autres États membres de l'Union Européenne si le soumissionnaire peut justifier d'une équivalence technique.

Remarque : seules les normes homologuées sont obligatoires. Les normes expérimentales et les fascicules de documentation ne le sont pas.

La liste des produits homologués ou certifiés en France peut être consultée sur Minitel par le 36.16 SETRA.

XIV.10.4 Le niveau européen

Les normes européennes, quand elles existent, sont transposées dans la collection française comme normes homologuées. Dès la reprise de cette norme européenne dans la collection nationale, toute norme française ou partie de norme française en contradiction, est abrogée.

Il existe aussi au niveau européen, des normes expérimentales qui sont nommées "pré-normes européennes" et qui ne sont donc pas d'application obligatoire.

Les comités européens de normalisation (CEN et CENELEC) se sont dotés d'une marque commune de conformité aux normes européennes (CE) : elle jouera le même rôle que les marques nationales telles que la marque NF, mais son autorité européenne devrait résoudre les problèmes d'équivalence de marques et normes nationales.

XIV.11 Quelques notions sur des méthodes de conception de logiciels informatiques

XIV.11.1 Méthodologie de développement de logiciels

L'apport des méthodes d'analyse et de conception en informatique est primordial depuis quelques années au cours desquelles la complexité des logiciels et des matériels n'a cessé de croître.

En effet, les progrès en électronique ont permis l'accroissement des capacités mémoires et de traitements des machines ce qui a entraîné une demande de plus en plus importante vis à vis des logiciels d'où une complexité croissante.

De plus, le développement des réseaux a entraîné une distribution des traitements sur plusieurs machines pouvant être sur des sites différents, d'où des architectures logicielles de plus en plus complexes.

De plus, le budget maintenance des logiciels s'alourdissant de plus en plus, il est apparu vital pour pouvoir mieux gérer les modifications de bien spécifier le logiciel initial et de garder la trace de ses évolutions quelques soient les changements dans les équipes informatiques. Et les méthodes couvrent une part de plus en plus large du cycle de développement du logiciel depuis la définition des besoins jusqu'aux tests unitaires.

Ces évolutions ont entraînés des changements importants dans la manière de conduire les projets informatiques. Les premières méthodes d'analyse telles que l'analyse descendante ont évolué vers des méthodes plus spécialisées telles que SA-RT pour le temps réels, Hood pour le langage ADA, Merise pour la gestion, OOA, Booch, OMT pour les langages objets ...

On peut distinguer trois types de méthodes.

- Les méthodes analytiques ont une approche par les résultats et les fonctions, c'est-à-dire qu'elles sont orientées par les traitements et à partir des résultats attendus, cherchent les entrées nécessaires pour produire ces résultats. Elles voient donc le système comme une succession de boîtes noires et utilisent des diagrammes de flux de données pour les lier. Les méthodes de cette catégorie sont SA-DT, SA-RT, Yourdon, DeMarco...

- Les méthodes systémiques considèrent le système d'information comme une modélisation du monde réel et sont souvent orientées par les données. Ces méthodes s'appuient sur la notion de modèle sémantique qui se base sur les mécanismes de classification (rassembler des occurrences sous une même définition), de généralisation

(relation d'héritage), d'agrégation (relation composant - composé) et le groupement (notion de listes). En gestion, on retrouve Merise en France, SSADM en Angleterre et Information Engineering au USA.

- Les méthodes objets découlent de ces deux approches car elles essaient de créer des entités encapsulant traitements et données. Elles sont développées ci-dessous.

XIV.11.2 Choix d'une méthodologie

Ce choix doit se faire suivant plusieurs critères, chacun ayant une importance différente suivant le projet, la culture d'entreprise et le type de langage d'implémentation choisi.

En effet, l'utilisation d'une méthodologie mobilise de l'énergie et doit donc apporter un gain de temps supplémentaire pour compenser. C'est pour cela que si une méthodologie est déjà utilisée, il est nécessaire de bien peser les avantages d'une nouvelle en terme de temps d'apprentissage, de gain de productivité et de gain de fiabilité. Il faut donc faire un compromis entre richesse de la méthode et simplicité d'utilisation. Une méthode riche en concepts, risque d'être longue à apprendre surtout si elle diffère beaucoup de celle utilisée jusqu'à présent. Et une méthode couvrant une large partie du cycle de développement du logiciel améliore la qualité mais peut être lourde à mettre en oeuvre.

La taille du projet et le nombre de partenaires ainsi que leur origine sont aussi primordiaux. Si le projet est important, une méthodologie est indispensable car elle améliore la qualité du logiciel, la communication entre les partenaires et fixe un certain nombre d'échéances à respecter, de documentations à fournir et de contraintes à tenir afin de mieux assurer la maintenance. On cherchera alors une méthodologie qui suive la plus grande partie du cycle de vie du logiciel (schéma directeur, étude préalable, étude détaillée, étude technique, production de logiciel, tests). Si le projet est relativement simple et bien défini, une méthode décrivant les trois dernières phases peuvent suffir.

Le dernier critère est lié aux outils de programmation choisi. Le langage peut être de type séquentiel tels que Pascal, C, soit de programmation logique tels que Prolog, soit objet tels que C++, Smalltalk. Il faut donc choisir une méthodologie en accord avec le langage. Par exemple, si le langage ADA a été choisi, l'emploi de la méthodologie Hood semble le plus adapté.

XIV.11.3 Approche objet

Le développement récent des langages objet est lié à l'accroissement de la complexité des logiciels. En effet, les informaticiens se sont rendus compte qu'ils reprogrammaient souvent les mêmes type de logiciel et qu'il serait intéressant de pouvoir les avoir en standard. Cela permet non seulement de gagner du temps de programmation mais surtout du temps de mis au point et ce qui assurer une meilleure fiabilité des programmes car ces composants standards sont déjà testés. Cela s'est concrétisé par l'apparition de nombreuses bibliothèques mathématiques, de traitement du signal, de statistiques Cette approche a cependant le désavantage d'être lié à un format de données standard. Il est apparu donc intéressant d'encapsuler traitements et données, ce qui a donné naissance au concept d'objet.

L'objet permet la factorisation du code grâce à l'héritage, l'encapsulation des données (attributs) et des traitements (méthodes) ce qui entraîne une modularité plus importante des logiciels, le polymorphisme grâce au mécanisme d'envoi de message. Ces propriétés permettent aussi la création de bibliothèques réutilisables.

Mais cette approche remet en question les modes de programmation standards. En effet, les raisonnements séquentiels ne permettent pas de concevoir un logiciel basé sur l'envoi de messages. De plus, un objet étant autonome, il est nécessaire de pouvoir modéliser son cycle de vie, c'est-à-dire les différents états dans lesquels il peut se trouver et ses réponses en fonction de ces états. Il faut aussi déterminer les objets avec lesquels il échange des messages et les fonctions qu'il doit remplir.

Ces contraintes ont amené à définir trois axes de description des objets. L'axe statique qui modélise les relations statiques entre objets (liens de composition, de relation ou d'héritage). L'axe dynamique qui modélise les échanges de messages et le cycle de vie de l'objet. Et l'axe fonctionnel qui modélise les flux de données échangés entre les objets.

XIV.11.4 Méthodologies objet

Nous allons décrire ici les avantages et inconvénients de quelques méthodologies objets en indiquant dans chacune d'elles l'importance des trois axes.

La méthode de Coad et Yourdon est bien pour une première approche de l'univers objet. En effet, elle est assez simple et elle permet de pouvoir définir la structure statique des problèmes. Par contre, elle ne modélise pas bien les deux autres axes ce qui est très gênant pour certains problèmes. Elle convient donc pour les applications où seul l'axe statique est important (par exemple, les Bases de données).

La méthode de Booch modélise bien l'axe statique et dynamique mais mal le fonctionnel. Son côté original est dans la synchronisation des messages entre instances. De plus elle modélise bien l'architecture physique de l'application et des connexions entre les modules physiques. Elle convient bien pour les applications où la notion temporelle est primordiale et où l'architecture logicielle est complexe, par exemple si elle est distribuée sur plusieurs processeurs. L'emploi de cette méthode risque d'être difficile pour les personnes ayant l'habitude de fonctionner avec des méthodes de type analytique à cause de l'absence de l'axe fonctionnel.

La méthode de Shlaer et Mellor est celle qui couvre le plus le cycle de développement du logiciel. En effet, la matrice de projet résume bien l'ensemble des étapes. De plus, elle commence par découper le problème en domaines puis ces domaines en sous-systèmes. Cela permet de bien gérer les gros projets. Par contre, elle utilise des notations différentes pour l'analyse et la conception ce qui pose un problème pour la réutilisabilité des objets. De plus, elle ne permet pas de développer des diagrammes des flots de données généraux car ils sont tous associés à une classe. Cela est ennuyeux pour les applications dont la partie fonctionnelle est autant sinon plus importante que la statique. Elle contient beaucoup de diagrammes différents qui sont très utiles pour de grands projets mais peut-être trop nombreux pour les autres. Elle est donc adaptée pour les grands projets où la méthodologie est primordiale. Elle n'admet pas les relations bidirectionnelles ce qui est ennuyeux lors de l'analyse car ce genre de contraintes ne devrait exister qu'à la conception.

La méthode OMT couvre bien les trois axes et conserve les mêmes notations pour l'analyse et la conception. Elle contient trois modèles assez complets. Les notions d'associations qualifiées, de propagation d'opérations de création de données et de super-états sont originales et permettent de simplifier les diagrammes. Elle permet de découper le problème en sous-systèmes ce qui permet de le décomposer. Par contre, la modélisation de l'architecture est très pauvre. Cette méthode convient bien pour les projets où les problèmes de synchronisation ne sont pas primordiaux mais où les trois axes ont tous leur importance. Elle ne couvre pas l'ensemble du cycle logiciel et devrait donc être couplée à d'autres méthodologies pour les gros projets. Actuellement, un projet de fusion de OMT et de Booch est en cours et devrait donc permettre d'obtenir une méthode plus complète.

La méthode Hood est fortement liée au langage ADA. Ceci entraîne qu'elle gère très bien les problèmes de synchronisation de messages entre objets et l'encapsulation. Par contre, elle ne modélise pas l'héritage. La méthode Hood++, créée pour le langage C++, intègre la notion d'héritage. Ces méthodes ont été créées pour des industriels et couvrent bien le cycle de vie du logiciel.

La méthode classe-relation est aussi très complète par rapport au cycle de vie du logiciel. Elle comporte les trois axes de description, mais les diagrammes dynamiques sont moins riches que pour OMT.

XIV.11.5 Atelier de génie logiciel (AGL)

Une méthode permettra de gagner de la productivité si elle est bien outillée. Les outils sont de plus en plus nombreux et plus ou moins complets. Il est impossible de faire une étude de marché valable longtemps car ce marché évolue très vite par l'apparition ou la disparition d'entreprise, par le suivi de développement de logiciel.

Quelques critères pour choisir un outil peuvent être les suivants :

- vérifier l'adéquation entre la méthode et l'AGL : est-ce que tous les concepts de la méthode sont présents ? Est-ce que les vérifications de contraintes entre les différents diagrammes sont implémentées ? Sont-elles paramétrables ? Cette vérification de complétude est primordiale pour la fiabilité du logiciel.
- vérifier l'existence de génération de documentation : est-ce que cette génération est paramétrable ? Cette fonctionnalité est celle qui permettra de gagner le plus de temps.
- vérifier l'ergonomie du logiciel : ceci est important surtout si beaucoup de personnes d'origine différentes sont impliquées dans le projet.
- vérifier que les fonctionnalités de l'AGL sont réelles : en particulier, vérifier que la génération de code si elle existe, n'est pas trop simple ou que la retro-ingénierie est correcte.
- estimer la pérennité du logiciel : pour cela demander le nombre de licences déjà vendues et surtout la taille des projets qui utilisent vraiment l'AGL.

XIV.11.6 Conclusion

Une méthodologie est primordiale pour bien gérer un développement informatique. Mais il est nécessaire de bien choisir pour en tirer le maximum d'avantages en terme de fiabilité, gain de productivité. Il faut donc bien déterminer les objectifs du projet afin de choisir la méthodologie la plus adaptée au problème.

XIV.12 Qualimétrie des logiciels

XIV.12.1 Introduction

Nous l'avons vu, les objectifs visés par un SAGT pour l'ensemble des acteurs que sont la maîtrise d'ouvrage, les exploitants, et les industriels sont nombreux et variés. Pour atteindre l'ensemble de ces objectifs, il y aura lieu de travailler sur deux fronts : la qualité des produits d'une part, et la qualité des processus qui les élaborent d'autre part.

La définition d'exigences qualité pour un produit, mesurables et contrôlables, permet d'atteindre notamment les objectifs que l'on peut qualifier de « techniques » (capacité fonctionnelle, fiabilité, facilité d'utilisation, maintenabilité, ...)

La maîtrise de la qualité des processus concourra également à la qualité des produits logiciels (notion d'assurance qualité). Elle permettra de plus d'atteindre des objectifs de maîtrise de coûts et de délais de réalisation.

XIV.12.2 La qualité des produits logiciels

Présentation de la norme ISO/CEI 9126 [NOR91a]

Cette norme clarifie le vocabulaire pour définir les composantes de la qualité d'un produit logiciel. Pour cela, elle définit six caractéristiques, elles-mêmes décomposées en plusieurs sous-caractéristiques. Les 6 caractéristiques sont les suivantes:

Caractéristiques	Sous-caractéristiques
Capacité fonctionnelle	Aptitude Exactitude Interopérabilité Conformité réglementaire Sécurité
	Maturité

Caractéristiques	Sous-caractéristiques
Fiabilité	Tolérance aux fautes Possibilité de récupération
Facilité d'utilisation	Facilité de compréhension Facilité d'apprentissage Facilité d'exploitation
Rendement	Comportement vis à vis du temps Comportement vis à vis des ressources
Maintenabilité	Facilité d'analyse Facilité de modification Stabilité Facilité de test
Portabilité	Facilité d'adaptation Facilité d'installation Conformité relative aux règles Interchangeabilité

les métriques

Les définitions associées aux sous-caractéristiques permettent de spécifier des exigences qualité puis de définir pour chacune d'elles une métrique associée. Une métrique est une fonction d'un ensemble de mesures relevées qui permet de vérifier si les exigences qualités initiales sont atteintes. Comme exemple de métrique on peut citer le résultat de l'analyse d'un code source par un logiciel spécialisé ou bien le nombre de réponses positives à un questionnaire mis au point pour évaluer le niveau de qualité d'un critère.

Les métriques sont proposées par les développeurs qui traduisent les exigences qualité de leurs maîtres d'ouvrage dans leur système de mesure (métrique) lui même bâti sur expérience qu'ils ont de mesure de la qualité. Ces métriques ne sont pas encore normalisées. C'est principalement le développeur qui effectue la mesure selon les métriques qu'il propose.

Les limites de la norme ISO/CEI 9126

En 1996, le manque de recul et d'expérience fait qu'il est encore difficile de mesurer la qualité intrinsèque d'un logiciel. Toutefois les sociétés de service en informatique ont, a priori, intérêt pour accroître leur compétitivité à investir dans ce domaine de la qualimétrie du logiciel.

XIV.12.3 La qualité d'un processus d'élaboration d'un logiciel

Introduction et place de la norme ISO 9000 [NOR94]

La série de normes ISO 9000 définit un ensemble d'exigences concernant le système qualité d'une entreprise. En respectant ces normes, une société de services assure à ces clients

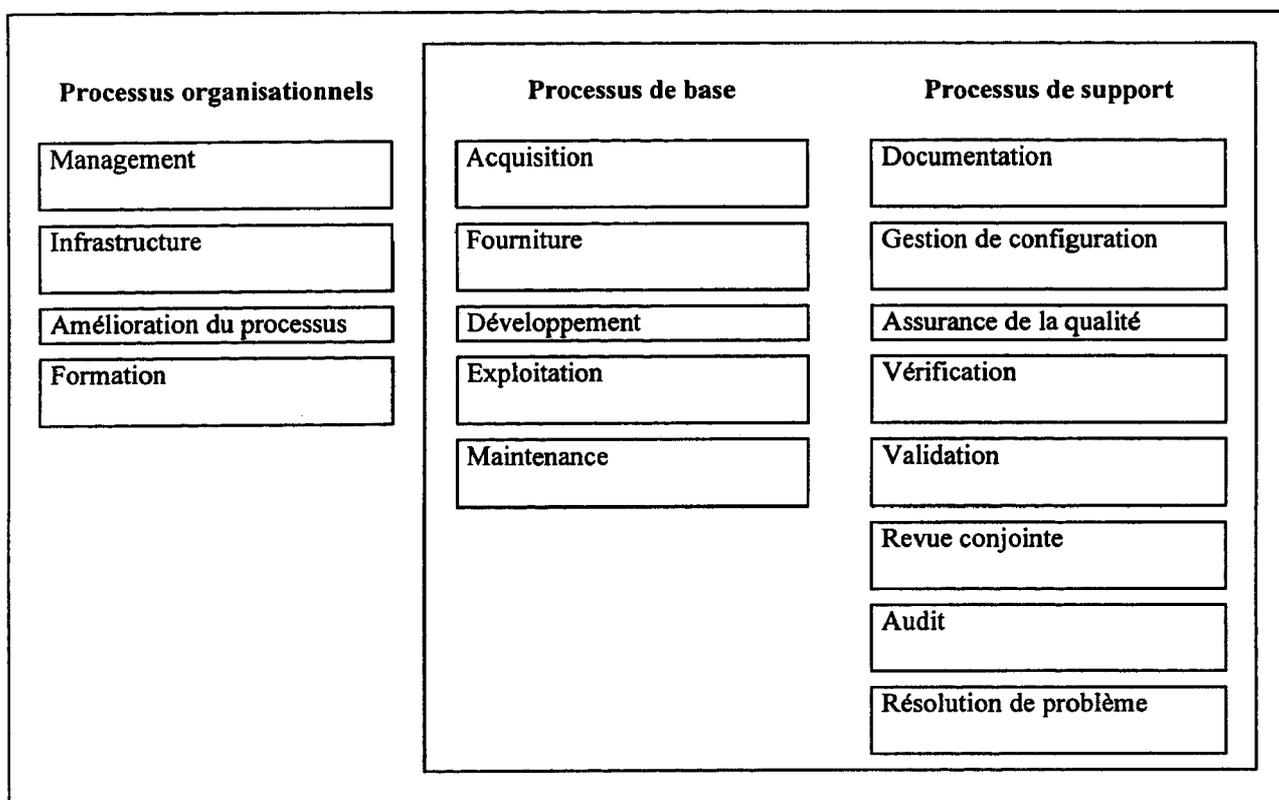
que la qualité de ses prestations est bien un objectif au plus haut niveau et qu'elle a mis en place une organisation et des procédures pour garantir cette qualité. Les procédures, spécifiques à chaque entreprise, n'y sont pas décrites. La norme ISO/CEI 12207, décrite ci-après permet de définir des procédures adaptées pour la fabrication de logiciels.

Présentation de la norme ISO/CEI 12207 [NOR95a]

La norme ISO/CEI 12207 « processus du cycle de vie » est une norme décrivant les processus, les activités et tâches qui doivent être mises en oeuvre lors de l'acquisition, du développement, de l'exploitation ou de la maintenance d'un logiciel.

Elle est indépendante des méthodes d'analyse (Merise, SA-RT, ..) et des cycles de vie (cycle en V, en spirale, en cascade).

Elle définit le cycle de vie par trois types de processus : processus de base, processus organisationnel, processus de support. Ces processus sont les suivants :



La norme détaille les activités à mener pour chacun de ces processus. Elle détaille qui doit faire quoi, à partir d'une liste de 19 profils ou responsabilités différentes (acquéreur, fournisseur, chef de projet, développeur, utilisateurs, responsable de la documentation, responsable de la formation, ...)

Pour utiliser cette norme dans le cas du développement d'un SAGT, il est indispensable de préciser qui assure chacun des rôles prévus dans la norme ainsi que d'adapter les activités qui y sont décrites en fonction du cycle de vie et des méthodes (méthode d'analyse, méthode de réalisation, atelier de génie logiciel, méthode de test, ...) choisis.

Importance de l'implication de la maîtrise d'ouvrage

La mise en place d'un SAGT est un projet multi-acteurs complexe. Pour cette raison, il est indispensable que les objectifs liés à la qualité soient exprimés et promus par la direction du projet au plus haut niveau. Dans le cas contraire, les efforts pour atteindre un haut niveau de qualité fournis par certains risquent d'être anéantis par de la non qualité produite par un petit nombre d'acteurs qui n'auront pas intégré ces objectifs de qualité.

XIV.12.4 Conclusions

A cause d'un manque de recul et de capitalisation sur la mesure de la qualité d'un produit logiciel, il se trouve qu'aujourd'hui, la qualité des processus est mieux maîtrisée que celle des produits eux-mêmes. Comme, par ailleurs, la qualité des processus influe fortement sur la qualité des produits, nous ne pouvons que conseiller le lecteur à investir en priorité le domaine

de la qualité des processus, tout en spécifiant, pour certaines métriques simples des exigences qualité de type « produit ».

XIV.13 Les systèmes d'Information Géographique (SIG)

XIV.13.1 Généralités

☛ Définition

Le terme de système d'information géographique (SIG) est utilisé pour désigner des systèmes d'information reposant sur des bases de données localisées, ou informations géographiques, ou encore informations à références spatiales. Par abus de langage, le sigle SIG désigne également le logiciel (ou progiciel) sur lequel s'appuie le système d'information. Afin de ne pas ajouter à la confusion, nous utiliserons dans la suite de cet annexe le sigle SIG pour désigner uniquement les systèmes d'information intégrant les données géographiques. Dans les autres cas, nous parlerons d'applications SIG et d'outils SIG (progiciels, applicatifs,...).

Le terme d'information localisée ou géographique est extrêmement large puisqu'il touche toute information pouvant être rattachée à un point ou une portion de l'espace. Ainsi, un tronçon de voie affecté d'information sur le nombre de files, la largeur de la voie, le type de chaussée,..., ou un îlot INSEE avec les données du dernier recensement, sont des objets géographiques porteurs d'information géographique. On retrouve, d'une façon générale, pour toute information géographique, cette association d'information de nature géométrique (la géométrie du tronçon, de l'îlot, etc...) et d'information descriptive, dite encore attributaire, qualifiant l'objet géométrique (nom, population, trafic,...).

Que ce soit dans les domaines de l'aménagement, des transports, de l'environnement, ou de la gestion d'un patrimoine, les décideurs et techniciens ont de plus en plus besoin d'associer, de superposer, de croiser des informations géographiques pour étayer leur décision ou améliorer la pertinence de leurs projets.

On peut regrouper grossièrement selon trois types, les besoins pouvant être traités par les SIG :

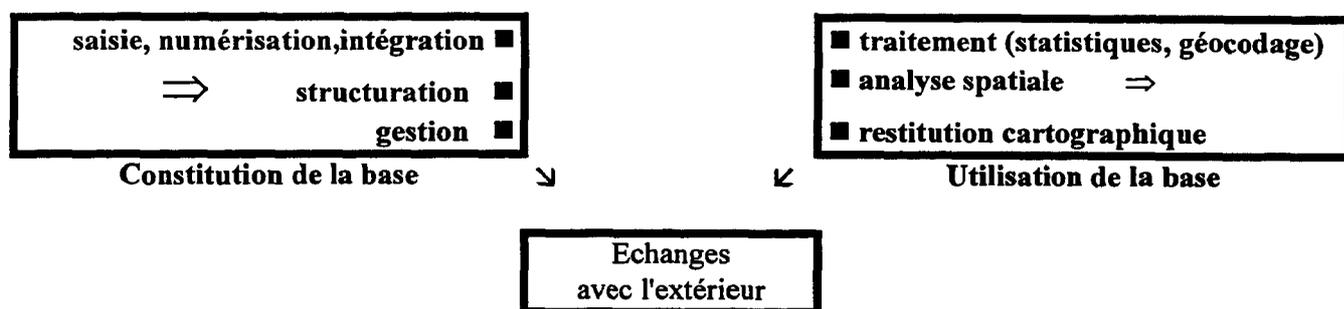
gestion de données localisées : l'aspect attributaire des données est prépondérant

aide à la décision : les possibilités de croisement et d'analyse spatiale sont prépondérants

communication graphique et cartographie automatique : l'aspect géométrique et la présentation cartographique des données sont prépondérants.

☛ Fonctionnalités de base

Pour pouvoir répondre à ces besoins par la mise en place d'un tel système d'information, les outils SIG doivent pouvoir présenter certaines fonctionnalités que l'on peut résumer par le diagramme suivant :



Nous allons détailler ci-dessous les principales fonctionnalités.

XIV.13.2 Principales fonctionnalités

☛ Fonctionnalités liées à l'acquisition des données

Ces fonctionnalités permettent ou facilitent la saisie à partir de "sources d'informations" qui sont de plus en plus nombreuses et variées.

Les informations "graphiques" proviennent de :

saisie par digitalisation,

saisie par scanner,

photogrammétrie,

carnets électroniques de terrain,

imagerie satellitaire,

positionnement GPS,

import de fichiers graphiques obtenus à l'aide d'autres systèmes d'acquisition (systèmes de CAO, systèmes de traitement d'images, autres SIG).

Les informations "attributaires" sont essentiellement issues de systèmes de gestion de bases de données (SGBD). Sur micro-ordinateurs, les outils de type tableur permettent également une saisie rapide de données attributaires.

☛ Fonctionnalités liées à la gestion des données et à leur structuration

On peut distinguer deux modes d'organisation logique de l'espace géographique :

- organisation en couches thématiques ("layers"),
- organisation en objets géographiques.

Pour chacun de ces deux types d'organisation, un *mode de structuration des données graphiques* est utilisé pour la description géométrique des données utilisées. Cette description se présente essentiellement selon trois modes :

- le mode vectoriel sans topologie ("spaghetti"),
- le mode vectoriel avec topologie : les relations de voisinage, de contiguïté, etc... sont prises en compte,

- le mode "raster" destiné au stockage d'images ou de données scannées.

☛ *Fonctionnalités liées au traitement et à l'analyse des données géographiques*

Les traitements statistiques sont les plus classiques :

- tris sur une variable,
- statistiques sur une variable (mini-max, moyenne, écart-type,...),
- génération de graphiques (histogrammes, camembert,...).

Par ailleurs, des possibilités d'analyse par superposition de données géographiques, et éventuellement d'images, existent :

- superposition de couches thématiques sur un même découpage de l'espace géographique,
- superposition de découpages thématiques différents,
- superposition de données vectorielles et raster (cartes et photos et/ou images).

En plus de ces traitements "triviaux", les outils SIG offrent des traitements d'analyse spatiale plus ou moins "avancées". Nous en retiendrons les plus intéressants et les plus souvent proposés :

- requêtes liées aux positions relatives des objets (union, intersection, inclusion, ...),
- génération d'isolignes à partir d'un semis de points,
- génération d'un découpage polygonal à partir d'un semis de points,
- génération de zones-tampons à partir de points, de lignes ou de polygones,
- recherche d'itinéraires sous contraintes, plus court chemin et parcours dans un graphe,
- possibilité de modélisation de certains phénomènes (temps de parcours, accessibilité, etc).

☛ *Fonctionnalités liées à la production de documents*

Quatre types de sorties différents peuvent être produits:

- représentations cartographiques simples (2D),
- blocs diagramme, cartes en 3 D,
- histogrammes, graphiques statistiques,
- tableaux de synthèse.

☛ *Fonctionnalités liées aux échanges avec l'extérieur*

Les logiciels SIG offrent un certain nombre de formats d'échange de données avec l'extérieur permettant la récupération de données tant attributaires que graphiques.

En particulier, la plupart des logiciels de base de données ou de tableur peuvent fournir des données attributaires soit par le truchement de traducteurs de formats de fichiers, soit par une compatibilité des structures de fichier (par exemple MapInfo est compatible avec dBase).

Pour ce qui concerne les données graphiques le problème est plus délicat. On peut assez facilement échanger de l'information de nature géométrique entre un SIG et un logiciel de DAO/CAO ; il est plus difficile, la pratique le prouve, de conserver les relations spatiales (la topologie) des objets géographiques, voire même les liens avec les informations attributaires qui s'y rattachent.

Des standards de fait existent, utilisés par les logiciels SIG les plus répandus dans le monde, mais la tendance est à l'effort de normalisation des échanges.

En France, avec la norme EDIGéo, mais aussi en Europe où des groupes de travail de la Commission Européenne (TC278 et TC287) s'emploient à définir une norme (la norme GDF2.2 orientée "transport" pour TC278 est compatible avec une évolution européenne d'EDIGéo menée par TC287). Ces travaux normatifs sont également pris en compte au niveau international (ISO).

Ces travaux sont dorés et déjà reconnus par certains producteurs de données en particulier l'IGN qui va imposer progressivement la norme EDIGéo pour la fourniture de ses bases (en particulier GéoRoute, la BD routière au 1/25 000), mais également Michelin pour sa base de données au 1/200000, livrée au format GDF. Les logiciels seront contraints de prendre en compte ces évolutions à court terme.

XIV.13.3 Typologie de l'offre logiciels

Le panel des logiciels effectivement utilisés et implantés est très large. On recense en effet plus de 100 produits. L'objectif n'est pas ici de les citer tous ni de les comparer afin d'établir une sorte de palmarès. On essaiera seulement d'illustrer certaines gammes de produits représentées par quelques uns d'entre eux. On peut classer ces logiciels SIG en grandes familles selon plusieurs critères.

☛ Selon la genèse du produit SIG

La plupart des SIG s'appuient sur des progiciels commercialisés. Mais on est amené à considérer plusieurs cas de figure :

- soit il s'agit de logiciel issu du monde de la CAO/DAO (cas de GAUSS ou GEONET) et ayant évolué progressivement vers les outils de type SIG.
- soit il s'agit de logiciel (Géo SQL, MGE, System 9) s'appuyant sur des produits existants dans le monde du DAO (Autocad, Microstation) pour la partie graphique et des bases de données (Dbase, Oracle, Informix,...) pour les données attributaires.
- soit il s'agit de progiciels spécifiquement développés (APIC, ArcInfo, MapInfo, MacMap, GéoConcept,etc,...)

Dans certains cas précis, les applications de SIG s'appuient sur des développements spécifiques, afin de répondre à des besoins très particuliers, ou du fait d'un contexte historique contraignant.

☛ Selon les facilités qu'ils ont à s'adapter aux contextes d'utilisation

On trouve des produits très polyvalents et prêts à l'emploi offrant toutefois des possibilités de programmation plus ou moins évoluées (personnalisation de l'interface utilisateur,

automatisation de certaines tâches répétitives par des langages plus ou moins puissants et standards : ArcInfo, MapInfo, et éventuellement appel des programmes extérieurs écrits avec des langages évolués, (par exemple : Géoconcept).

A l'inverse, il peut s'agir de "boîtes à outils" offrant soit des bibliothèques de fonctions pouvant être appelées par des langages de programmation classiques, soit des modules ou fonctions pouvant être utilisés dans un environnement de développement spécifique avec un langage propre (APIC par exemple). Dans les deux cas, la réalisation d'un produit SIG nécessite un cahier des charges très précis, et répondant à des fonctionnalités très figées dans le temps.

☛ *Selon leur capacité de traitement et de stockage*

Pour des applications de gestions (notamment dans les collectivités locales) nécessitant beaucoup de données, des logiciels comme ArcInfo ou APIC, s'imposent.

Pour des applications légères, ou très sectorielles, des logiciels proches d'une philosophie bureautique sont suffisants (MapInfo, Géoconcept, MacMap).

D'autres aspects méritent d'être pris en compte, en particulier l'approche orientée "objet" en matière de base de données sur laquelle certains logiciels s'appuient (GéoConcep, Uhria, Apic, Small Word, SNAPSIG).

Cette approche permet d'associer aux objets géométriques de la base, outre l'information attributaire déjà mentionnée précédemment, des informations concernant la représentation graphique de l'objet (couleur, etc...) mais aussi des traitements qui s'y rattachent (ex : visibilité à partir d'une certaine échelle, symbolique en fonction des échelles).

Elle offre en outre une plus grande souplesse pour faire évoluer la structure des objets de la base de données, comparée aux systèmes fondés sur des bases de données relationnelles. Cette caractéristique est intéressante pour certaines applications "temps réel" ou pour échanger des objets dans des systèmes à architecture répartie sur plusieurs sites.

XIV.13.4 L'expression des besoins en matière d'exploitation routière : Illustrations par des cas concrets

Les chapitres précédents donnent de façon exhaustive les différentes déclinaisons des missions relatives à l'exploitation routière.

On peut regrouper en deux catégories les besoins induits par les missions d'exploitation auxquels les SIG peuvent apporter une aide :

- des tâches de gestions des infrastructures nécessaires pour assurer les fonctions d'exploitation
- des tâches nécessaires à l'exploitation elle-même

D'une façon générale, les SIG sont encore peu utilisés dans des applications de gestion de trafic en milieu urbain et périurbain. Aussi, afin d'illustrer concrètement le propos, doit-on faire appel à un certain nombre de sites davantage interurbains qui présentent toutefois de

grandes similitudes avec ce que serait une application équivalente en milieu urbain ou périurbain.

L'objectif n'est pas ici de recommander telle solution ou tel outil SIG. Le choix du progiciel présente en effet une importance toute relative, comparée aux problèmes d'organisation des données, (organisation répartie et communicante ou au contraire centralisée), de relations avec les partenaires impliqués, etc...

Il s'agit davantage de présenter des réalisations dont on pourra tirer quelques conclusions générales.

☛ *Gestion des Infrastructures*

Il existe de nombreux outils de gestion des infrastructures routières, tant au niveau national (SICRE, Système d'Information pour la Connaissance du Réseau Routier National ; développé par le SETRA, DARWIN, équivalent à SICRE pour le domaine autoroutier concédé) qu'au niveau départemental (de nombreux Conseils Généraux sont équipés de tels systèmes, orientés SIG, ainsi que bon nombre de subdivisions autoroutières).

SICRE, en cours de refonte, est un outil statistique s'intéressant à trois types d'information (chaussées, accidentologie, trafic) qui sera développé sur la base d'un SIG.

DARWIN est un système d'information lui aussi statistique, qui a fait l'objet d'un développement spécifique (DR/RCA). Il ne s'agit pas d'un SIG bien que l'information manipulée soit parfaitement localisée. Il a été conçu comme une application client/serveur qui permet à chaque niveau d'utilisateur (national, concessionnaire,...) d'intervenir sur le contenu de la base.

Pour ces deux systèmes, l'information gérée n'intéresse que le "ruban" de la chaussée et la localisation se fait principalement par PR.

D'autres applications, développées sous SIG permettent une gestion des infrastructures en tenant davantage compte de leur environnement immédiat. C'est le cas pour certains concessionnaires d'autoroutes comme AREA en Rhône Alpes qui a fait développer sous APIC un SIG (**GRAPH** : Gestion du Recollement Automatisé et du Patrimoine et de son Historique) permettant, entre autre la prise en compte :

- du parcellaire,
- du foncier,
- de la délimitation du domaine public,
- du suivi des fluides,
- des conduites enterrées et externes,
- de la préparation des travaux en tranchées,
- du maintien de la signalisation.

Dans le domaine plus urbain, et dans le cadre du projet **SIRIUS** (Service d'Information pour un Réseau Intelligible aux Usagers) de la Région Île de France, un outil de gestion des infrastructures d'exploitation (PMV, boucles,...) a été développé avec le logiciel GAUSS et une base de données obtenue par numérisation des plans du réseau et des équipements. Toutefois, cet outil est déconnecté des tâches d'exploitation et utilisé principalement pour des

missions de maintenance. Des utilisations similaires ont été développées sur d'autres sites (**CORALY** à Lyon, **MARIUS** à Marseille, etc...)

☛ *Les missions d'exploitation*

D'une façon générale, ces missions peuvent tirer parti des possibilités d'intégration et de visualisation d'information qu'offrent les outils SIG, ce qui se traduit la plupart du temps par des utilisations de type "tableau de bord" interfacés aux outils d'acquisition d'information sur le trafic et les conditions de circulation.

C'est le cas dans **SIRIUS** où un applicatif SIG spécifique appelé **SYTADIN** a été développé autour du logiciel **GAUSS**. Les informations liées aux conditions de circulation sont rassemblées dans une base de données disponible sur un serveur dit "grossiste" et sont visualisées sur un fond de plan numérisé sous forme "raster" (voir plus haut : structuration des données).

Il faut noter également que ce serveur "grossiste" de base de données est également utilisé de façon automatique par un autre système, **TIGRE** (Traitement de l'Information Géographique et Routière Événementielle), mis en place à la DREIF (SIER).

En effet, ce système **TIGRE**, développé à la demande de la DSCR, a pour vocation, au niveau national ou régional, de recueillir des informations (la plupart du temps validées manuellement) sur les événements liés aux conditions de circulation pour le compte des différents Centres d'Information Routière (CRICR et pour le CNIR) et pour leur permettre d'assurer des missions de recueil, de traitement, de diffusion d'information et de gestion et régulation de trafic au niveau national.

Ce système s'appuie sur une base de données événements routiers (INFORMIX) mise à jour en permanence, associée à travers une application SIG développée avec le progiciel URHIA orienté objet à un référentiel géographique national ou régional selon les centres concernés (constitué par la base de données Michelin à l'échelle du 1/200 000 au niveau régional, 1/1000000 au niveau national). Cette application constitue un des différents modules du système **TIGRE** qui en compte de nombreux autres (en particulier un noeud de communication qui permet les échanges entre les différents centres et les partenaires extérieurs : fichiers **SAGAC**, **SIRIUS**, bientôt **CORALY**).

Tous ces exemples et d'autres (européens comme le projet SCOPE impliquant notamment les villes de Southampton, Cologne et Le Pirée) malgré un caractère souvent peu urbain, illustrent bien les possibilités des outils SIG, en matière d'exploitation routière.

La capacité d'intégration et de visualisation sont systématiquement utilisées.

En revanche, les fonctionnalités en matière d'analyse spatiale qu'offrent les SIG semblent sous-exploitées (notamment calcul d'itinéraire sous contraintes).

Toutefois, la diversité des produits utilisés montre bien que souvent les logiciels SIG s'adaptent, alors que la difficulté repose davantage sur la base de données et les données elles-mêmes : les problèmes de communication et d'interfaçage avec des systèmes d'acquisition, d'organisation souvent répartie où plusieurs partenaires doivent s'interfacier, sont autant de difficultés à résoudre qui nécessitent souvent des développements spécifiques et des arbitrages (choix d'une échelle de travail, d'un référentiel géographique, d'un protocole d'échange et de

structuration des échanges, d'un dictionnaire des données communes à différents utilisateurs, problèmes de standards, etc...).

XIV.13.5 Conclusion

Des expériences rapidement présentées, il ressort quelques grandes tendances et principes généraux.

D'une part, il ne fait aucun doute que les tâches de gestion de trafic se prêtent parfaitement à l'usage d'un outil SIG et que les contraintes imposées par ce type d'utilisation sont facilement prises en compte par la plupart des logiciels du marché.

Pour ce qui concerne les tâches liées aux missions d'exploitation routière, et dès lors que les données issues de systèmes d'acquisition (boucles, etc...) sont utilisées par un SIG, il est clair que deux contraintes supplémentaires doivent être prise en compte :

- l'aspect dynamique de l'information: elle est mise à jour très fréquemment "en temps réel"
- la nécessité d'interfaçage et de communication avec des systèmes techniques extérieurs, contrainte pouvant être prise en compte plus facilement, semble-t-il, par des approches orientées objet en matière de logiciel.

D'autre part, la notion d'information géographique a ici toute son importance et à plus d'un titre.

Outre les problèmes de propriétés des données diffusées et des responsabilités que cette diffusion implique, et sur lesquels une réflexion s'engage peu à peu, des difficultés d'ordre plus technique et organisationnel existent.

La mise en place d'un SIG suppose en premier lieu le choix d'un référentiel géographique permettant de rattacher les informations localisées. Ce choix n'est pas sans incidence sur la localisation des informations (par PR, relativement aux carrefours - GDF - ou encore par coordonnées X,Y dans un repère géographique de type Lambert) ni sur la simplicité des échanges possibles. Il n'est pas sans relation également avec le coût des données fonction lui même de la précision du référentiel utilisé.

Les échanges de données supposent par ailleurs que soit défini un standard d'échange (reposant sur une norme ou sur un standard spécifique mieux adapté) et que soit arrêtée une nomenclature des informations échangées.

Ainsi, le patrimoine d'informations manipulées (tant pour des applications de gestions que d'exploitation) pourra-t-il répondre aux missions d'exploitation routière. Il est probable également qu'il puisse intéresser, au niveau local, d'autres acteurs que les exploitants routiers. La nécessité est donc grande de privilégier un système ouvert sur l'extérieur afin de valoriser l'information qu'il contient plutôt qu'une solution trop spécifique.

Ce qui est vrai au niveau local l'est aussi au niveau national entre les différents exploitants : la recherche de solutions "harmonieuses" et communicantes est sans doute à préconiser.

XV) Bibliographie

XV.1 Ouvrages de référence généraux

[CET88a] CETUR (1988) Villes et déplacements.

[INR89] INRETS (1989) Un milliard de déplacements par semaine - la mobilité des Français, La documentation française.

[INR91] INRETS (1991) Transports et Environnement - Revue Recherche Transports, Sécurité n° 32.

[LAM91] LAMURE C (1991) Infrastructures de transport et environnement, Rapport 90-221 Conseil Général des Ponts et Chaussées.

[MIN91] MINISTERE DE L'ÉQUIPEMENT, DU LOGEMENT, DES TRANSPORTS ET DE L'ESPACE, LE SECRÉTAIRE D'ÉTAT AUX TRANSPORTS ROUTIERS ET FLUVIAUX (23 Décembre 1991) Exploiter la route Lettre ministérielle - DSCR.

[DIR92a] DIRECTION DU PERSONNEL - DIRECTION DES ROUTES - DSCR (Février 1992) La Route au quotidien - Traitement des perturbations de trafic, Ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et de l'Espace.

[DIR92b] DIRECTION DU PERSONNEL - DIRECTION DES ROUTES - DSCR (Février 1992) La route au quotidien, Pour une route plus accueillante, Ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et de l'Espace.

[DIR92c] DIRECTION DU PERSONNEL - DIRECTION DES ROUTES -DSCR (Février 1992) La Route au quotidien, Les attentes des usagers, Ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et de l'Espace.

[OFF92] OFFNER JM (1992) Les déplacements urbains, La documentation française, Problèmes politiques et sociaux n° 690.

[SET93a] SETRA (Mars 1993) Schéma Directeur d'Exploitation de la Route - Premiers éléments de réflexion pour l'organisation des services.

[CET93a] CETUR (1993) Dossier de voirie d'agglomération, Réflexions et enjeux (tome 1), Exemples et méthodes (tome 2).

[EUR94] EUROPEAN COMMISSION DIRECTORATE GENERAL FOR TRANSPORT (Octobre 1994) Traffic Management on the Trans-European road Network, Transport Infrastructure Committee.

[CET94a] CETUR (1994) Les enjeux des politiques de déplacements dans une stratégie urbaine.

[ATE94] ATEC (1994) Intermodalité et complémentarité des modes de transport, Actes du congrès.

[CON94] CONSEIL NATIONAL DES TRANSPORTS (1994) La complémentarité entre la voiture particulière et les transports collectifs en zone urbaine, Rapport.

[CIR95] CIRCULAIRE « Investissement Programme 1995 » Annexe A (1995), Équipements dynamiques des autoroutes non concédées et des voies assimilées. DSCR-SR/R Bureau de l'exploitation de la route.

[LAM95] LAMURE C. (1995) Quelle automobile dans la ville ? Presses de l'ENPC, Paris.

[ATE95] ATEC (1995) Lieux en mouvement, lieux du mouvement, Actes du congrès.

[EUR95] EUROPEAN COMMISSION DIRECTORATE GENERAL FOR TRANSPORT (1995) The Trans-European Road Network, OPOCE.

[CER96a] CERTU (1996) DVA, Complémentarité des modes de transport.

[CER96b] CERTU (1996) Plan de déplacements urbains, Guide.

XV.2 Ouvrages spécialisés

XV.2.1 Guides, Synthèses

Analyse de la valeur

[NOR84a] NORME EXPERIMENTALE X 50-151 (Juin 1984) Guide pour l'élaboration d'un cahier des charges fonctionnel (Expression fonctionnelle du besoin), AFNOR.

[NOR85] NORMALISATION FRANCAISE NF X 50-153 (Mai 1985) Analyse de la Valeur - Recommandations pour sa mise en oeuvre, AFNOR.

[NOR90a] NORME FRANCAISE NF X 50-152 (Août 1990) Analyse de la Valeur-
Caractéristiques Fondamentales, AFNOR.

[NOR90b] NORME FRANCAISE NF X 50-150 (Août 1990) Analyse de la Valeur,
Analyse Fonctionnelle, vocabulaire, AFNOR.

[DEL91] DELAFOLLIE G (1991) Analyse de la Valeur, éditions Hachette.

[CLU95] CLUB DES CONCEPTEURS ROUTIERS (Mars 1995) Analyse de la Valeur -
Guide Pratique, SETRA.

Équipements

[DSC89] DSCR (1989) Circulaire 89-71 concernant le RAU.

[SET90a] SETRA (Janvier 1990) Transmissions sur fibres optiques appliquées à la gestion
de la route, Guide.

[SET90b] SETRA (1990) Postes téléphoniques d'appel d'urgence, SETRA E9006.

[DSC91] DSCR (1991) Lettre circulaire 91-7606 concernant le RAU.

[NOR91b] Norme AFNOR (1991) Équipements de la route - Réseau d'appel d'urgence -
Caractéristiques générales, NFP 99-250.

[SET91a] SETRA (Août 1991) Transmissions sur câbles cuivre appliquées à la gestion de
la route, Guide.

[SET91b] SETRA (1991) Fournitures d'équipements de réseaux d'appels d'urgence
autoroutiers - Cahier des charges type (E9113).

[NOR92] Norme AFNOR (1992) Équipements de la route - Réseau d'appel d'urgence -
Aspects et dimensionnement des Postes d'Appel d'Urgence (PAU), NFP 99-251.

[SET93b] SETRA (Mai 1993) Réseaux de télétransmissions des autoroutes de liaison non
concedées, Recommandations.

[SET94a] SETRA (Mai 1994) Les équipements dynamiques routiers, Guide technique.

[SET94b] SETRA (Décembre 1994) Panneaux de signalisation à messages variables -
Guide technique, SETRA.

[NOR95b] Norme AFNOR (1995) Équipements de la route - Réseau d'appel d'urgence -
Principes de maintenance des PAU, NFP 99-252.

[SET95] SETRA (1995) Les capteurs de trafic routier - Guide technique, SETRA.

[NORa] Norme AFNOR Équipements de la route - Réseau d'appel d'urgence - Caractéristiques techniques des PAU et des PCA, NFP 99-253 en projet.

[NORb] Norme AFNOR Équipements de la route - Réseau d'appel d'urgence- Mise en oeuvre des PAU et des PCA, NFP 99-254 en projet.

Évaluation

[DIR86] DIRECTION DES ROUTES (1986) Méthode d'évaluation des investissements routiers en rase campagne et en milieu urbain, fascicule spécial N° 86-11 bis, 14 mars 1986.

[INR87] INRETS (1987) Les grands projets de transports, langages de l'évaluation; discours de la décision, Synthèse n°10.

[MIN87] MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT, DU LOGEMENT, DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE ET DES TRANSPORTS (27 octobre 1987) Construction et aménagement des autoroutes concédées. Circulaire n° 87-88 du 27 octobre 1987, directive du 27 oct. 1987, Bulletin Officiel.

[OFF] OFFNER JM (1988) L'évaluation sans jugement, les cahiers scientifiques du Transport, n° 17-18, Paris.

[DIR89] DIRECTION DES ROUTES (8 février 1989) Modification de l'annexe A (trafic) de l'instruction du 14 mars 1986 relative aux méthodes d'évaluation des investissements routiers en rase campagne, Ministère de l'Équipement et du Logement.

[MIN90] MINISTÈRE URBANISME, LOGEMENT ET TRANSPORTS - ENVIRONNEMENT (19 avril 1990) Méthode d'évaluation des investissements routiers en rase campagne et en milieu urbain, Bulletin Officiel.

[COM90] COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES DRIVE PROJECT V1049 (1990), Guidelines for field trials of Road Transport Informatics systems, final report, Zelt (France), Heusel/Boesefeldt (Germany), University of Salford (UK).

[CEM92] CEMT (1992) Évaluer les investissements en infrastructures de transport.

[MIN92] MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT, DTT, (1992) Évaluation a posteriori des TCSP en France, Proposition pour un cadre d'analyse, Application au cas de l'agglomération nantaise, SOFRETU.

[EAV92] EAVES (26 mai 1992) Assessment Methodologies (WP101), WS ATKINS.

[USA92a] USAP (1992) Évaluation des systèmes d'information des usagers sur autoroute - Guide d'utilisation des outils, USAP.

[COM94] COMMISSARIAT GENERAL DU PLAN (1994) Transport : Pour un meilleur choix des investissements, Groupe présidé par M. BOITEUX, La documentation française.

[FAI] FAIVRE D'ARCIER B. CLEMENT L. DENANT L. Évaluation des projets de TCSP, Cohérence et intégration dans une politique globale, INRETS, LET, Rapport INRETS n°193.

[CET94b] CETUR (1994) Évaluation des investissements routiers urbains.

[CER94a] CERTU (1994) Évaluation des investissements routiers urbains - Manuel de recommandations pour l'application de l'instruction du 14 mars 1986, relative aux méthodes d'évaluation des investissements routiers en milieu urbain, CERTU.

[BOU94] BOUILLY C. (1994) Évaluation socio-économique du système CORALY, rapport de DEA, Université Lumière Lyon II, LET.

[OFF95] OFFNER JM (1995) L'évaluation a posteriori des politiques locales et des projets de transport urbain, Éléments de réflexion, LATTIS, RP 95.13.

[MIN95] MINISTÈRE DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE, DE L'ÉQUIPEMENT ET DES TRANSPORTS (28 juillet 1995) Instruction du 28 juillet 1995 modifiant provisoirement l'instruction de mars 1986 relative aux méthodes d'évaluation des investissements routiers en rase campagne, Ministère de l'Équipement, des Transports et du Tourisme, Direction des Routes.

[SEC95] SECRÉTAIRE D'ÉTAT AUX TRANSPORTS (3 octobre 1995) Harmonisation des méthodes d'évaluation des grands projets d'infrastructures, une instruction cadre, Ministère de l'Équipement, du Logement, de l'Aménagement du Territoire et des Transports, DTT.

[FOU95] FOURNIER P. (1995) Les enjeux économiques de l'exploitation routière, Laboratoire d'Économie des Transports, thèse.

Exploitation de la route

[CET86] CETUR (1986) Les PDU , Évaluation de l'efficacité économique et sociale des politiques de déplacement, Compte rendu des journées thématiques.

[CET88b] CETUR (1988) Carrefours à feux.

[CET88c] CETUR (1988) Systèmes d'aide à l'exploitation, Réalisations françaises.

[CET89] CETUR (1989) Les études de prévision de trafic en milieu urbain, Pourquoi ?... Comment ?

[CET90] CETUR (1990) Les études de prévision de trafic en milieu urbain, Guide technique.

[CET91] CETUR, CETE du Sud-Ouest (1991) Le guidage dynamique vers les parcs de stationnement, L'exemple de la ville de Bayonne.

[COR93] CORALY (1993), COOrdination et Régulation du trafic sur les voies rapides de l'Agglomération LYonnaise, Avant Projet Sommaire.

[COH93] COHEN S (1993) Ingénierie du trafic routier. ...Éléments de théorie du trafic et applications, Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, Paris (nouveau tirage).

[CET93b] CETUR (1993) Conseil Général de l'Hérault, CETE Méditerranée, GART, L'enjeu de la desserte du périurbain.

[CET94c] CETUR (1994) Péage urbain, Vivre et se déplacer en ville.

[CER94b] CERTU (1994) La signalisation routière en agglomération.

[CER94c] CERTU (1994) La desserte ferrée des zones urbaines et périurbaines,
- tome 1, En France, le TER, Bilan de l'existant,
- tome 2, En Europe, La place des compagnies non conventionnelles, CERTU, ADEME
- tome 4, L'utilisation des emprises ferroviaires, Possibilités techniques et critères de choix, à paraître en 1996.

[MAR95] MARIUS (Avril 1995), MARseille Information aux USagers, Avant Projet Sommaire.

[ERA95] ERATO (Septembre 1995), Exploitation des Rocades de l'Agglomération Toulousaine, Dossier d'études préliminaires.

[ALL95] ALLEGRO (Octobre 1995), Agglomération liLloise Exploitation Gestion de la ROute, Dossier d'études préliminaires.

[CER95] CERTU (1995) Carrefours à feux, Fiches techniques.

[CET95] CETE DE LYON (Décembre 1995) Le Projet Européen MELYSSA - Rapport Final, CETE DE LYON.

[SET96a] SETRA (1996) Glossaire Exploitation de la Route à paraître.

[SET96b] SETRA (1996) Coupures d'autoroutes en section courante, Guide, à paraître.

[SET96c] SETRA (1996) Les itinéraires S, guide à paraître.

Qualimétrie

[NOR84b] Norme AFNOR / Z 67-101 (Septembre 1984) Recommandations pour la conduite de projets informatiques.

[MIN88] MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT, DU LOGEMENT, DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE ET DES TRANSPORTS (Janvier 1988) Manuel Qualité pour les applications informatiques nationales.

[BEN90] BENGHOZI PJ (1990) Innovation et gestion de projet, Eyrolles.

[NOR91a] Norme NF ISO/CEI 9126 (Décembre 1991) Évaluation des produits logiciels - Caractéristiques de qualité et directives d'utilisation.

[AFN94] AFNOR (1994) Management de projet - Qualité et efficacité des organisations, AFNOR.

[NOR94] Série de Normes NF ISO 9000 (1994) Normes pour le management de la qualité et l'assurance de la qualité.

[AFN95] AFNOR (1995) Management de la qualité du logiciel - les référentiels.

[NOR95a] Norme NF ISO/CEI 12207 (Août 1995) Processus du cycle de vie du logiciel (NF Z 67-150).

XV.2.2 Actes de congrès, séminaires, articles

[USA94] USAP (Avril 1994) Système d'information des usagers : Méthode d'évaluation coûts-efficacité, Action de recherche n° 93.3.41, USAP.

[GRO96] GROUPE DE TRAVAIL ASFA-ADMINISTRATION (Mars 1996) Conception et évaluation des systèmes d'aide à l'exploitation routière - ASFA Comité permanent exploitation 95.3.3.19 - Rapport final, ASFA.

Cartographie automatique

[COH85] COHEN S. (1985) Cartographie automatique et congestion des routes, Revue Recherche Transport Sécurité n° 6.

[COH86] COHEN S. (1986) Cartographie automatique et congestion des infrastructures routières. Revue Générale des Routes et Aéroports, n° 633.

[COH87] COHEN, S. (1987) Automatic mapping : a practical tool for traffic congestion analysis on freeways, 57th Annual Meeting of the Institute of Traffic Engineers, New-York.

[COH89] COHEN S. (1989) Qualitative validation of a freeway simulation model, Summer Computer Simulation Conference, Society for Computer Simulation, Austin (Texas).

[COH93a] COHEN S (1993) Cartographie automatique du trafic sur les autoroutes A7 et A9. Traitement des données issues du système MISTRAL, Rapport d'expertise pour ASF/DCS, (diffusion restreinte).

Gestion des incidents

[PAY76] PAYNE H.J et al (1976) Development and testing of incident detection algorithms, Vol 2,3 and 4, Report n° FHWA-RD 76-20, prepared for the Federal Highway Administration, Offices of Research and Development, Washington, DC, USA.

[HOB89] HOBBS A.S, CLIFFORD R.J (1989) AUTOWARN, a motorway incident detection and signalling system, Fifth International Conference on Road Traffic Control, London.

[HOO91] HOOSE et al (1991) INVAID type B processor : the use of rules based techniques to detect traffic incidents from qualitative traffic data, Advanced Telematics in Road Transport, Proceedings of DRIVE Conference, vol I, Brussels, February 1991.

[USA92b] USAP (1992) Rapport d'action de recherche "Détection automatique d'incidents par traitement d'image", ISIS Mars 1992.

[BLO93] BLOSSEVILLE J.M et al (1993) Video Image Processing Application : Automatic Incident Detection on freeways, Pacific Rim, Seattle, August.

[COH93b] COHEN S (1993) Surveillance du trafic autoroutier par réseaux de neurones. Congrès International de l'ATEC, Versailles, Octobre.

[HAL93] HALL F.L, SHI Y, ATALA G (1993) On-line testing of the McMaster incident detection algorithm under recurrent congestion, Transportation Research Record n°1394, Washington, pp 1-7.

[MIC93] MICHALOPOULOS P.G and al (1993) Automatic Incident Detection through video image processing, Traffic Engineering and Control, February 1993, pp. 66-75.

[RIT93] RITCHIE S.G, CHEU R.L (1993) Simulation of freeway incident detection using artificial neural networks, Transportation Research, part C, Vol. 1, n°3, pp. 203-217, 1993.

[STE93a] STEPHANEDES Y.J, CHASSIAKOS A.P (1993) Freeway incident detection through filtering, Transportation Research, part C, Vol. 1, n°3, pp. 219-233, 1993.

[STE93b] STEPHANEDES Y.J, LIU X (1993) Artificial neural networks for freeway incident detection, Department of Civil and Mineral Engineering, University of Minnesota, Minneapolis.

[BLO94] BLOSSEVILLE J.M et al (1994) Test of an automatic incident detection video system on the AREA motorway network, IFAC 7th Symposium on Transportation systems, TS'94, Tianjin, China, August.

[COH94a] COHEN S (1994) Nouveaux outils pour la surveillance du trafic sur autoroute. Revue Générale des Routes et Aérodrômes, n°715, Février.

[COH94b] COHEN S (1994) Comparative assessment of conventional and new incident detection algorithms, Seventh International Conference on Road Traffic Monitoring and Control, Conference Publication n°391, IEE, London, pp. 156-159.

INDEX

—A—

accessibilité 6; 30; 185; 208; 213; 320
accident 2; 3; 16; 17; 19; 20; 23; 24; 29; 49; 50; 51; 59;
65; 69; 71; 72; 81; 125; 148; 154; 155; 159; 161; 162;
168; 182; 185; 191; 195; 196; 198; 204; 205; 211;
212; 250; 251; 252; 256; 263; 265; 266; 270; 271
acteur 8; 9; 10; 17; 28; 29; 32; 33; 42; 48; 57; 58; 59; 63;
67; 68; 69; 76; 77; 83; 92; 98; 99; 106; 115; 171; 173;
178; 179; 183; 188; 218; 221; 222; 243; 284; 314;
317; 325
actions dynamiques 8
affectation de voie 21; 25; 53; 282
aide au déplacement 5; 25; 55; 56; 61; 69; 75; 99; 236
analyse de la valeur 45; 167; 221; 239; 240; 241; 242;
243; 244
application fonctionnelle 109; 139; 140; 141; 146
application utilitaire 109; 140; 146

—B—

basculement 50; 53; 130; 294
bouchon 2; 22; 49; 50; 52; 72; 131; 132; 143; 148; 168;
198; 200; 211; 252
boucles 22; 23; 47; 127; 156; 173; 174; 245; 246; 247;
248; 249; 251; 256; 259; 260; 264; 265; 280; 323; 325
bruit 15; 29; 167; 194; 266

—C—

caméras 22; 23; 38; 47; 63; 88; 127; 131; 132; 141; 145;
155; 157; 162; 167; 168; 248; 264; 279; 280; 281;
282; 284
capacité 1; 5; 6; 7; 18; 19; 20; 22; 23; 26; 39; 48; 51; 52;
53; 54; 66; 69; 74; 75; 80; 103; 149; 173; 224; 250;
251; 254; 260; 261; 276; 284; 287; 288; 291; 296;
299; 314; 322; 324
cartographie 125; 260; 262; 318
CDES 62; 240
centre d'entretien et d'intervention (CEI) 19; 43; 58; 61;
62; 63; 64; 66; 69; 70; 71; 72; 73; 77; 275; 284; 314;
315; 316; 333
centre d'ingénierie et de gestion du trafic (CIGT) 43; 56;
58; 59; 61; 62; 63; 64; 65; 66; 67; 68; 69; 70; 72; 73;
74; 77; 96; 99; 101; 102; 130; 131; 132; 137; 157;
171; 172; 251; 268; 275; 279; 280; 282; 284; 285;
296; 298
Centre National d'Information Routière (CNIR) 74; 92;
324
centre régional d'information et de coordination routière
(CRICR) 22; 29; 49; 56; 57; 58; 59; 61; 63; 68; 74;
77; 92; 93; 94; 95; 97; 129; 162; 240; 241; 244; 275;
284; 324

certification 174; 307; 308
chantier 3; 7; 17; 19; 20; 23; 24; 25; 26; 48; 50; 51; 56;
59; 62; 68; 70; 81; 90; 131; 155; 161; 240; 241; 250;
270
chiffage 43; 172; 189; 228; 236
collectivités locales 4; 6; 7; 8; 9; 33; 62; 73; 74; 94; 179;
189; 220; 233; 258; 309; 322
commande 77; 105; 111; 112; 116; 121; 127; 128; 135;
141; 143; 144; 146; 168; 169; 174; 273; 280; 282;
292; 297; 306
comptages 22; 23; 165; 264; 280
concertation 4; 6; 7; 8; 12; 29; 30; 31; 32; 33; 42; 51; 63;
65; 74; 76; 99; 101; 124; 179; 218
conduite d'opération 275
conduite de projet 221; 276; 332
confort 24; 55; 72; 79; 98; 100; 124; 137; 151; 155; 177;
188; 189; 191; 192; 195; 205; 206; 212; 240
congestion 1; 2; 3; 5; 6; 7; 16; 19; 20; 54; 87; 155; 185;
191; 192; 194; 195; 205; 206; 213; 245; 252; 253;
258; 260; 261; 263; 264; 333; 334
conseil général 31; 57; 58; 161; 327; 332
contrôle 24; 44; 59; 62; 86; 105; 112; 127; 136; 140;
147; 154; 160; 168; 169; 218; 219; 222; 223; 224;
250; 252; 253; 254
convention 30; 31; 43; 76; 77; 85; 86; 97; 98; 101
coupure 20; 51; 53; 70; 90; 130; 149; 242; 282
coût 2; 16; 36; 53; 80; 82; 97; 103; 119; 127; 130; 171;
172; 177; 181; 186; 188; 189; 190; 193; 204; 214;
216; 233; 240; 242; 279; 287; 288; 294; 295; 325
critères 82; 107; 108; 111; 112; 135; 140; 149; 156; 174;
182; 184; 187; 190; 191; 195; 207; 208; 210; 212;
213; 214; 215; 216; 217; 241; 243; 244; 246; 247;
250; 258; 260; 275; 276; 283; 294; 311; 313; 321; 332

—D—

délai 21; 25; 47; 48; 56; 66; 92; 96; 147; 198; 228; 235;
236; 247; 270
délestage 7; 17; 20; 49; 50; 51; 52; 53; 75; 81; 124; 163;
198
demande de déplacement 3
démarche qualité 214; 217; 224
déplacement 1; 3; 5; 15; 16; 18; 25; 33; 43; 55; 56; 61;
69; 75; 79; 81; 82; 99; 188; 192; 236; 242; 243; 264;
265; 274; 331
détection automatique d'incident (DAI) 19; 47; 63; 71;
89; 109; 131; 132; 145; 244; 245; 246; 247; 248; 249;
250; 282; 297
détection automatique de bouchon (DAB) 63; 71; 89;
131; 132
déviation 17; 49; 50; 51; 52; 53; 75; 198; 223
diagnostic 10; 21; 22; 23; 32; 42; 72; 131; 132; 137; 153;
184; 188; 196; 228; 260
diffusion 11; 30; 50; 55; 58; 64; 74; 78; 81; 82; 83; 84;
85; 87; 90; 91; 94; 95; 96; 97; 98; 121; 127; 128; 147;

148; 151; 152; 158; 160; 220; 223; 228; 230; 231;
232; 237; 240; 242; 254; 257; 284; 324; 325; 334
direction départementale de l'équipement (DDE) 28; 44;
45; 57; 58; 59; 65; 66; 67; 68; 151; 161; 162; 167;
168; 169; 240; 282
domaines 24; 34; 44; 47; 75; 88; 128; 171; 172; 173;
218; 233; 241; 285; 312; 318
dossier 12; 42; 43; 101; 155; 171; 172; 220; 221; 223;
224; 228; 229; 230; 232; 284; 292; 297
Dossier de Voirie d'Agglomération (DVA) 32; 33; 328

—É—

économie 9; 15; 98; 161; 207; 283; 309
énergie 2; 15; 16; 29; 39; 103; 104; 133; 153; 156; 186;
263; 265; 298; 306; 311
État 6; 7; 8; 9; 17; 28; 29; 31; 32; 33; 34; 37; 43;
58; 82; 83; 85; 94; 97; 103; 152; 179; 239; 243;
239; 244; 256; 258; 308; 309

—E—

encombrement 125; 133; 186; 261; 263
ergonomie 72; 79; 115; 116; 128; 167; 172; 313
expérimentation 44; 136; 215; 216; 231
exploitant 119; 152; 154; 178; 179; 182; 189; 199; 201;
204; 205; 207; 208; 212

—F—

fluidité 3; 21; 22; 29; 30; 31; 51; 100; 124; 177; 191;
208; 209; 251; 258
forces de police 7; 22; 51; 253; 284

—G—

gestion de la circulation 2
gestion de projet 10; 37; 44; 45; 177; 178; 217; 224; 226;
233; 235; 237; 333
gestion du trafic 4; 5; 6; 7; 8; 9; 22; 23; 25; 26; 31; 42;
43; 49; 50; 59; 61; 64; 69; 75; 76; 77; 84; 86; 87; 94;
98; 99; 104; 105; 119; 120; 127; 128; 129; 137; 138;
139; 161; 171; 172; 187; 191; 194; 225; 236; 239;
244; 254; 264; 275
gestion technique centralisée (GTC) 47; 63; 70; 89; 154;
284; 298
global system for mobile (GSM) 81; 274
guidage 20; 51; 52; 55; 78; 79; 80; 81; 82; 85; 86; 127;
155; 254; 284; 287; 332

—H—

heure de pointe 23; 48; 56; 185; 256; 273
heure de pointe du matin 48; 56; 88
heure de pointe du soir 48; 56; 88; 185

—I—

impact 74; 80; 84; 93; 125; 177; 178; 179; 182; 184;
187; 189; 191; 194; 197; 198; 200; 201; 203; 204;
208; 209; 210; 211; 212; 213; 214; 215; 217; 228;
229; 232; 242; 258; 282

indicateurs 10; 21; 23; 24; 47; 48; 55; 56; 125; 126; 128;
141; 143; 144; 145; 146; 147; 167; 185; 190; 198;
215; 223; 224; 261; 263; 264; 265; 266; 275; 298; 299
informatique 11; 36; 39; 65; 102; 110; 115; 120; 129;
130; 133; 134; 135; 147; 148; 149; 150; 152; 154;
157; 158; 161; 162; 163; 164; 172; 173; 258; 279;
281; 291; 292; 298; 306; 307; 310; 314; 315
intermodalité 8; 24; 128; 146; 185; 209; 213
itinéraire de substitution 9; 20; 25; 50; 51; 52; 53; 332
itinéraires S 332

—L—

limitation de circulation 50; 53
loi d'orientation sur les transports intérieurs (LOTI) 15;
32

—M—

maillage 17; 22; 50; 243; 261; 282; 296
maintenance des équipements 23; 25; 47; 57; 69; 70;
101; 102; 103; 306
maintien de la viabilité 23; 25; 43; 50; 59; 66; 69; 75; 99;
161; 236
maîtres d'oeuvre 43
maîtres d'ouvrage 6; 53; 76; 315
marchés 1; 11; 18; 37; 38; 40; 44; 45; 82; 83; 152; 153;
173; 220; 222; 223; 306; 309
mesures d'exploitation 99; 195; 209; 211; 212; 213
météo 47; 50; 59; 63; 89; 92; 93; 94; 127; 131; 172; 196;
198; 215; 250; 281; 282; 292
missions 4; 10; 24; 25; 26; 28; 29; 30; 43; 47; 48; 55; 56;
58; 59; 64; 69; 70; 71; 88; 94; 99; 104; 120; 161; 178;
194; 209; 221; 322; 324; 325
mobilité 1; 15; 16; 18; 327
mode de transports 4; 15; 202

—N—

niveau de service 10; 18; 19; 21; 30; 42; 154; 193; 195;
202; 208; 255; 263; 276; 284; 298
normalisation 79; 80; 81; 83; 279; 307; 308; 309; 310;
321
norme 11; 41; 79; 82; 105; 108; 215; 223; 244; 266; 267;
268; 271; 274; 277; 291; 292; 293; 294; 307; 308;
309; 310; 314; 315; 316; 317; 321; 325
nuisances 16; 24; 29; 186; 263; 265; 266

—O—

opérateur 82; 85; 102; 109; 117; 128; 129; 131; 132;
133; 134; 136; 137; 138; 139; 140; 147; 148; 155;
160; 162; 164; 166; 167; 168; 173; 190; 243; 268;
269; 270; 271; 272; 274; 277; 291; 296
optimisation 3; 4; 19; 116; 181; 190; 195; 209; 211; 221;
234; 247; 295

—P—

PALOMAR 21; 75; 99; 125
panneau à messages variables (PMV) 27; 35; 41; 50; 51;
52; 53; 54; 55; 64; 71; 72; 74; 80; 86; 87; 90; 93; 97;
124; 125; 126; 127; 130; 132; 138; 141; 143; 146;

148; 153; 157; 162; 168; 172; 173; 196; 242; 280;
281; 282; 292; 297; 306; 323
partenaires (les) 8; 10; 24; 28; 30; 31; 36; 42; 43; 99;
103; 165; 171; 220; 243; 307; 311; 323; 324
patrouilles 19; 47; 50; 59; 63; 64; 71; 88; 92; 126; 160;
162; 168; 241
PC 31; 73; 74; 103; 110; 126; 131; 133; 138; 153; 270;
271; 293; 302
périurbain 2; 21; 202; 254; 282; 288; 322; 332
perturbations 3; 4; 5; 6; 7; 10; 18; 19; 20; 21; 22; 23; 25;
26; 38; 42; 48; 50; 53; 62; 63; 67; 71; 72; 73; 91; 92;
96; 98; 99; 161; 196; 198; 200; 206; 240; 241; 287;
288; 294; 297; 327
PGT 21; 48; 63; 67; 99; 102
phase opérationnelle 13; 42; 101; 178; 188; 210; 218;
222; 226; 236; 275; 298
phase préparatoire 13; 47; 76; 101; 178; 188; 210; 218;
221; 222; 226
plan de gestion de trafic (PGT) 21; 48; 49; 63; 67; 68;
99; 102; 171
plans de déplacement urbain (PDU) 32; 185; 331
point de choix 18; 21; 55; 79; 90; 241
pollution 15; 24; 29; 59; 186; 187; 191; 194; 208; 212;
265; 266
poste d'appel d'urgence (PAU) 267; 268; 269; 270; 271;
272; 273; 274; 280; 329; 330
prévisions 12; 22; 23; 37; 38; 42; 49; 50; 56; 59; 63; 81;
92; 93; 235
protection 24; 29; 30; 31; 72; 80; 83; 85; 105; 106; 135;
149; 150; 278; 287

—Q—

qualimétrie 315

—R—

radio 31; 47; 50; 55; 58; 64; 67; 68; 70; 71; 72; 74; 80;
81; 92; 93; 94; 95; 96; 97; 98; 127; 160; 162; 241;
243; 245; 266; 270; 274; 275; 281; 284; 288; 294; 299
RADT 63; 88
recueil de données 35; 38; 47; 50; 53; 64; 68; 101; 109;
128; 140; 142; 157; 160; 167; 172; 173; 174; 240;
242; 250; 264; 282; 284; 297
régulation d'accès 27; 54; 90; 193; 195; 198; 213; 282;
297
régulation de vitesse 19; 54; 124; 127; 198; 250; 251;
253; 254
rentabilité 182; 187; 189; 190; 205; 207; 210; 211; 213
réseau d'appel d'urgence (RAU) 19; 58; 59; 63; 72; 88;
126; 131; 153; 156; 168; 266; 268; 270; 271; 273;
274; 279; 280; 281; 287; 289; 292; 294; 296; 299; 329
réseau de transmission 11; 35; 38; 110; 128; 151; 155;
274; 280; 282; 288; 297; 300; 306

—S—

salle d'exploitation 166
salle opérationnelle 56; 61; 62; 64; 67; 68

saturation 1; 6; 18; 20; 22; 52; 53; 54; 81; 125; 148; 163;
250; 252; 255; 260; 264
schéma directeur d'exploitation de la route (SDER) 3;
10; 15; 24; 32; 43; 61; 69; 74; 120; 128; 157; 178;
179; 183; 184; 191; 193; 194; 208; 210; 213; 225; 239
schéma directeur de signalisation (SDS) 32; 33
sécurité informatique 149
sécurité routière 2; 84
simulation 112; 121; 125; 128; 138; 139; 187; 196; 197;
200; 201; 203; 204; 210; 333
sortie 51; 52; 53; 113; 127; 130; 218; 287; 289; 290
standards 35; 41; 44; 107; 108; 115; 117; 179; 195; 200;
203; 211; 218; 276; 283; 305; 311; 312; 321; 322; 325
stratégies 4; 6; 7; 11; 15; 19; 20; 21; 29; 31; 76; 121;
124; 143; 144; 178; 195; 204; 255; 256; 257; 258
surveillance 7; 23; 24; 25; 31; 35; 47; 59; 63; 69; 71; 88;
127; 131; 141; 150; 153; 158; 160; 162; 244; 245;
247; 248; 249; 250; 293; 335
synoptique 124; 129; 130; 131; 132; 134; 140; 141; 142;
143; 144; 145; 166; 167; 299
système d'aide à la gestion du trafic (SAGT) 75; 104;
111; 119; 120; 121; 122; 124; 125; 126; 128; 129;
135; 137; 149; 168; 182; 211; 218; 221; 224; 225;
273; 297; 314; 317
système d'exploitation 43; 77; 78; 92; 101; 107; 179;
182; 188; 189; 194; 200; 201; 203; 204; 205; 209;
221; 235; 273; 279
système d'information 109; 111; 113; 119; 310
système d'information géographique (SIG) 128; 168;
208; 318; 319; 320; 321; 322; 323; 324; 325
systèmes embarqués 55; 58; 74; 91; 93

—T—

tâches 10; 11; 38; 45; 71; 77; 94; 96; 100; 106; 108; 113;
133; 135; 136; 138; 152; 153; 173; 214; 219; 221;
222; 225; 234; 236; 297; 299; 306; 307; 316; 322;
323; 325
temps de parcours 18; 22; 23; 24; 52; 70; 81; 89; 124;
125; 160; 161; 177; 182; 185; 186; 187; 189; 191;
192; 193; 195; 208; 209; 212; 240; 257; 264; 320
TIGRE 49; 75; 129; 324
trafic de transit 18; 21; 24; 38; 52; 75; 185; 242
trafic local 18; 20; 52; 55; 73
transports en commun 2; 6; 7; 16; 18; 26; 27; 30; 31; 32;
54; 55; 59; 73; 77; 79; 81; 82; 83; 84; 86; 179; 185;
189; 193; 209; 240; 328

—V—

veille qualifiée 59; 65; 66; 67
viabilité hivernale 23; 59; 68; 69; 71; 92
villes 1; 5; 15; 16; 17; 58; 92; 256; 324
voies associées 7; 8; 26
voies rapides urbaines (VRU) 7; 8; 9; 17; 20; 23; 31; 69;
260; 268
voies structurantes 7

© Ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et du Tourisme
Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques

Reprographie: CETE de Lyon © 04 72 14 30 30
Achévé : janvier 1997
Dépôt légal: 1er trimestre 1997
ISSN: en cours

Cet ouvrage est en vente au CERTU
Bureau de vente :
9, rue Juliette-Récamier
69456 Lyon Cedex 06
téléphone : 04 72 74 59 59

Toute reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement du CERTU est illicite (loi du 11 mars 1957).
Cette reproduction par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425
et suivants du code pénal.

ISSN : en cours

Prix : 290 F