



HAL
open science

Exploitation des autoroutes de Marseille : les transmissions dans Marius

Gildas Lemaître

► **To cite this version:**

Gildas Lemaître. Exploitation des autoroutes de Marseille : les transmissions dans Marius. [Rapport de recherche] Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU). 1998, 62 p., figures. hal-02165546

HAL Id: hal-02165546

<https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-02165546>

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.

Exploitation des autoroutes de Marseille

*Les transmissions
dans Marius*



Ministère de l'Équipement,
des Transports et du Logement



Centre d'Études Techniques de l'Équipement
Méditerranée



Centre d'études sur les réseaux, les transports,
l'urbanisme et les constructions publiques

NOTICE ANALYTIQUE

Organisme commanditaire : CERTU : Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques 9, rue Juliette Récamier 69456 Lyon Cedex 06 - Tél. : 04 72 74 58 00 - Fax : 04 72 74 59 00			
Titre : <h3>Exploitation des autoroutes de Marseille</h3>			
Sous-titre : Les transmissions dans MARIUS		Langue : Français	
Organisme auteur : CETE Méditerranée	Rédacteur : Gildas Lemaître (CETE Méditerranée)	Date d'achèvement : Décembre 1998	
Remarques préliminaires : <p>Ce travail a été réalisé par le CETE Méditerranée à la demande du groupe GT Télécoms. Ce document résume et tire un bilan des systèmes de transmissions mis en place depuis un quart de siècle sur les voies rapides urbaines et autoroutes autour de Marseille. Il s'adresse avant tout aux maîtres d'œuvres des Systèmes d'Aide à la Gestion du Trafic et, apportera des éléments de réflexion sur la mise en œuvre de réseau de transmission.</p>			
Résumé : <p>Marius a été conçu dans les années 70. Ce document recense la vingtaine de systèmes de transmission qui ont existé ou existent aujourd'hui. Chacun de ces systèmes est analysé en détail. Ce retour d'expérience peut être utile au lecteur désireux de se former à la problématique des transmissions dans le domaine de l'exploitation des Voies Rapides Urbaines : Performances, architectures, technologies, servitudes (génie civil), coûts.</p>			
Mots clés : Systèmes de transmission, Câbles, TEDI, Exploitation de la voirie.		Diffusion : DSCR, SETRA, INRETS, CERTU, LCPC, CETE, DDE.	
Nombre de pages : 62 pages	Prix : 30 FF	Confidentialité : Non	Bibliographie : Non

Exploitation des autoroutes de Marseille

Les transmissions dans MARIUS

Décembre 1998

SOMMAIRE

1. Introduction	5
1.1. Théorie (amusante) de la transmission	5
1.2. Les exigences essentielles	7
2. Les opérations	9
2.1. Corridor nord, sens entrant (1976-1992)	9
2.1.1. Données échangées (76-92).....	10
2.1.2. Transmission des données (76-92).....	10
Bilan.....	10
2.1.3. Transmission des commandes de caméra (76-87).....	10
Bilan.....	11
2.1.4. Transmission de la vidéo (76-92).....	11
Bilan.....	11
2.1.5. Artère physique de transmission (76-92).....	11
Bilan.....	11
2.1.6. Bilan global de la génération 1976-92.....	11
2.2. Panneaux à texte variable (1980-1992)	12
2.2.1. Bilan.....	12
2.3. Corridor nord, sens sortant 1982-1992	13
2.3.1. Données échangées (82-92).....	14
2.3.2. Les Transmission des données (82-92).....	14
2.3.3. Bilan global de la génération 1982-92.....	14
2.4. MARIUS : 1992-	15
2.4.1. Généralités sur le Poste Central MARIUS.....	16
Postes Opérateurs.....	16
Géomarius.....	16
2.4.2. Généralités sur les équipements de terrain.....	17
2.4.3. Généralités sur les transmissions de données terrain.....	18
2.4.4. Généralités sur les transmissions vidéo.....	19
2.4.5. Généralités sur les transmissions RAU.....	19
2.4.6. Généralités sur les Transmissions optiques.....	20
2.5. Réseau A7 (1988-...)	21
2.5.1. Supports physiques A7.....	21
2.5.2. Réseau de données A7.....	21
2.5.3. Bilan A7.....	23
2.6. Réseau provisoire sur A51 (1996-1999)	24
2.6.1. Supports physiques A51.....	24
2.6.2. Réseau de données A51.....	24
2.6.3. RAU A51.....	24
Bilan du RAU radio.....	25
2.6.4. Caméras A51.....	25
2.6.5. Bilan du réseau provisoire sur A51.....	26
2.7. Réseau A50 (1998-...)	27
2.7.1. Supports physiques A50.....	27
2.7.2. Réseau de données A50.....	28
2.7.3. RAU A50.....	28
2.7.4. Caméras A50.....	29
2.7.5. Bilan A50.....	29
2.8. Réseau projeté sur A51 (1999 - ...)	30
Bilan A51 (99-...)	30
2.9. Réseau sur L2 (1992 - ...)	31
2.10. Ouverture de Marius vers l'extérieur	32
2.10.1. MI - Module d'Intercommunication national.....	32
2.10.2. CORTAIX.....	32
2.10.3. Stradivarius.....	34
Bilan Stradivarius.....	35
2.10.4. Bilan des systèmes interconnectés.....	35
2.10.5. Réseau téléphonique public.....	35
2.10.6. Visioconférence.....	36
2.10.7. Radio-France Provence.....	36

3. Eléments génériques	37
3.1. Les réseaux de MARIUS en1998	37
3.2. TEDI.....	38
3.2.1. Bilan du protocole	38
3.2.2. Eléments pour le calcul de la capacité d'un bus.....	39
3.3. Langage de Commande Routier Equidyn	40
3.3.1. Bilan du langage	40
3.4. RLIS – Réseau Local à Intégration de Services.....	42
3.4.1. Principe.....	43
3.4.2. RLIS2	45
3.4.3. Bilan du RLIS1	45
3.4.4. Bilan du RLIS2.....	45
3.5. RAU.....	46
3.6. Caméras	47
3.6.1. Signal vidéo	47
3.6.2. Télécommandes	48
3.6.3. Commandes opérateur	48
3.7. Tunnels.....	49
3.7.1. Transmissions à l'intérieur du tunnel.....	49
3.7.2. Transmissions entre le PIT et le PC de Septèmes.....	49
3.7.3. Bilan des transmissions pour les tunnels	50
3.8. Câbles.....	50
3.8.1. Cheminement.....	50
3.8.2. Lignes cuivre privées.....	50
3.8.3. Arrivée des câbles cuivre au PC.....	51
3.8.4. Câbles optiques.....	51
3.8.5. Bilan des cheminements	52
3.8.6. Bilan des câbles	52
3.9. Abri de terrain	52
4. Enseignements et perspectives	53
4.1. Etendue du réseau et évolution du réseau	53
4.2. Approche des coûts.....	53
4.2.1. Répartition des coûts de Marius	54
4.3. Architecture réseau :	55
4.4. Choix de l'avenir	57
4.5. Génie civil	58
4.6. Réseau Energie.....	58
4.6.1. Bilan de l'énergie	58
4.7. Systèmes interconnectés	58
4.8. Sûreté de fonctionnement.....	60
4.9. Maintenance	61
5. Conclusion.....	62

1. INTRODUCTION

Le présent document est un "retour d'expérience". Il a pour but de décrire de façon détaillée les différentes technologies mises en œuvre par la DDE des Bouches du Rhône pour l'exploitation des autoroutes urbaines. Le premier gros système a été installé en 1976. Il a subi des évolutions et de nombreuses extensions.

Aujourd'hui MARIUS représente l'exploitation de 150km d'autoroute monosens, avec environ 500 capteurs de trafic, 150 signalisations ou informations variables, 65 caméras et des ramifications avec une dizaine de partenaires. Chaque système est présenté sous l'angle des transmissions. Il a paru utile de commencer :

- par offrir aux lecteurs non-spécialistes des transmissions une petite entrée en matière théorique,
- par préciser les exigences essentielles qui ont présidé à la conception des transmissions.

La description des différents systèmes de transmission est chronologique :

- le premier système (entrée dans Marseille) en 1976,
- l'installation des premiers PMV à texte,
- le système simplifié mis en œuvre pour la sortie de Marseille,
- la rénovation générale (MARIUS) de ces premiers systèmes à partir de 1992,
- le système provisoire sur A51,
- les extensions sur A55, A50, A51,
- l'ouverture de Marius vers l'extérieur.

Les descriptions plus génériques sont regroupées :

- les transmissions,
- TEDI-LCR,
- Les RLIS (réseaux locaux à intégration de service),
- le RAU,
- les câbles,
- le génie civil.

La 4ème partie récapitule les enseignements que l'auteur tire de ces opérations et est ouverte sur l'avenir. Le tout est émaillé de nombreux bilans de chacun des systèmes élémentaires.

1.1. THEORIE (AMUSANTE) DE LA TRANSMISSION

Le lecteur familier des transmissions peut sauter ce chapitre.

La transmission consiste à transporter d'une origine à une destination une information qui puisse être comprise et utilisée par le destinataire.

L'exemple du téléphone est intéressant pour comprendre les différents éléments qui composent un système de transmission. Pour téléphoner, il faut:

- un câble qui chemine entre les deux interlocuteurs, (ou un système émetteur-récepteur radio),
- un combiné téléphonique qui convertit la parole en signal électrique et réciproquement,
- un numéroteur, qui permet d'émettre des informations codées.

Ces éléments ne sont pas suffisants. Il faut un système qui produise l'énergie nécessaire au transport du signal électrique, un système qui assure la continuité électrique entre les deux postes téléphoniques et un système qui interprète les informations codées issues du numéroteur. Ce système ne peut fonctionner que s'il est administré par une instance technique et commerciale.

Ces éléments forment une première couche, qu'on appellera simplement "couche basse". Au-dessus de ces éléments, il existe toute une partie logicielle, qui dans le cas du téléphone entre deux êtres humains, est gérée de façon plus ou moins consciente par les humains eux-mêmes. Illustrons le processus:

- Je cherche le numéro dans l'annuaire de mon agenda,
- Je décroche le combiné,

- J'attends une tonalité,
- Je numérote,
- J'entends un signal qui me dit que le numéro est en cours d'exécution,
- J'entends que mon correspondant est occupé,
- Je raccroche et je recommence,
- J'entends que ça sonne,
- J'entends que mon correspondant décroche,
- J'entends mon correspondant dire " allô ",
- Je lui réponds " Bonjour, suis-je bien chez Monsieur QUEJECHERCHE " Le dialogue se poursuit :
- " Oui, c'est de la part de qui ? ",
- " de Monsieur QUIDEMANDE ",
- " ne quittez pas ! ",
- J'entends divers bruits que j'interprète comme une nouvelle progression vers mon correspondant,
- " QUEJECHERCHE speaking ! How are you Mister QUIDEMANDE ? ",
- " I don't understand, chu vi parolas Esperanto ? ",
- ...

Ce n'est qu'à cet instant que la conversation peut avoir lieu.

Les systèmes de transmission doivent imiter le dialogue ci-dessus, point par point, avec deux correspondants simultanés ou plus, qui chacun peuvent avoir des problèmes de téléphone, des problèmes d'élocution ou de langage et des problèmes d'interprétation, sans parler des cas où plusieurs personnes sont autour du même combiné ou en conférence et qu'il s'agit pour l'interlocuteur de comprendre et d'identifier celui qui lui parle ou de comprendre lorsque plusieurs personnes parlent en même temps.

L'art de bien transmettre est de reconnaître la capacité du correspondant à écouter, à comprendre et à interpréter. On comprend que plus les correspondants sont variés, avec des systèmes d'écoute et d'émission différents, plus le logiciel de transmission peut être complexe et plus les chances de transmissions défectueuses sont grandes.

Au-dessus des éléments de base décrits plus haut, les systèmes de transmission ont une couche intermédiaire dont le rôle est :

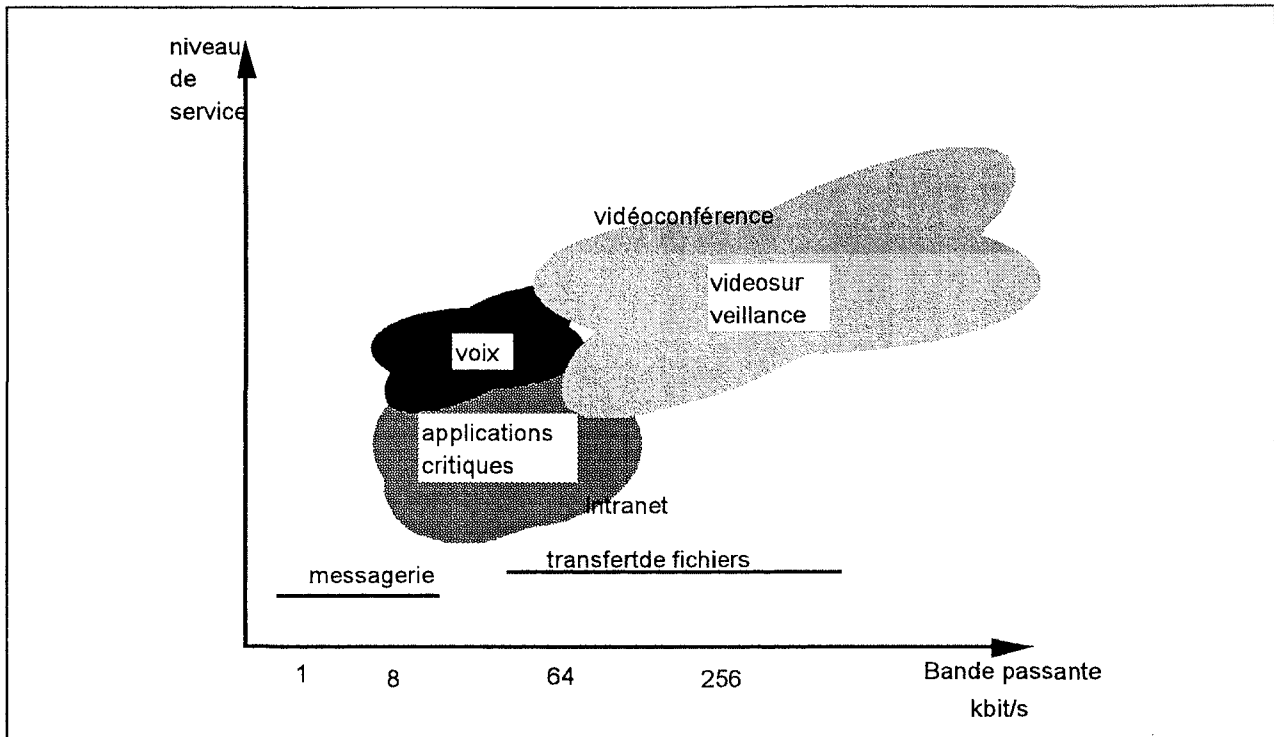
- de s'assurer de l'identité des correspondants,
- de s'assurer de la capacité du correspondant à décoder l'information telle que l'émetteur l'a codée,
- de s'assurer que l'information ne subit pas de dégradation.

Cependant, ce n'est pas parce que le message est bien parvenu, clair et entier au bon destinataire, que celui-ci sera compris. Il faut aussi que le correspondant connaisse la syntaxe et la sémantique utilisées par l'émetteur. Si le dictionnaire et la grammaire sont différents de part et d'autre, le message ne pourra être interprété. C'est le rôle de la couche supérieure qui définit le langage applicatif que les deux correspondants doivent utiliser. Par exemple, que doit faire un Panneau à Message Variable qui reçoit une commande destinée à faire tourner une tourelle de caméra ?

Imaginons la réponse de M. Sanzot, pharmacien, recevant une commande d'un rôti de 3 kg, parce que madame DuBarry n'a pas vu dans le Bottin que M. Sanzot, de la boucherie Sanzot avait un frère !

Notions de bande passante et de niveau de service :

Celui qui veut savoir tout le temps et très vite doit être plus riche que celui qui ne veut savoir que l'essentiel au moment où il en a besoin. Le niveau de service est à peu près lié à la capacité exprimée en kilo bits par seconde.



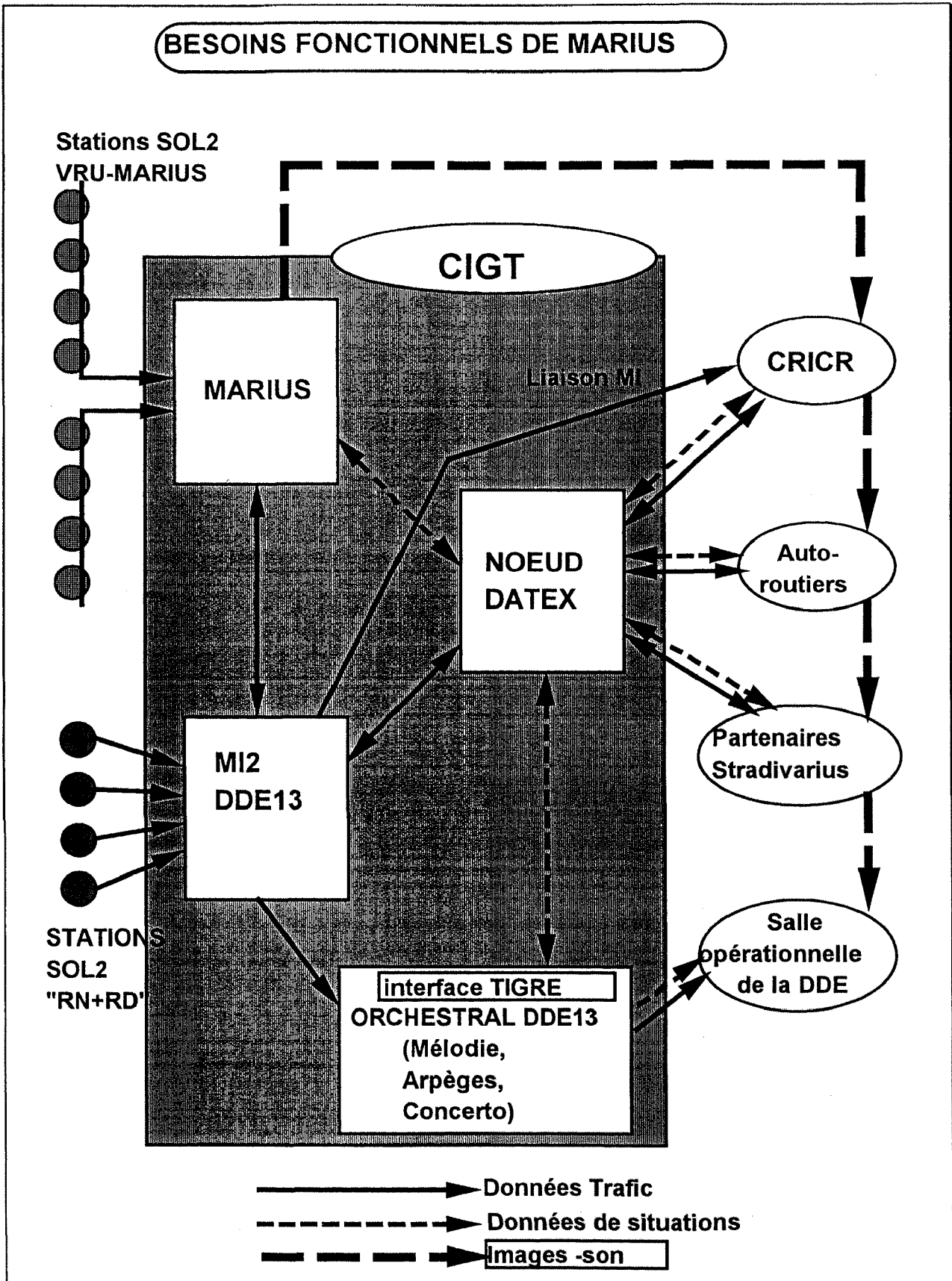
Il est aussi lié à la rapidité de mise en communication. Imaginez un directeur de collège ayant à prévenir tous les parents que leur enfant n'est pas revenu en cours à 14h pour aller à la manif ! Si le réseau met 30 secondes à établir à faire sonner le téléphone et que chaque parent mettent 30 secondes à décrocher, il faudra 5 heures d'attente pour 300 appels ! Si tout le monde est abonné à Numéris ou possède un portable GSM, le contact sera établi en moins de 10 secondes au lieu de une minute.

1.2. LES EXIGENCES ESSENTIELLES

Contrairement à ce que l'on pourrait supposer d'une opération ayant plus d'1/4 de siècle d'existence, les exigences fonctionnelles de Marius en matière de transmission n'ont pas véritablement changé depuis 1971, date des premières spécifications. On peut les résumer ainsi:

- acquisition en temps réel des mesures "individuelles" de tous les véhicules tous les 500 mètres (soit environ 2 millions de mesures à l'heure pour 150 sites)
- acheminement d'une commande de caméra en moins de 150 millisecondes
- acquisition d'images vidéo sans retard supérieur à 50 millisecondes
- commande/contrôle de PMV en 2 secondes (hors les temps liés aux mouvements mécaniques)

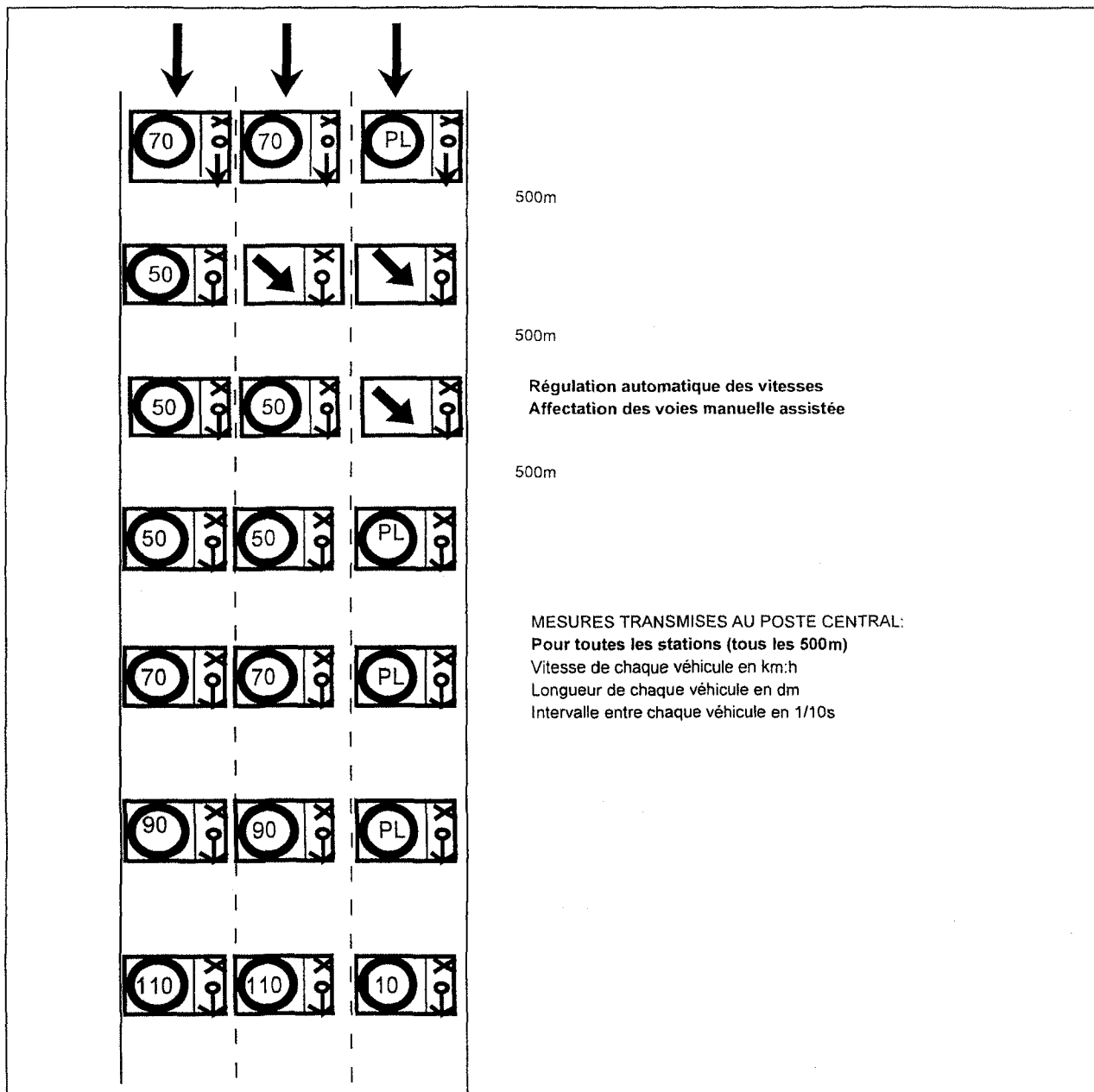
A ces exigences initiales, on peut ajouter en 1991 les exigences liées aux échanges avec le CRICR par Transpac et, aux demandes d'intervention des garages par Minitel, puis en 1998, les exigences liées aux échanges d'informations événementielles et, d'images vidéo avec des partenaires de la DDE13.



2. LES OPERATIONS

2.1. CORRIDOR NORD, SENS ENTRANT (1976-1992)

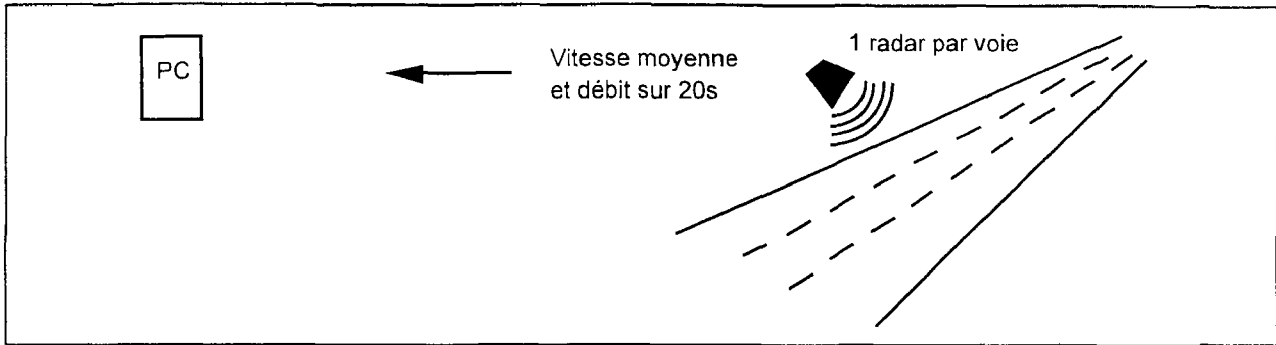
Le réseau de cette époque comprend, sur 9 kilomètres, 16 stations de recueil de données sur 3 voies (à base de radars), 45 blocs de régulation de vitesse et de gestion des voies sur 15 portiques et, 10 caméras.



Le système central consiste en 2 ordinateurs Mitra 15 (programmés en assembleur, 32K de RAM, disque amovible de 5MO), en secours automatique, autour d'une baie de commutation vers les bus terrain. Les câbles sont de 2 types :

- un câble de 56 paires téléphoniques de 6/10mm pour les données,
- plusieurs câbles coaxiaux pour la vidéo.

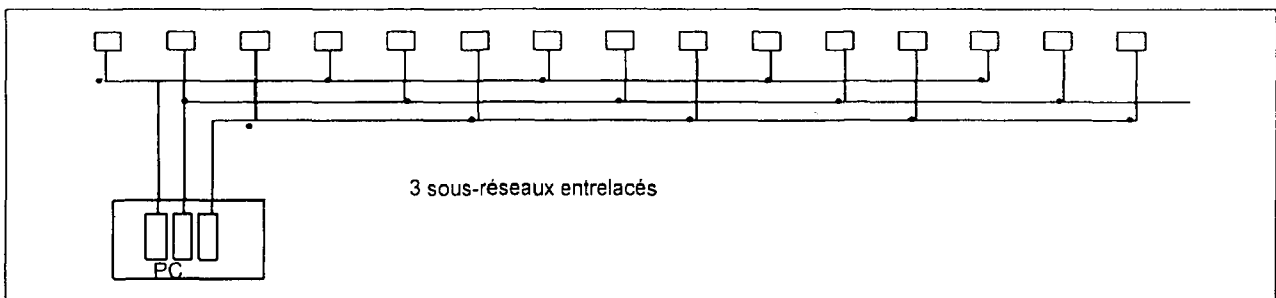
2.1.1. Données échangées (76-92)



Les informations issues du radar sont des informations binaires (voie, vitesse et longueur du dernier véhicule). Les commandes et les comptes-rendus d'état des panneaux sont des informations binaires. Les commandes de caméras sont des commandes tout ou rien (avec maintien). Les images vidéo sont analogiques.

2.1.2. Transmission des données (76-92)

Le PC envoie à chaque station, toutes les 500 millisecondes, une trame de commande de 256 bits en format fixe, qui lui renvoie une trame de réponse de 256 bits en format fixe. Les modems sont des modems multipoints à 6000 Bds. Les trames de réponse sont directement placées en mémoire centrale pour traitement.



Les stations de recueil de données et les contrôleurs de panneaux sont en bus sur une même paire téléphonique, à raison de 6 sites par bus (un même bus se retrouve toutes les 3 stations).

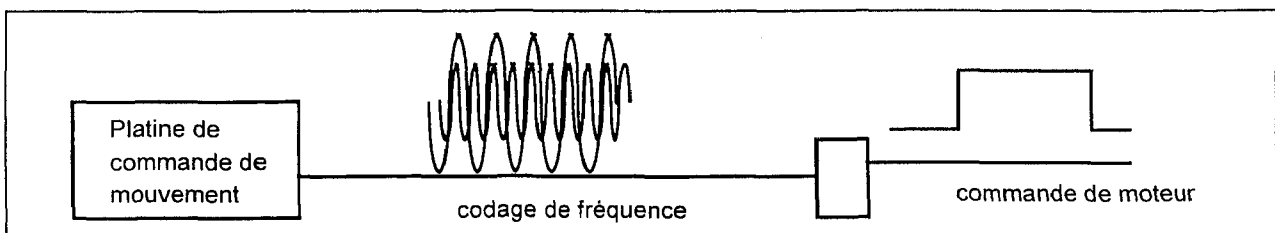
Bilan:

Les mesures de l'époque font état d'une trame erronée sur 400 (3 tentatives). Ce système a fonctionné de façon satisfaisante (avec le taux de panne normalement admissible pour des cartes à composants discrets) jusqu'en 1993. Le système de transmission est totalement propriétaire et dépendant du système informatique du PC. Le remplacement de l'ordinateur central a conduit à son abandon naturel, au profit d'équipements normalisés.

La répartition alternée des stations sur les bus assure un mode dégradé intéressant (les algorithmes s'accommodent d'une station en panne entre 2 stations correctes).

2.1.3. Transmission des commandes de caméra (76-87)

Chaque caméra est reliée par une paire téléphonique dédiée :



Chaque commande est un codage de fréquence reconnu par le décodeur de la caméra.

Bilan:

Le système nécessite des liaisons point à point. Les technologies analogiques de l'époque obligent à des réglages fréquents. Le câble 6/10mm est peu adapté sur des distances de plusieurs kilomètres. Ce système est remplacé vers 1987 par un système de type TEDI-LCR.

2.1.4. Transmission de la vidéo (76-92)

Les images sont multiplexées en fréquence par 3 ou 4 sur un même coaxial et démultiplexées au PC.

Bilan

Les systèmes analogiques (issus des technologies de distribution de la télévision par câble aux E.U.) sont fragiles. Les câbles coaxiaux ne tolèrent aucune agression (connectique, isolation...). Au total, la disponibilité habituelle des images au PC n'a guère dépassé 7 images correctes sur 10.

2.1.5. Artère physique de transmission (76-92)

L'installation du câble a été réalisée à moindre coût, exposant le câble à de multiples agressions. Face à cette situation, l'exploitant a bâti l'artère par petits bouts, au hasard des crédits et des turpitudes. Le câble 56 paires 6/10 a finalement été remplacé par un câble 7 quartes 12/10.

Bilan

A l'installation, les terminaisons de câble n'ont pas été protégées contre les courants induits (foudre, retours de traction SNCF) et l'équipotentialité des masses n'a pas été réalisées. Les dégâts liés à ces malfaçons (compréhensibles à l'époque !) ont été importants. Une mise à niveau a été réalisée dès 1978, avec satisfaction, sauf au niveau des disjonctions, réglées 10 ans plus tard par des dispositifs de réarmement automatique.

2.1.6. Bilan global de la génération 1976-92

Bien que "propriétaire", la transmission de données a donné satisfaction pendant les 17 années de vie du système. Le format fixe des échanges de données peut paraître simpliste, mais, une fois au point, il est robuste. Il dissuade naturellement toute évolution des équipements de terrain et de la partie transmission du PC, ce qui peut apparaître:

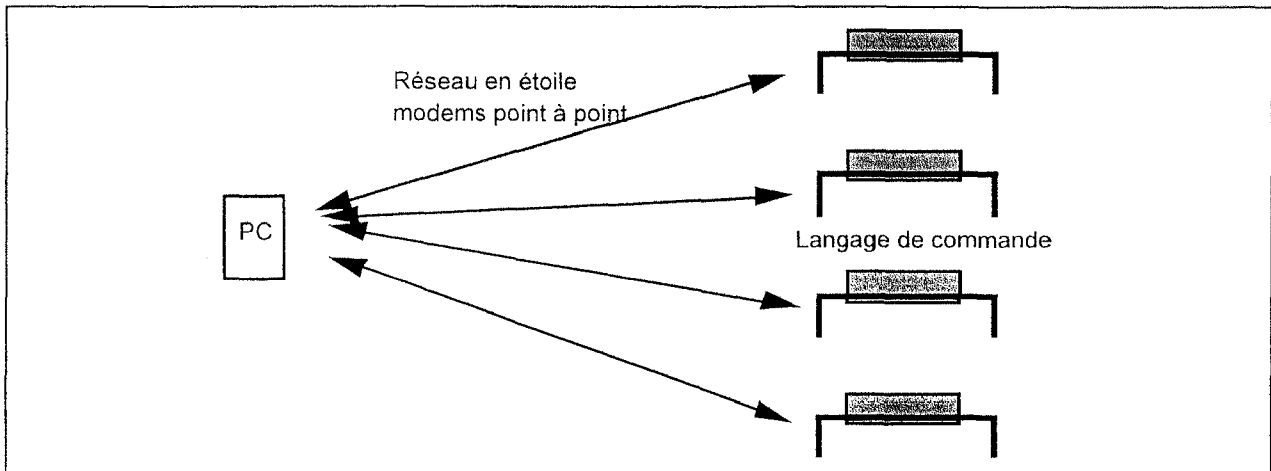
- comme un avantage : pas d'évolution, donc pas de coûts induits (maintenance, administration)
- comme un inconvénient : si le système est imparfait, il le restera.

La mauvaise qualité de la vidéo a conduit l'exploitant à envisager rapidement les technologies à fibre optique, à la fois pour l'image et pour les commandes.

La sécurité de 2 ordinateurs en secours s'est avérée illusoire au regard de la disponibilité : Une seule machine tombe peu en panne, alors qu'un assemblage savant de 2 machines et de leurs périphériques conduit à de nombreuses situations génératrices d'anomalies. ***Par la suite, on préférera un système central simple, avec des modes dégradés réfléchis et acceptés.***

2.2. PANNEAUX A TEXTE VARIABLE (1980-1992)

Les premiers PMV apparaissent en 1980, commandés par un mini-ordinateur de gestion (Computer Automation), programmé pour partie en assembleur et pour partie en langage évolué.



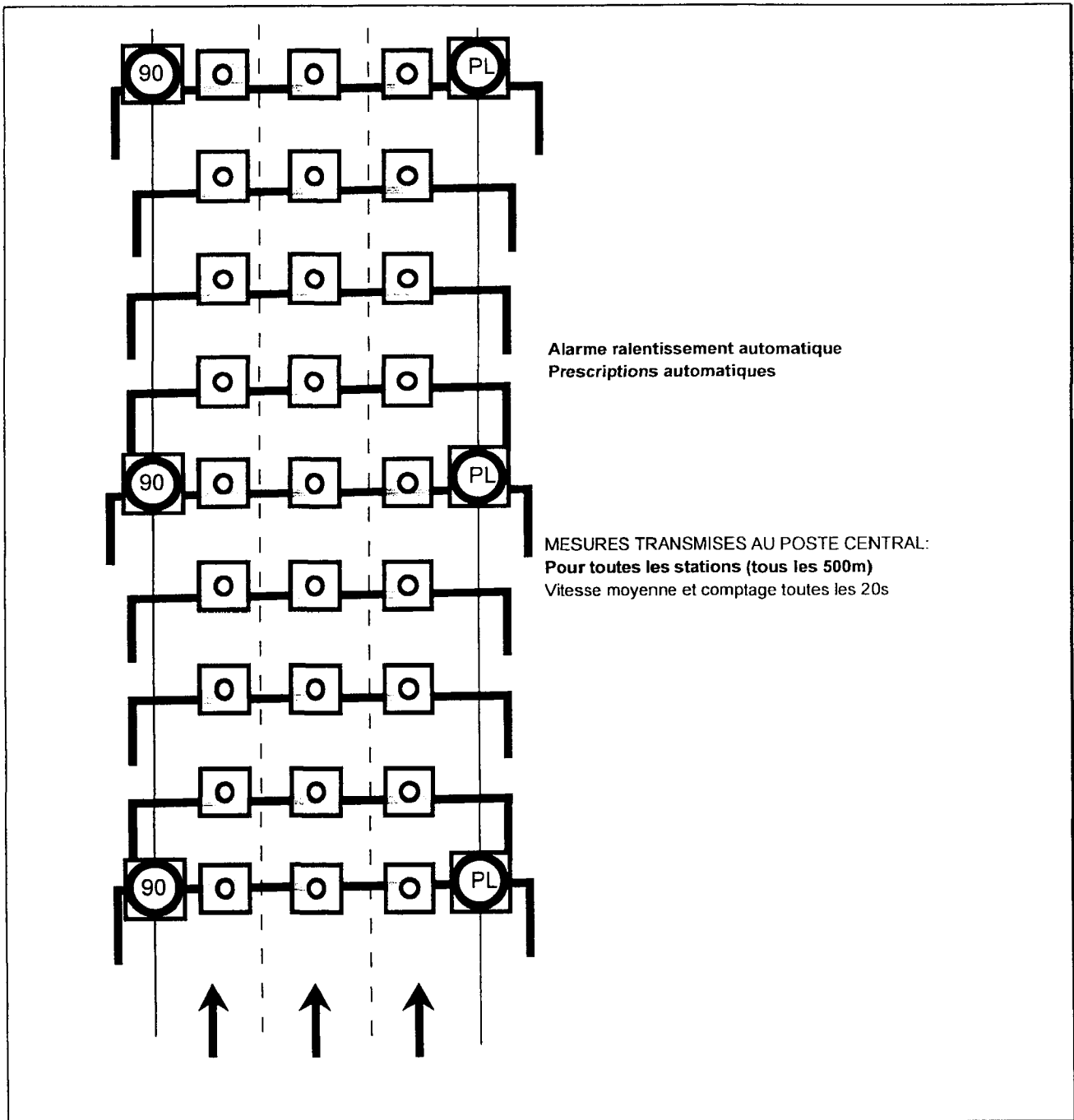
Les transmissions se font en RS232 sur modem 200Bds en point à point full duplex, soit une paire téléphonique par PMV. La commande/contrôle se fait à l'aide d'un langage de commande élémentaire, avec protocole intégré.

2.2.1. Bilan

La simplicité du langage et du protocole et l'usage de modem point à point basse vitesse ont permis à l'application d'être rapidement opérationnelle. La maintenance est un peu complexe du fait de la pauvreté du télédiagnostic. Ce système fournit les prémises de tous les systèmes suivants.

2.3. CORRIDOR NORD, SENS SORTANT 1982-1992

Le sens sortant reçoit la même densité d'équipements que le sens entrant. Les blocs de régulation et de gestion des voies sont remplacés par de simples feux clignotants et par 10 blocs de signaux variables simplifiés. La surveillance vidéo reste inchangée.



Le système central est indépendant du système 1976. Il suit les évolutions technologiques de l'époque : un simple ordinateur individuel SORD, (équivalent d'un Apple2, programmé en BASIC, 64 K de RAM, disque souple 5") assure à peu près les mêmes fonctions que le système 1976. L'ordinateur est interfacé avec une console couleur et avec le frontal de transmission.

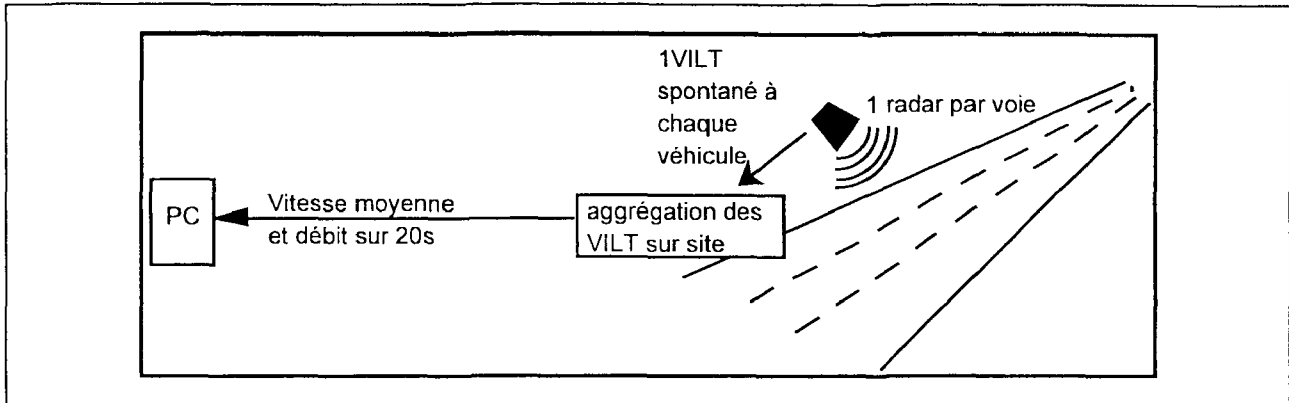
2.3.1. Données échangées (82-92)

Les stations de recueil de données reçoivent les mesures élémentaires de chaque véhicule sous la forme d'une trame fixe émise spontanément après chaque passage de véhicule : Vitesse, Intervalle, Longueur, Temps d'Occupation (VILT).

Cette émission se fait sur un lien direct RS232.

Elles agrègent sur place ces données toutes les 20 secondes.

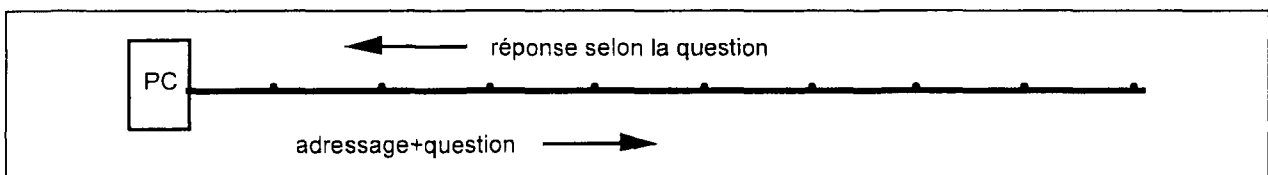
Les données agrégées sont transmises chaque 20 secondes à la demande du PC, selon un protocole et un langage qui préfigure TEDI-LCR.



Le module de commande des PMV est intégré au recueil de données. Ce module supporte un langage de commande tant pour le recueil que pour les stations.

2.3.2. Les Transmission des données (82-92)

L'architecture du système est modifiée. Même si le volume et la fréquence des données échangées permet d'adresser l'ensemble des stations sur un même bus, la transmission se fait sur 3 bus pour garder un mode dégradé satisfaisant. Le standard RS232 est adopté, ainsi que des modems au standard 4800Bds multipoints.



Le protocole est du type "adressage+question/réponse". Le frontal de transmission gère le cycle d'interrogation de toutes les stations toutes les 20 secondes (3 tentatives).

2.3.3. Bilan global de la génération 1982-92

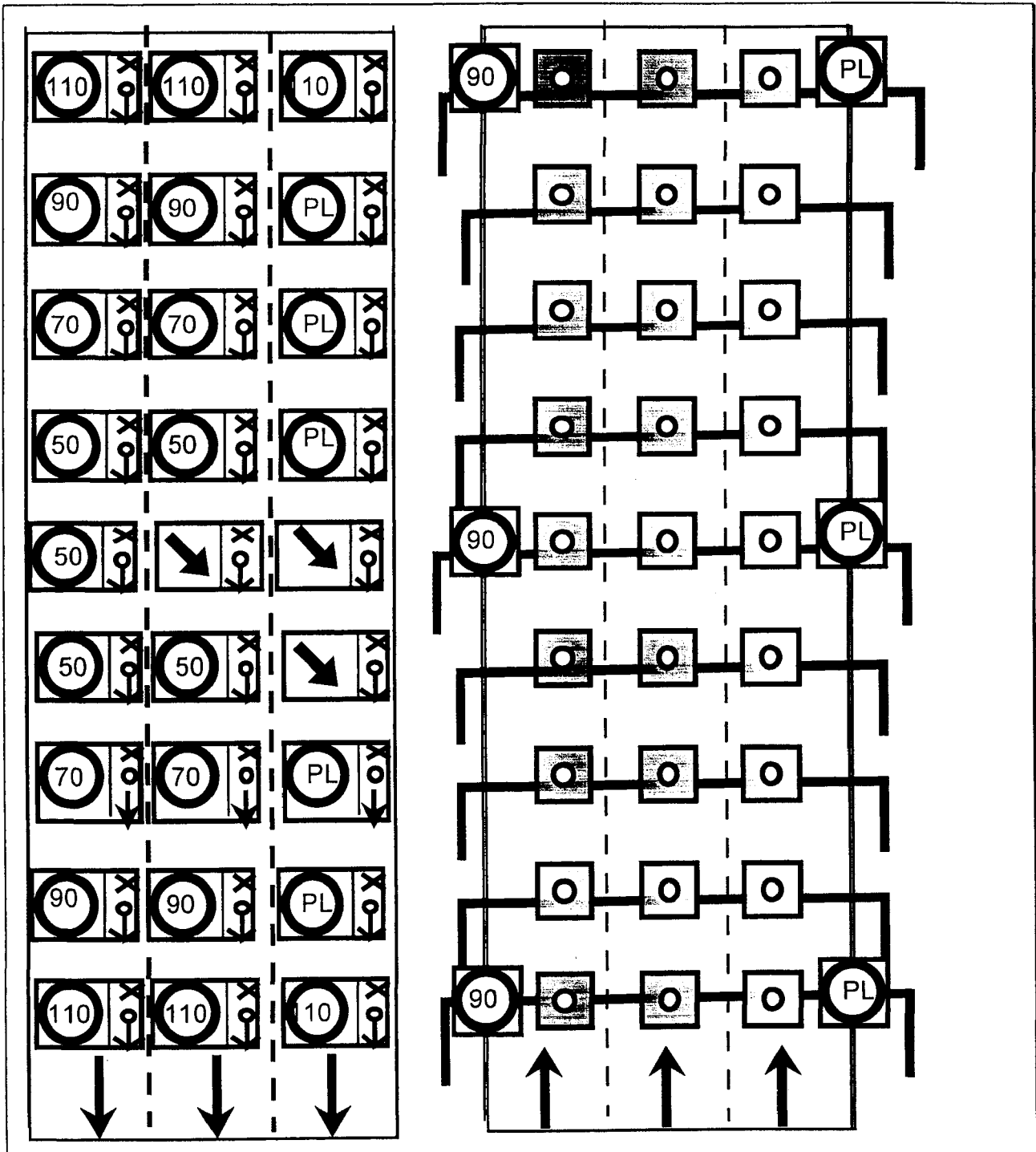
Cette génération de matériel a duré jusqu'à la rénovation/extension de 1993, avec un bon indice de satisfaction. Seules des considérations d'homogénéité d'équipements, d'intégration des équipements pour les deux sens du corridor et d'homogénéité fonctionnelle au PC ont conduit à son abandon.

Aussi paradoxal que cela paraisse, l'utilisation d'un ordinateur individuel programmé en Basic pour gérer un langage de commande élémentaire, associé à une carte frontale à microprocesseur gérant des voies RS232, paraît, avec le recul, tout à fait acceptable pour cette application SDER niveau 1. Un peu plus de mémoire centrale (640K d'un PC286 par exemple) et un disque dur (2 ou 3 Mo, pas plus) auraient cependant été les bienvenus. *En se projetant aujourd'hui, il est évident qu'un simple PC486 ou un agréable Mac pourrait accomplir à la fois la gestion du langage de commande et la gestion des voies RS232, sans même avoir recours à Windows NT.*

La structure en couche OSI n'est pas encore à la mode. Le système sépare bien les couches basses et hautes. Le mélange des couches hautes (adressage intégré au langage) n'est pas gênant.

2.4. MARIUS : 1992-...

Le remplacement du système informatique du système de 1976 entraîne le remplacement de la transmission, qui lui-même impose le remplacement des modules de commande des panneaux de régulation de vitesse. La partie affichage de ces panneaux est jugée encore bonne pour le service.



L'extension du réseau est conduite à la faveur de cette rénovation. Un certain nombre d'évolutions fonctionnelles sont développées :

- *commande informatisée des caméras, des tunnels et du réseau d'appel d'urgence,*
- *informatisation de la main-courante,*
- *visualisation multidimensionnelle des données de trafic,*
- *export de fichiers de données,*
- *appel à garage automatique,*

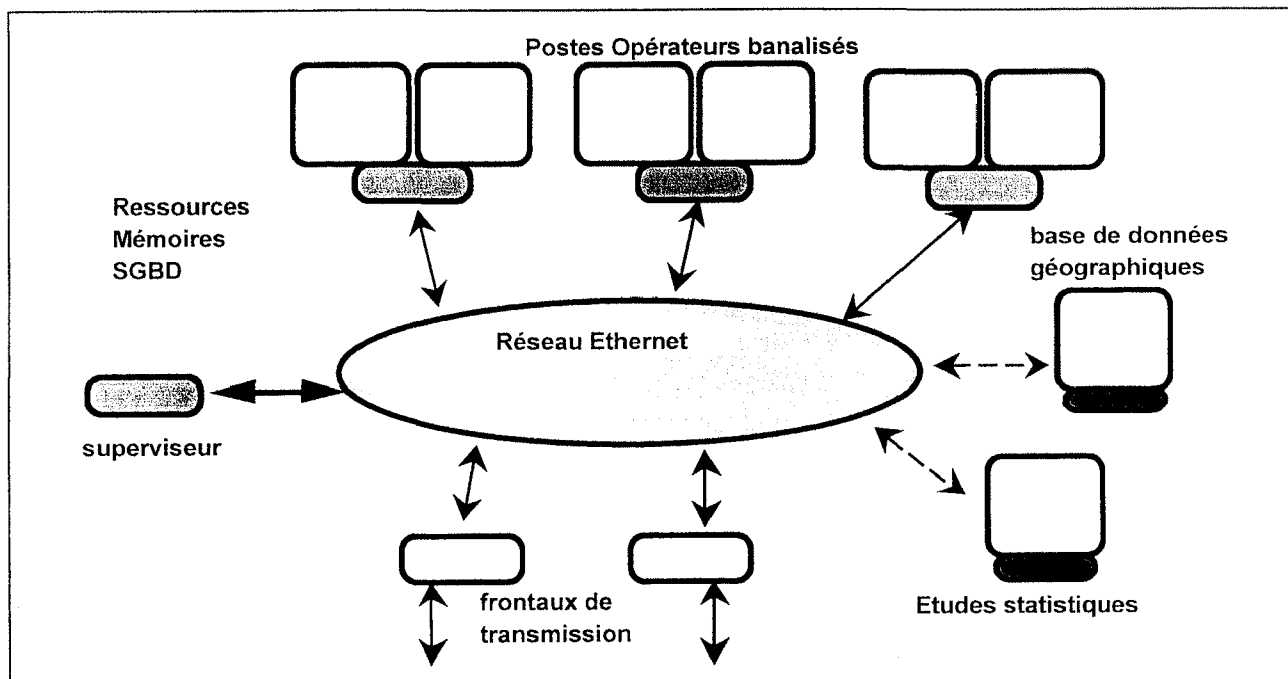
- échange de données événementielles avec des partenaires,
- émission automatique de télécopie.

2.4.1. Généralités sur le Poste Central MARIUS

Le Poste Central est composé de plusieurs machines sur un réseau ETHERNET :

- Matériel SUN pour l'informatique générale,
- PC pour les frontaux de transmission,
- PC pour les services externes (SIG, gestion des statistiques).

Les logiciels sont écrits en C, y compris dans les frontaux de transmission. La base de données est Informix. L'Interface Homme Machine utilise Dataview et X-Designer.



Les machines SUN (Unix Solaris) sont interchangeable. Les Postes opérateurs sont bi-écran (monoclavier-souris). Les ressources (Informix, imprimantes, stockage) peuvent être placées dans toutes les machines SUN. Les frontaux de communications (PC sous Unix SCO) sont interchangeables. Les processus logiciels ne sont pas spécifiquement affectés aux machines et dialoguent entre eux par des messages de transit définis dans une table spécifique (avec des sockets IP même si les messages n'empruntent pas Ethernet).

Postes Opérateurs

Les opérateurs disposent d'une Interface Homme Machine dont l'ergonomie est intégrée quelle que soit la fonction :

- commande des caméras (image),
- commande du Réseau d'Appel d'Urgence,
- commandes d'affection des voies,
- visualisation des trafics et des bouchons,
- contrôle des régulations automatiques des vitesses et des PMV,
- main-courante des événements (accidents, incidents, garages, travaux, patrouilles).

Géomarius

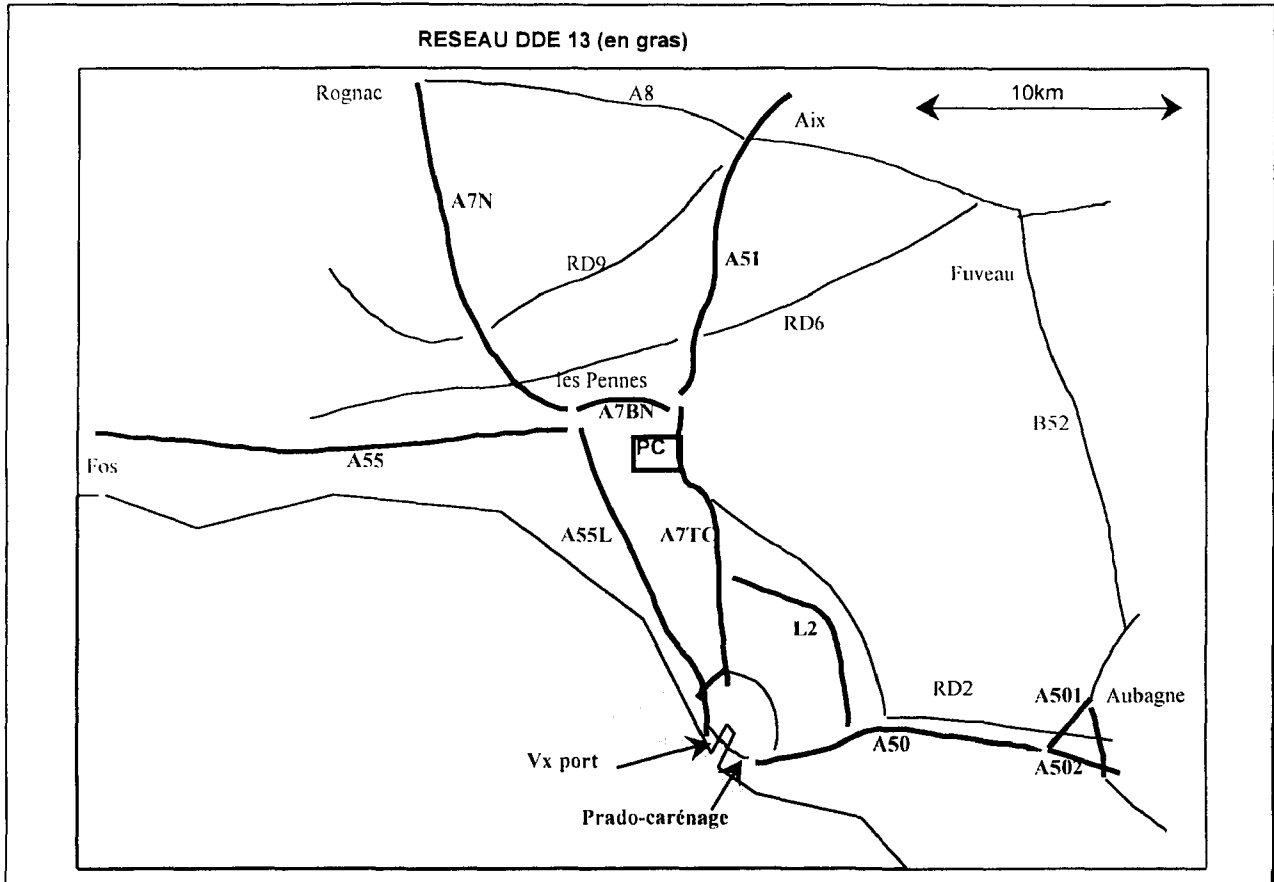
Le SIG (Geoconcept) supporte la base de données géographique générale de Marius. Cette base de données sert de frontière entre tous les intervenants :

- Le Maître d'Ouvrage, qui fournit la cartographie, la situation précise de tous les équipements, l'appellation géographique et logique des équipements.
- Les fournisseurs d'équipements terrain, qui configurent ces derniers à partir des éléments précédents.
- Le développeur informatique qui y puise toutes les données géographiques nécessaires pour l'interface Homme Machine, les algorithmes et les transmissions

- Le mainteneur des câbles qui y trouve le cheminement, les dérivations et les attributions de chaque câble.
- Le mainteneur des équipements, qui y trouve la répartition des marques et modèles d'équipement, avec leur historique.
- Le mainteneur logiciel, pour toutes les évolutions et les extensions de Marius.
- Le bureau d'études pour l'édition de cartes et de documents de travail.

2.4.2. Généralités sur les équipements de terrain

MARIUS est le système d'exploitation des Voies Rapides Urbaines autour de Marseille :

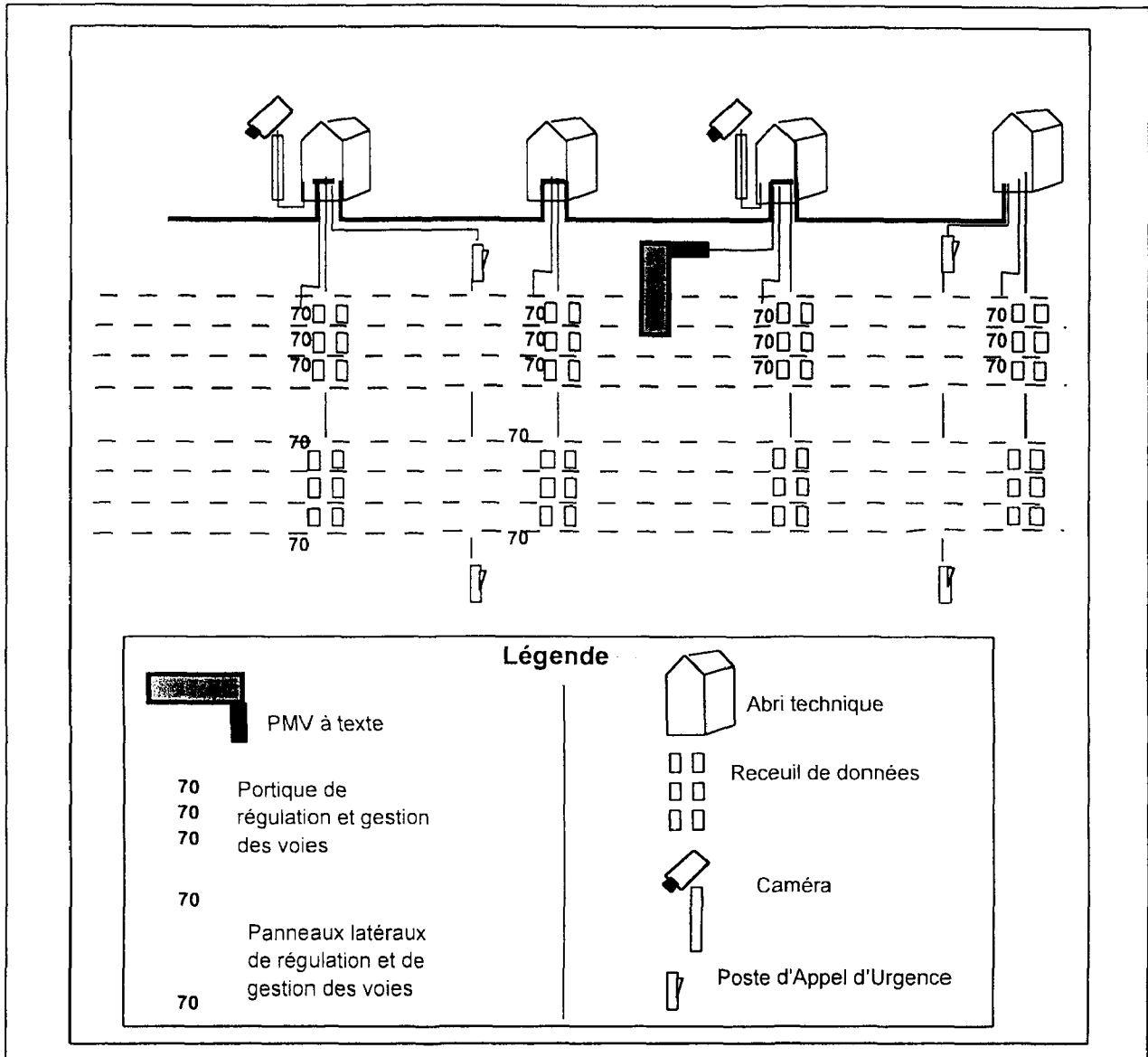


Les secteurs les plus chargés sont A7TC et A50, avec chacun 140 000 véhicules/jour, et un débit maximal de 6500 véhicules sur 3 voies à l'heure de pointe. Le secteur A55L est fortement sollicité dans la partie sud. La rocade L2 n'est opérationnelle que dans sa partie nord. Le raccordement au secteur A50 devrait être terminé à l'an 2000.

En 1998, MARIUS c'est environ :

- 150 km de chaussée autoroutière monosens.**
- 130 couples de Postes d'Appels d'Urgence**
- 150 stations SOL2 et 500 capteurs**
- 100 pictogrammes de signalisation variables**
- 15 Panneaux à messages variables**
- 65 caméras mobiles**

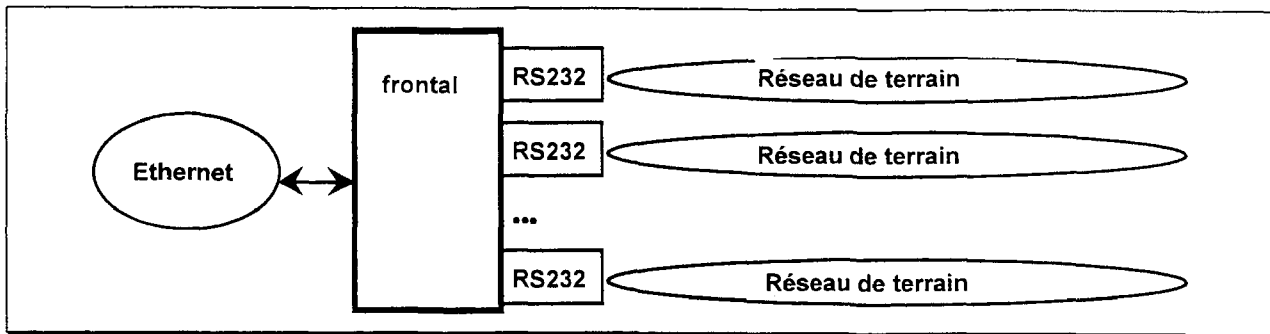
La logique d'équipement de MARIUS est assez systématique et conduit à disposer d'un abri technique tous les 500m.



- points de mesure tous les 500m (un sens), 2 boucles sur chaque voie,
- Régulation de vitesse (110, 90, 70, 50, PL interdits) tous les 500 m, par voie,
- alarme ralentissement pour 3 voies tous les 500 m,
- gestion des voies tous les 500 m,
- PMV en amont des points de choix et en section courante,
- couverture continue en vidéosurveillance (500m de part et d'autre),
- Poste d'Appel d'urgence tous les kilomètres, tous les 500m en viaduc, tous les 250m en tunnel.

2.4.3. Généralités sur les transmissions de données terrain

Les stations SIREDO développées pour le schéma directeur national de recueil de données sont jugées comme adaptées pour remplacer les systèmes radar de Marius. Le Langage de Commande Routier de ces stations est étendu à titre expérimental à la commande des PMV, des caméras et, à la supervision des tunnels et du réseau d'appel d'urgence. (MARIUS a servi de validation in situ du LCR aujourd'hui normalisé NFP99340-EQUIDYN). L'unicité du langage et du protocole permet de concevoir une architecture simple pour toutes les transmissions terrain, quelque que soit la technologie des supports.



Les médias sont, selon les secteurs et selon les équipements :

- des quartes cuivre,
- des fibres multimodes,
- des fibres monomodes,
- le RTC,
- le réseau Ethernet du PC.

Les réseaux de terrain sont adaptés au média, avec l'interface RS232-C de l'EIA, V24 du CCITT¹:

- Modems 9600 Bds multipoints en bande de base pour les supports cuivre,
- Modems RTC 9600 Bds,
- Emetteurs/récepteurs optiques point à point,
- Emetteurs/récepteurs optiques multipoints de type Réseau Local Industriel.

Certains réseaux sont mixtes, cuivre sur une partie, fibre optique sur l'autre.

2.4.4. Généralités sur les transmissions vidéo

Après avoir été sur câbles coaxiaux, la vidéo est transmise exclusivement sur fibres optiques, selon divers systèmes, au gré des évolutions technologiques et des exigences de l'exploitation :

- en point à point sur fibre multimode,
- en point à point sur fibre monomode,
- en multiplexage analogique sur fibre monomode (signal analogique en entrée du réseau, restitué sous forme analogique en sortie du réseau),²
- en multiplexage numérique SDH sur fibre monomode en anneau (image codée numériquement en amont du réseau et décodée en aval du réseau).³

Les images sont, selon les cas, au gré des évolutions technologiques, brassées à l'aide de matrices de commutation analogiques au Poste Central ou déportées en cascade sur le terrain, ou à l'aide d'une matrice numérique.

2.4.5. Généralités sur les transmissions RAU

Le Réseau d'Appel d'Urgence comprend des Postes d'Appels d'Urgence (PAU) commutés à l'aide du protocole 1 du SETRA, et des PAU sans fil, reliés à un central radio, vus depuis le joncteur du Poste Central comme des PAU obéissant au même protocole que les autres PAU. Certaines antennes sont mixtes, le média en cuivre étant interfacé à une fibre optique.

Le PCA (Poste de Centralisation des Appels) est divisé en deux parties :

- Le Joncteur, appelé PI-RAU, qui assure les commutations de commande contrôle des PAU et les commutations phoniques.
- Le Poste opérateur, qui assiste les opérateurs dans leur gestion.

¹ Le standard RS232-C définit les aspects mécaniques, électriques et fonctionnels de l'interface d'une liaison série asynchrone en 25 points ; l'avis V24 est un standard définissant uniquement le rôle des signaux qui transitent sur les broches d'une liaison série. EIA et CCITT sont des instances normatives internationale.

² Le signal peut être numérisé pour son transport d'un point à l'autre du réseau, avec un codage analogique numérique à l'entrée et un décodage numérique analogique à la sortie. Ce codage décodage est propre au réseau utilisé et transparent pour l'utilisation.

³ Dans ce cas, c'est l'utilisation qui possède la clé de codage du signal.

2.4.6. Généralités sur les Transmissions optiques

La vidéo chemine exclusivement en fibre optique, multimode ou monomode selon les secteurs. Une partie des transmissions de données et RAU transite par des fibres optiques multimodes ou monomodes, dans des câbles dont la technologie et le nombre de fibres varient selon les secteurs. Les fibres optiques multimodes sont utilisées par un réseau local industriel RLIS1 (société SAT). Les fibres optiques monomodes sont utilisées par un RLIS2 (SAT) équipé d'un superviseur de réseau.

En multimode, chaque fibre ne transporte qu'une image. Ce réseau comprend des matrices de commutation d'image déportée sur le terrain (seules les images télé sélectionnées dans ces matrices parviennent au PC).

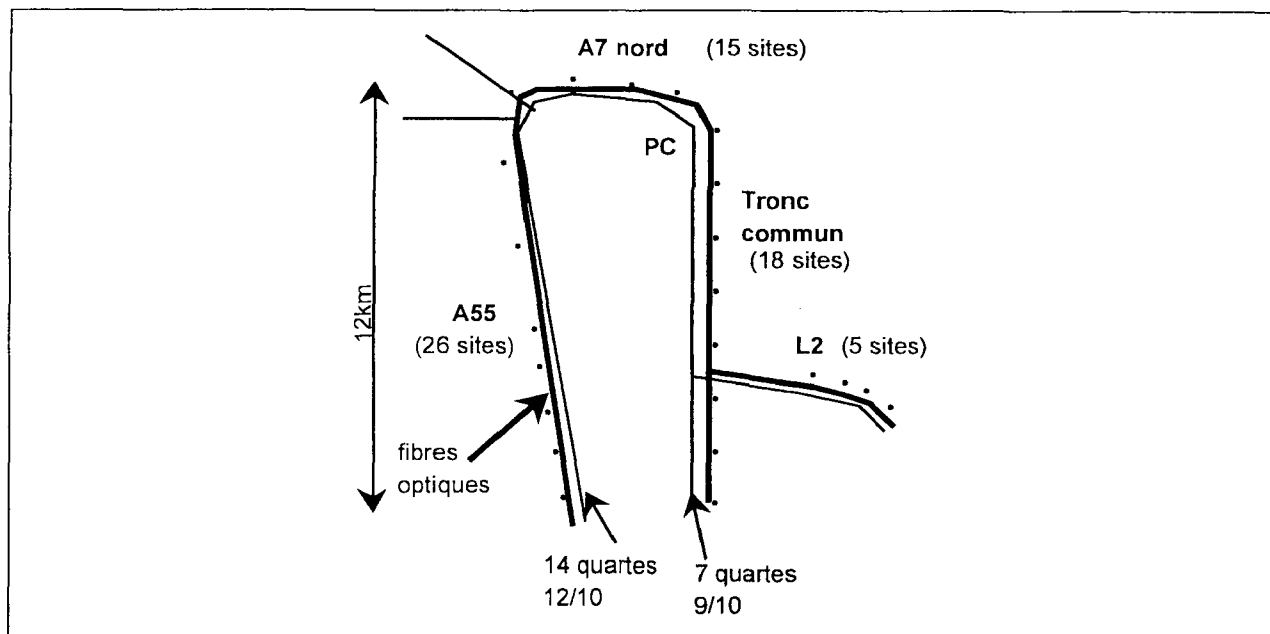
En monomode, chaque fibre peut transporter jusqu'à 8 images multiplexées numériquement, toutes acheminées jusqu'au PC.

Les câbles à fibre optique passent en coupure dans tous les sites comportant des caméras. Les fibres non dérivées sont soudées en continuité. Les fibres dérivées passent dans des interfaces normalement sécurisées contre les coupures secteur, puis dans des tiroirs de brassage à jarretières (sauf sur A51).

2.5. RESEAU A7 (1988-...)

2.5.1. Supports physiques A7

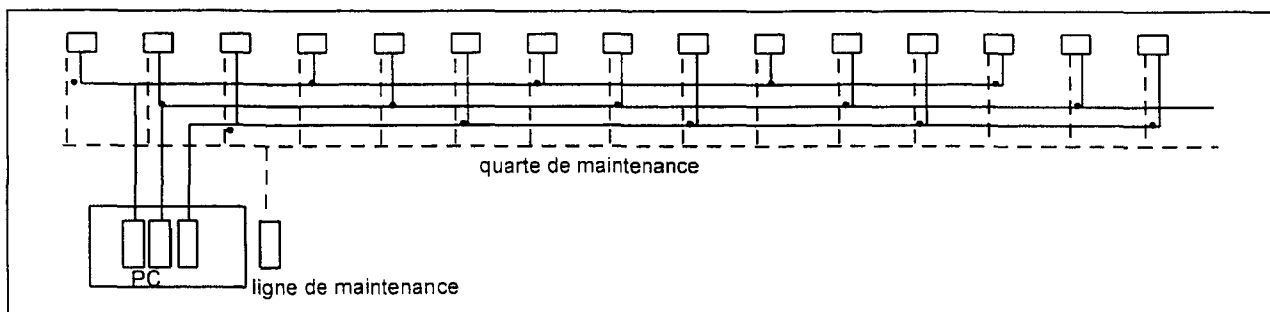
Vers 1988, une étude confiée aux industriels fabricants de câbles à fibre optique a conclu à la non-faisabilité d'une transmission de données sur fibre optique. Il a été décidé de créer systématiquement une artère de transmission à 14 quartes cuivre L712 (conducteurs de 1,2 mm de diamètre) sur A55, puis de remplacer le câble 56 paires 6/10mm du Tronc commun par un 7 quartes L711 (conducteurs de 0,9 mm). Cette artère passe en coupure tous les 500 mètres dans un coffret Pouy et placé à l'intérieur des abris techniques, où sont faites les dérivations pour l'usage local.



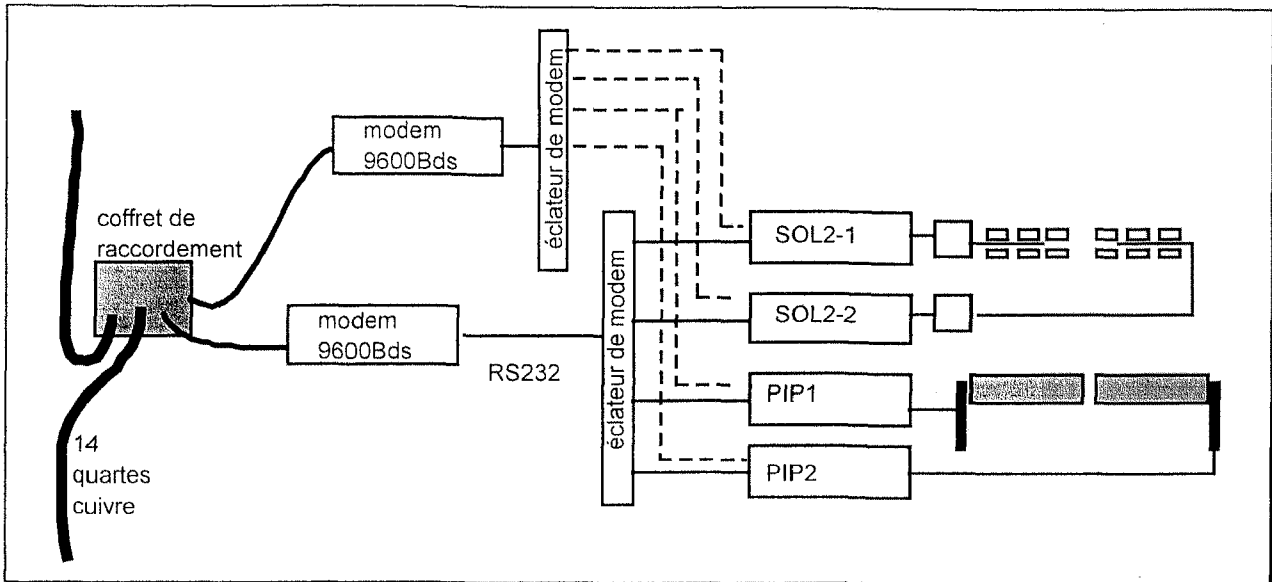
Un câble à 10 fibres optiques (en jonc) multimode chemine sur les 10 km. Il passe en coupure au niveau de chaque caméra (10 caméras), dans un tiroir de brassage placé dans une des baies à l'intérieur de l'abri technique.

2.5.2. Réseau de données A7

Le réseau de données nécessaire aux recueils de données et aux PMV consiste en 3 quartes bus, sur lesquelles les sites sont connectés en alternance.



Un deuxième réseau, sur une quarte dédiée, dite quarte de maintenance, permet de se connecter sur le deuxième port série de chaque équipement. Les deux réseaux utilisent des modems multipoints TELSAT 1564 en bande de base à 9600 Bds, avec le protocole NFP99302-TEDI.



La sortie RS232 du modem local est distribuée en parallèle (circuit passif) à tous les équipements du site (2 stations SOL2, 1 ou 2 PIP). Chaque équipement ne répond qu'aux questions émises à son adresse TEDI. Il peut recevoir simultanément une question habituelle sur le réseau principal et une question de maintenance sur le réseau de maintenance.

Par exemple, toutes les 6 secondes, la station SOL2 d'adresse M8a recevra un message:

M8a MI

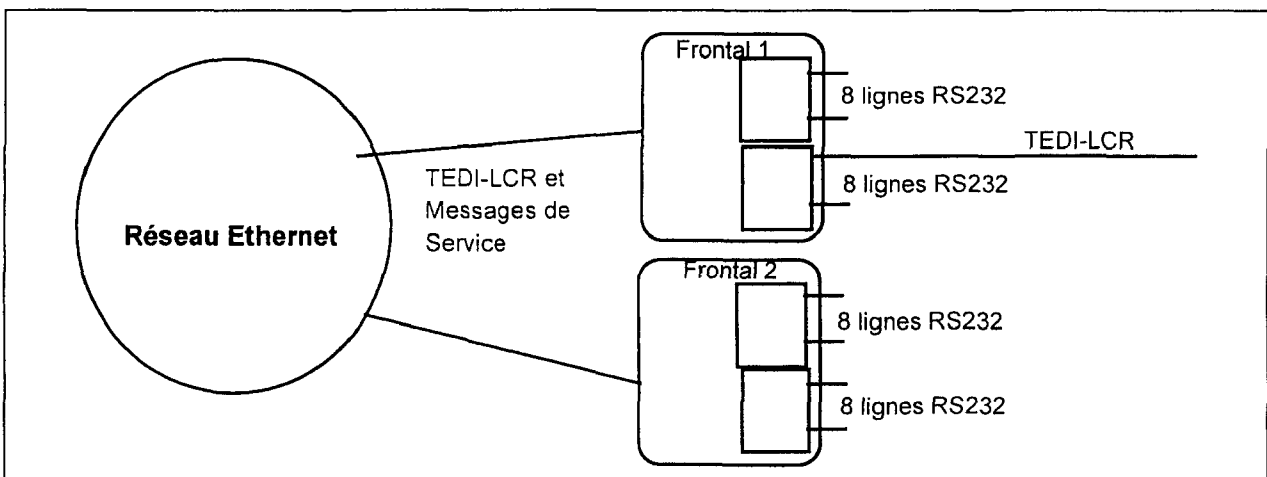
Elle répondra, dans les 50ms qui suivent, les valeurs mesurées (HmVL) de tous les véhicules passés pendant les 6 secondes précédentes.

Parallèlement, sur l'autre port, la station peut recevoir une commande:

M8a AI

Elle répondra, sur ce même port, immédiatement après chaque passage de véhicule, les valeurs mesurées de celui-ci (vitesses et longueur)

Au PC, chaque quarte rentre, au travers de son modem multipoint, sur une ligne RS232 parmi les 32 disponibles sur 4 cartes de 8 liaisons. Chacun des 2 frontaux de communication est équipé de 2 cartes. En cas de panne d'un frontal, toutes les lignes importantes peuvent être rebranchées sur les lignes disponibles de l'autre (après reconfigurations logicielles). Le basculement automatique n'a pas été retenu, en considérant que l'enjeu ne valait pas sa complexité. Ce basculement a été réalisé pendant quelques jours pour faire face à une panne de disque dur sur l'un des frontaux.



Le rôle des frontaux de communication est de soulager les Processus de traitement de la gestion des lignes de transmission. Ils reçoivent des processus les messages à transmettre, mettent ceux-ci en file d'attente ou en forçage immédiat de la scrutation cyclique des stations sur la ligne correspondant à l'adresse TEDI, organisent le cadencement des questions et des

réponses, et mettent en buffet les réponses avant de les transmettre aux processus demandeurs.

Initialement écrits en assembleur du fait des exigences de rapidité, ils sont écrits aujourd'hui en C sur des PC UNIX : il s'agit de gérer (pour l'ensemble de Marius) environ 300 questions et réponses toutes les 6 secondes, en tenant compte du délai de réponse de l'équipement, inférieur à 50 ms, et de leur vitesse efficace, de l'ordre de 900 Bds pour les SOL2, et compte tenu également du rattrapage des erreurs de transmission : La temporisation en cas de message non-acquitté est de 100 ms. Outre les messages TEDI LCR, les frontaux de communication reçoivent, via le réseau Ethernet, des Messages de Service de gestion et de configuration. La gestion des communications avec les équipements de terrain reliés par téléphone est la même, enrichie d'une couche de gestion des appels (n° de téléphone de l'équipement distant, vérification de la mise en communication et du raccroché). Une ligne est dédiée aux appels entrants : un équipement relié par téléphone peut, s'il est configuré en alarme, appeler le PC (cas de la transmission de secours pour les tunnels).

2.5.3. Bilan A7

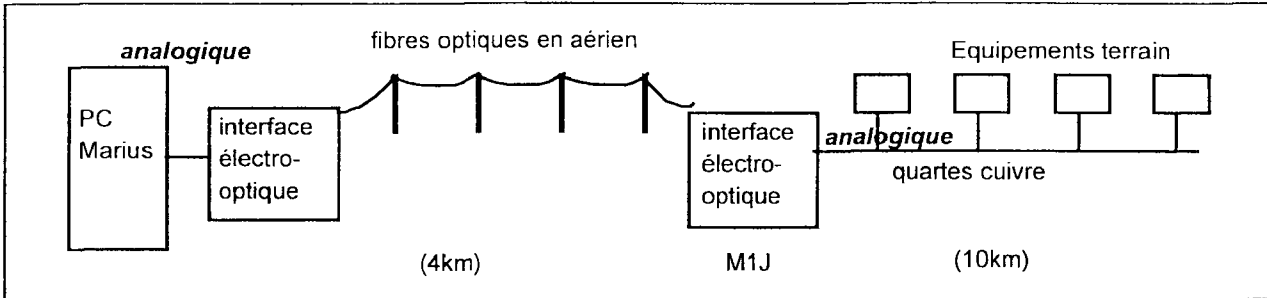
La chose importante à noter est que TEDI et quelques modems multipoints en bande de base forment un bus de terrain adapté à des échanges fréquents. L'ensemble de la chaîne de transmission est tel que chaque session est très courte et qu'une demande urgente est immédiatement servie (à quelques millisecondes près). Les erreurs de transmission sont traitées dans les 150ms. Il serait intéressant de comparer les performances de cette architecture à d'autres architectures utilisant d'autres standards, à service égal (200 sites proposant chacun environ 30 valeurs, émises à 900 octets par seconde, toutes les 6 secondes, entrecoupées de commandes forcées). La même rapidité de transport est obtenue avec le réseau de données optique utilisé pour piloter les caméras en même temps que pour les autres équipements sur d'autres secteurs. Cette rapidité est nécessaire du fait de la mise en œuvre de nouvelles caméras ayant des vitesses de rotation allant jusqu'à 360 degrés par seconde (soit 36 degrés en 100 ms).

2.6. RESEAU PROVISOIRE SUR A51 (1996-1999)

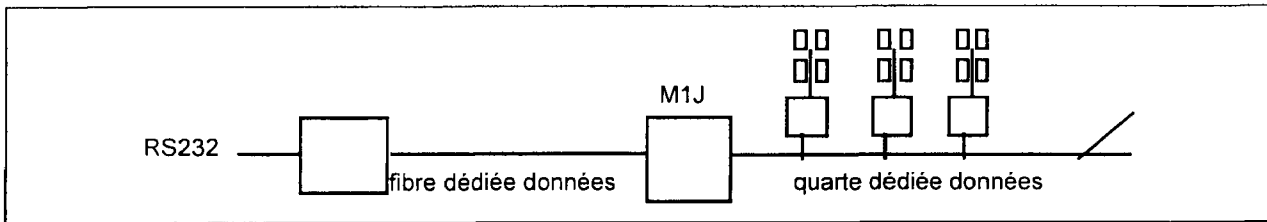
Cette opération a été réalisée dans un contexte provisoire. Il s'agissait d'assurer au mieux la surveillance des trafics sur 4 km en amont de la zone de travaux (passage de 2x2 à 2x3 voies) et la vidéosurveillance de la zone de travaux longue de 4 km. L'équipement définitif de cette zone sera réalisé en 1999. Il semble intéressant de présenter la réalisation provisoire.

2.6.1. Supports physiques A51

L'artère de transmission est sur câble à fibres optiques, en aérien entre le PC de Septèmes et la station M1J. Elle est en câble cuivre au-delà. Les fibres installées sur A51 sont monomodes et conditionnées dans un câble aérien avec porteur.

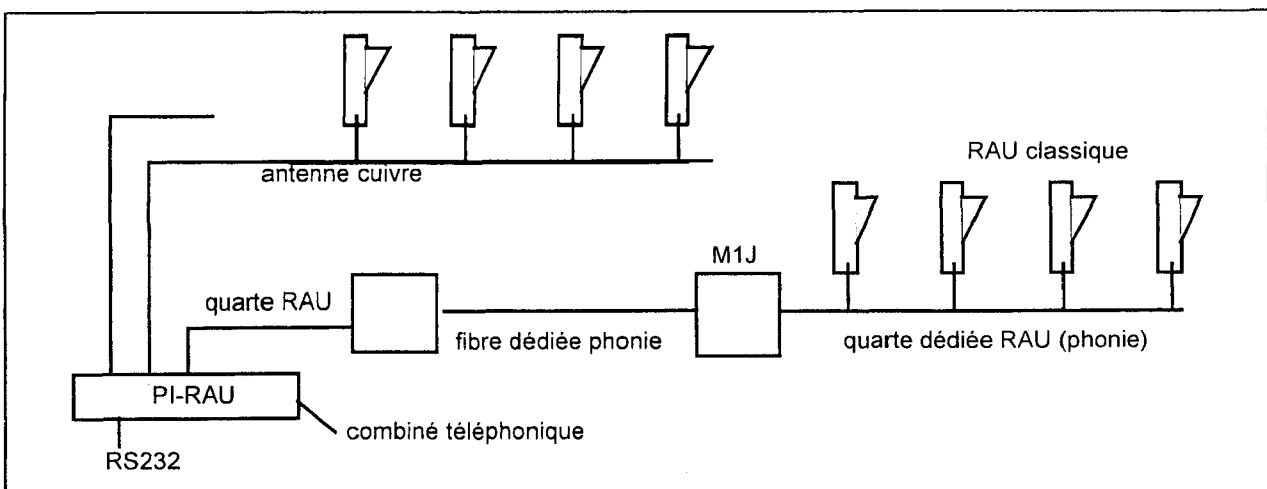


2.6.2. Réseau de données A51



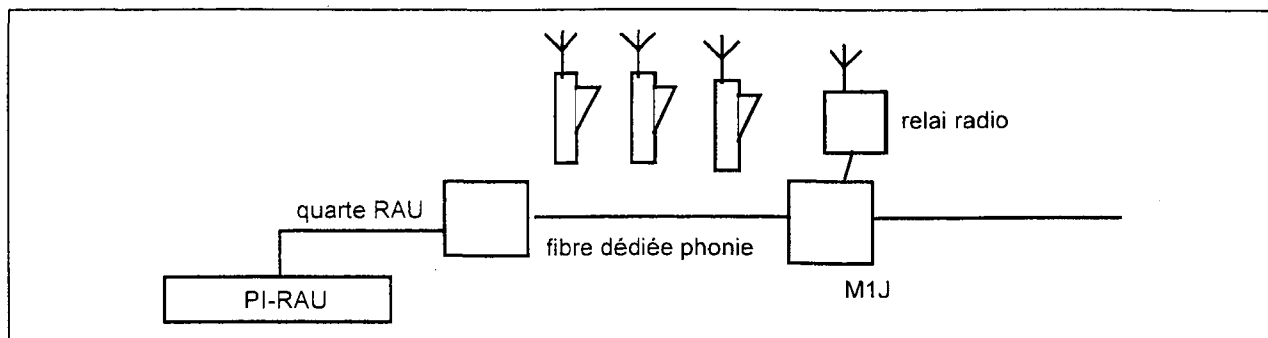
Les recueils de données et les PMV sont en bus sur une quarte cuivre. Les données sont transmises sur une fibre dédiée. L'ensemble est acheminé par une liaison électro-optique point à point entre le PC de Septèmes et M1J, de marque Connectinfo.

2.6.3. RAU A51



Le RAU lointain est sur une antenne cuivre classique. Le signal phonique est transmis sur une fibre dédiée et est restitué au Pilote Informatique de RAU du PC sur une quarte cuivre comme une antenne cuivre classique. Les signaux BF et la phonie RAU sont acheminés par

une liaison électro-optique point à point entre le PC de Septèmes et M1J, de marque Connectinfo.



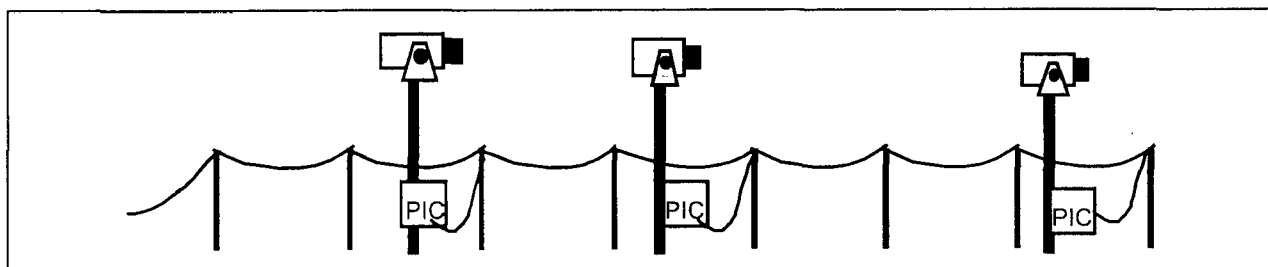
Le RAU entre le PC de Septèmes et M1J est constitué de bornes radio et de bornes classiques au-delà.

Bilan du RAU radio

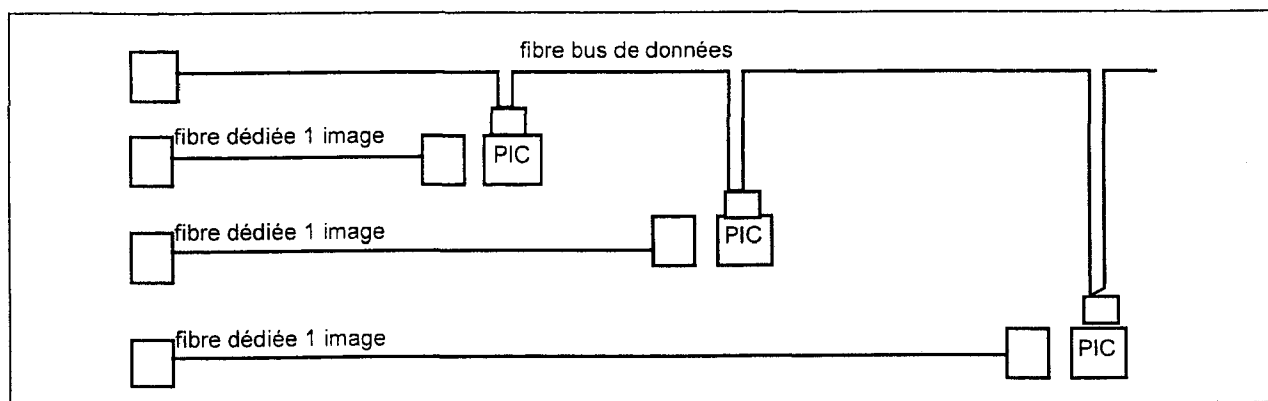
Le système, mis en place pour assurer la sécurité pendant une période de gros travaux, a permis de déplacer les PAU au gré des exigences du chantier. Techniquement, l'ensemble reste fragile. On se languit, comme on dit en Provence, de voir apparaître sur le marché des PAU en technologie GSM. La solution est évidente, non seulement pour des situations provisoires, mais aussi pour le RAU traditionnel où la couverture en téléphonie cellulaire est toujours bonne sur les VRU et les autoroutes. Mais cela suppose une évolution forte des mentalités (Maîtres d'ouvrage, exploitants et bureau d'études), et probablement la mise en œuvre d'un canal réservé aux urgences chez tous les opérateurs de téléphonie cellulaire (le problème est probablement à l'étude à haut niveau interministériel).

2.6.4. Caméras A51

Les caméras sont implantées au pied des supports du câble aérien à fibres optiques :



Le câble est ouvert à chaque caméra. Le faisceau de fibres est éclaté à l'intérieur de l'interface en boîtier semi-étanche pour dériver la fibre vidéo (une fibre par caméra) et la fibre du bus de données de télécommande. Les fibres non utilisées sont maintenues en continuité :



Les images vidéo sont acheminées à raison d'une image par fibre par une interface de marque Radiall. Les commandes de caméra sont transmises sur un double bus optique de marque Connectinfo.

2.6.5. Bilan du réseau provisoire sur A51

Même si cette réalisation à caractère provisoire a souffert d'une prestation d'ensemble un peu faible, les choix techniques sont validés, en attendant de vérifier la tenue au vieillissement. Le câble aérien à fibre optique (en dehors de sa pollution visuelle) a conservé son bilan optique nominal après pose. Le passage en coupure du câble dans les boîtiers étanches peut apparaître comme une solution légère. Il est probable que cette solution sera conservée pour la phase définitive (appel d'offre en cours).

En transmission de données, les transferts modaux inhérents à la succession cuivre-optique-cuivre ont nécessité le rajout d'octets de remplissage en tête de chaque message. Il n'est pas évident que tous les protocoles de transmissions soient prémunis contre les effets de transferts modaux⁴.

En transmission phonique, l'ajustement des niveaux électriques et des niveaux optiques n'est pas évident. Il existe donc des risques sur des longues distances avec des bilans optiques faibles.

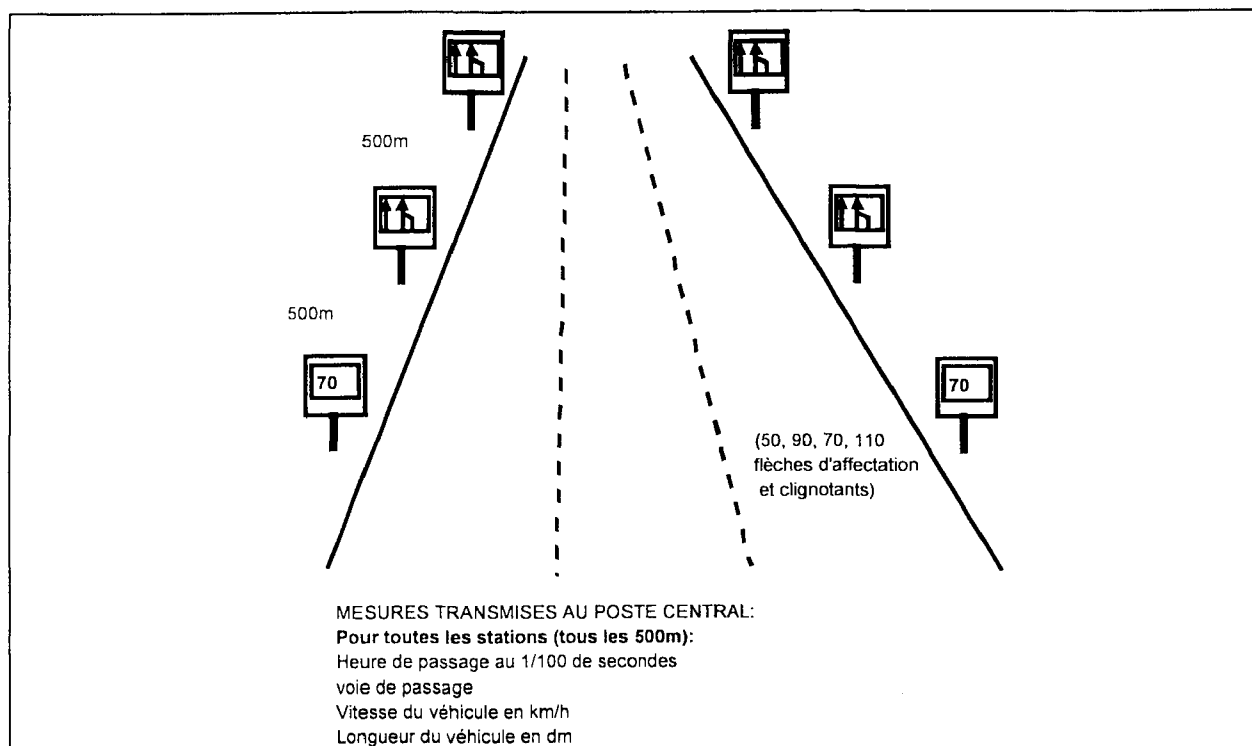
La transmission vidéo, en point à point sur fibre, ne pose pas de problème.

⁴ Avec la complexité croissante des réseaux, il est de plus en plus fréquent de constater des altérations dans les données au niveau des en-têtes, le plus souvent dues à des configurations erronées ou insuffisantes.

2.7. RESEAU A50 (1998-...)

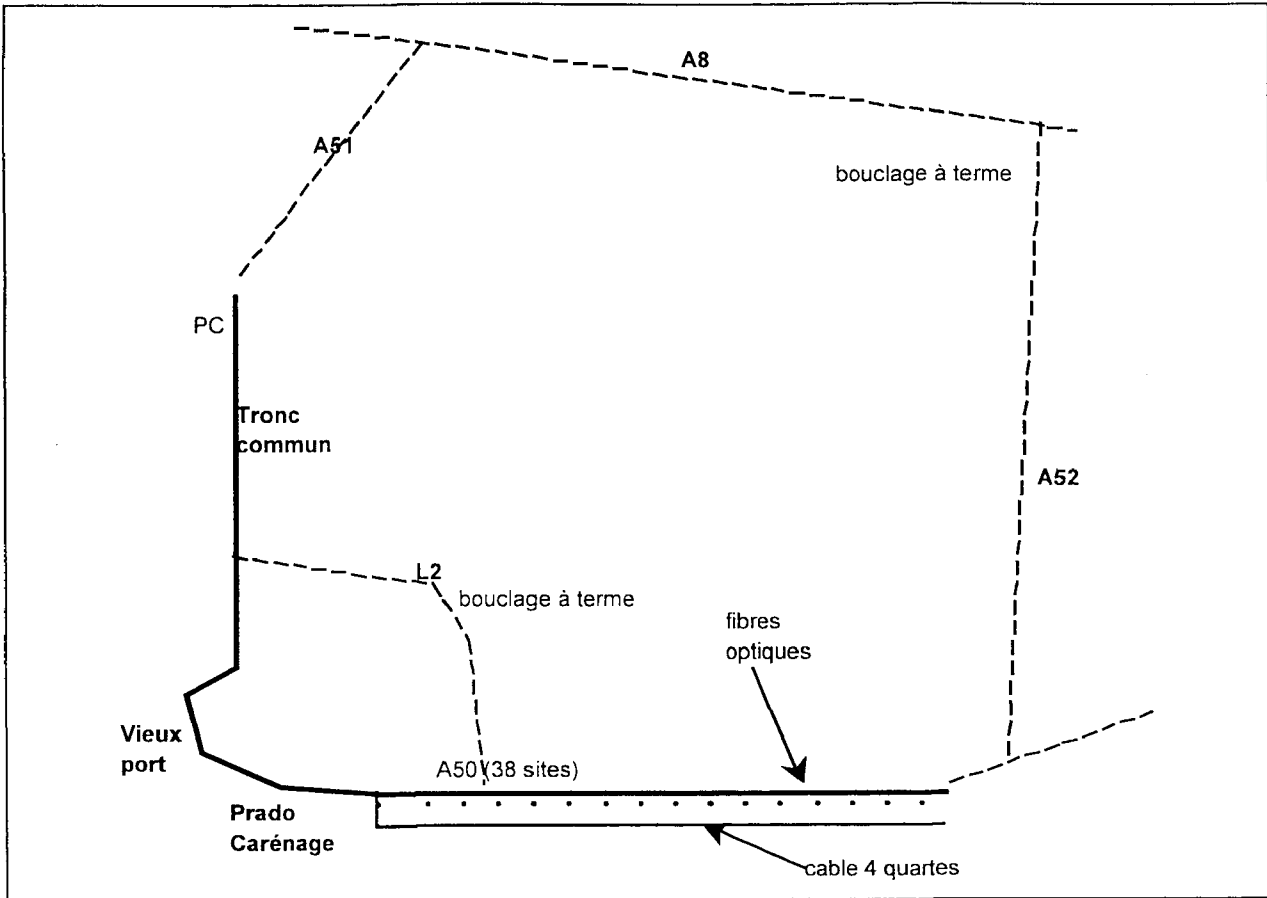
2.7.1. Supports physiques A50

Le secteur A55 se trouve de l'autre coté de Marseille, à 20 km environ du PC. Le secteur A50 reprend les principes du secteur A7 Tronc commun, en remplaçant les portiques de signalisation variable par des couples de panneaux rive et TPC :



La première partie du réseau est un câble à 20 fibres monomodes en tube, entre le PC et l'entrée du tunnel sous le Vieux port (Ville de Marseille).

La deuxième partie est un câble à 70 fibres partagé entre la Ville de Marseille et le Tunnel Prado-Carénage (concession privée).



Le réseau proprement dit commence à la sortie du tunnel Prado-Carénage, jusqu'à Aubagne, à la limite de l'autoroute concédée à Escota. Le câble cuivre existant sur ce secteur a été conservé pour maintenir le RAU en l'état.

2.7.2. Réseau de données A50

Le réseau de données est constitué du réseau numérique RLIS2 (société SAT) pour tous les équipements. Le site central est au PC de Septèmes. Le premier site est à la sortie du Tunnel Prado-Carénage. Les autres sites sont espacés tous les 500 m.

Les 38 sites du secteur sont répartis sur le même couple de fibres, alternativement sur 7 canaux à 19,2kbit/s, que l'on retrouve sur 7 prises RS232 au PC.

Dans chaque site, la carte interface électro-optique offre jusqu'à 4 liaisons RS232, permettant la connexion de 4 équipements différents TEDI-LCR, en général une station SOL2 pour chaque sens et un PI-PMV pour chaque sens.

Les échanges sont conformes au protocole TEDI, avec le Langage LCR. Le RLIS encapsule tous les messages, de telle sorte que le réseau soit totalement transparent entre le PC et les équipements.

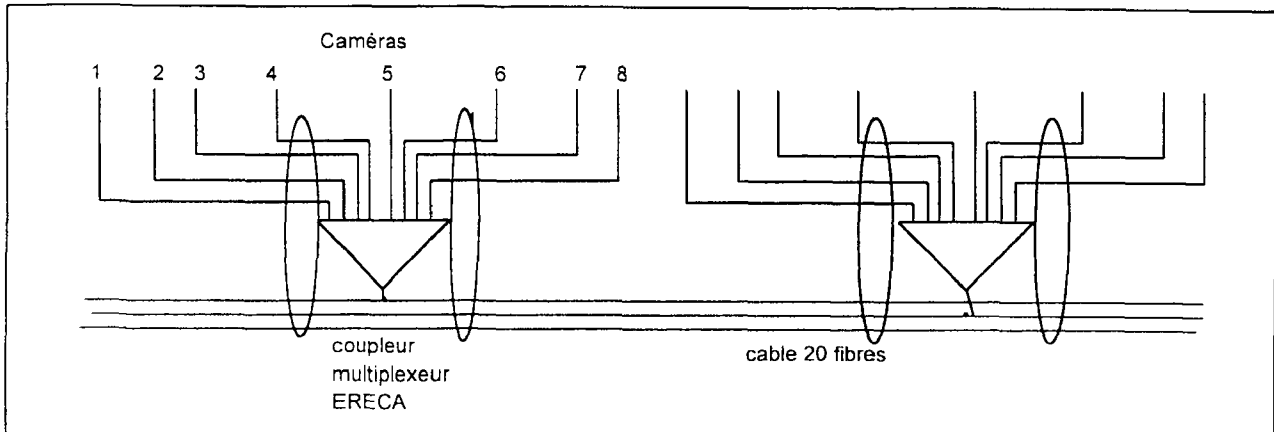
Le PC voit ainsi 7 réseaux multipoints où chaque équipement reconnaît son adresse (TEDI) dans les messages qui lui sont adressés.

2.7.3. RAU A50

Les PAU sont sur quarte cuivre jusqu'au début du secteur. Le signal phonique (qui supporte aussi les télécommandes) est converti en optique sur le RLIS où il occupe 2 canaux. Le signal phonique est restitué sur quarte cuivre au PC en entrée du PI-RAU sur une carte antenne. Là encore, le RLIS est totalement transparent entre le PC et les équipements.

2.7.4. Caméras A50

Les télécommandes des 32 caméras sont toutes acheminées en bus sur un seul canal à 19,2kbit/s. Les images sont multiplexées au niveau de sites concentrateurs, à raison de 8 images par fibre :



Les signaux analogiques sont injectés en analogique dans les coupleurs de marque ERECA, qui les numérisent (sans compression) et les acheminent optiquement jusqu'au PC ou elles sont restituées sous forme analogique.

2.7.5. Bilan A50

La gestion des transmissions est totalement identique à celle des transmissions du Tronc Commun (modems cuivre multipoint) et à celle des transmissions RS232 directe (sans modem) avec les équipements TEDI-LCR du PC (à savoir : matrices de commutation vidéo, PI-RAU et Pilote Informatique d'environnement).

La consultation des entreprises pour la fourniture des transmissions sur A50 orientait les industriels vers un réseau intégré type ATM ou autre standard. Aucune offre n'a été faite dans ce sens. Seuls des réseaux propriétaires et disjoints, comme ci-dessus, ont été proposés. Il est possible qu'en 1999, les offres en ce sens soient désormais possibles.

2.8. RESEAU PROJETE SUR A51 (1999 - ...)

La nouvelle partie à 2 x 3 voies devrait être équipée en 1999 avec une généralisation des principes de transmission. Une nouvelle étape technologique est franchie : Le Réseau local à fibre optique (RLIS2) est étendu vers Aix et prend en compte tous les équipements de terrain, y compris les PAU de façon individuelle. A terme, ce réseau pourra se boucler sur Aubagne, contribuant ainsi à la sécurisation de l'ensemble.

Les Postes d'Appel d'Urgence sont intégrés sur le RLIS à fibre optique : Chaque PAU principal est relié à l'abri le plus proche. Le signal analogique est introduit sur un des circuits virtuels du réseau Il est restitué de façon analogique au PC, sur une carte antenne du PIRAU.

Bilan A51 (99-...)

Le réseau projeté sur A51 est le premier à être sans câble cuivre (hormis les connexions propres à chaque site).

2.9. RESEAU SUR L2 (1992 - ...)

Le réseau sur L2 est semblable au réseau A7-A55.

S'agissant d'un tunnel, Le Pilote Informatique de Tunnel est aussi un équipement TEDI-LCR. Ce PIT pilote de façon autonome les équipements de sécurité du tunnel (environ 500 commandes, ou états "tout ou rien", ou mesures 4-20mA).

Le PC supervise cet équipement toutes les 6 secondes.

En cas de rupture de la transmission principale, le PIT prend l'initiative d'appeler le PC par téléphone. Celui-ci reprend la supervision en mode dégradé.

Il n'y a pas de réseau de terrain fédérant les capteurs et actionneurs à l'intérieur du tunnel. Les équipements de sécurité sont connectés sur paires téléphoniques dédiées.

Le principe est appliqué identiquement pour le tunnel des 13 Vents sur A55.

A terme, 3 autres tunnels et 3 bassins de rétention des eaux seront gérés selon les mêmes principes.

2.10. OUVERTURE DE MARIUS VERS L'EXTERIEUR

2.10.1. MI - Module d'Intercommunication national

Le réseau X25 sert essentiellement à l'échange de données entre le Module d'Intercommunication du PC, appelé MI-Marius et le MI du CRICR.⁵ Toutes les 6 minutes, Marius transfère les débits et les vitesses moyennes 6 minutes de toutes les stations configurées pour cet échange (quelques dizaines). L'échange Marius-MIMarius se fait d'une sortie RS232 du frontal vers une entrée RS232 du routeur X25.

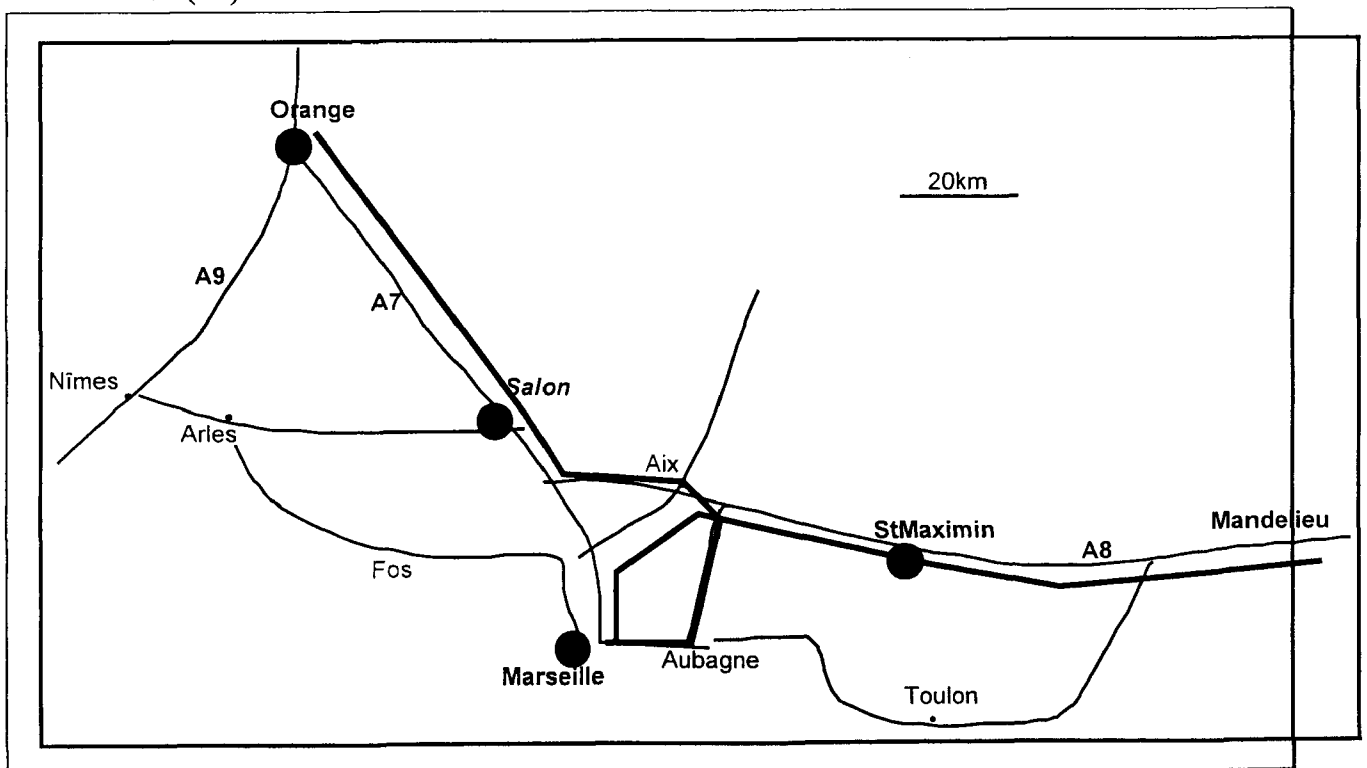
En 1991, le MiMarius avait été prévu pour assurer tous les échanges avec les partenaires extérieurs de Marius. Ses fonctions de base de données locales et de serveur sur demande ou sur abonnements étaient prévues autant pour les données de trafic que pour les événements routiers. Aujourd'hui, le MI ne sert qu'au transfert des données de trafic avec les autres MI.

En 1999, le MI1 sera remplacé par le MI2 équipé d'une passerelle de compatibilité ascendante avec le MI1

2.10.2. CORTAIX

Cortaux est une opération d'échange Voix Données Images par réseau SDH à fibre optique (société SAT), entre le PC de Septèmes et le Siège de la DDE (où se trouve la Salle Opérationnelle activée en période de crise) et les PC de la Ville de Marseille, d'Escota et ASF.

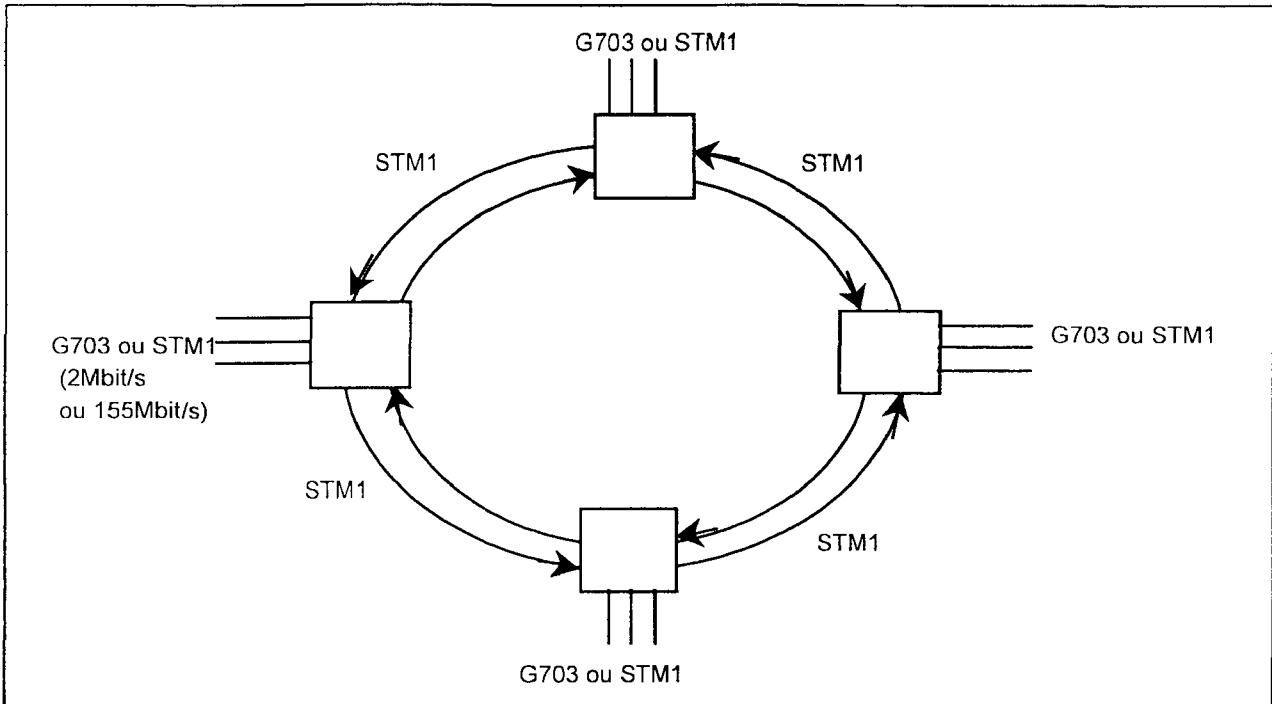
Depuis novembre 98, les PC Escota de St Maximin (83) et ASF de Salon de Provence (13) sont reliés. A terme, les correspondants les plus éloignés seront les PC d'Orange (84) et de Mandelieu (06).



Dans certaines configurations, les échanges devront se faire sur une distance de 200 km, entièrement sur fibre optique. L'objectif est d'assurer des liaisons "voix données images" entre tous les partenaires, en limitant à 2 le nombre d'images simultanées émises par chacun

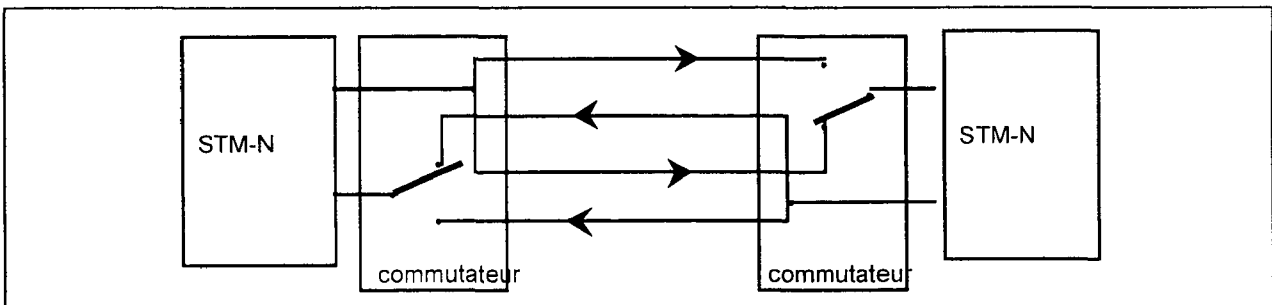
⁵ Les MI1 et MI2 sont des produits réalisés sous tutelle de la DSCR pour le Système National de Recueil de Données.

des partenaires. Le réseau peut donc acheminer 8 images, sans se préoccuper du sens de la transmission. Les images sont mises dans une trame SDH au départ du PC émetteur. Dans chaque PC partenaire, une matrice de commutation d'image numérique assure la gestion locale des images au premier niveau. Un codeur/décodeur permet de s'interfacier avec les systèmes analogiques existants.

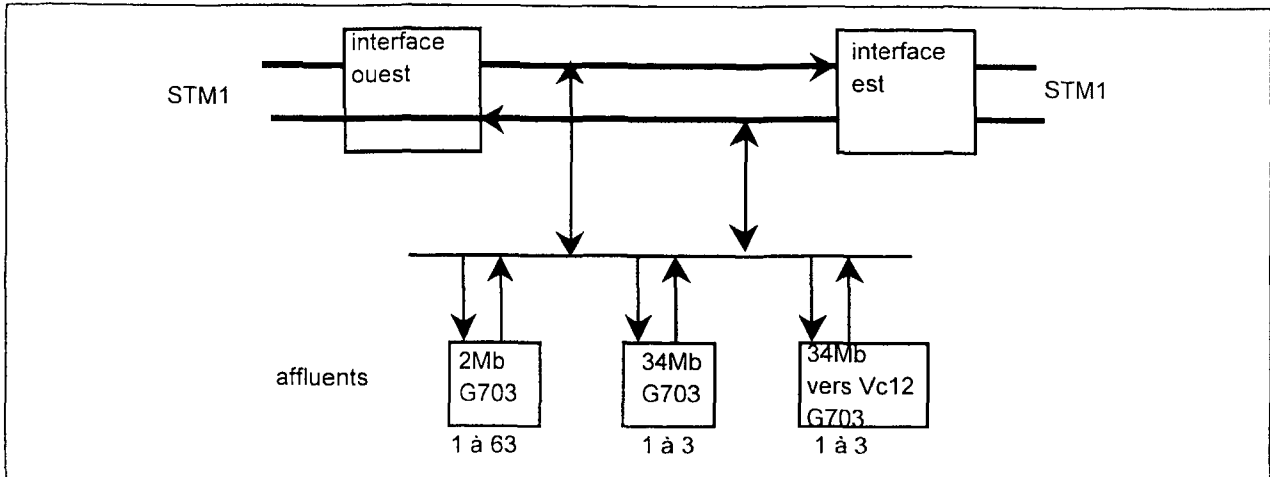


Le réseau accepte différentes topologies : point à point, multipoint ou anneau. Un réseau point à point doit pouvoir évoluer vers un réseau multipoint et vice-versa et, un réseau multipoint doit pouvoir évoluer vers un réseau en anneau et vice-versa.

En clair : un équipement peut être ajouté ou retiré à n'importe quel point du réseau. Les chemins d'accès sont redondants :



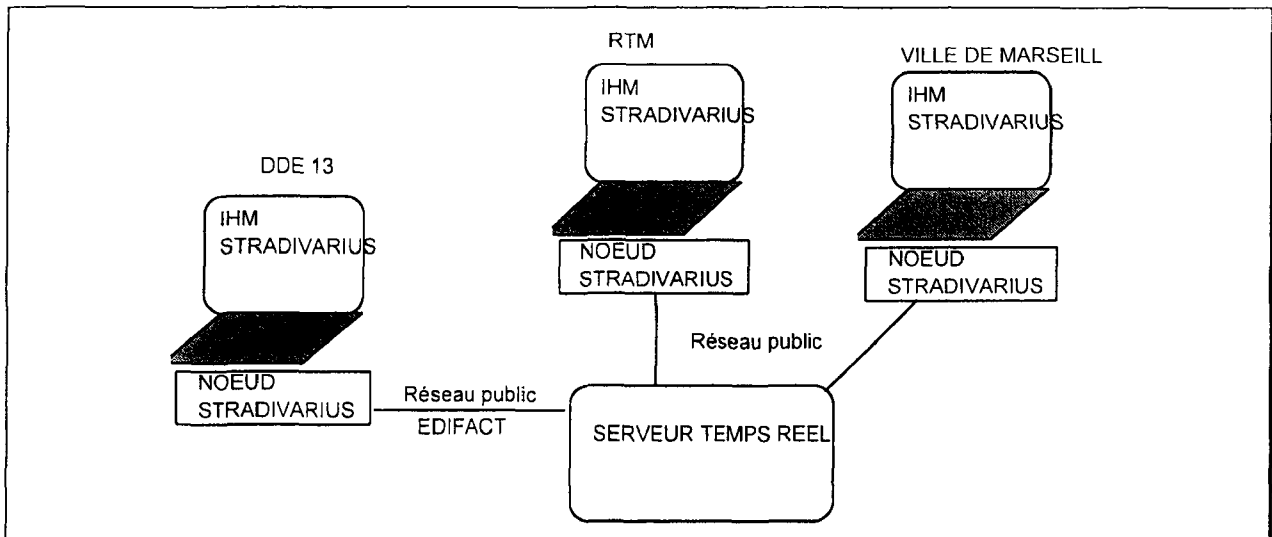
Les équipements permettent les configurations suivantes :



Une interface 2Mbit/s est connectée à l'un des VC12 de l'équipement SDH à 155Mbit/s. Le réseau doit satisfaire les recommandations correspondantes du CCITT. En particulier, il peut être géré à partir de n'importe quel point d'entrée. Le système de multiplexage permet, dans chaque site, d'insérer / extraire jusqu'à 30 accès voix et /ou données à 64ko dans une trame à 2Mbit/s.

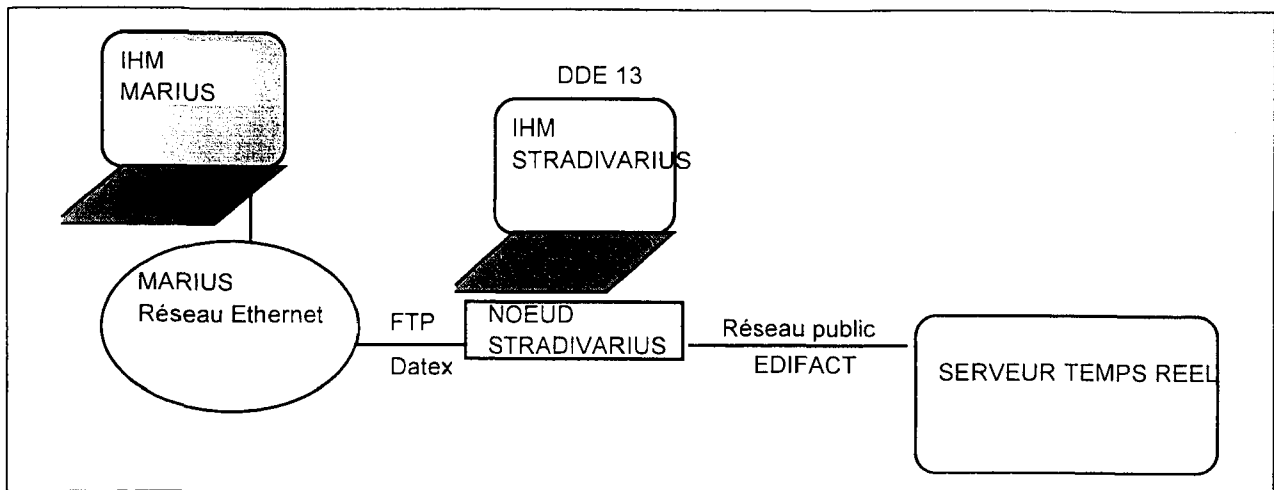
2.10.3. Stradivarius

Stradivarius est une opération d'échange de données événementielles et de données de trafic selon un dictionnaire formalisé dans le cadre d'un projet européen. Les partenaires sont la DDE, la Régie des Transports de Marseille (RTM), la Ville de Marseille, la SNCF, la Ville d'Aubagne et le Conseil Général.



Chaque partenaire du réseau Stradivarius dispose d'une machine dédiée (société STERIA), avec synoptique d'affichage et fenêtres de saisie. L'opérateur saisit un événement et ses attributs. Stradivarius convertit cette saisie en éléments du dictionnaire DATEX puis convertit ce message en langage EDIFACT orienté routier qui s'accommode du protocole X25 ou autre pour être émis vers un serveur, appelé "serveur temps réel". Ce serveur retransmet l'information aux partenaires abonnés, qui effectuent la double traduction inverse et l'affichage sur leur synoptique.

En 1999, les événements routiers connus de Marius seront automatiquement communiqués par FTP sur le réseau local Ethernet de Marius. Ces événements seront traduits par Marius en éléments du dictionnaire Datex.



A terme, L'interface Homme Machine de Marius affichera aussi les événements routiers créés par ses partenaires. En attendant, les données en provenance de l'extérieur sont affichées sur l'écran Stradivarius.

Bilan Stradivarius

Ce bilan reste à faire. A la lueur des services que l'on va progressivement trouver sur Internet, Il faudra mesurer l'efficacité et l'utilité de la double traduction, y compris au niveau de la localisation des événements, du transport de blocs de données numériques issues de tableaux à 2 ou 3 dimensions (et du transport des images ou de la vidéo, qui ne sont pas prévues à ce jour).

2.10.4. Bilan des systèmes interconnectés

Les systèmes interconnectés sont ballottés par les vagues technologiques et administratives.

Plus un système semble complexe, plus sa conception est centralisée.

Plus un système est centralisé, plus il échappe à la simplicité.

MARIUS s'adapte tant bien que mal :

Il faut localiser les événements de 7 manières différentes :

Axe, PR, sens réels sur le terrain.

Axe, PR, sens tels qu'ils sont encodés dans Géomarius.

Longitude, Latitude en Lambert 2 étendu (issues des fichiers nationaux).

Longitude, Latitude corrigée en Lambert 3 (sud de la France).

x,y de représentation sur le synoptique.

Table nationale des points RDS.

Table locale des points RDS.

Il faut coder la langue française en Datex marseillais (dans l'attente d'un Datex français puis d'un Datex européen), à destination de machines qui doivent faire l'inverse.

L'ensemble aboutit à une architecture complexe qui ne devrait pas résister longtemps à la technologie Internet Java.

2.10.5. Réseau téléphonique public

Marius gère un ensemble de transmissions par le réseau téléphonique commuté (non-Numéris à ce jour).

Transmission de secours pour les tunnels

Lorsque la transmission principale est hors service, Marius est appelé par le PI-Tunnel en TEDI-LCR. Cet appel arrive, via un modem téléphonique, sur une des entrées RS232 du frontal spécialisées pour la réception des appels entrants. Après traitement de l'appel, Marius coupe la communication et appelle lui-même le PIT sur un port RS232 avec modem téléphonique dédié aux appels sortants pour continuer la supervision. (On rappelle que le PIT gère les équipements de sécurité du tunnel de façon autonome et automatique). En dehors de la procédure d'établissement de la communication, cette transmission s'effectue selon les mêmes règles que pour les autres équipements, en TEDI-LCR.

Interrogation téléphonique des stations "silhouette"

Quelques stations de recueils de données de trafic sont équipées de détecteurs d'essieux permettant de définir la silhouette de chaque véhicule et de créer une base de données locale. Cette base de données est interrogeable par téléphone (les clients sont le Point d'Appui Régional Siredo au CETE Méditerranée et la Cellule Départementale d'Exploitation et de Sécurité de la DDE13), grâce à des logiciels spécialisés (Mélodie, Arpèges). L'interrogation de cette base se fait sur le modem téléphonique intégré aux stations SOL2. Elle peut se faire pendant l'interrogation par Marius toutes les 6 secondes (sur le port modem externe).

Appels à garage

L'opérateur peut automatiser une procédure d'appel à garage automatique. Il lui suffit de placer sur la carte synoptique une icône spécifique et de saisir les attributs de l'événement "véhicule en panne" (type de véhicule, panne probable...). Marius détermine automatiquement l'axe, le point kilométrique et le garage de permanence sur le secteur. Il téléphone au garagiste. Celui-ci interprète la porteuse phonique (1000Hz) comme un appel du PC. Il connecte son Minitel sur lequel s'affiche la demande d'intervention, qu'il peut acquitter et imprimer.

Bilan des appels à garage

Les négociations sont en cours avec les garages pour l'acceptation de cette procédure un peu plus rigoureuse que les procédures actuelles.

Télécopie

Les opérateurs peuvent éditer des télécopies type et, émettre ceux-ci vers un ou plusieurs correspondants. Marius assure l'édition, l'émission et le suivi.

Télemaintenance

Par sécurité (maintien opérationnel et défense contre les intrusions), la télémaintenance est soumise à une procédure stricte : Elle ne peut s'établir qu'à l'initiative de l'administrateur du système, qui établit lui-même la communication à partir du PC. Les mises à jour à distance ne sont pas autorisées (chaque mise à jour fait l'objet de tests de non-régression impliquant la présence du mainteneur sur place).

2.10.6. Visioconférence

Un système de visioconférence permet d'être en liaison "Voix Données Images" avec des correspondants équipés d'un matériel identique, avec une simple connexion Numéris. Ce système est indépendant de Marius, sauf pour le routage des images vidéo (activation d'une image sur une sorte de la matrice de commutation d'image).

Bilan de la vidéoconférence

Le système semble fragile, mais offre une bonne qualité de l'image transmise, malgré la dégradation qu'elle subit pour être compatible avec un support de 2x64kbit/s et partagé avec la voix.

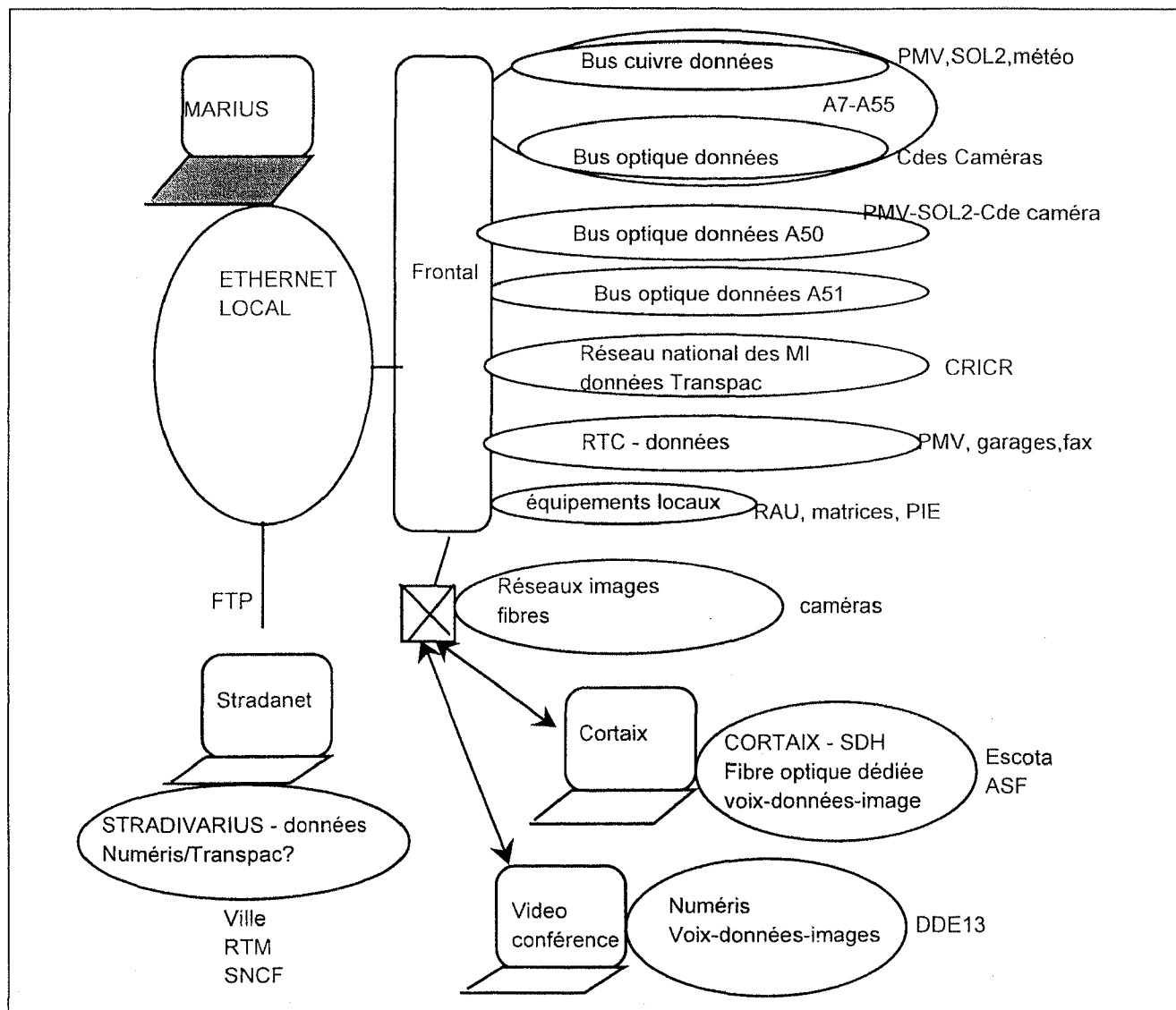
2.10.7. Radio-France Provence

Pour mémoire, un décrochage de la Station Radio est réalisé plusieurs fois par jour aux heures de pointe et lors des gros problèmes de circulation. L'opérateur du PC passe en direct à l'antenne, sur une simple ligne téléphonique Numéris.

3. ELEMENTS GENERIQUES

3.1. LES RESEAUX DE MARIUS EN1998

Différents types de réseaux cohabitent dans Marius :



- Les réseaux de terrain qui permettent de relier tous les équipements de terrain toutes les 6 secondes (secteur A7-A55, secteur A50, secteur A51, secteur L2).
- Le réseau des MI, qui permet au Ministère de collecter, par Transpac, les données de trafic partout en France.
- Le réseau STRADIVARIUS qui assure, par le réseau public les échanges d'informations routières avec d'autres exploitants (Ville, RTM...).
- Le réseau CORTAIX qui permet, par un réseau privé à fibre optique, des échanges "Voix Données Images" avec ESCOTA et ASF.
- La vidéoconférence qui permet des échanges "voix données images" avec la salle opérationnelle de la DDE, par une liaison Numéris.
- Le téléphone pour un décrochage avec radio-France-Provence.

3.2. TEDI

Toutes les transmissions de données se font selon un profil du protocole ISO1745 étendu, normalisé en France NF 66010 étendu en NF99302 et connu sous l'appellation TEDI, pour assurer à la transmission d'un message, formé par des caractères ASCII, les compléments suivants :

- *coexistence avec 2 modes de repli : mode TEST et mode TERMINAL ;*
- *définition de la structure d'adressage pour un fonctionnement compatible sur chaînon unique ou sur chaînons multiples,*
- *définition des restrictions ou limitations en procédures de reprise nécessitées par un environnement multipoint,*
- *définition des restrictions ou limitations nécessaires dans un environnement parasité et noyé dans du bruit (radio half-duplex, câble de grande longueur et de qualité moyenne, réseau RTC de qualité moyenne...).*

Les échanges se font par des questions sur l'initiative du PC invoquant des réponses formatées selon le code de commande fourni dans la question. Le PC est maître de tous les échanges. Dans certains cas, il a la possibilité d'autoriser l'équipement distant à prendre l'initiative d'un échange.

3.2.1. Bilan du protocole

Le protocole TEDI (NF-P-99-302) apparaît bien adapté à l'architecture et aux besoins des VRU : Nombreux équipements disséminés géographiquement et sous divers environnements de transmission, et interrogés périodiquement. Les équipements sur le terrain sont sous tutelle unique, sans nécessité de reroutage ni de sessions simultanées.

A noter que l'accès à un équipement de terrain peut se faire par différents chemins selon le maillage physique ou virtuel du réseau. Si l'architecture le nécessite, ce cheminement est traité par la couche "réseau" du protocole de communication choisi pour transporter les trames TEDI, lequel n'a pour but que de s'assurer que le message est parvenu en bon état au bon destinataire (couche "liaison"). C'est ainsi qu'un message sous protocole TEDI peut être encapsulé dans une autre enveloppe (un paquet X25, un réseau radio, une trame SDH, un réseau IP...). Le traitement des données jusqu'à leur présentation aux processus utilisateur est entièrement séquentiel. L'autosuffisance de TEDI permet à l'unité de gestion des transmissions de gérer tous les applicatifs du terrain dans un environnement logiciel unique. Le concept Question Réponse (client-serveur) a les avantages de sa simplicité. Le traitement séquentiel des transmissions est clair. Le diagnostic de la qualité de transmission se fait à l'aide d'un simple analyseur de transmissions asynchrones placé en espion de ligne. Les procédures de contrôle de liaison (1 bit de parité par octet + une checksum pour chaque trame, et numérotation des trames) et de reprise (3 tentatives conjuguées à un time-out de 150ms, pour un temps de réponse nominal de 50ms) donnent un taux de rejet de quelques trames par jour aux conditions normales (câbles et modems en bon état). La surcharge induite par le protocole pour chaque trame est seulement de 7 caractères de service, plus 3 caractères de préfixes de bourrage (temporisation logicielle réglable) pour compenser l'inertie des modems. A noter que les requêtes font en moyenne 15 caractères ascii et que les réponses font en moyenne 100 caractères ascii. Le service offert par TEDI apparaît optimal pour les applications qui nécessitent l'acheminement de nombreux messages courts en peu de temps dans un environnement limité par le câble cuivre à 9600bds, et sans dépasser plus de 70% de la bande passante du média : Marius recueille et pilote 200 sites toutes les 6 secondes, avec donc une réserve de capacité de 30%. A noter que la vitesse en sortie des stations de recueil de données (avant le modem) est de 900 octets par seconde au maximum (la technologie multitâche de l'époque ne permettait pas d'aller plus vite). De même, les modems de l'époque ne dépassaient guère 9600Bds. Par ailleurs, il serait dangereux de raccorder tous les équipements sur un support unique (voir le chapitre sur le bilan des câbles). C'est pourquoi une antenne de transmission ne regroupe qu'une quinzaine d'équipements. Le trafic généré par ces 15 équipements tient largement dans une bande passante de 9600Bds. La possibilité de gestion manuelle très simple du protocole (mode test et mode terminal) est largement utilisée par la maintenance, qui peut se faire soit en local, soit en distance en point à point, soit en distance en multipoint. Un simple terminal TTY, ou même un minitel 1 gratuit suffisent.

Lors de l'étude d'architecture pour l'extension de Marius à un nouveau secteur sur réseau entièrement à fibre optique, ce protocole a été conservé intégralement. L'existence au niveau Langage d'un "octet de statut temps réel" accompagnant chaque échange permet de détecter immédiatement les défauts de l'équipement distant sans charger la ligne par des tests périodiques (le détail éventuel du défaut fait l'objet de procédures séparées, transitant également sous TEDI).

3.2.2. Eléments pour le calcul de la capacité d'un bus

Il faut d'abord comprendre que dans le domaine du recueil de données SIREDO, un réseau à très haute performance (exemple 155Mbit/s) n'est pas plus efficace qu'un réseau à faible performance (exemple 9600 Bauds). Les stations SOL2 sont des stations multitâches temps réel équipées de processeurs déjà anciens (mais tout à fait satisfaisants encore pour pas mal d'années). L'émission d'un caractère se fait lorsque la station a épuisé toutes les tâches plus prioritaires de l'instant. Quel que soit le fabriquant, on constate que la vitesse maximale d'émission des caractères en sortie d'une station est voisine de 1000 caractères/secondes. Un média capable d'acheminer 155 Mbit/s ne pourra donc acheminer plus de 1000 caractères par secondes sur un canal. La deuxième limite est le temps de réponse de l'équipement distant. Ce temps de réponse peut être grevé :

- par un protocole bavard, dont le bavardage peut être nécessaire lorsque le message peut emprunter plusieurs chemins selon la complexité du réseau. C'est ainsi qu'un protocole IP n'offre pas de garantie de délai de livraison (court) du message applicatif dans un réseau très maillé avec de nombreux clients.
- par un équipement distant qui doit recevoir le message, vérifier son adresse (parfois complexe) et son intégrité, décoder la question et organiser la réponse avant de l'envoyer à un réseau qui n'est peut-être plus prêt à le transmettre dans l'immédiat.

Dans l'exemple ci-dessous, le lecteur verra que le protocole TEDI se réduit au strict nécessaire pour les caractères de service. Les caractères <NUL> servent aux modems cuivres, qui ont leur propre inertie.

Sur une autoroute à 3 voies, il passe au maximum

18 véhicules en 6 secondes sur un site.

En réponse à une commande "MI", le "HmVL" d'un véhicule est formaté hhhhmvvvlll, soit sur 11 caractères:

18 x 11 = 198 caractères pour 6 secondes de trafic

A 9600 bds, soit à 1000 caractères par secondes, il faut:

200 millisecondes pour transmettre la réponse.

Pour 15 stations ayant les adresses M8a, M8b..., placées sur le même bus, on aura le dialogue suivant:

Question à M8a:

<NUL><NUL><NUL><ENQ>M8aMI<ETX><SDC> : 10 ms

délai de réponse: 50 ms

Réponse:

<NUL><NUL><NUL><NUL>hhhhmvvvlll... 18 fois...<ETX><SDC>: 200 ms

délai pour passer à la question suivante : 10 ms

Total pour une station: moins de 300 ms

Question à M8b:

<NUL><NUL><NUL><ENQ>M8aMI<ETX><SDC>

...

Total pour 15 stations:

moins de 4,5 secondes,

soit une charge maximale de 75% si tout va bien.

En cas de non réponse, une temporisation de 100ms est introduite avant répétition de la question. On peut ainsi tolérer le traitement de plusieurs non-réponses (2 répétitions de la question avant inhibition de la station en cause) dans chaque cycle de 6 secondes.

3.3. LANGAGE DE COMMANDE ROUTIER EQUIDYN

La syntaxe et la sémantique des questions et des réponses forment un langage, aujourd'hui normalisé NFP99340, sous l'appellation LCR (Langage de Commande Routier) ou EQUIDYN (Equipement Dynamiques).

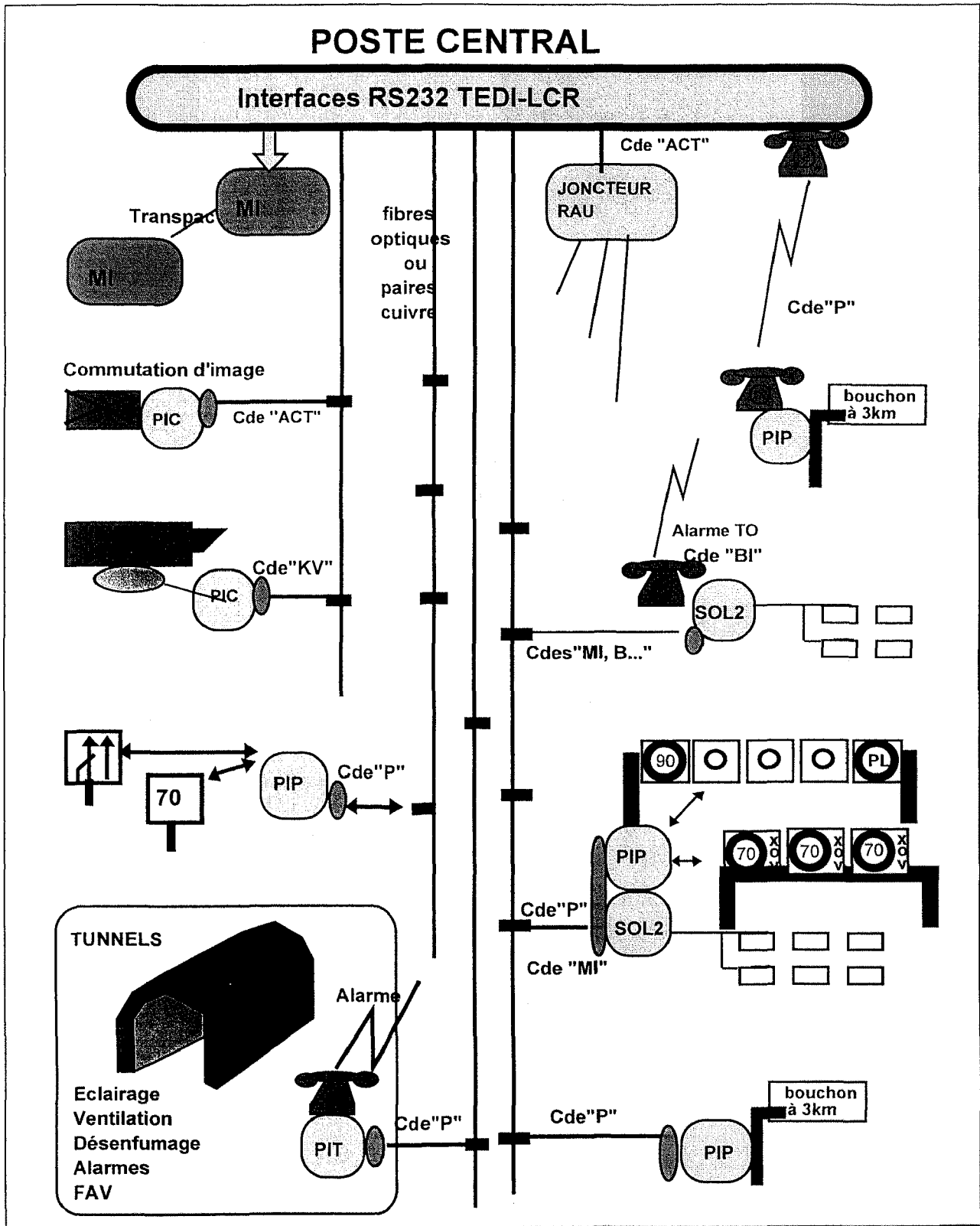
Les modules de commande des équipements distants interprétant le LCR sont appelés des Pilotes Informatiques :

- *PIP* : *Pilote Informatique de PMV*
- *PIC* : *Pilote Informatique de Caméra*
- *PIV* : *Pilote Informatique de matrice de commutation Vidéo*
- *PIT* : *Pilote Informatique de Tunnel*
- *PIR* : *Pilote Informatique de Réseau d'Appel d'Urgence*
- *PIE* : *Pilote Informatique de distribution Electrique*
- *PIM* : *Pilote Informatique de station Météo.*

3.3.1. Bilan du langage

La version 1991 du LCR a servi dans une large mesure à l'élaboration de la version 1998 du LCR aujourd'hui normalisé. Marius a conservé à ce jour la compatibilité totale avec la version 1991. On constate donc quelques carences que pourraient effacer la mise à jour des équipements avec la version 1998, en particulier la gestion des éclairages des PMV et le traitement des erreurs. On peut aussi espérer que les nouvelles générations de caméras mises en œuvre dans le cadre des extensions pourront amener à améliorer nettement la vidéosurveillance, en appliquant les nouveaux concepts développés dans la version 1998 du LCR.

L'unicité du Langage, quelle que soit la provenance des équipements de terrain est d'une utilité fondamentale pour la clarté du système (maintenance), et pour sa facilité d'extension (configurations, conception, évolutions fonctionnelles).



- Schéma général de Marius -

Face à la diversité et au nombre important (plusieurs centaines) des équipements distants, la mise en œuvre systématique du protocole TEDI et du Langage de Commande Routier simplifie considérablement l'architecture matérielle du système.

3.4. RLIS – RESEAU LOCAL A INTEGRATION DE SERVICES

En 1992 (pas plus qu'en 1997), il n'existait de standard reconnu et économique pour des réseaux Voix Données Images tels que ceux de Marius. Un premier appel d'offres a sélectionné le Réseau industriel SILEC (aujourd'hui SAGEM-SAT), nommé RLIS1. Sa fonction est limitée aux échanges TEDI-LCR.

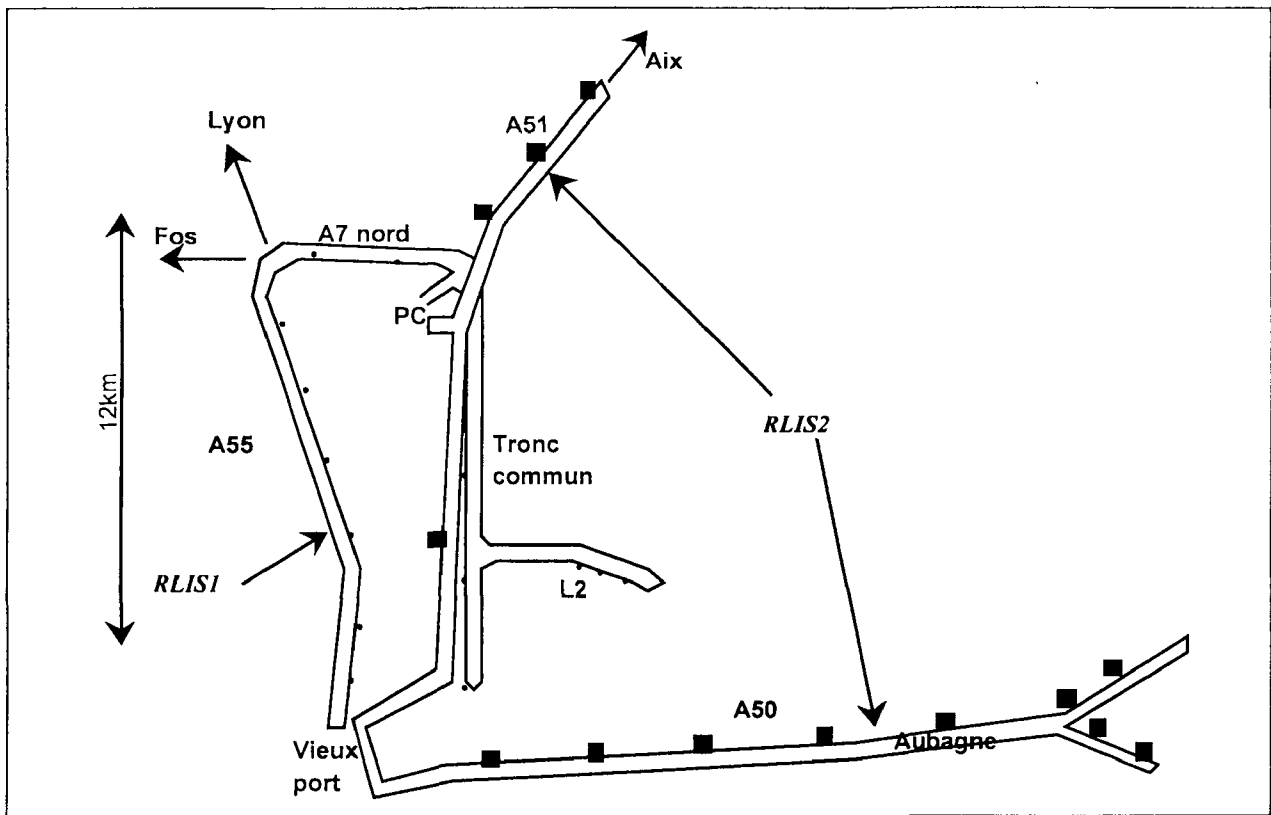
En 1997, l'appel d'offres A50 a sélectionné le RLIS version 2. Sa fonction est toujours de transporter du TEDI-LCR. Il est étendu à la phonie du RAU.

La première génération du réseau de données à fibre optique sert exclusivement comme bus de commande des caméras et fonctionne sur 2 fibres optiques multimodes en anneau :

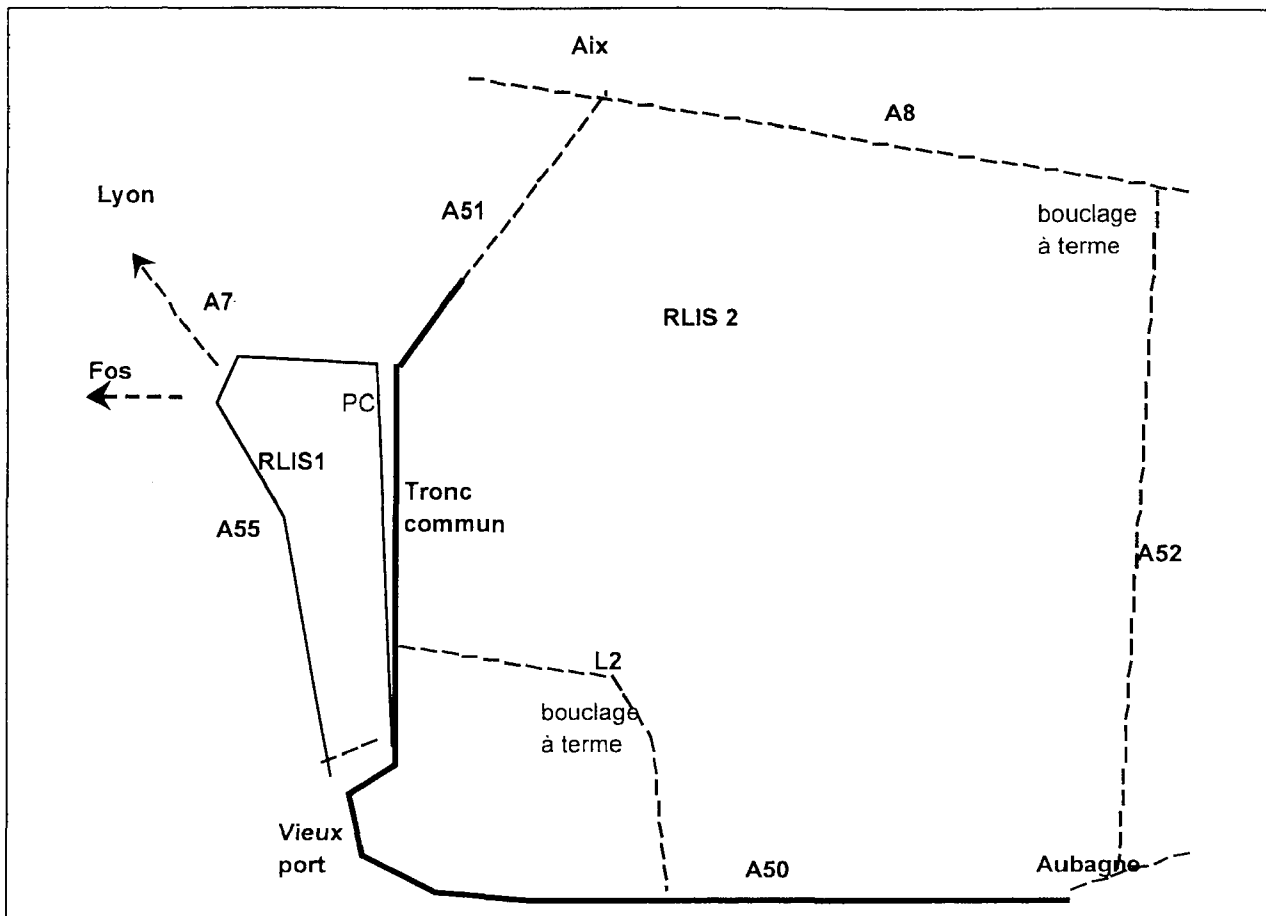
Une fibre aller,

Une fibre retour.

Le réseau RLIS1 est une boucle à plat unique pour A55, A7nord, le Tronc Commun et la rocade L2, soit une longueur totale (aller et retour) de 80 km.

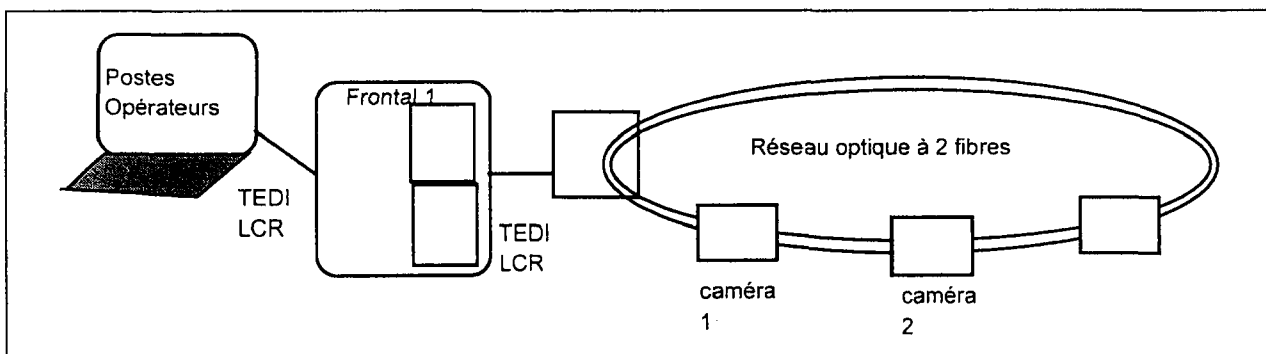


Le Réseau RLIS2 suit les mêmes principes : une boucle à plat unique pour A50 et A51. Plus tard, les boucles des RLIS pourront être transformées en anneau, introduisant alors une double sécurité (la sécurité actuelle au niveau de chaque site et la sécurité par double cheminement possible).

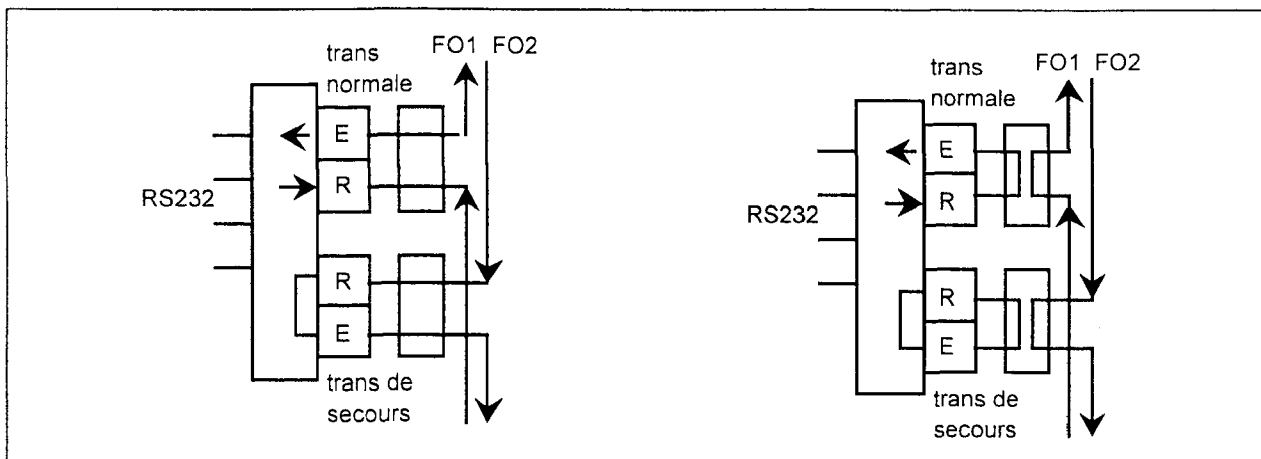


3.4.1. Principe

Le RLIS est interrompu à chaque site (tous les 500m) comme suit :

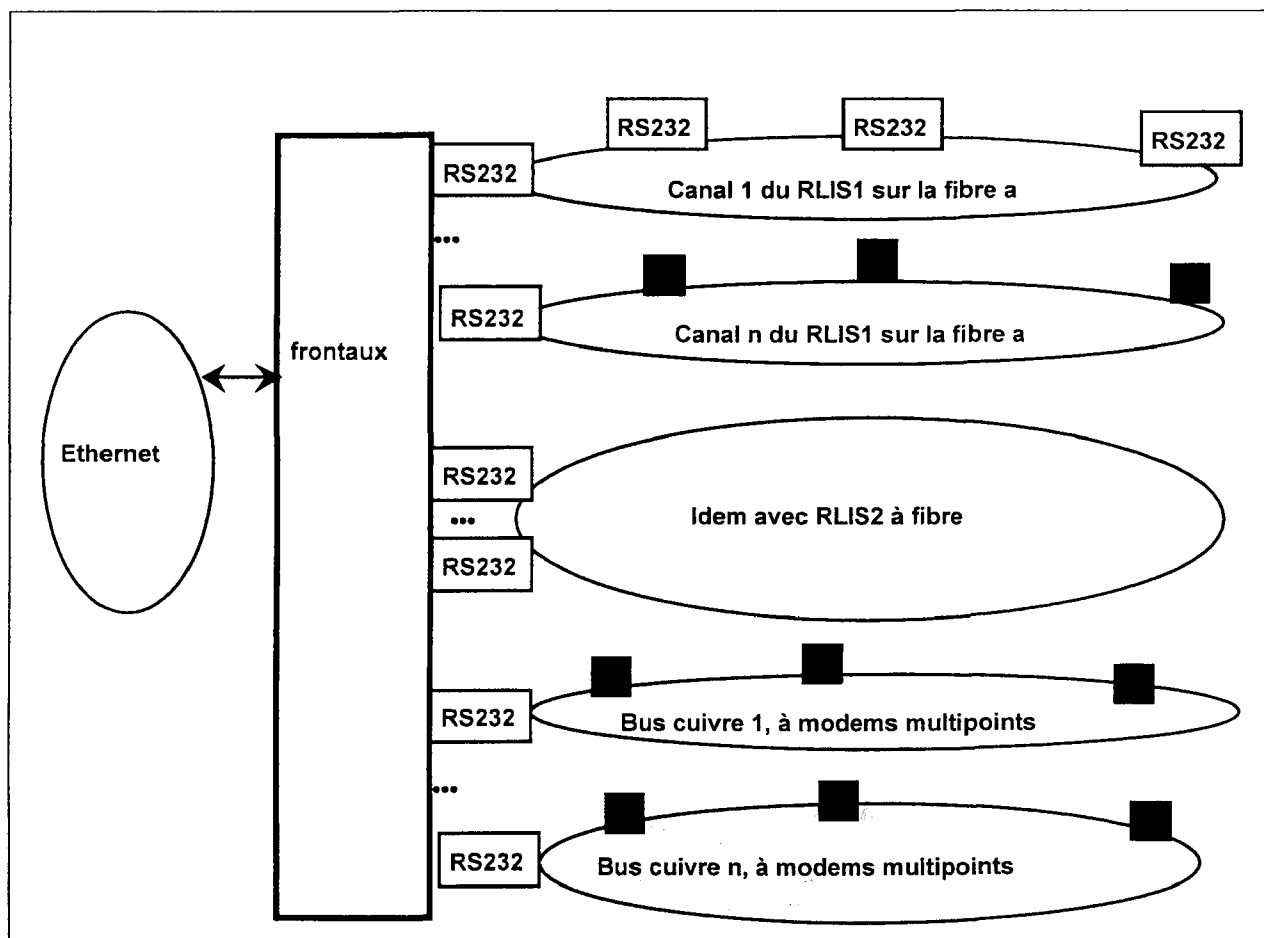


Le signal est régénéré à chaque site, avec une sécurisation : une panne sur l'interface électro-optique déclenche soit un passage sur la voie de secours, soit un by-pass à l'aide d'un relais optique passif assurant la continuité amont aval.



Vu du PC, le RLIS est transparent. Il assure, par configuration interne un circuit où des connexions RS232 sont simplement en multipoint, avec la gestion habituelle des signaux de service : un message LCR au protocole TEDI est reçu par tous les équipements connectés sur ce circuit. Seul l'équipement reconnaissant son adresse répond.

Le schéma ci-dessous montre que, sur la même fibre, le RLIS offre plusieurs canaux. Chaque canal est à considérer comme l'équivalent d'un bus cuivre avec des modems multipoints. Un canal dédié aux télécommandes de caméra ou aux PMV peut être connecté à un grand nombre d'équipements (plus de 100) Par contre, un canal dédié aux stations SOL2 ne peut être connecté qu'à une quinzaine d'équipements (voir le calcul des charges de transmission) :



Le débit total peut atteindre 1,25 Mbit/s avec 150 canaux offrant entre 9,6kbit/s et 76,8 kbit/s sur une longueur totale de 100 km.

3.4.2. RLIS2

Le RLIS2 est la deuxième génération du RLIS, avec des différences de performances et d'ouverture : Le débit total peut atteindre 16,5 Mbit/s avec 900 canaux offrant entre 19,2kbit/s et 2,048 Mbit/s sur une longueur maximale de 200km (portée maximale de 40km entre 2 stations). Il assume les standards suivants :

- *Interphonie, téléphonie analogique ou RNIS, minitel,*
- *RS232/422/485, états tout ou rien, mesures 4-20mA ou 0-10V,*
- *X25, X21 (interconnexion de réseaux distants hétérogènes Ethernet et Token Ring*
- *HDB3 (avis G703) à 2 048 Mbit/s.*

Un superviseur de réseau assure un fonctionnement du réseau indépendamment de la couche protocolaire TEDI de Marius, avec un suivi des configurations de réseau et une supervision des états station par station.

3.4.3. Bilan du RLIS1

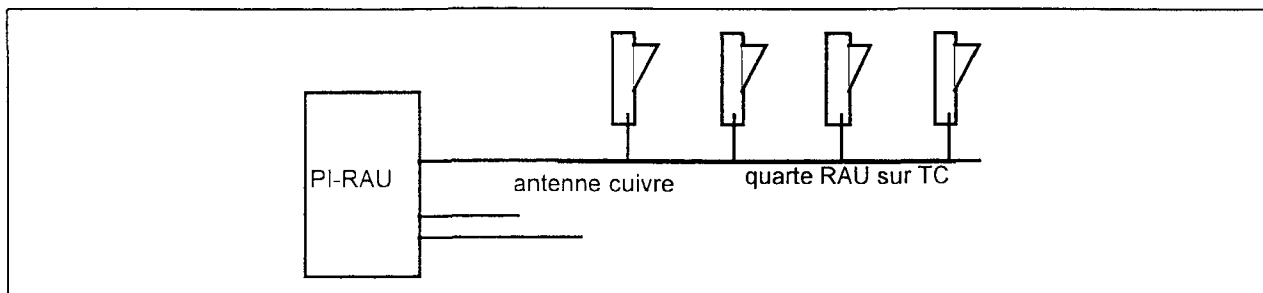
Actuellement, après 4 ans de fonctionnement, l'efficacité et la disponibilité du réseau sont satisfaisantes. A terme, une amélioration de la sécurisation est envisageable, avec mise en œuvre de fibres reliant les deux extrémités sud du réseau. Par ailleurs, il est possible de faire migrer des équipements actuellement sur réseau cuivre vers le RLIS. A noter que cette génération ne permet pas de situer facilement les défauts sur les fibres. Le diagnostic ne peut se faire qu'entre stations consécutives. Il n'a pas été jugé utile de créer des liens d'administration entre le RLIS et le frontal : un défaut du réseau est suffisamment explicité par les différents traitements de l'application (synoptique, analyse syntaxique des réponses...). La maintenance n'a aucune difficulté à distinguer un défaut du RLIS d'un défaut produit ailleurs dans la chaîne de transmission. Au niveau des interventions sur le câble optique, il apparaît qu'à rigueur égale, il n'est pas plus difficile de maintenir, raccorder, dériver un câble optique qu'un multiquartes cuivre.

3.4.4. Bilan du RLIS2

Il convient d'attendre quelques mois avant de faire le bilan de cet équipement installé fin 1998. A noter que ce réseau supporte des trames SDH, par exemple pour des images vidéo compressées. Cependant, compte tenu du retard non négligeable dû aux algorithmes de compression (0,5 à 1 seconde), cette solution est jugée incompatible avec les exigences de l'exploitation : l'opérateur exécuterait ses commandes manuelles sur des images vieilles d'une seconde, conduisant à une imprécision d'autant plus grande que la vitesse de rotation est grande et que le zoom est étroit.

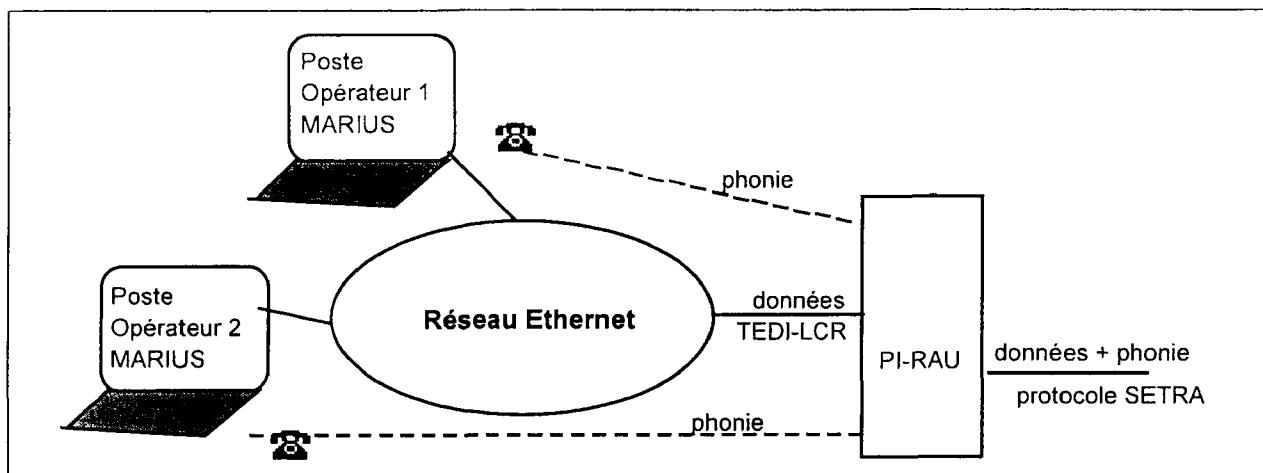
3.5. RAU

Les PAU du secteur sont connectés sur une quarte cuivre dédiée, branchée sur une carte antenne du PI-RAU. Le PI-RAU est la partie joncteur du Poste de Centralisation des Appels. L'autre partie est le Poste Opérateur, intégré avec les autres fonctions de l'interface Homme-machine.

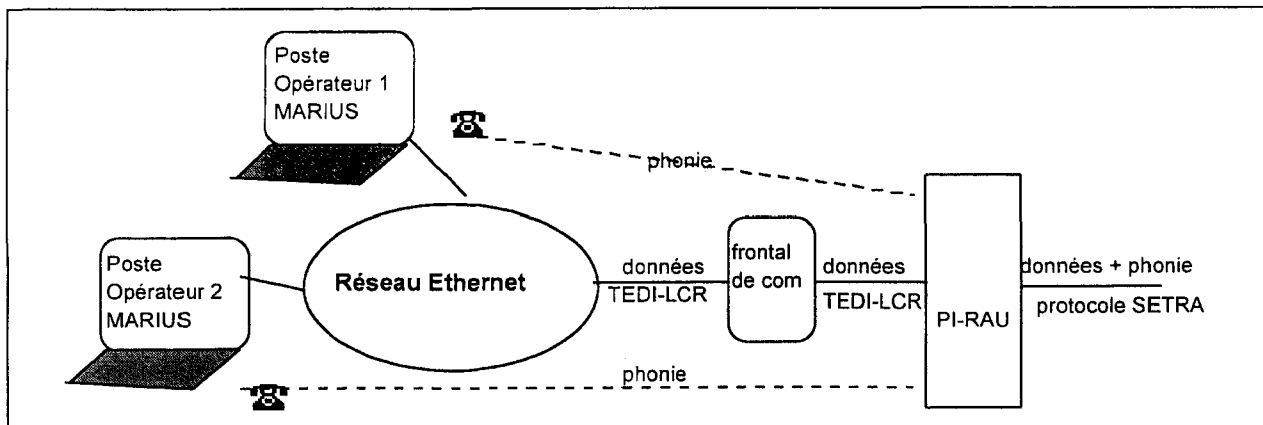


Le protocole entre un PAU et le PI-RAU est le protocole n°1 du Cahier des Charges du SETRA, qui permet, sur une voie phonique (par découpage d'une bande de fréquence de 2900 Hz environ) de connaître le n° du poste appelant et quelques autres états du PAU et, dans l'autre sens, d'appeler un PAU et d'assurer quelques autres télécommandes tout ou rien ou tests automatiques. Le protocole permet aussi d'assurer la connexion phonique.

Le PI-RAU est interfacé avec MARIUS directement sur le réseau Ethernet qui encapsule les questions et réponses TEDI-LCR.



Cette solution n'est pas optimale du point de vue de la séparation des maintenances logicielles et matérielles. Prochainement, le PI-RAU sera connecté à MARIUS comme tout équipement terrain, sur une entrée RS232 du frontal de communication.



En cas d'appel RAU, les deux combinés des Postes Opérateurs sonnent simultanément. Le premier Poste acquittant l'appel prend la session. Si l'un des Postes Opérateur tombe en

panne, l'autre reste actif. Si le réseau Ethernet ou le frontal de communication tombent en panne, le PI-RAU peut fonctionner de façon autonome, avec affichage n° des appelants et composition des PAU à appeler.

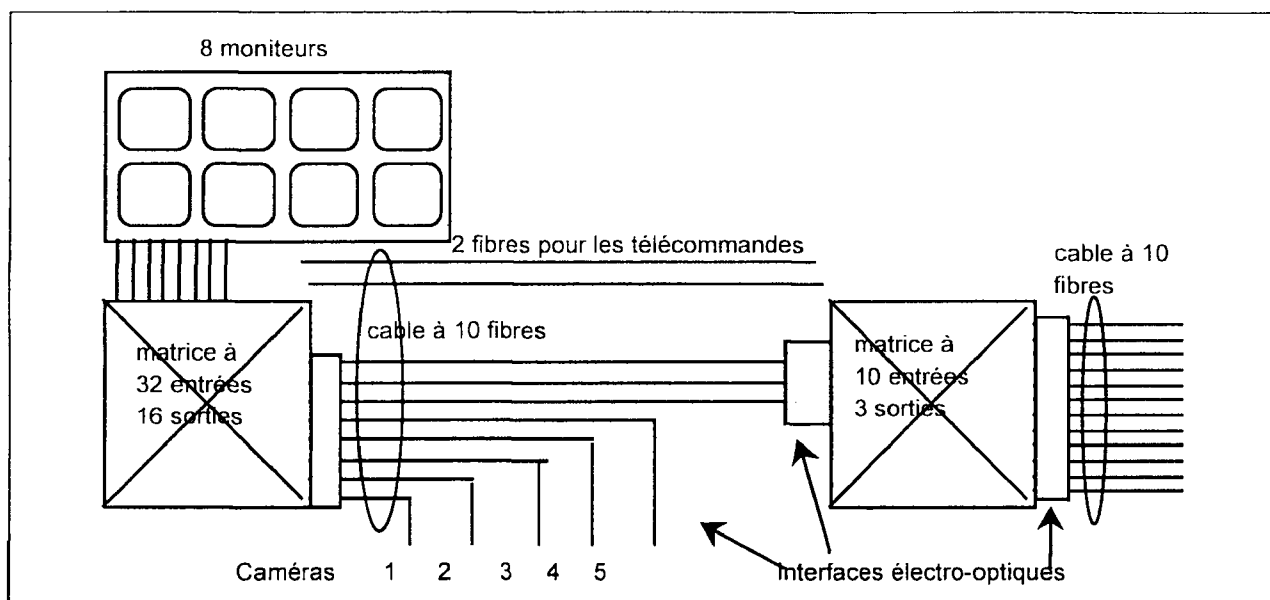
Si l'unité centrale du PI-RAU tombe en panne, la carte antenne peut encore faire sonner le combiné lors d'un appel (sans donner le numéro appelant)

3.6. CAMERAS

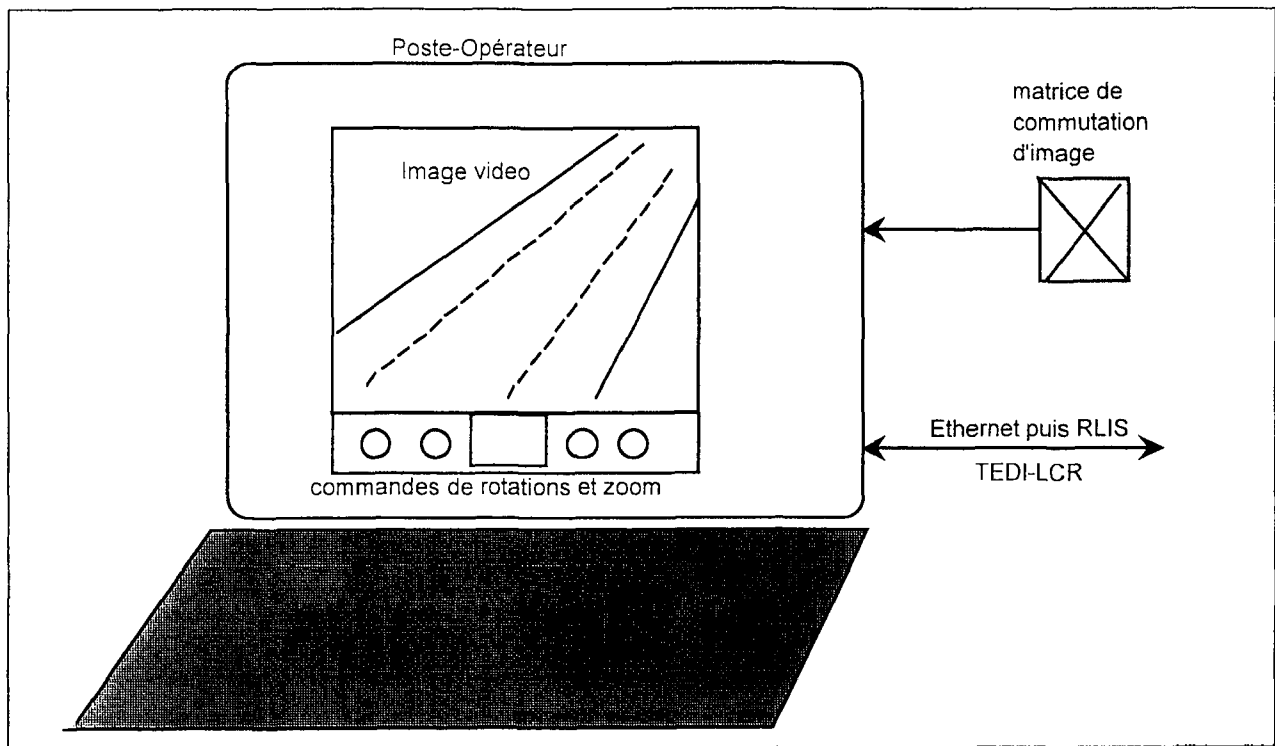
3.6.1. Signal vidéo

La transmission des images vidéo se fait par fibre optique **multimode**, à raison **d'une image par fibre**. A l'époque de la mise en œuvre, le multiplexage d'image sur fibre ne semblait pas suffisamment maîtrisé pour que la DDE se risque à ce type de solution.

Considérant, pour des raisons ergonomiques, que l'opérateur ne peut surveiller plus de 8 écrans à la fois, il est apparu que la mise en œuvre de matrices de commutation d'image à distance était une solution viable.



Ce système est en cours de modernisation. La matrice du PC a été remplacée par une matrice de grande capacité (128 entrées et 64 sorties). Les matrices déportées seront remplacées par des multiplexeurs permettant de transmettre jusqu'à 16 images vidéo sur la même fibre. Ce nouveau système permettra de disposer simultanément de toutes les images au PC, alors que le système actuel de matrices en cascade ne permet pas toutes les possibilités d'affichage.



Il convient de noter que tous les Pilotes Informatiques de caméras acquittent les commandes qu'ils reçoivent. Cet acquit est nécessaire du fait de la gestion informatique du pilotage sur un réseau multipoint.

3.7. TUNNELS

Les tunnels ont des équipements de sécurité qui leurs sont propres et qui fonctionnent localement en automatique avec un Pilote Informatique de Tunnel (PIT). Le PC de Septèmes peut cependant superviser à distance les tunnels (à terme, les 5 tunnels et les 3 bassins de décantation dont Marius a la charge seront exploités selon les mêmes principes). Il est en copie des états et des alarmes (incendie, ouverture de portes, décroché d'extincteurs, panne de ventilateurs...) et peut forcer certains équipements (éclairages, trappes à fumée...). Il convient de distinguer les transmissions avec les équipements de sécurité internes au tunnel et les transmissions entre le PIT et le PC.

3.7.1. Transmissions à l'intérieur du tunnel

Il n'y a pas de bus de terrain pour les tunnels actuellement équipés. Les prochains tunnels seront vraisemblablement avec des capteurs possédant une connexion à un bus de terrain standard. Les capteurs tout ou rien sont connectés au PIT par une boucle de courant simple. Les capteurs fournissant une mesure variable sont des capteurs 4-20mA, avec convertisseur analogique digital dans le PIT. Les actionneurs sont tous tout ou rien.

3.7.2. Transmissions entre le PIT et le PC de Septèmes

Les PIT sont interrogés toutes les 6 secondes (délai d'alarme jugé largement suffisant par les services de sécurité). La commande de scrutation des états du tunnel est la demande de mesures instantanées (commande MI), dont la réponse est un format fixe décrit par une commande de configuration préalable. En cas de rupture de la transmission principale, reconnue par le PIT à la suite d'une absence d'interrogation du PC pendant plus de 20 secondes, le PIT prend l'initiative de téléphoner au PC de Septèmes par le réseau commuté RTC dès la prochaine montée d'une alarme. Marius peut continuer la scrutation périodique à son gré.

3.7.3. Bilan des transmissions pour les tunnels

Aucun bilan n'est disponible à ce jour. On peut simplement noter que le principe des 2 ports série activables séparément, ainsi que le LCR et ses commandes de configuration et d'activation des alarmes, permettent un mode dégradé performant en cas de rupture du câble de supervision.

Il serait sans doute intéressant de développer une commande de configuration de plus bas niveau, décrivant la correspondance entre les entrées physiques des données du terrain et leur position dans le format fixe des réponses à la commande MI.

Pour les prochains tunnels, le bus de terrain ne sera pas imposé dans l'Appel d'offres, à charge pour les soumissionnaires de présenter leur solution, qui sera étudiée sous l'angle de la fiabilité, de la facilité de maintenance et de diagnostic, de la standardisation des éléments.

3.8. CABLES

Les câbles ont suivi les évolutions technologiques. Les câbles les plus vieux ont été installés en pleine terre. Certains ont plus de 25 ans et sont toujours opérationnels. Les câbles 56 paires 6/10mm ont été remplacés par des câbles à quartes de 9/10mm et de 12/10mm. Sur certains secteurs, la fibre optique a remplacé le cuivre, sauf pour les raccordements terminaux des PAU. Tous les câbles coaxiaux ont été supprimés au profit de la fibre optique.

3.8.1. Cheminement

Les cheminements sont adaptés au terrain. Le plus souvent, les câbles sont en fourreaux PVC ou Janolène de 80 mm, avec des chambres de tirage tous les 125 m et des chambres au droit des traversées tous les 250 m. Ces fourreaux acceptent 2 ou 3 câbles si ceux-ci ont été tirés lors de la même opération. Dans certains cas, des fourreaux de 120 mm sont eux-mêmes tubés avec 3 fourreaux de 30 mm. Sur une section, les câbles sont en caniveau béton, avec ou sans couvercle. Sur une autre section, le câble est en fourreau PVC de 28 mm, à l'intérieur d'une saignée en Bande d'arrêt d'urgence, de 30 mm de largeur et de 8 cm de profondeur, rebouchée avec un liant bitumineux. Sur viaduc, les câbles passent en chemin de câble, posés à l'extérieur des rambardes, dalles marine avec ou sans couvercle.

Les chambres de tirage sont des regards en section courante ou des chambres de différentes tailles (coudes), accessibles par des tampons métalliques ou en béton armé, ou des chambres situées sous les abris et accessibles par des dalles amovibles.

3.8.2. Lignes cuivre privées

Une partie des transmissions de données et RAU est effectuée sur un support cuivre : câble L711 (0,9mm) ou L712 (1,2mm) de 4, 7 ou 14 quartes selon les secteurs. Les câbles 4 et 7 quartes sont composés en étoile en fil de cuivre isolé au polyéthylène. Les câbles 14 quartes (0,9mm) disposent de 2 fils de cuivre, l'un isolé au polyéthylène, l'autre au papier, pour le circuit de localisation de défaut. Les câbles sont munis d'une gaine de type AGHD. Dans certains cas, les câbles cuivre sont interfacés avec des câbles à fibre optique à l'aide de modules électro-optiques maintenus par le mainteneur matériel. Dans chaque abri, les câbles cuivre passent en coupure dans un coffret de raccordement de marque Pouyet, où s'effectuent les dérivations nécessaires aux applications du site.

Au niveau de chaque PAU, le câble passe soit en coupure dans un coffret Pouyet, soit en dérivation des quartes jusqu'au pied de PAU. Les PAU secondaires sont raccordés aux PAU principaux par une quarte cuivre d'un câble L711 4 quartes 9/10.

Boîtes de jonction (continuité sur un câble)

Les boîtes de jonction contenant les épissures sont constituées d'un manchon intérieur en plomb et d'un manchon extérieur en fonte. Le remplissage entre le manchon extérieur et le manchon intérieur est fait par un produit bitumineux coulé à froid (type Bitumisol).

Les conducteurs sont raccordés par torsades soudées à l'étain. L'isolation des conducteurs est faite par manchons isolants thermorétractables. Le raccordement est traité selon la norme

PTT1070 relative au raccordement à grande distance. Les boîtes sont normalisées LS1020/DTRN.

Coffrets de raccordement

Les coffrets Pouyet sont de type ERN, équipés intérieurement pour 4, 7 ou 14 quartes en joint de continuité ou en dérivation, placés en abri ou en extérieur, ou en chambre, ou sur viaduc (accès soumis à des procédures spéciales). Les coffrets Pouyet, lorsqu'ils existent, sont l'interface entre le mainteneur matériel et le mainteneur câble.

Coté PC, l'action du mainteneur câble s'arrête dans le local de brassage assurant l'interface entre le mainteneur câble et le mainteneur matériel qui a en charge tous les câbles internes du PC (tous les câbles du faux plancher)

Boîtes de dérivation RAU

Ces boîtes sont constituées d'une boîte intérieure en laiton et d'une boîte extérieure en fonte. Le remplissage entre les deux boîtes est fait par un produit bitumineux coulé à froid (type Bitumisol). Elle sont du type PM, normalisées LS1020/DTRN. Le raccordement est traité selon la norme PTT1070 relative au raccordement à grande distance.

3.8.3. Arrivée des câbles cuivre au PC

Tête de câble

La tête de câble est constituée d'une platine équipée de 32 douilles embrochables de diamètre 4 mm sur la face avant, insérée dans un bâti 51L. La platine est fixée sur un corps en alliage léger munie à la partie inférieure d'une entrée à une ou deux tubulures à souder. Les conducteurs sont soudés sur les broches arrière des douilles. En face avant, les circuits sont numérotés sur étiquette.

Casiers de translateurs

Les translateurs assurent la continuité de la liaison sans continuité métallique entre le circuit de ligne et le circuit d'utilisation. Les casiers sont placés sur la tête de câble et reçoivent les translateurs ou les fausses unités.

Fausses unités

Elles assurent la jonction métallique lorsqu'il n'y a pas nécessité d'emploi de translateurs. Elles permettent le passage en continuité entre la tête de câble et les réglettes lorsqu'on insère des cavaliers ou des blocs de raccordement de protection. Ce matériel est normalisé. Le câblage permet la mise à la terre des blocs de protection.

Blocs de raccordement et de protection

Un bloc amovible assure, par quarte, la jonction métallique et la protection entre la tête de câble et la fausse unité ou le translateur. Il contient les fusibles (fusion nominale 1A) et parafoudres (CA.5R.65, tension d'amorçage 300V) normalisés PTT.

3.8.4. Câbles optiques

Les câbles sont à joncs pour les plus anciens et à tubes pour les plus récents. Selon les secteurs ils ont un nombre variable de fibre (jusqu'à 20 fibres). Le câble à fibre passe sur concession privée dans le tunnel Prado-Carénage. Pour cette section, le câble est à 72 fibres, partagées par trois Maître d'Ouvrage : la ville, le tunnel et la DDE. Certaines fibres, en extrémités de réseau, sont en continuité sur un câble à fibre de l'exploitant voisin, ESCOTA. Les jonctions sont soudées. Seules les fibres utiles sont dérivées au niveau des abris tous les 500 m. Ces fibres sont conduites sur des relais optiques qui assurent la continuité en cas d'absence d'énergie. Aux points stratégiques, les fibres sont éclatées dans des tiroirs de brassages et munies de jarretières afin de permettre les tests optiques.

3.8.5. Bilan des cheminements

Il est difficile de faire un bilan comparatif des différentes solutions de cheminement. Un constat : la qualité se paie et la non-qualité est coûteuse. On peut citer l'expérience malheureuse de fourreaux Janolène posés dans la couche de forme à la construction d'un nouveau tronçon d'autoroute. Lors de la finition de l'autoroute, ces fourreaux ont subi des déplacements engendrant des coincements lors du tirage des câbles. Désormais, en cas de nouvelle autoroute, l'artère de transmission est soigneusement alignée et noyée dans du béton maigre. Sur autoroute existante, une nouvelle artère est creusée en BAU, à la trancheuse en 15 cm de largeur. Les fourreaux sont alignés et noyés dans du béton maigre. Les points de fragilité sont évidemment les chambre de tirage et toutes les transitions. Les câbles à fibre optique sont plus simples à tirer que les câbles cuivre.

3.8.6. Bilan des câbles

Statistiquement, on compte une blessure par 20 km de câble chaque année, pour des raisons très diverses : coup de pelle mécanique, incendie, inondation, rongeurs, foudre, vandalisme, tirage de câble hors normes...

Les éléments qui précèdent montrent que les câbles ont des extrémités (!). La qualité de ces éléments interfaces est difficile à obtenir, tant dans la fourniture que dans la pose. Les difficultés sont de même niveau pour le cuivre et pour la fibre optique. On sait faire aussi bien en cuivre qu'en fibre, à condition de faire appel aux justes compétences. Par exemple, la dérivation d'un câble optique est parfaitement maîtrisée, sans être plus complexe qu'une dérivation d'un câble cuivre faite proprement (c'est à dire en proscrivant le bricolage). Quel que soit l'environnement, il n'y a guère de solution qui protège de façon absolue les câbles. Les marchés de maintenance tiennent compte de cette faiblesse : tourets de câble en réserve, petits tourets de câble pour pose en aérien ou pour cheminement en surface (type câble de mine), prix spéciaux pour tirage et confection de bretelles et de jonctions. A terme, il est prévu de sécuriser le réseau à fibre optique par des bouclages suivant des cheminements différents, dès que le réseau des voies le permettra.

3.9. ABRI DE TERRAIN

On ne peut comprendre les choix de transmission sur Marius sans parler de l'environnement des sites. Depuis 1991, tout site nouveau ou renouvelé, quel que soit le nombre et la nature des équipements du site, entraîne la construction d'un abri de 2m par 2,50, au-dessus d'une grande chambre de tirage, avec un ensemble de servitudes systématiques : éclairage, ventilation, baie(s) 19", protection sur EDF et sur les transmissions.

Bilan des abris de terrain

Ce conditionnement évite la multiplication des armoires extérieures, limite les opérations de petit génie civil, clarifie tous les câblages, protège plus facilement les équipements sensibles, facilite la maintenance et systématise les équipements et les logiciels. Il n'y a pas de différence d'échelle entre différents abris. Certains peuvent servir de points de concentration sans prétendre à un autre statut que celui d'abri technique, comme tous les abris techniques placés tous les 500 m. Après 7 ou 8 années d'usage, on constate une satisfaction générale, y compris économique.

4. ENSEIGNEMENTS ET PERSPECTIVES

4.1. ETENDUE DU RESEAU ET EVOLUTION DU RESEAU

Marius vit de puis 1971. Il est passé de 15 sites en 1976 à 150 sites en 1998 basé sur plusieurs générations technologiques. Il semble qu'un système d'exploitation soit imprédictible. Une génération peut en chasser une autre, certains choix peuvent résister dans le temps, d'autres conduisent à refaire à neuf des pans entiers, en constatant à chaque fois que les coûts du nouveau sont incomparablement plus élevés que les coûts de l'ancien. Cependant, au regard de certaines opérations de même envergure, on peut aussi constater que Marius reste un système économique, en supposant comparer des choses comparables, avec des bases identiques (à partir de quand considère-t-on qu'un secteur est équipé pour l'exploitation dynamique ?) et des données fiables (coûts, débits).

4.2. APPROCHE DES COUTS

Cette étude est approximative. Elle prétend seulement apporter un éclairage supplémentaire, un retour d'expérience concrète. Puisse le lecteur se garder de jugements trop rapides. Trois indicateurs ont été choisis :

Les coûts au kilomètre, soit toutes les dépenses divisées par le nombre de kilomètres de chaussée monosens équipée,

Le coût à la charge de trafic, soit toutes les dépenses divisées par le nombre de véhicules-kilomètres d'une journée moyenne annuelle (MJA), en pensant que chaque usager effectuant un kilomètre chaque jour à reçu un service. La charge de trafic est la moyenne des débits monosens de tous les secteurs équipés :

Comptages journaliers sur Marius

secteur	sens	longueur	débit	véh-km
A7 marignane	1	5	50 000	250 000
A7 marignane	2	5	50 000	250 000
A7 nord	1	5	30 000	150 000
A7 nord	2	5	30 000	150 000
A7 tronc commun	1	10	70 000	700 000
A7 tronc commun	2	10	70 000	700 000
A51 Bouc	1	5	40 000	200 000
A51 Bouc	2	5	40 000	200 000
A51 Aix	1	10	25 000	250 000
A51 Aix	1	10	25 000	250 000
A55 Rebuty	2	5	20 000	100 000
A55 Rebuty	1	5	20 000	100 000
A55 Rhodes	2	10	30 000	300 000
A55 Rhodes	1	10	30 000	300 000
A55 ports	2	5	30 000	150 000
A55 ports	1	5	3 000	15 000
L2	2	3	20 000	60 000
L2	1	3	20 000	60 000
A50 Florian	2	8	70 000	560 000
A50 Florian	1	8	70 000	560 000
A50 Aubagne	2	8	50 000	400 000
A50 Aubagne	1	8	50 000	400 000
total		148		6 105 000
moyenne			41250	

Il passe donc en moyenne sur une chaussée monosens, plus de 40 000 véhicules par jour sur l'ensemble des 148 kilomètres monosens gérés par Marius. **Le coût à l'afficheur**, soit toutes les dépenses divisées par le nombre d'afficheurs (en prenant l'équivalence : 2 pictogrammes = 1 PMV), en pensant que la fonction ultime d'un système est d'afficher un message à destination de l'utilisateur.

4.2.1. Répartition des coûts de Marius

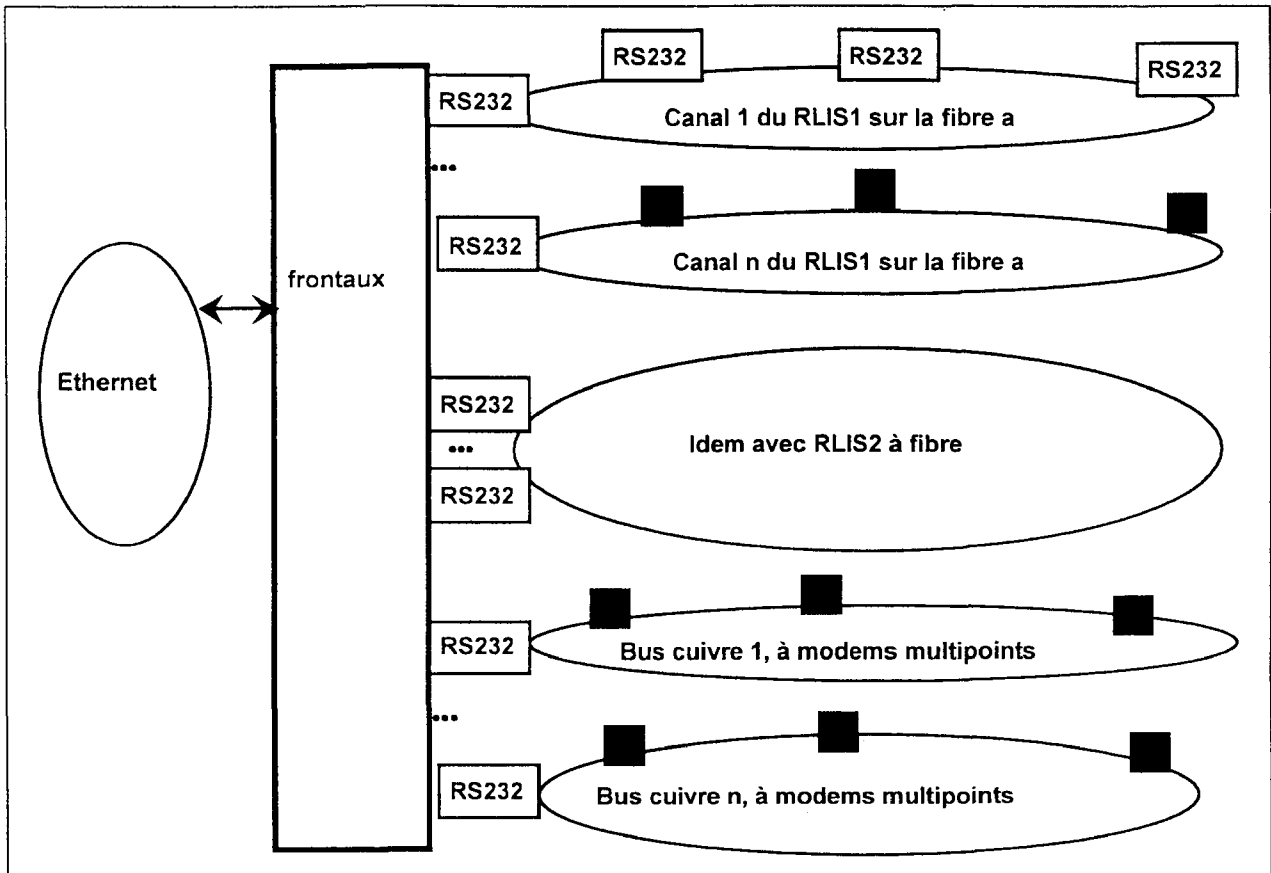
La somme de tous les marchés réalisés depuis 1976 sur Marius est approximativement de 160 MF (francs 1998). Si l'on tient compte d'un amortissement des équipements sur 15 ans, MARIUS représente environ 100 MF d'équipements opérationnels que l'on peut essayer de décomposer approximativement de la façon suivante :

Approche des coûts d'exploitation: MARIUS			
Désignation	quantité	PU-TTC	total TTC
servitude d'un site simple (abri, amenée EDF, PTT, protections)	60	100 000	6 000 000
servitudes d'un site complexe	0		
PMV de VRU (afficheur, support, massif, PIP)	10	700 000	7 000 000
PMV de RN	3	300 000	900 000
Pictogramme	100	200 000	20 000 000
SOL2	150	30 000	4 500 000
boucles de VRU	500	4 000	2 000 000
boucles de RN	0	3 000	0
couple PAU de VRU (raccords locaux)	126	50 000	6 300 000
PAU de RN (raccord local)	0	30 000	0
caméra fixe (mat, massif)	5	20 000	100 000
caméra mobile (mat, massif, tourelle, PIC)	65	60 000	3 900 000
Equipements réseaux d'un site simple	60	20 000	1 200 000
Equipements réseaux d'un site complexe	0		0
longueur en tranchées nouvelles	60 000	350	21 000 000
longueur en cuivre	60 000	80	4 800 000
longueur en fibre optique	60 000	80	4 800 000
m3 de petit génie civil (béton, glissières...)	300	1 000	300 000
			0
matériels du PC	1	2 000 000	2 000 000
logiciels	1	5 000 000	5 000 000
locaux	1	2 000 000	2 000 000
Total investissement			91 800 000
études (10%)	1	9 180 000	
TOTAL			100 980 000
prix au km monosens (total/nb de km)	148		682 297
prix à la charge de trafic=prix au véh-km/jour (total au km/MJA moyenne)	40 000		17
prix au PMV= prix à la fonction ultime (le message à l'utilisateur)	63		1 602 857
% transmissions sur le coût total			31%
% PC sur le coût total			9%
maintenance annuelle (5%)		5 000 000	
exploitation annuelle (administrateur, opérateurs)		8 personnes	
évolutions, amortissements annuels		5 000 000	

4.3. ARCHITECTURE RESEAU :

L'exposé ci-dessus décrit un grand nombre de réseaux plus ou moins différents les uns des autres. Le lecteur oubliera les réseaux historiques qui n'existent plus. Il fera la part des choses dans les réseaux parfois un peu biscornus pour avoir dû s'adapter à des réalités plus anciennes. Il retiendra principalement le réseau A50 que l'on peut qualifier de "tout optique", à la nuance près du RAU. Le lecteur comprendra que les impératifs posés par les équipements de terrain ne peuvent conduire à utiliser des solutions qui pourraient lui être familières (Internet, visioconférence...).

La base du réseau de transmission de données au sein de Marius est le protocole NF99302-TEDI qui s'accommode de tous les types de média (paires cuivre ou fibres optiques point à point ou multipoint, téléphone et radio).



Ce protocole est associé à une gestion élémentaire et séquentielle des transmissions. Cette façon de faire, qui peut sembler un peu fruste en 1998, présente en fait de multiples avantages : simplicité de la conception, des cahiers des charges, de la réalisation et des développements logiciels associés, de la mise en œuvre et de la maintenance. D'autres réseaux, pour d'autres objectifs, ont été présentés : Une seule application utilise les trames SDH pour échanger voix-données-video numérique compressée à 2Mbits/s entre plusieurs exploitants. Il resterait à prouver que cette technologie puisse venir concurrencer le réseau local industriel qui assure le lien avec 150 sites toutes les 6 secondes pour les seules transmissions de données.

Pour la vidéo, compte tenu des algorithmes de compression des images, qui introduisent un retard de plusieurs centaines de millisecondes, le système n'est pas viable face à l'exigence de 150 ms de délai maximal entre l'action d'un opérateur pour déclencher un mouvement et la vision du résultat sur l'écran de contrôle.

Les bus de terrain, que l'on trouve dans le monde industriel (FIP, LAN...) ne sont pas utilisés (il aurait fallu développer de nouvelles passerelles en lieu et place de celle existant pour l'usage du protocole TEDI), mais restent envisageables au niveau des tunnels où le maillage des capteurs et des actionneurs correspond bien au domaine des bus de terrain.

4.4. CHOIX DE L'AVENIR

On peut espérer l'émergence d'un standard (économique) de transmission répondant aux critères suivants :

- *Standard applicable identiquement sur fibre optique ou Réseau Téléphonique Commuté voire GSM (selon les besoins en fréquence d'échanges),*
- *Acheminement voix-données-video numériques non compressées (sauf au téléphone) avec un délai max. de 50 ms dans un réseau multipoint d'une vingtaine de sites.* ⁶

On rappelle qu'il n'est pas souhaitable de charger un même media de transmission avec un grand nombre de sites, afin de limiter les effets des défaillances du réseau. Il semble que certains risques existent sur Marius à ce niveau-là. Le bouclage des réseaux est à envisager.

Un facteur dimensionnant est la sécurité vis à vis des dégradations sur les câbles. Si l'on est riche, il faut envisager que la plupart des équipements soient atteignables par deux chemins différents, chaque chemin étant indépendant de l'autre (donc au moins deux réseaux et deux câbles différents).

Un autre facteur dimensionnant est le nombre d'équipements à atteindre sur une période de temps donnée, en se basant sur les vitesses efficaces (basses sur certains équipements) et sur la garantie de délai d'acheminement (moins de 50 ms pour les commandes de caméra en particulier) :

- *Utilisation systématique du LCR et du protocole IP jusqu'à chaque Pilote Informatique d'équipement terrain. Si l'exigence du protocole IP ne peut être satisfaite jusqu'à l'équipement de terrain, le protocole NF P 99302 (TEDI) reste le plus simple (et le plus répandu en France dans le domaine des équipements dynamiques routiers).*

A ce jour, certains éléments peuvent s'appuyer sur des standards pérennes :

- *les câbles à fibres optiques sont monomodes à 1350 ou 1500 nm à 0,1dB/km,*
- *les connecteurs optiques répondent à plusieurs standards largement répandus,*
- *les convertisseurs électro-optiques répondent sans doute à certains standards, mais ils sont en général intégrés au sein d'un élément plus vaste, le codeur / décodeur / multiplexeur. Ils ne sont donc pas facilement interchangeables,*
- *les interfaces voix répondent à plusieurs standards de numérisation et de compression,*
- *les interfaces données répondent à plusieurs types de standards, parmi lesquels le RS232,*
- *les interfaces vidéo répondent à plusieurs standards de numérisation et de compression dont il est toujours difficile de décrypter l'usage. (MJPEG, H723...).*

La prudence et le prototypage d'un réseau s'imposent avant de prétendre que les choix faits sur le papier donnent lieu à une saine concurrence lors de l'appel d'offres et lors des vingt années de durée de vie avec lesquels il faut compter.

Enfin, on pourrait imaginer un appel d'offres aux différents opérateurs de télécommunication maintenant présents sur le marché, libellé de la façon suivante :

- quelle est votre meilleure offre de prix pour l'acheminement n fois par heure de x kilobits avec un temps de réponse de t millisecondes, à une vitesse d'au moins k kilobit/s.

Il n'est pas certain que les soumissionnaires proposent dans leur réponse un réseau filaire privé. Par analogie, si l'on demandait à EDF la meilleure solution pour livrer 10 kilowatts tous les 500 m, il est fort probable qu'en tissu urbain dense, la meilleure solution serait une légère extension du réseau public vers chaque point plutôt que la mise en œuvre d'un réseau électrique privatif tout le long d'une autoroute.

⁶Il n'est cependant pas évident qu'un standard, ATM par exemple, garantira l'interchangeabilité d'équipements de différents constructeurs. Les fournisseurs de seconde source dans ce domaine restent à valider. En attendant, on peut encore se contenter de réseaux propriétaires qui peuvent faire leur temps autant que des réseaux soi-disant standards et compatibles (jusqu'à la prochaine évolution technologique qui mettra tout cela joyeusement par terre).

4.5. GENIE CIVIL

Une nouvelle artère de transmission coûte environ 500 kF par km, soit le tiers environ de l'équipement complet d'un axe sur un km.

Cette remarque peut se lire de deux manières contradictoires :

- *la recherche d'économies sur l'artère peut être payante,*
- *Un système qui gère des axes à 80 000 véh/jour mérite une artère de transmission confortable.*

On pourrait en déduire qu'un système qui gère 30 000 véhicules par jour devrait avoir une artère de transmission deux fois moins chère. On s'obligerait alors à penser à des solutions très différentes tant au plan de l'architecture du réseau qu'au plan du système global. (RTC, GSM, algorithmes permettant d'espacer les détecteurs, vidéo dégradée...).

4.6. RESEAU ENERGIE

Les premiers systèmes sont approvisionnés par des compteurs Basse tension EDF tous les 500 m. Les systèmes sur A50 et A51 sont approvisionnés par des compteurs Moyenne Tension EDF tous les 4 km environ.

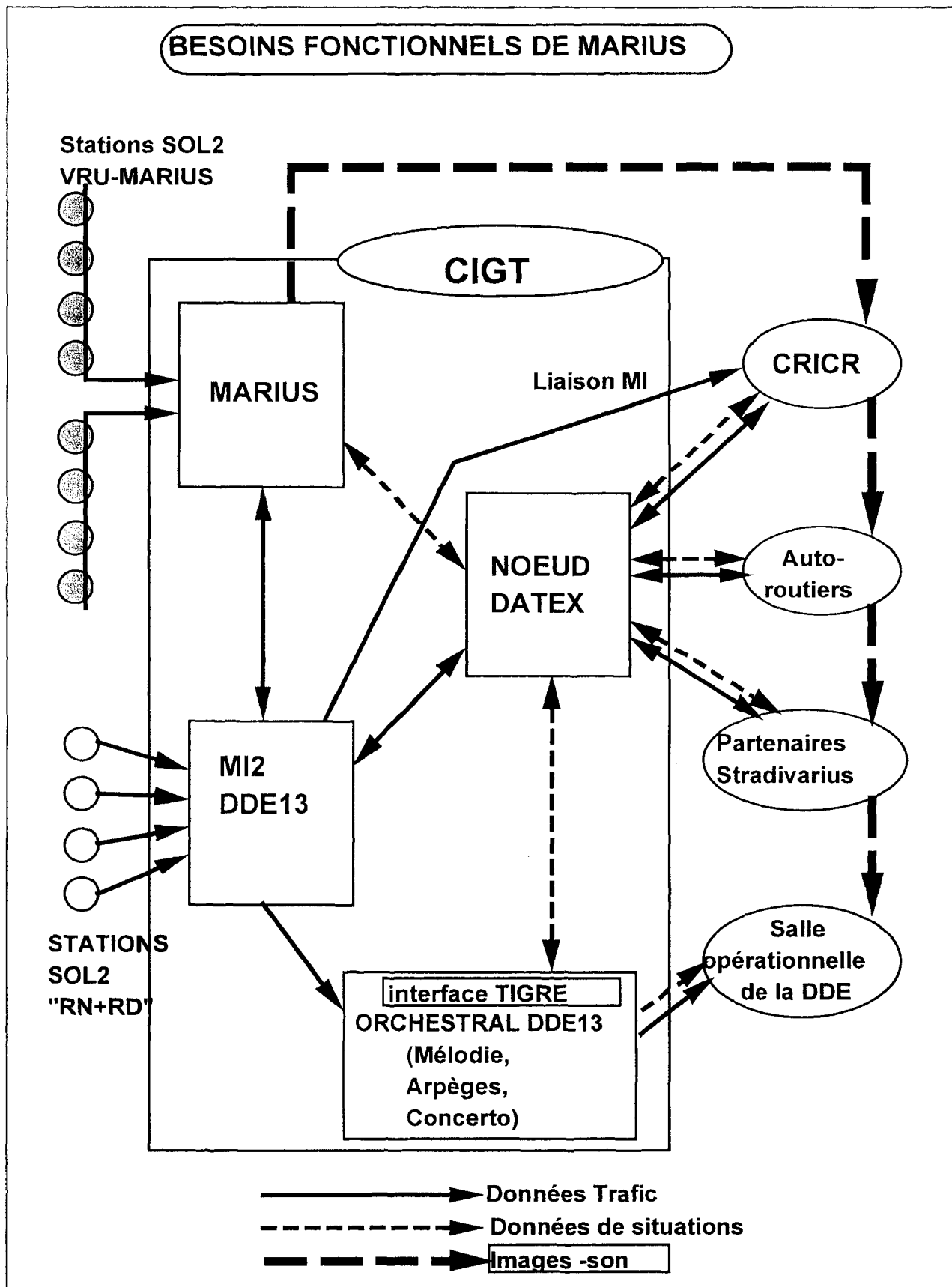
4.6.1. Bilan de l'énergie

Face à la lourde gestion d'une multitude de compteurs EDF, il a été décidé de passer à une distribution privative à partir d'un point de livraison MT pour 8 sites. Une étude préalable a comparé les solutions de distribution privative en basse et en moyenne tension, sans référence à une solution de distribution BT sur chaque site par EDF. Il serait intéressant de faire le calcul de déperdition théorique d'un transport d'énergie en basse tension sur des longueurs de plus de 2 km, ou de placer des compteurs dans chaque site, en comparant la somme des consommations locale à la consommation globale au point de livraison MT. Il conviendrait aussi d'intégrer le coût de l'artère en cuivre et sa maintenance.

4.7. SYSTEMES INTERCONNECTES

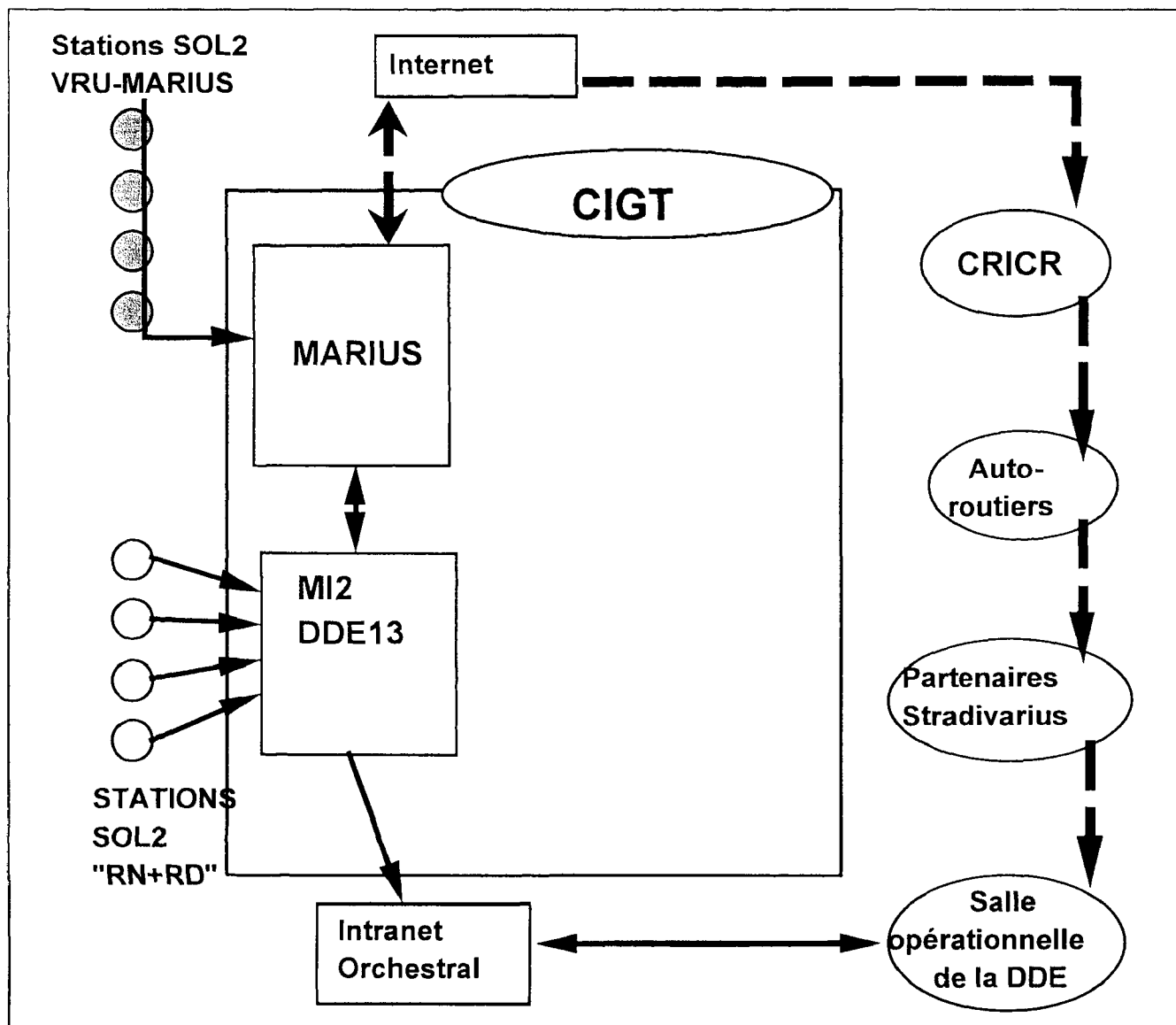
Outre la gestion des équipements dynamiques, le SAGT de MARIUS est aussi un nœud d'échanges avec de nombreux partenaires. Peu à peu ces échanges s'informatisent et s'automatisent. Tous les échanges qui utilisent les équipements de grande diffusion (télécopie, Intranet, téléphone) sont opérationnels. Les échanges plus ciblés et plus formalisés qui s'appuient sur des cadres institutionnels sont en général à faible rendement. On rappelle ci-dessous les besoins fonctionnels tels qu'ils résultent de l'environnement actuel.

BESOINS FONCTIONNELS DE MARIUS



A ce jour, seuls les besoins de gestion des routes importantes du département restent à satisfaire, à l'aide d'Orchestral et du MI2 ?

A l'heure d'Internet et de GPS, on peut imaginer plus simple (et moins dépendant de maillons dédiés au seul domaine de la route) :



Tout lecteur peut facilement, à l'aide d'un simple ordinateur personnel et d'un modem téléphonique voir des images des autoroutes californiennes, tout autant qu'interroger en français un serveur spécialisé sachant répondre en français (et bientôt dans une autre langue compte tenu des évolutions dans les traductions automatiques)

4.8. SURETE DE FONCTIONNEMENT

La sûreté de fonctionnement des transmissions n'est pas totale. On est loin de l'exigence de disponibilité du réseau public, mais les moyens mis en œuvre ne sont pas non plus comparables. La sécurité intrinsèque n'est pas exigée. Ce principe est le résultat des 15 années d'expérience avec un système à deux ordinateurs en secours l'un de l'autre : La complexité résultante du système secouru a provoqué plus de pannes qu'elle n'en a évité. Après analyse des enjeux, il a été décidé de rester simple et robuste plutôt que l'inverse, en prévoyant des modes dégradés efficaces.

Concernant les réseaux, il faudra attendre quelques années et les crédits correspondants pour envisager un bouclage du réseau par un cheminement de secours pour suppléer la blessure d'un câble qui peut parfois nécessiter le retraitage d'une section complète (soit plusieurs jours de travail, sans compter les délais administratifs).

4.9. MAINTENANCE

La maintenance est sous-traitée en trois marchés différents :

- La maintenance matérielle qui concerne tous les équipements terrain (sauf câbles et RAU), et pour le petit génie civil de réparation. Cette maintenance porte sur tous les équipements réseaux en aval des sorties RS232 du frontal de transmission.

- La maintenance des câbles et du RAU, pour les câbles cuivre et optique, avec un bilan annuel de toutes les liaisons.

- La maintenance de l'informatique du Poste Central (matériels et logiciels).

Pour les équipements, l'exploitation tolère jusqu'à 4 heures ouvrées de panne sur un secteur en attendant la réparation d'un équipement de tête de réseau.

Globalement, la disponibilité actuelle des équipements de transmission ne peut qu'être estimée : au moins 95% des équipements connectables sont, en moyenne, correctement reliés au PC. Une étude complémentaire devrait être menée, après définition des indicateurs, par exemple:

- **le nombre total de réponses correctes sur le nombre de questions possibles** (sur 300 équipements interrogés toutes les 6 secondes).

Reste à savoir si un câble arraché rentre dans le calcul de la disponibilité des transmissions si le Maître d'Ouvrage n'a jamais eu les crédits pour assurer que tout équipement soit atteignable par deux chemins différents...

5. CONCLUSION

Le lecteur aura pu mesurer la complexité technique d'un système tel que Marius, résultat d'un ensemble d'opérations qui se sont succédées pendant plus de vingt ans. En tant que "pionniers", les concepteurs de ce système ne se sont pas appuyés sur une doctrine pré-établie mais ont dû faire preuve de créativité pour répondre au besoin émergent de mieux exploiter les voies rapides, tout en respectant des enveloppes budgétaires limitées et en tirant le meilleur parti des technologies disponibles lors de chaque étape.

Aujourd'hui, les systèmes d'exploitation de la route, de même qu'une bonne partie des technologies qu'ils utilisent, sont à l'âge de la maturité. Plusieurs opérations sont en cours ou en gestation dans différentes agglomérations et le corpus méthodologique et technique pour le déploiement de ces systèmes est en phase de constitution, sous l'impulsion de la DSCR.

Dans le domaine des réseaux de transmission, le retour d'expérience rapporté dans ce document a pour principale ambition d'en diffuser les acquis à la communauté concernée. La description des systèmes, la justification des choix replacés dans leur contexte ainsi que les bilans (en positif et en négatif) tirés de chaque opération, auront permis au lecteur de les confronter avec ses propres expériences.

La doctrine technique, en cours de constitution, doit s'alimenter de ces retours d'expérience et de leur confrontation, et c'est là le deuxième objectif de ce document que de contribuer à cette démarche.

© Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement
Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques

Reprographie : CETE de Lyon ☎ 04 72 14 30 30
Achevé d'imprimer : décembre 1998
Dépôt légal : 4^e trimestre 1998
ISSN: 1263-2570
ISRN Certu RE 98-21

Cet ouvrage est en vente au Certu
Bureau de vente :
9, rue Juliette-Récamier
69456 Lyon Cedex 06
☎ 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.

■ Marius a été conçu dans les années 70. Ce document recense la vingtaine de systèmes de transmission qui ont existé ou existent aujourd'hui. Chacun de ces systèmes est analysé en détail. Ce retour d'expérience peut être utile au lecteur désireux de se former à la problématique des transmissions dans le domaine de l'exploitation des Voies Rapides Urbaines: performances, architectures, technologies, servitudes (génie civil), coûts.

Certu

Aménagement et urbanisme

Aménagement
et exploitation de la voirie

Transport et mobilité

Constructions publiques

Environnement

Technologies
et systèmes d'information

Service technique placé sous l'autorité du ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, le Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques a pour mission de faire progresser les connaissances et les savoir-faire dans tous les domaines liés aux questions urbaines. Partenaire des collectivités locales et des professionnels publics et privés, il est le lieu de référence où se développent les professionnalismes au service de la cité.

