



HAL
open science

Solutions techniques pour la vidéosurveillance du trafic routier

Samy Branci

► **To cite this version:**

Samy Branci. Solutions techniques pour la vidéosurveillance du trafic routier. [Rapport de recherche] Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU). 1999, 176 p., figures. hal-02163571

HAL Id: hal-02163571

<https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-02163571>

Submitted on 24 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.

Organisme commanditaire :

RAPPORT D'ETUDE

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

Organisme auteur :

HGM :

Les 4M - chemin du Petit Bois ;
BP 68 – 69 132 Ecully Cedex

Technoman Ingénierie :

Château du sans souci ;
260 allée des cyprès ;

69 760 Limonest

Coordonnateur :

Samy BRANCI (Département Technologies)

Rédacteurs : HGM et Technoman Ingénierie

**SOLUTIONS TECHNIQUES POUR LA VIDEOSURVEILLANCE DU TRAFIC
ROUTIER**

Janvier 1999

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 :			
Solutions techniques pour la vidéosurveillance du trafic routier			
Sous-titre :		Langue : Français	
Organisme auteur :	Coordonnateur :	Date d'achèvement	
HGM : Les 4M - chemin du Petit Bois ; BP 68 – 69 132 Ecully Cedex	Samy BRANCI (Département Technologies)	Janvier 1999	
Technoman Ingénierie : Château du sans souci ; 260 allée des cyprès ; 69 760 Limonest	Rédacteurs : HGM et Technoman Ingénierie		
Remarques préliminaires :			
Ce document est destiné à tous les acteurs concernés ayant en charge un projet de déploiement et/ou d'extension d'un système d'aide à la gestion du trafic (SAGT) utilisant la vidéosurveillance sur un réseau routier ou autoroutier.			
Résumé :			
Ce rapport a l'ambition de décrire les éléments constituant un système de vidéosurveillance pour la gestion du trafic routier. Deux thèmes sont abordés :			
<ul style="list-style-type: none"> • Analyse des installations existantes : <ul style="list-style-type: none"> ↗ Les éléments constitutifs des systèmes de vidéosurveillance existants ↗ Les standards de codage vidéo ↗ Les principes de transport des images et des données de télécommande ↗ Les architectures existantes • Perspectives sur l'évolution des technologies : <ul style="list-style-type: none"> ↗ Les techniques de compression ↗ Les caméras de vidéosurveillance ↗ Les médias de transmission ↗ Les réseaux de transmission des images et des données de télécommande ↗ L'évolution des architectures des systèmes ↗ La migration des installations existantes vers les nouvelles architectures 			
Des éléments sur la réception des installations avant mise en service ainsi que des notions économiques sur les systèmes de vidéosurveillance sont proposés dans ce document. Il conviendra de rester prudent sur les fourchettes de prix annoncées car les marchés évoluent rapidement. Elles permettent, néanmoins, de fixer un ordre de grandeur des coûts qu'engendrent de tels systèmes.			
Mots clés :		Diffusion :	
Caméras, vidéosurveillance, architectures télécoms, algorithmes de compression et de codage.		DSCR, SETRA, INRETS, CERTU, LCPC, CETE	
Nombre de pages :	Prix :	Confidentialité :	Bibliographie :
116 pages	70 FF 10.67 €	Non	Voir document

SOMMAIRE

1	GÉNÉRALITÉS	5
1.1	GUIDE DE LECTURE	5
1.2	RAPPEL DES EXIGENCES POUR LA TÉLÉSURVEILLANCE ROUTIÈRE.....	7
1.3	L'EXPLOITATION DES SIGNAUX VIDÉO	9
1.3.1	<i>La levée de doute et la surveillance de l'évolution d'une situation.....</i>	<i>9</i>
1.3.2	<i>L'appréciation de l'évolution du trafic.....</i>	<i>10</i>
1.3.3	<i>La détection automatique d'incidents.....</i>	<i>10</i>
1.4	LES SIGNAUX VIDÉO	12
1.4.1	<i>La vidéo Noir et Blanc.....</i>	<i>12</i>
1.4.2	<i>La vidéo couleur.....</i>	<i>12</i>
1.4.3	<i>Les différents types d'exploitation des signaux vidéos.....</i>	<i>15</i>
1.4.4	<i>La qualité des signaux vidéos.....</i>	<i>17</i>
1.4.5	<i>Les codages numériques.....</i>	<i>18</i>
2	ANALYSE DES INSTALLATIONS EXISTANTES.....	19
2.1	ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS DES SYSTÈMES DE VIDÉOSURVEILLANCE EXISTANTS	19
2.1.1	<i>Les caméras.....</i>	<i>19</i>
2.1.2	<i>La protection des caméras contre les influences externes.....</i>	<i>27</i>
2.1.3	<i>La protection électromagnétique des caméras.....</i>	<i>28</i>
2.1.4	<i>Les supports des caméras.....</i>	<i>29</i>
2.1.5	<i>L'implantation des caméras.....</i>	<i>32</i>
2.1.6	<i>Les différents types de transmissions en bande de base appliqués à la vidéo.....</i>	<i>32</i>
2.1.7	<i>Le multiplexage vidéo.....</i>	<i>37</i>
2.1.8	<i>L'insertion sur fibres optiques.....</i>	<i>39</i>
2.1.9	<i>Les matrices de commutation.....</i>	<i>42</i>
2.1.10	<i>La visualisation.....</i>	<i>44</i>
2.1.11	<i>La télécommande des caméras.....</i>	<i>46</i>
2.1.12	<i>Le TEDI/LCR appliqué à la vidéosurveillance.....</i>	<i>47</i>
2.1.13	<i>La loi du 21 janvier 1995 et l'autorisation préfectorale préalable.....</i>	<i>48</i>
2.2	ARCHITECTURES EXISTANTES.....	50
2.2.1	<i>Les centres d'ingénierie et de gestion du trafic (CIGT).....</i>	<i>50</i>
2.2.2	<i>Les sites de regroupement.....</i>	<i>51</i>
2.2.3	<i>Transmission à un CIGT sur fibres optiques dédiées.....</i>	<i>53</i>
2.2.4	<i>Transmission à un CIGT avec multiplexage.....</i>	<i>59</i>
2.2.5	<i>Transmission à un CIGT par un réseau SDH.....</i>	<i>64</i>
2.2.6	<i>Transmission à un CIGT par les réseaux opérateurs.....</i>	<i>69</i>
2.2.7	<i>Architecture à CIGT multiples.....</i>	<i>74</i>
3	EVOLUTION DES INSTALLATIONS ET TECHNIQUES ÉMERGENTES	77
3.1	LES TECHNIQUES DE COMPRESSION	77
3.1.1	<i>Généralités.....</i>	<i>77</i>
3.1.2	<i>Temps réel ou non-temps réel.....</i>	<i>77</i>
3.1.3	<i>Symétrique ou non-symétrique.....</i>	<i>79</i>
3.1.4	<i>Le taux de compression.....</i>	<i>79</i>
3.1.5	<i>Avec ou sans perte.....</i>	<i>79</i>
3.1.6	<i>Intertrame ou Intratrame.....</i>	<i>80</i>
3.1.7	<i>Contrôle du débit.....</i>	<i>80</i>
3.1.8	<i>La recommandation H 320 et la compression H 261.....</i>	<i>80</i>
3.1.9	<i>Les compressions MPEG.....</i>	<i>82</i>
3.1.10	<i>Les compressions JPEG et MJPEG.....</i>	<i>92</i>
3.1.11	<i>Compression à "ondelettes".....</i>	<i>92</i>
3.2	L'ÉVOLUTION DES CAMÉRAS	97
3.3	L'ÉVOLUTION DES SUPPORTS DE TRANSMISSION.....	101
3.3.1	<i>Le cuivre.....</i>	<i>101</i>
3.3.2	<i>La fibre optique.....</i>	<i>101</i>
3.3.3	<i>Le faisceau Hertzien.....</i>	<i>101</i>

3.4	L'ÉVOLUTION DES RÉSEAUX DE TRANSMISSION	103
3.4.1	<i>Généralités</i>	103
3.4.2	<i>La transmission sur réseau SDH</i>	105
3.4.3	<i>La transmission sur réseau ATM</i>	109
3.4.4	<i>La transmission par les réseaux opérateurs</i>	117
3.4.5	<i>La transmission par modems hauts débits (ADSL xDSL)</i>	121
3.4.6	<i>La transmission par réseau Hertzien propriétaire</i>	127
3.4.7	<i>La transmission par Internet et Intranet</i>	131
3.5	ÉVOLUTION DES ARCHITECTURES	134
3.5.1	<i>Généralités</i>	134
3.5.2	<i>Transmission mixte analogique/ATM</i>	136
3.5.3	<i>Transmission tout ATM</i>	141
3.6	MIGRATION DEPUIS LES SITUATIONS EXISTANTES	147
3.6.1	<i>Les caméras</i>	147
3.6.2	<i>Déploiement d'un réseau ATM</i>	147
3.6.3	<i>Cohabitation des installations</i>	148
3.6.4	<i>Migration des installations</i>	149
4	RÉCEPTION DES INSTALLATIONS VIDÉO	151
4.1	RÉCEPTION DES ÉQUIPEMENTS VIDÉO	151
4.2	RÉCEPTION D'UN LIEN OPTIQUE	154
5	LES ACTEURS DE LA VIDÉOSURVEILLANCE	162
5.1	LES SOCIÉTÉS D'INGÉNIERIE ET DE MAÎTRISE D'ŒUVRE	164
5.2	LES FABRICANTS	164
5.3	LES INSTALLATEURS	166
6	NOTIONS ÉCONOMIQUES	167
7	GLOSSAIRE DES ACRONYMES	171
8	SYNTHÈSE	174
8.1	SYNTHÈSE SUR LES SYSTÈMES DE VIDÉOSURVEILLANCE	174
8.2	COMMENTAIRES SUR L'ÉTUDE	176

1 GENERALITES

1.1 Guide de lecture

Ce document est composé de 8 parties principales :

Chapitre 1 - Généralités

Le chapitre **1.1** que vous lisez actuellement présente la structure de ce document, ce que vous pouvez y trouver, et où le trouver.

Le chapitre **1.2** situe le contexte et les objectifs de l'étude.

Le chapitre **1.3** rappelle les particularités de la télésurveillance routière.

Les chapitres **1.4** et **1.5** rappellent comment sont constitués les signaux vidéo que les systèmes vont transporter, et comment ils sont exploités dans le cadre de la vidéosurveillance routière.

Chapitre 2 – Analyse des installations existantes

Le chapitre **2** fait une analyse des installations existantes couramment déployées dans le domaine routier ces dernières années.

Le chapitre **2.1** décrit les éléments constitutifs des systèmes de vidéosurveillance :

- Les caméras et leur environnement
- Les principes et les équipements de transmission
- La visualisation des images aux CIGT
- La télécommande des caméras et le protocole standardisé TEDI/LCR
- Des éléments sur la loi du 21 janvier 1995 visant à protéger le public

Le chapitre **2.2** décrit les différentes architectures de transmission des signaux depuis les caméras vers les CIGT.

Le chapitre **2.2.1** rappelle ce qui est regroupé sous le terme CIGT, et comment il est utilisé dans la suite du document.

Chapitre 3 – Evolution des installations et techniques émergentes

Le chapitre **3** fait une analyse des évolutions prévisibles des installations, en fonction des techniques émergentes du monde des "Télécom" applicables à la vidéosurveillance routière.

Le chapitre **3.1** décrit les différentes techniques de compression des images, qui sont les éléments incontournables de la transmission des signaux vidéo sur les réseaux numériques.

Le chapitre **3.2** décrit l'évolution prévisible des caméras et son influence sur leur mise en œuvre.

Le chapitre **3.3** décrit l'évolution prévisible des médias de transmission.

Le chapitre **3.4** décrit l'évolution prévisible des réseaux de transmission et leur application à la vidéosurveillance routière.

Le chapitre **3.5** décrit les futures architectures de transmission des signaux depuis les caméras vers les CIGT, dérivées des évolutions décrites ci avant.

Le chapitre **3.6** décrit les possibilités de cohabitation et de migration des installations existantes avec et vers les nouvelles architectures.

Chapitre 4 – Réception des installations

Le chapitre 4 donne des éléments concernant la réception des installations de vidéosurveillance.

Chapitre 5 – Les acteurs de la vidéosurveillance

Le chapitre 5 décrit les principaux acteurs de la vidéosurveillance qu'un maître d'ouvrage pourra rencontrer dans le cadre d'un projet :

- Les sociétés d'ingénierie capables de concevoir un projet de vidéosurveillance
- Les constructeurs de matériel de vidéosurveillance et de transmission
- Les installateurs de systèmes de vidéosurveillance

Chapitre 6 – Notions économiques

Ce chapitre donne des notions de prix sur les divers constituants d'un système, avec des ratios pour des installations complètes.

Chapitre 7 – Glossaire des acronymes

Ce chapitre est un glossaire des différents "acronymes" utilisés dans ce document.

Chapitre 8 - Synthèse

Ce chapitre fait une synthèse de l'évolution de la vidéosurveillance appliquée à la route.

1.2 Rappel des exigences pour la télésurveillance routière

La vidéosurveillance dans les SAGT (Système d'Aide à la Gestion du Trafic) est une technique très appréciée des exploitants.

On peut retenir 3 niveaux principaux d'utilisation :

- La levée de doute
- L'appréciation de l'évolution du trafic
- La détection automatique d'incident

La caméra est donc "l'œil" du SAGT, et à ce titre, les critères de performances réclamés par les exploitants concernant les fonctionnalités du système, les qualités d'images, la robustesse et fiabilité du dispositif, doivent en tenir compte (supérieures à d'autres systèmes de vidéosurveillance comme par exemple les systèmes de vidéosurveillance des commerces, des bâtiments sensibles, du métro, etc.).

Placées le long des voies dans un environnement hostile (pluie, brouillard, etc.) et utilisées dans des conditions délicates (coucher de soleil lorsque le soleil entre dans le champ de vision de la caméra, éblouissement dû aux phares des véhicules, etc.), les caméras doivent pouvoir délivrer des images de bonne qualité que ce soit en diurne ou en nocturne.

La détection automatique d'incident se pratique de plus en plus par analyse vidéo et donc certaines caméras seront à la fois de télésurveillance mais aussi alimenteront des traitements de détection.

Concernant la transmission des images vers le central d'exploitation, les volumes transmis étant importants, occupent une grande partie de la bande passante et sont "dimensionnants" pour le réseau.

Il s'agit donc de trouver la bonne architecture de réseau et la bonne technique de transmission.

1.3 L'exploitation des signaux vidéo

1.3.1 La levée de doute et la surveillance de l'évolution d'une situation

La levée de doute est l'exploitation d'une image vidéo à la demande.

L'image vidéo n'est pas en permanence sous l'œil de l'opérateur au centre d'ingénierie et de gestion du trafic (CIGT).

L'image vidéo de surveillance d'une zone sera appelée sur un moniteur de visualisation lors d'un événement.

L'image pourra être appelée automatiquement, par asservissements entre les différents systèmes :

- Sur appel RAU
- Sur décroché d'extincteur
- Sur détection automatique d'incident (systèmes par boucles, par radars, vidéo)
- Sur ouverture de porte de locaux techniques, refuges, etc.

Elle pourra être appelée par l'opérateur du CIGT, par action sur le pupitre de sélection et de commande du système de vidéosurveillance :

- Sur appel usager par le RAU ou le téléphone
- Sur appel radio du personnel d'exploitation (patrouilleur, maintenance, etc.)
- Sur dégradation de la situation météorologique

La première fonction de ce type d'exploitation est de lever le doute sur l'importance d'un événement en le visualisant en temps réel ou très légèrement différé (quelques secondes), sur un système de visualisation (moniteur, synoptique, système informatique)

Cette levée de doute permettra d'éliminer les fausses alarmes d'incident qui peuvent être générées par les systèmes automatiques, et/ou par les informations remontant par les usagers.

La deuxième fonction de ce type d'exploitation est d'approfondir la situation d'une zone en cas d'événement (accident, véhicule à l'arrêt, bouchon, etc.) :

- Diagnostiquer la gravité d'un événement
- Suivre l'évolution d'un événement
- Suivre l'intervention des secours, du personnel de service

Cette fonction permet d'engager les actions prévues dans les procédures d'exploitation :

- Appel et coordination des secours
- Activation d'équipements de signalisation dynamique
- Etc.

La troisième fonction de ce type d'exploitation est de vérifier le retour à la normale de la zone, afin d'engager les procédures de clôture de l'événement.

Cette utilisation de la vidéosurveillance peut se contenter d'une qualité d'image de qualité moyenne :

- La couleur n'est pas indispensable
- Le rafraîchissement des images peut être supérieur à la seconde
- Le temps légèrement différé est acceptable (quelques secondes)

Cette utilisation autorise la mise en œuvre des procédés de restitution suivants (développés dans la suite du document) :

- Transmission par modems bas débit
- Compression des signaux
- Transmission par réseaux opérateurs

Ces procédés sont particulièrement intéressants dans le cadre de la surveillance de tronçons routiers ou nœuds routiers "accidentogènes" (carrefours, échangeurs, virages dangereux), éloignés des CIGT et non reliés aux CIGT par des médias de transmission propriétaires.

1.3.2 L'appréciation de l'évolution du trafic

L'appréciation de l'évolution du trafic impose la restitution permanente au CIGT des images des zones à surveiller, afin de :

- Avoir une vue globale de la situation de trafic
- Visualiser la densité du trafic sur une zone
- Apprécier la vitesse moyenne des véhicules
- Assurer un recueil dégradé en cas de panne du système de recueil de données,

Le nombre d'images à surveiller étant en général très supérieur au nombre de moniteurs ou systèmes de visualisation, ces images seront intégrées dans des cycles de défilement.

Le temps de présence sur l'équipement de visualisation, d'une image intégrée dans un cycle de défilement est très court (environ 2 secondes).

L'opérateur doit pendant ce temps visualiser une situation anormale, par rapport à la même image en situation dite normale.

La qualité de restitution de l'image doit être très bonne :

- La couleur est indispensable
- Le rafraîchissement des images doit être supérieur à 10 images par seconde (en norme CCIR appliquée en France, la qualité optimum possible est de 25 images par seconde)
- La restitution en temps réel est nécessaire
- La compression est possible

1.3.3 La détection automatique d'incidents

La détection automatique d'incident (DAI) est une fonction permettant par traitement informatique des images restituées, de remplacer l'œil d'un opérateur pour détecter une situation anormale du trafic :

- Véhicule à l'arrêt
- Accident
- Bouchons
- Etc.

Une alarme DAI provoque l'apparition immédiate de l'image sur un moniteur d'alarme.

Un opérateur trafic doit alors exploiter cette information pour :

- Lever le doute
- Engager les actions prévues dans les procédures d'exploitation

En complément à la fonction "DAI", des fonctionnalités complémentaires de recueil de données trafic "RDT" peuvent être apportées par le système :

- Comptage total des véhicules
- Comptage des véhicules par catégorie (PL, VL)
- Elaboration d'un taux d'occupation

1.4 Les signaux vidéo

1.4.1 La vidéo Noir et Blanc

Une image vidéo est composée de 625 lignes et il y a 25 images par secondes pour les standards utilisant le 50 HZ.

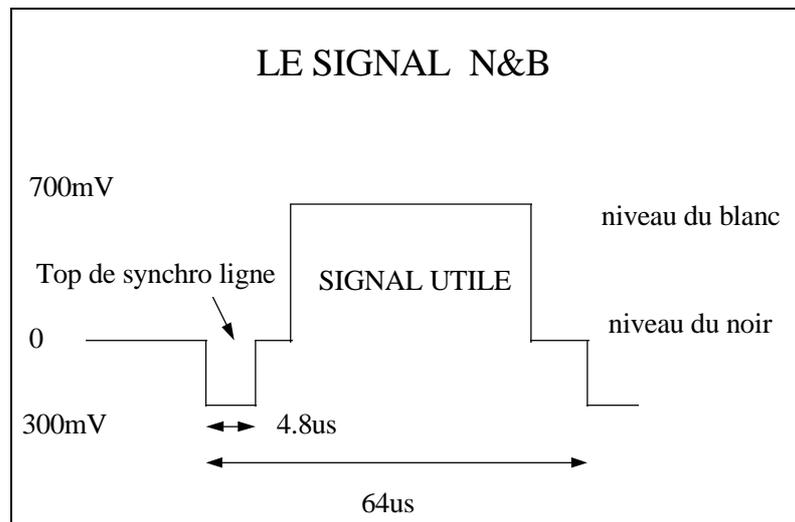
Pour les standards utilisant le 60 HZ, l'image est composée de 525 lignes avec une animation de 30 images par seconde.

Ces lignes sont balayées dans un mode dit entrelacé, faisant alterner 50 demi-images par secondes (lignes paires et lignes impaires).

Parmi les lignes, certaines servent réellement à produire l'image. Les autres lignes restantes sont utilisées pour des usages divers tels que la gestion des balayages verticaux et horizontaux, les signaux de test et le télétexte.

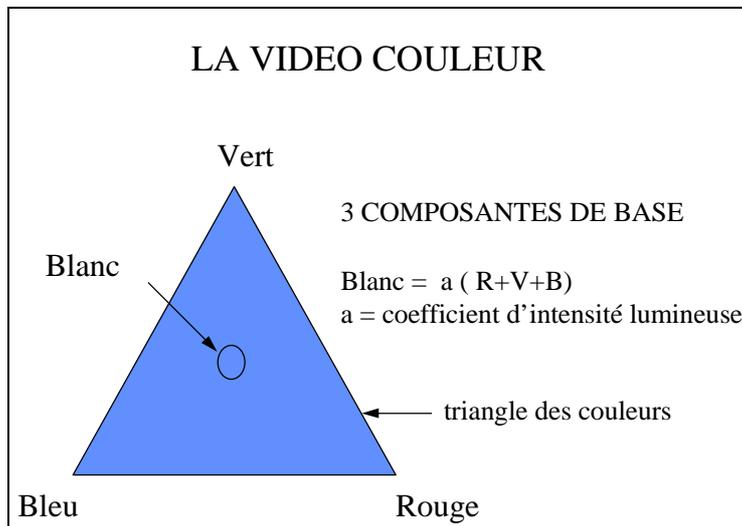
La valeur significative de la vidéo N&B est appelée la luminance (Y)

Représentation du signal vidéo (Y) :



1.4.2 La vidéo couleur

On peut à partir des trois couleurs fondamentales (R,V,B) recréer par synthèse additive toutes les couleurs.



La luminance $Y = 0,3R + 0,6V + 0,1B$

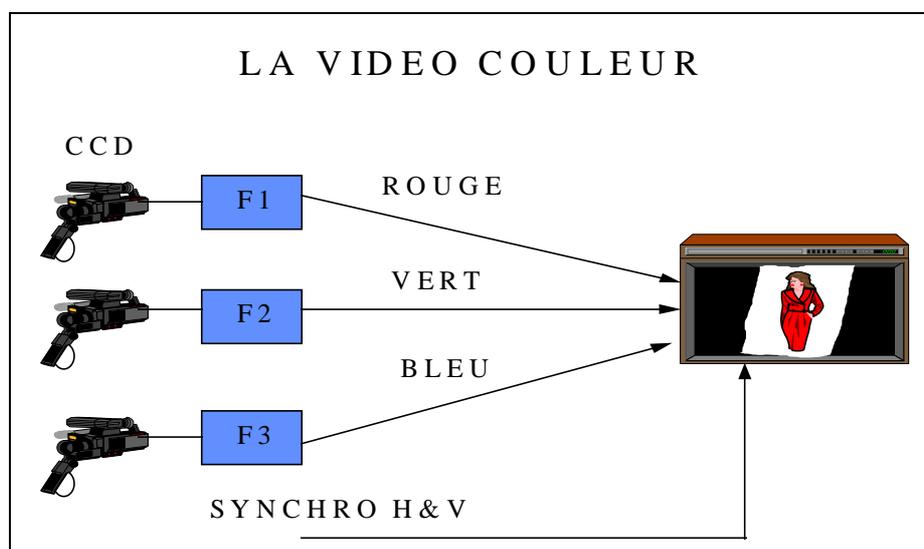
Cette formule caractérise la sensibilité de l'œil humain.

Il est deux fois plus sensible au vert qu'au rouge et très peu sensible au bleu.

Les trois signaux Y , $R-Y$, $B-Y$, sont couramment utilisés, car ils permettent toutes les combinaisons possibles. Ces signaux sont aussi appelés Y , U , V

1.4.2.1 Principe d'acquisition d'une image couleur

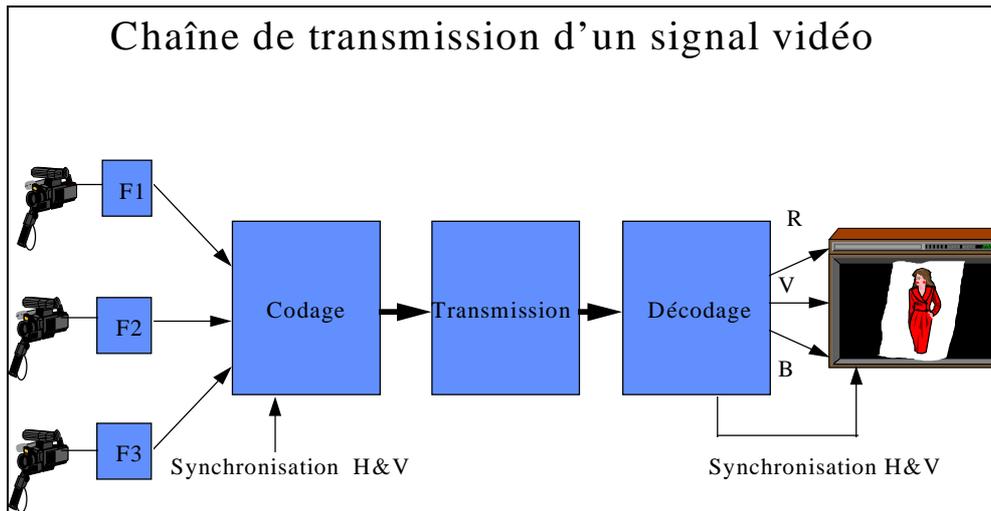
On peut décomposer une caméra en 3 capteurs sélectifs



1.4.2.2 Principes d'une transmission vidéo couleur

Une chaîne de transmission vidéo complète comprend les 5 étapes suivantes :

- Acquisition de l'image,
- Le codage de l'image,
- La transmission de l'image,
- Le décodage de l'image,
- La restitution de l'image.



En fonction du type d'application, la précédente chaîne de transmission peut être plus ou moins complexe et l'importance des différentes étapes variables.

1.4.3 Les différents types d'exploitation des signaux vidéos

On peut décomposer les métiers de l'image en trois grandes familles qui sont :

- La prise de vue et le montage
- La transmission de l'image
- La restitution de l'image

Chaque famille possède ses propres caractéristiques et ses dernières ont une influence directe sur le signal vidéo.

1.4.3.1 La prise de vue et le montage

C'est le monde de la télévision professionnelle.

Dans ce cas, on a besoin de la qualité optimale pour réaliser des prises de vue et des montages de films.

Le résultat de ces travaux étant ensuite dupliqué et diffusé dans différents systèmes qui dégraderont

la qualité des informations, il est impératif d'avoir au départ la qualité optimale.

Pour ce type d'applications, on travaillera en mode composante (R, V, B) plus synchro ou Y, R-Y, B-Y plus synchro.

Pour ce type d'application, on ne prend pas en compte les problèmes de transmissions, car tout se passe sur des distances réduites (Studios). Seule la qualité des signaux est prépondérante.

Le standard des fabricants est le "Bétacam".

1.4.3.2 la transmission de l'image

Dans le cas de la transmission de l'image, l'élément le plus important devient la quantité d'informations à transmettre.

Compte tenu du fait que les canaux de transmissions ont des bandes passantes limitées, il est impossible de transmettre les signaux précédemment cités (R, V, B ou Y, R_Y , B_Y et synchro).

L'étape de codage devient alors très importante et le principe utilisé est le suivant :

Pour que la couleur ne multiplie pas par 3 les lignes à transmettre par rapport au N&B il a fallu faire tenir les 3 signaux Y, R-Y, B-Y dans la même bande de fréquence que le N&B.

Pour cela, seule la composante luminance « Y » est transmise en haute définition (6Mhz), et les composantes R-Y et B- Y sont transmises par l'intermédiaire d'une sous porteuse couleur appelée la chrominance (C).

La fréquence et le type de modulation de cette sous porteuse sont variables en fonction des standards de codage (PAL, SECAM, NTSC) :

- Le **NTSC** est un standard à 30 images/s et il se trouve essentiellement aux états unis, au Japon et dans le sud-est asiatique. Il utilise pour la chrominance une Modulation d'amplitude en quadrature avec porteuse supprimée $F_p=4,43\text{Mhz}$

- Le **PAL** est une amélioration du système NTSC. C'est un standard à 25 images/s et il est diffusé essentiellement dans les pays de l'Europe de l'Ouest, dont la France. Il utilise pour la chrominance une Modulation d'amplitude en quadrature avec porteuse supprimée $F_p=4,43\text{Mhz}$
- Le **SECAM** est un standard à 25 images/s et il est essentiellement diffusé en France. Il utilise pour la chrominance une Modulation de fréquence de la sous porteuse avec transmission séquentielle $F_{sp1}=4,25\text{Mhz}$ (B-Y), $F_{sp2}=4,4\text{Mhz}$ (R-Y).

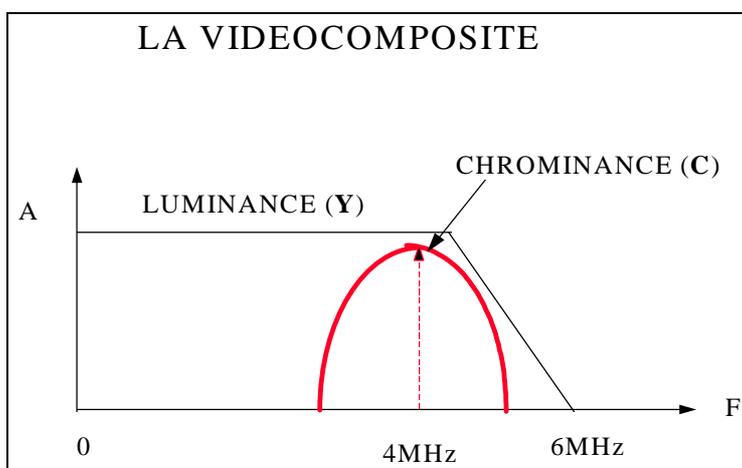
La combinaison des signaux de chrominance et de luminance pour diminuer la bande passante donne naissance au signal **vidéo composite**.

Du fait de la combinaison de chrominance, de luminance et de la synchronisation, on perd en qualité mais on diminue la bande passante (6Mhz).

Ce standard est utilisé pour la télédiffusion, la vidéosurveillance, le grand public et les circuits fermés.

La qualité du signal vidéo composite est différente entre une application de télédistribution et une application grand public (le prix des équipements aussi).

Le spectre du signal vidéo composite est le suivant :



Les produits de vidéosurveillance couramment utilisés en Europe et donc en France, utilise un signal vidéo composite codé au standard PAL.

1.4.3.3 La restitution de l'image

Dans ce type d'application, on trouve des produits utilisant tous les standards précédemment cités.

La qualité de la restitution dépendra de la qualité du signal reçu et de la qualité de l'élément de restitution (tube cathodique, écran plasma, vidéo projecteur, etc.).

Les prix des équipements dépendront de leur qualité de restitution.

1.4.4 La qualité des signaux vidéos

La qualité des signaux vidéos est évaluée sur les critères suivants :

- La qualité "Broadcast"
- La qualité "Institutionnelle"
- La qualité "Grand Public"

La qualité "Broadcast" est la qualité associée au monde de la télévision professionnelle. C'est la qualité optimale quel que soit le codage utilisé.

La qualité "Institutionnelle" est un dérivé du "Broadcast" vers des utilisateurs moins soumis à la contrainte de qualité des signaux. Les produits sont similaires à ceux du "Broadcast" mais ils sont moins performants et moins coûteux.

La qualité grand public est la qualité la plus diffusée, la moins coûteuse et la moins performante.

Le matériel de vidéosurveillance est proche de la qualité "institutionnelle"

1.4.5 Les codages numériques

Pour les applications de prises de vue et de montage il existe depuis quelques années des standards de codage numériques

Ces derniers sont en réalité issue de la numérisation des signaux Y, R-Y et B-Y .

Les signaux issus de ces numérisations ne sont pas compressés et ils représentent un flux d'information variant entre 216 MHz à 270 Mbit/s (dépend de la profondeur de quantification). Ils sont ensuite codés sous un format de codage en 4.2.2, 4.2.1 et 4.2.0. Ces chiffres représentent le % d'échantillonnage des composantes d'origines Y, U, V. Par exemple le format de codage 4.2.2 correspond à un échantillonnage de Y à 13.5 MHz et un échantillonnage de U et V à 6.75 MHz.

Actuellement il existe deux standards propriétaires qui sont le DVCPRO (Panasonic) et le DVCCAM (Sony).

Compte tenu de la bande passante qu'ils utilisent, ces standards ne peuvent pas être utilisés pour des applications de vidéosurveillance.

Pour les applications de télédistribution, il existe un comité de normalisation qui définit les standards à utiliser aussi bien en terme de signaux que d'interfaces. Ce comité se nomme le Digital Vidéo Broadcasting (**DVB**) et le standard numérique normalisé actuellement est le MPEG2. (Voir chapitre correspondant)

2 ANALYSE DES INSTALLATIONS EXISTANTES

2.1 Eléments constitutifs des systèmes de vidéosurveillance existants

2.1.1 Les caméras

Généralités

Les caméras de vidéosurveillance routière fonctionnent dans des conditions de prise de vue variables et souvent difficiles.

Dans la plupart des cas, ces caméras seront mobiles apportant des difficultés supplémentaires d'adaptation aux particularités de la scène.

Compte tenu de l'évolution technologique et de la standardisation des traitements, les caméras de vidéosurveillance **routière** doivent avoir les caractéristiques générales suivantes :

- Les caméras sont "**couleur**", par opposition aux caméras monochromes qui ont été utilisées exclusivement jusqu'au milieu des années 80. Les tailles, les prix et la sensibilité des caméras couleurs ont rejoint ceux des caméras monochromes, et plus rien n'empêche aujourd'hui de les utiliser systématiquement dans le contexte routier.
- Les caméras européennes utilisent le **procédé PAL** (Phase Alternated in Line) de restitution des couleurs. Ce standard est d'origine allemande.
- Le standard de balayage en Europe (Fréquence réseau 50 HZ) est le **standard CCIR** à 625 lignes réparties en 2 trames, 1 trame toutes les $1/50^{\text{ème}}$ de seconde, soit 1 image complète tous les $1/25^{\text{ème}}$ de seconde, soit 25 images par seconde.
- Les caméras couleurs actuelles sont de taille réduite, inférieure à 100 x 100 mm
- Les caméras sont construites autour d'un **capteur CCD** interligné (Dispositif à Couplage de Charges). Cette technologie autorise un MTBF de plusieurs années, contrairement aux anciennes caméras "à tube". Les dimensions du capteur, appelé également cible, sont 2/3 pouce, 1/2 pouce et 1/3 pouce. Cette dimension est la diagonale du capteur. Un capteur est composé d'éléments semi-conducteurs photosensibles appelés "pixel" (Picture element). Le nombre de Pixel donne la qualité du capteur. Par exemple, un bon capteur CCD de taille 1/2 pouce, qui mesure 6.4 x 4.8 mm possède 752 x 582 pixels, soit 437664 pixels.
- Les caméras doivent avoir un **rapport signal/bruit** supérieur à 50 dB, soit un niveau de signal 300 fois supérieur au niveau de bruit. Un rapport signal/bruit inférieur se traduit par un défaut de netteté de l'image, et une impression de "granulation" de l'image.
- Les caméras doivent avoir une **bande passante** minimum de 5 MHz, pour une résolution horizontale exprimée en nombre de lignes de 460 lignes, par

analogie aux lignes de balayage horizontales TV. La bande passante peut atteindre 10 MHz. Plus la bande passante est importante, plus la perception des détails est grande, mais attention, souvent au détriment du rapport signal/bruit, particulièrement dans les conditions de faible éclairage.

- Les caméras doivent être équipées d'un dispositif de **synchronisation au secteur** 50 Hz afin que toutes les caméras délivrent des signaux en phase. Cette disposition permet d'éviter le phénomène de "saut d'images" sur les moniteurs de restitution, lors des changements de vue.
- Le signal vidéo de sortie doit être adapté pour permettre les 2 types de **transmission** électrique normalisés :
 - ↳ Sortie asymétrique 1 Vcc sur 75 ohms qui permet la transmission sur câble coaxial.
 - ↳ Sortie symétrique 2 x 1 VCC sur 150 ohms qui permet la transmission sur paire torsadée.
- Les caméras doivent être équipées d'un dispositif d'**incrustation** permettant de programmer sur la caméra un texte court visualisable sur moniteur (repère de la caméra par exemple).
- Les caméras doivent avoir une **alimentation** 230 VAC – 50 Hz. La génération des très basses tensions (12 Vcc ou 24 Vcc) nécessaires aux auxiliaires de la caméra est réalisée dans le caisson de protection.

Sensibilité

Les caméras de vidéosurveillance routière installées à l'extérieur doivent pouvoir restituer une image de qualité pour des niveaux d'éclairage très faibles.

La sensibilité du capteur s'exprime en nombre de lux. Le lux exprime un niveau d'éclairage.

La sensibilité d'un capteur exprimée en lux indique l'éclairage minimum que doit recevoir le capteur pour que la caméra donne une image exploitable.

Cette valeur s'exprime pour un rapport d'ouverture de l'objectif de 1.

Ce rapport $F = \text{distance focale} / \text{diamètre de la lentille frontale de l'objectif}$.

Une caméra de vidéosurveillance routière doit avoir une sensibilité < 1 lux.

Une valeur de 0,5 lux est aujourd'hui courante.

Sensibilité aux infrarouges

Les infrarouges ont des longueurs d'onde supérieures à celles des rayonnements visibles.

L'objectif de la caméra est calculé pour concentrer la lumière visible sur le capteur.

Il concentre les rayonnements infrarouges sur un point plus éloigné que le capteur. Les rayons IR non concentrés sensibilisant le capteur amènent alors un brouillage de l'image.

Toutes les caméras couleur sont donc équipées d'un filtre qui rend le capteur insensible aux infrarouges.

Pour augmenter la sensibilité du capteur et permettre une vision nocturne exploitable, certains constructeurs de caméras ont développé le principe suivant :

- Suppression du filtre infrarouges télécommandable ou automatique à la tombée de la nuit
- Mise en place d'un filtre de compensation de focale à la place du filtre infrarouges
- Traitement du signal ainsi obtenu

Le résultat est une augmentation importante de la sensibilité du capteur (autour de 0,1 lux), permettant une vision nocturne améliorée.

Il est important de noter que ce type d'artifice ne fait qu'augmenter la sensibilité, et ne transforme pas la caméra en caméra infrarouges.

L'image visualisée est alors monochrome (Noir et Blanc).

Correction automatique de gain et shutter

Les caméras de vidéosurveillance routière installées à l'extérieur sont exposées aux variations d'éclairement allant du plein soleil (100 000 lux) jusqu'à des niveaux d'éclairement très faibles (tombée de la nuit à 1 lux par exemple).

Pour adapter la réaction du capteur aux variations d'éclairement qui peuvent être brutales, les caméras doivent être équipées de dispositifs complémentaires à l'iris automatique de l'objectif, permettant de conserver une bonne vision des détails de la scène.

Les caméras doivent être équipées :

- D'un dispositif de correction automatique de gain (CAG).
- D'un contrôle automatique de sensibilité par "Shutter".

Le correcteur automatique de gain permet d'ajuster le niveau de l'amplificateur vidéo de la caméra, en fonction de l'éclairement que reçoit le capteur, afin de maintenir un contraste optimum, et un niveau de sortie proche de sa valeur nominal.

Le gain est inversement proportionnel à l'éclairement du capteur. Il diminue lorsque l'éclairement augmente, et vice versa.

Le shutter permet de conserver une netteté de l'image en fonction du niveau d'éclairement.

Le capteur est balayé tous les $1/50^{\text{ème}}$ de secondes, en standard CCIR. La lumière continuant à sensibiliser le capteur pendant le balayage, certains objets à mouvements très rapides peuvent devenir flous.

Le shutter permet d'augmenter la vitesse de balayage du capteur (de 1/50 à 1/1000 de seconde) pour éviter ces inconvénients, tout en conservant le nombre de balayage par seconde égal à 50, pour conserver la fréquence trames CCIR. Le réglage du shutter peut être manuel ou automatique en fonction de l'éclairement. Il devra être automatique dans le cas des caméras de surveillance routière installées à l'extérieur.

Ces dispositifs peuvent permettre de supprimer l'iris automatique de l'objectif, dans certains cas où le niveau d'éclairement du capteur reste limité quel que soit l'ensoleillement.

Dans tous les autres cas, un niveau d'éclairement trop important du capteur, non limité par un iris automatique diminue sa durée de vie.

En conséquence, les 3 dispositifs sont complémentaires et améliorent la réactivité globale de la caméra vis à vis des variations de niveau d'éclairement.

La performance de ces dispositifs automatiques est très dépendante de la performance de leur boucle de régulation.

Cette performance n'est pas quantifiable par des valeurs caractéristiques.

Son appréciation ne peut être faite que par des essais poussés en situation.

L'adaptation aux conditions extérieures par traitement du signal

La performance d'une caméra de vidéosurveillance routière tient essentiellement à la capacité de sa chaîne de traitement de l'image, **intégrée à la caméra**, d'adapter l'image restituée aux conditions extérieures de prise de vue.

La chaîne de traitement de l'image doit analyser l'image en temps réel, avoir un temps de réaction très court, et en particulier intégrer les traitements suivants :

- **Limitation et compression des blancs.** Les "blancs" sont produits la journée par les zones fortement ensoleillées réfléchissantes (chaussées mouillées, carrosseries, panneaux publicitaires, etc.) et la nuit par les phares des voitures, les feux de circulation, les appareils d'éclairage. Ce traitement permet de continuer à visualiser tous les détails d'une image masquer par des zones blanches en absence de ce traitement.
- **Compression des contrastes.** Les contrastes importants sont particulièrement important par grand soleil, quand la scène comprend des zones en plein soleil, et des zones à l'ombre. La nuit, les contrastes sont important entre une zone éclairée par un luminaire, et une zone dans la pénombre. Ce traitement permet de continuer à visualiser les détails des zones sombres.
- **Correction de gamma.** Les tubes cathodiques des moniteurs vidéo ont une courbe de réponse en contraste différente de celle des caméras vidéos. Ce phénomène provoque une accentuation des parties sombres de l'image. Ce traitement du signal corrige la reproduction des contrastes dans les parties les plus sombres, afin de permettre une visualisation satisfaisante des détails dans ces parties de l'image.

- **Accentuation des contours.** Les différences importantes de couleur entre les objets visualisés entraînent des transitions de luminance dans tous les plans d'une scène. Ces transitions sont difficilement perçues par les capteurs, et les contours des objets deviennent flous. Ce traitement permet de reconstituer les contours des objets, facilitant la perception des détails, et diminuant la fatigue visuelle de l'opérateur.
- **Réduction de l'effet smear.** L'effet smear est l'apparition à l'image d'une ligne lumineuse verticale ayant pour origine un point très lumineux dans la scène. Cette ligne verticale suit le déplacement du point lumineux. Ce traitement permet de limiter cette ligne verticale, et de reconstituer les détails autour du point lumineux.
- **Réduction de l'effet blooming.** L'effet blooming est l'apparition d'un important halot blanc autour d'un point lumineux de la scène. Ce halot suit également le déplacement du point lumineux. Ce traitement permet de limiter ce halot, et de reconstituer les détails autour du point lumineux.

Il est à noter que la généralisation de l'utilisation du capteur "interligné", par rapport au capteur à "transfert de trames", sur les caméras de vidéosurveillance, a notablement diminué les effets "smear" et "blooming".

Nota important :

Ces traitements des signaux vidéo ne sont pas quantifiables par des valeurs caractéristiques.

Leur appréciation ne peut être faite que par des essais poussés en situation.

Le télé réglage à distance

Les caméras étant installées sur des mâts, des murs ou parois, difficilement accessibles, elles doivent pouvoir être télé réglées à distance.

Ces télé réglages sont en général possibles par les liaisons de télécommande des tourelles et des objectifs à focale variable.

C'est donc à partir des PC de supervision ou des pupitres de télécommande installés dans les CIGT, que ces réglages pourront être effectués.

Ces réglages sont d'autant plus faciles, que le résultat de leur action est visualisable immédiatement sur les moniteurs vidéo du CIGT.

Ces télé réglages permettent notamment :

- De faire la mise au point assurant une parfaite netteté de l'image
- De programmer différents modes de restitution en fonction de l'éclairage (par exemple jour, tombée de la nuit, nuit) avec possibilité de télécommande du choix à distance, manuelle ou automatique.
- De configurer chaque mode de restitution, en agissant sur :
 - ↳ La régulation de l'iris
 - ↳ La régulation du shutter

- ↗ La compensation de contre-jour
- ↗ Les coefficients de pondération des zones de l'image
- ↗ L'adaptation au type d'éclairément
- ↗ La balance des blancs

- D'adapter la synchronisation secteur
- Etc.

Les possibilités de télé réglage sont différentes en fonctions des caméras et des fabricants.

Les objectifs à focale fixe

Les objectifs à focale fixe seront en général à iris automatique, sauf s'il y a variation rapide et répétée de la luminosité (par exemple si la caméra est installée dans une zone sombre face à des feux de route de véhicules automobiles).

Il est alors préférable d'opter pour un fonctionnement avec iris manuel afin d'éviter toute usure mécanique anticipée (par exemple caméra en sens inverse de circulation dans un tunnel)

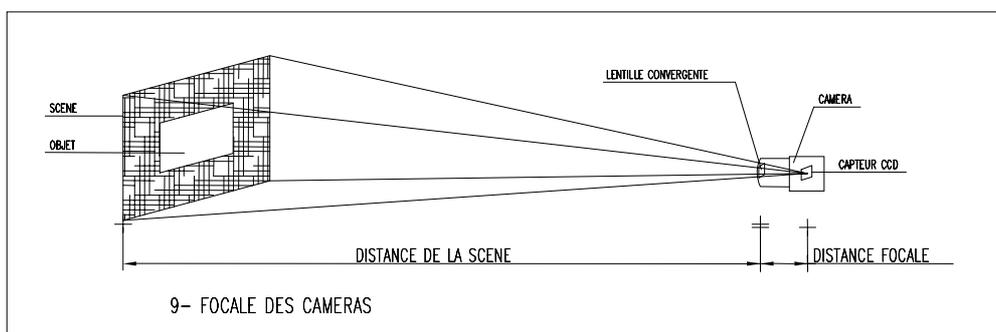
Les caméras sont équipées d'objectifs fixes dont la focale est calculée, puis choisie en fonction :

- Des dimensions (largeur ou hauteur) du capteur CCD, de la scène et de l'objet.
- De la distance entre l'objectif et l'objet à visualiser.

La formule générale de calcul est la suivante :

$$\text{Focale calculée (mm)} = \text{Distance (m)} \times \frac{\text{Capteur CCD (mm)}}{\text{Objet (m)}}$$

L'objectif sera choisi dans la gamme du constructeur, en fonction de la taille du capteur CCD choisi, avec une valeur de focale inférieure à celle calculée (pour disposer d'une scène plus large)



Les objectifs à focale variable (zoom)

Les objectifs à focale variable sont motorisés, tant pour le zoom que pour la mise au point (recherche de la netteté) afin d'être télécommandées à distance.

Les limites de variation de la focale doivent être calculées suivant les mêmes principes que pour les objectifs à focale fixe.

Lorsque la restitution sur moniteur impose de visualiser des scènes éloignées et rapprochées avec des exigences de définitions d'objet à partir de la même caméra et même en choisissant des objectifs ayant une grande plage de dimension de focale, il faut en général trouver un compromis et choisir la zone (éloignée ou rapprochée) dont la visualisation doit être privilégiée.

Nous donnons ci-après un exemple des possibilités de définition de visualisation de la largeur d'un objet à partir d'un choix d'objectif à focale variable permettant de surveiller une section courante :

Taille capteur CCD	Focale mini – maxi et réglage	Distance de la scène	Largeur de l'objet	Largeur scène à cette distance	Largeur objet sur écran de diagonale 50cm
½ pouce	7.5 à 75 mm réglé à 75 mm	500m	2m	40 m	2 cm
½ pouce	7.5 à 75 mm réglé à 75 mm	50 m	2 m	4m	20 cm
½ pouce	7.5 à 75 mm réglé à 7.5 mm	20 m	2 m	7.67m	10.43 cm

Nota : Un tableau similaire doit aussi être réalisé pour s'assurer de la visualisation verticale des objets.

Les objectifs à focale variable de 7,5 à 75mm ou 90 mm pour des caméras équipées de capteurs ½ pouce sont des valeurs que l'on retrouve couramment en surveillance routière extérieure.

Les tourelles orientables

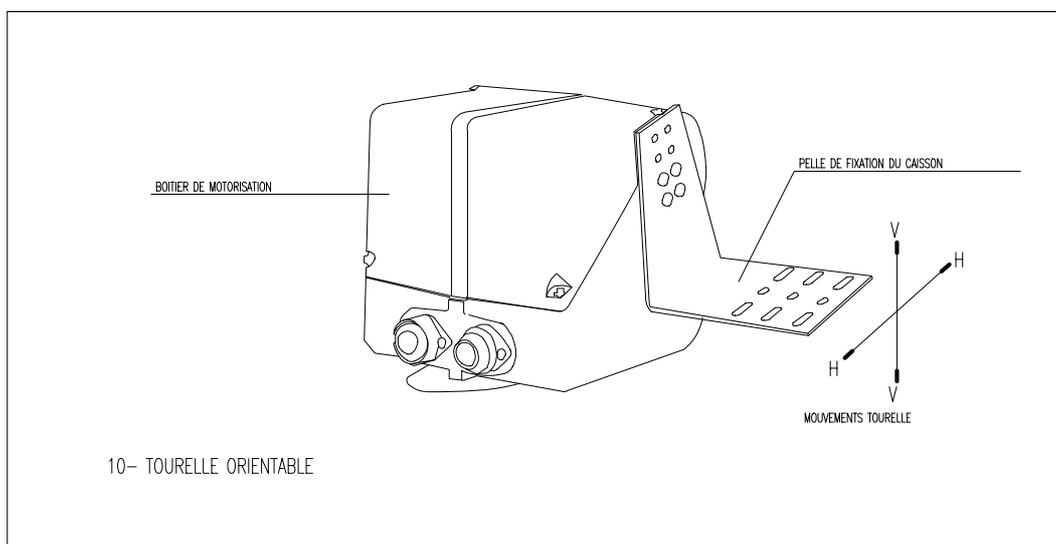
Les tourelles orientables sont nécessaires pour assurer la manœuvre des caméras :

- De gauche à droite ou vice-versa (manœuvre en azimut) avec une amplitude typique de 360°.
- De bas en haut ou vice-versa (manœuvre en site) avec une amplitude de +90° à -90° par rapport à l'horizontale

Les tourelles orientables doivent avoir les caractéristiques générales suivantes (les valeurs citées sont indicatives et peuvent varier légèrement suivant les constructeurs) :

- Charge utile : 30 kg
- Poids : 10 kg
- Indice de protection : IP 66
- Matériau de construction : Fonte aluminium
- Finition : Peinture rilsanisée
- Visserie : Acier inoxydable

- Mouvement panoramique : de 10 à 370 °
- Mouvement vertical : de 10 à 190 °
- Vitesse de déplacement en panoramique (azimut): 6 °/s (aussi à 360°/s mais il existe des problèmes liés à la gestion de ces vitesses).
- Vitesse de déplacement en vertical (site) : 3°/ s
- Potentiomètres de prépositionnement : oui
- Contacts de fins de course : réglables dans toutes les positions
- Tension d'alimentation : 220 V AC
- Puissance absorbée : 120 W
- Résistance de chauffage intérieure thermostatée : oui
- Température de fonctionnement : -15°C à +70°C
- Humidité relative : de 30% à 95%
- Accessoires de fixation de la tourelle sur la tête de mât acier octogonale

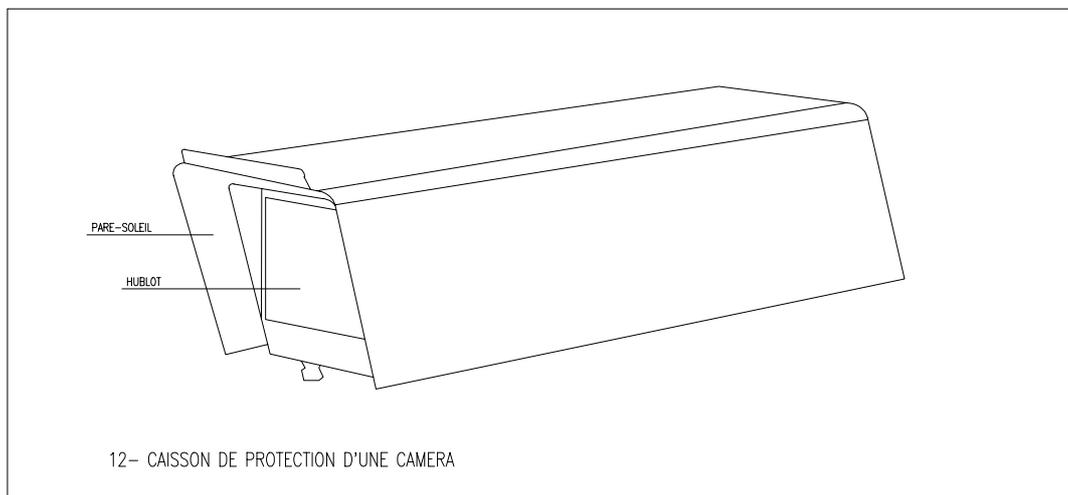


2.1.2 La protection des caméras contre les influences externes

Les caméras de vidéosurveillance des réseaux routiers fonctionnent dans un environnement extrêmement difficile et il convient de les protéger efficacement contre les différentes influences externes (variations de température, pluie, grêle, neige, vent, chocs mécaniques, poussières, présence de substances corrosives ou polluantes).

Il est nécessaire d'intégrer les caméras dans des caissons étudiés aux caractéristiques générales suivantes :

- Indice de protection IP 66 ou IP 67
- Caisson en alliage d'aluminium ou en acier inoxydable
- Pare-soleil
- Hublot en verre trempé
- Joints en silicone ou équivalent
- Entrée des câbles par presse-étoupe ou par connecteur étanche
- Visserie en acier inoxydable autorisant un démontage rapide et aisé du caisson
- Résistance de chauffage avec thermostat de commande

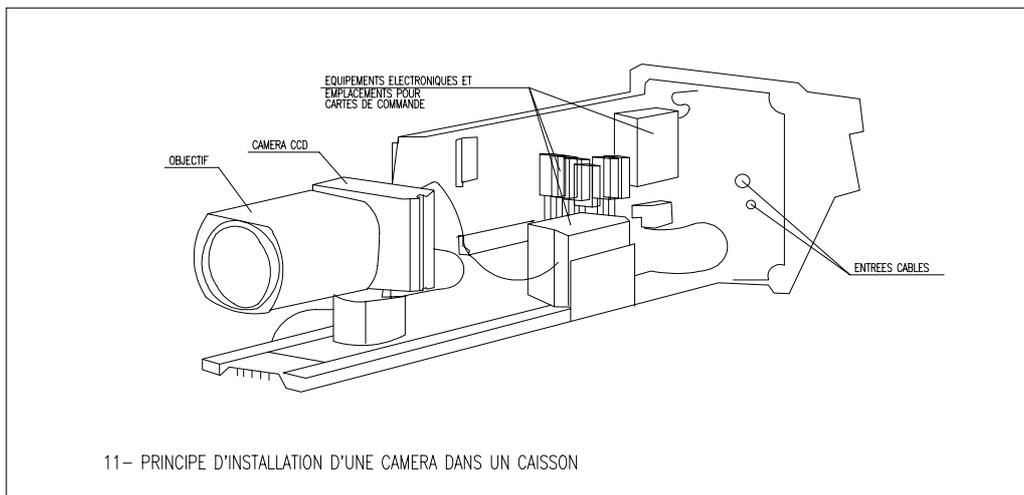


A l'intérieur du caisson, un panier permet l'insertion des cartes d'interface :

- Carte d'alimentation
- Récepteur de télécommande depuis le CIGT
- Carte de relayage pour la commande du zoom, de la tête orientable, d'un lave-glace et d'un essuie-glace éventuels
- Carte de mémorisation des prépositions et leur exécution sur télécommande du poste central.

Des équipements optionnels peuvent être ajoutés en fonction des besoins :

- Essuie-glace
- Lave-glace



2.1.3 La protection électromagnétique des caméras

Compatibilité électromagnétique (CEM)

Les caméras doivent impérativement avoir un niveau d'émission de perturbations électromagnétiques limité tel que défini dans la norme européenne EN 55022.

Elles doivent aussi être protégées efficacement contre les interférences électromagnétiques dans une gamme de fréquence allant au-delà du GHz.

Protection contre les surtensions (foudre en particulier)

Les caméras et les câbles filaires associés doivent impérativement être protégés efficacement contre les surtensions telles que celles engendrées par la foudre. Les dispositions suivantes sont à adopter pour toutes les caméras installées en extérieur :

- Choix du schéma du neutre de l'alimentation type TN-S ou TT, avec connections à la terre les plus courtes possible.
- Réduction des surfaces de boucles entre les câbles d'alimentation et de transmission (les câbles ne doivent pas être éloignés les uns des autres).
- Absence de loques sur les différents câbles afin de limiter les inductions qui peuvent générer des potentiels transitoires élevés.
- Raccordement tenant – aboutissant des blindages des câbles, avec une continuité complète des écrans entre tous les équipements.
- Parafoudre secteur à l'arrivée de l'alimentation sur la caméra. Parafoudres adaptés sur tous les câbles filaires de transmission des signaux vidéo et de télécommande, y compris au niveau de leur arrivée dans les bâtiments d'exploitation et sites de regroupement, afin d'éviter la détérioration des équipements en aval (correcteurs, multiplexeurs, etc.) :

↳ Un dispositif parasurtenseur sur l'alimentation 220 V du coffret dont les caractéristiques sont les suivantes :

- ⇒ Tension nominale : 220 V +/- 15%
- ⇒ Courant nominal de décharge : 10 kA
- ⇒ Temps de réponse : < 50 ns

⇒ Un dispositif parasurtenseur monté en boîtier sur le signal vidéo de la caméra, avec les caractéristiques suivantes :

- ⇒ Tension de service : 5Vcc maxi
- ⇒ Courant nominal de décharge : 10 kA
- ⇒ Temps de réponse : < 50 ns

⇒ Un dispositif parasurtenseur monté en boîtier sur la liaison RS 485 de télécommande, avec les caractéristiques suivantes :

- ⇒ Tension de service : 33Vcc maxi
- ⇒ Courant nominal de décharge : 10 kA
- ⇒ Temps de réponse : < 50 ns

Coffret d'alimentation électrique des caméras

Au pied de chaque caméra, un coffret d'alimentation et de protection des équipements doit être installé. Il comprend :

- Les disjoncteurs de protection
- Les parasurtenseurs de protection
- Les éventuels modules d'interfaces (émetteurs électro/optique, interfaces de télécommande, etc.)
- Une prise locale de raccordement d'un terminal portable pour la maintenance locale au pied de la caméra.
- Une prise locale BNC 75 ohms de raccordement d'un moniteur portable.

Pour les caméras montées sur mat, le coffret est fixé en pied de mat.

Les bornes de raccordement des câbles retenues seront de type "avec connexions par ressorts à cage", pour une bonne résistance aux vibrations engendrées par le passage des véhicules.

2.1.4 Les supports des caméras

Les caméras sont installées sur deux types de supports :

- Les supports muraux
- Les mâts de supportage de différents types

Les supports muraux

Les supports muraux de fixation des caméras doivent être rigides et parfaitement protégés contre les influences externes.

Le montage mural (ou en plafond) doit être réalisé au moyen d'une platine de fixation, de chevilles type scellement résine ou équivalent et de vis de fixations en acier inoxydable.

Le support doit intégrer un dispositif de réglage de l'orientation de la caméra dans toutes les directions.

Les mats

D'une manière générale, la flèche des mats recevant les caméras doit impérativement être limitée à + ou – 6cm afin que la restitution vidéo ne soit trop perturbée par le vent.

Les massifs béton et les dimensions des mâts doivent être calculés en fonction des vitesses maximum des vents définies par région.

Les hauteurs d'installation des caméras varient de 6 m à 12 m, en fonction de la géographie des lieux.

Il existe plusieurs types de mats sur lesquels les caméras peuvent être installées :

- Les mats acier standard de forme circulaire ou octogonale. Ces mâts peuvent éventuellement être recoupés afin de respecter la flèche maximale admissible. Les câbles d'alimentation, de signal vidéo et de télécommande passent à l'intérieur du mat.
- Les mats acier basculants (allant jusqu'à des hauteurs de 8 m). Montage des caméras identique au cas ci-avant. Le mat est basculé afin de permettre les interventions de maintenance sur les caméras au sol (ce qui nécessite de disposer d'une aire de dégagement). Cette solution est très utilisée chaque fois que la hauteur d'installation des caméras est compatible avec ce type de mât.
- Les mats en béton, chers, mais très rigides, avec une flèche minimale et une restitution vidéo peu perturbée par le vent.

Les interventions de maintenance à réaliser sur les caméras dans le cas des mâts non basculants nécessitent une nacelle.

Des dispositifs de descente automatique des caméras peuvent être ajoutés aux mats acier non basculants ou aux mats béton de grande hauteur, afin de permettre la descente au sol des caméras pour la maintenance. Ces dispositifs sont très chers, mais peuvent être indispensables si l'accès aux caméras par une nacelle est impossible.

Les mâts acier basculants étant les plus utilisés, ils auront les caractéristiques générales suivantes :

- Hauteur utile : 6 ou 8 m
- Poids à installer en tête : 40 kg
- Prise au vent équivalente en tête : 0,30 m² (valeur indicative)
- Type : basculant
- Fût : section octogonale décroissante de la base vers le sommet.
- Matériau : acier E24
- Ouverture : porte de visite standard verrouillage possible en partie inférieure.

La protection contre la corrosion sera réalisée par galvanisation à chaud intérieure et extérieure. Ce traitement sera réalisé après soudure, meulage, décalaminage et décapage.

Après mise en place du mât sur le massif, les détails de finition suivants sont nécessaires :

- Mise en œuvre de graisse de protection des têtes des tiges d'ancrage avant mise en place de cabochons Néoprène de protection
- Mise en œuvre de cabochons Néoprène de protection des têtes des tiges d'ancrage avant recouvrement par les terres de remblaiement.
- Mise en œuvre d'un enduit d'étanchéité sur la base du mât, sur la platine de scellement, sur les tiges d'ancrage, avant recouvrement par les terres de remblaiement.

Massifs d'ancrage

Le terrassement est exécuté à la main ou par engin mécanique, dans un terrain de toutes natures.

L'exécution de la fouille comprend :

- Les tracés d'implantation.
- L'exécution de la fouille.
- Le dressage du fond de fouille.
- Les moyens de protection des parois latérales (étaieusement, blindage, etc.).
- L'épuisement des eaux de pluie, de ruissellement et d'infiltration pendant les travaux.
- La mise en dépôt des terres nécessaires au remblaiement.
- L'évacuation des terres excédentaires.

L'exécution du massif d'ancrage comprend :

- Le béton de propreté en fond de fouille.
- Le coffrage des parois verticales.
- La mise en place d'une cage d'armature en acier HA Fe E500.
- Le coulage du béton B25 avec dosage mini de 300 kg/m³.
- Le scellement de la platine de pré scellement avec tiges d'ancrage.
- Le passage des fourreaux en attente à travers la platine de pré scellement
- La reprise des terres pour remblaiement, et compactage autour du massif.

Le massif sera calculé suivant les hypothèses suivantes :

- Pression admissible du terrain à fond de fouille
- Région (type)
- Hauteur de mât
- Poids en tête de mât
- Surface équivalente de prise au vent

Prise de terre locale

Une prise de terre locale sera mise en œuvre à fond de fouille de chacun des massifs.

Cette prise de terre sera constituée par un câble de cuivre nu de 35 mm² enfoui dans la terre à fond de fouille.

Ce câble de cuivre nu sera remonté au centre du massif à travers un fourreau, afin d'être remonté à l'intérieur du mât pour raccordement sur la borne de mise à la terre.

L'armature acier du massif béton sera raccordée à ce câble de terre.

Les câbles de terre installés à fond de fouille des tranchées seront interconnectés à cette prise de terre.

2.1.5 L'implantation des caméras

L'implantation des caméras demande une étude de couverture vidéo élaborée :

- En phase étude par la réalisation de plans de couverture vidéo du tracé, en faisant apparaître les zones privées, conformément à la loi n° 95-73 du 21 janvier 1995 d'orientation relative à la sécurité.
- Avant l'installation sur site, par une validation du lieu et de la hauteur d'implantation. L'installateur doit disposer d'un équipement vidéo mobile et d'un camion nacelle permettant de reproduire le positionnement exact de la caméra. Les restitutions vidéo doivent alors être validées avant pose du mat ou du support mural. Lors de cette phase, il est également nécessaire de définir les dispositions à prendre pour interdire ou occulter les zones privées.

Les pas d'implantation des caméras couramment mis en œuvre sont (valeurs indicatives) :

- 1 à 2 Km en section courante hors agglomération
- 500 m sur une section en agglomération ou périphérique à forte circulation
- 200 m en tunnel

2.1.6 Les différents types de transmissions en bande de base appliqués à la vidéo

La transmission en bande de base sur câble coaxial :

La transmission d'un signal asymétrique 1VCC sous 75 ohms peut être réalisé directement sur câble coaxial. Le câble le plus utilisé pour des distances supérieures à 50m est le câble type KX8.

L'affaiblissement à 5 MHz sur un câble KX8 est de 1,2 dB/100m.

Le câble KX8 permet de retransmettre de manière satisfaisante le signal asymétrique disponible en standard en sortie des caméras sur une distance de 250 m.

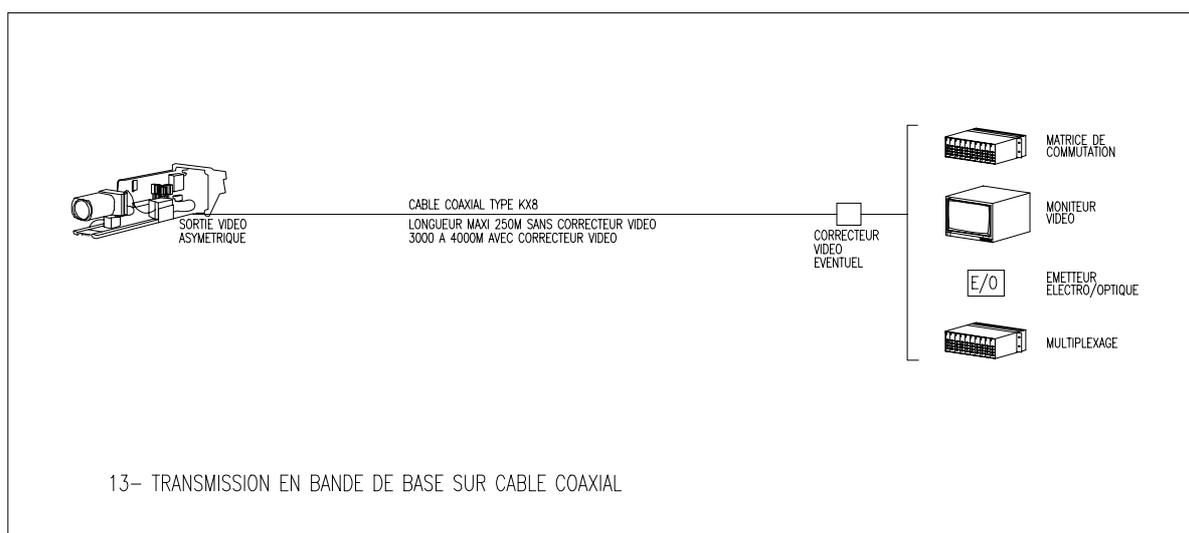
L'adjonction d'un correcteur vidéo à la réception du signal permet d'étendre cette distance jusqu'à 3 ou 4 km.

Notons qu'après correction, le signal peut de nouveau être transmis sur câble coaxial dans des conditions similaires.

Ce type de cascade entraîne une dégradation importante du rapport signal/bruit, fonction de la performance des équipements d'interface.

Ce média de transmission est sensible aux parasites de toutes natures.

Son utilisation est en général limitée à des systèmes installés dans des zones restreintes, entre les caméras et les sites locaux de regroupement.



La transmission en bande de base sur paire torsadée :

La transmission d'un signal symétrique 2 x 1VCC sous 150 ohms peut être réalisée directement sur paire torsadée.

Les câbles à paire(s) torsadée(s) utilisables dans cette application doivent avoir les caractéristiques générales suivantes :

- Diamètre des conducteurs : 0.4, 0.6 ou 0.8 mm
- Isolant des conducteurs : polyéthylène
- Capacité effective entre conducteur : 50 nF par Km.

Citons par exemple les câbles spécifications France Télécom série 78, 79, 90, 93 ou équivalent, L711, L713 ou équivalent (câbles utilisés pour les applications de réseau d'appel d'urgence).

L'affaiblissement à 5 MHz sur une paire torsadée est de 3,3 dB/100m.

La transmission sur câble à paire torsadée permet de retransmettre de manière satisfaisante le signal symétrique souvent disponible en standard sur les caméras à une distance maximum de 2 Km

L'adjonction d'un correcteur vidéo désymétriseur à la réception du signal est indispensable quelle que soit la distance.

Notons qu'après correction, le signal peut de nouveau être transmis sur paire torsadée dans des conditions similaires.

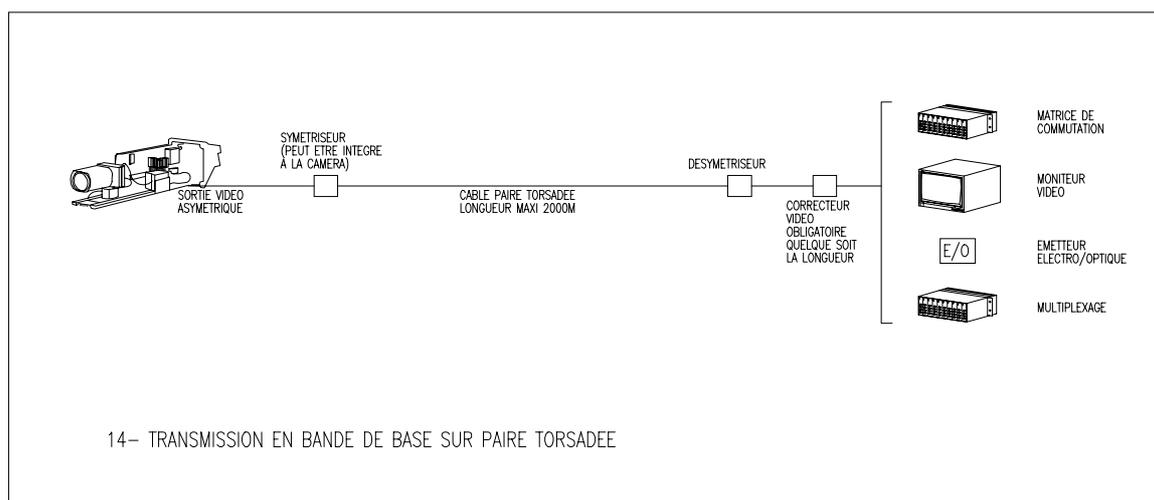
Comme dans le cas précédent, ce type de cascade entraîne une dégradation importante du rapport signal/bruit, fonction de la performance des équipements d'interface.

La transmission symétrisée sur paire torsadée est par nature peu sensible aux parasites.

Son utilisation est cependant limitée à des systèmes installés dans des zones restreintes, entre les caméras et les sites locaux de regroupement.

Notons que dans certains cas, il est possible d'utiliser des paires disponibles sur des câbles généraux courants faibles déjà en place sur la zone, ce qui évite la mise en œuvre fastidieuse de grandes liaisons filaires lors de l'ajout d'un nombre très limité de caméras.

Notons également que les câbles téléphoniques des séries SYT1 ou SYT2 isolés au PVC ne conviennent pas du tout aux applications de transport de signal vidéo.



La transmission en bande de base sur fibre optique :

La transmission en bande de base sur fibres optiques permet d'éviter les inconvénients de la transmission électrique sur support cuivre :

- Affaiblissement et détérioration des signaux nécessitant des correcteurs vidéo
- Sensibilité aux parasites
- Distance de transmission dans de bonne qualité limitée

La transmission d'un signal vidéo sur un câble à fibre optique a donc une tendance à se généraliser pour les raisons suivantes :

- Parfaite immunité aux parasites

- Transmission très longue distance possible sans détérioration du signal
- Baisse importante des coûts des câbles à fibres optiques
- Développement et baisse importante des coûts des modules d'interface électro/optique vidéo
- Mise en œuvre devenant de moins en moins contraignante

Les 2 grands types de fibres optiques classées en fonction du mode de cheminement de la lumière dans le brin de fibre optique sont utilisables en vidéosurveillance :

- Les fibres **monomodes** avec un cheminement de la lumière dans le cœur du brin optique d'un diamètre courant de 9 microns. La dispersion est faible et ce type de câble autorise des distances allant jusqu'à plusieurs dizaines de kilomètres, distance fonction du type d'émetteurs et récepteurs optiques mis en œuvre.
- Les fibres **multimodes** avec un cheminement de la lumière dans un cœur de brin optique de diamètre courant de 62.5 microns. La dispersion s'opère sous forme de signaux multiples qui suivent des trajectoires différentes, ce qui induit une déformation progressive du signal, d'où une limitation d'utilisation à des distances maximales de l'ordre de 4 Kilomètres.

Les émetteurs et récepteurs optiques doivent être adaptés en fonction du type de brin et des distances entre émetteur et récepteur. Notons que les émetteurs longue distance (de type laser) sont onéreux.

La mise en œuvre des câbles multimode est relativement simple alors que les câbles monomode exigent une formation et un outillage coûteux et complexe pour réaliser la connectique.

Les utilisations des 2 types de fibres sont les suivantes :

- Artères principales d'une distance supérieure à 4 Km pour les fibres monomode
- Artères principales de distance inférieure à 4 Km et liaisons locales pour les fibres multimode

Des câbles composites intégrant des brins monomodes et des brins multimodes sont constitués et permettent de mixer les différentes utilisations.

Notons que les câbles généraux d'artère constituent de fait la véritable infrastructure de communication voix/données/images, au-delà des produits actifs qui peuvent être changés au fur et à mesure des évolutions technologiques.

Il convient donc de prévoir d'emblée un nombre important de brins de fibres optiques afin de pouvoir répondre aux besoins futurs de communication.

La transmission d'un signal vidéo sur fibre optique nécessite la mise en œuvre des équipements suivants :

- Un émetteur vidéo électro/optique installé dans le caisson de la caméra ou dans le coffret pied de poteau dont les caractéristiques générales sont les suivantes :

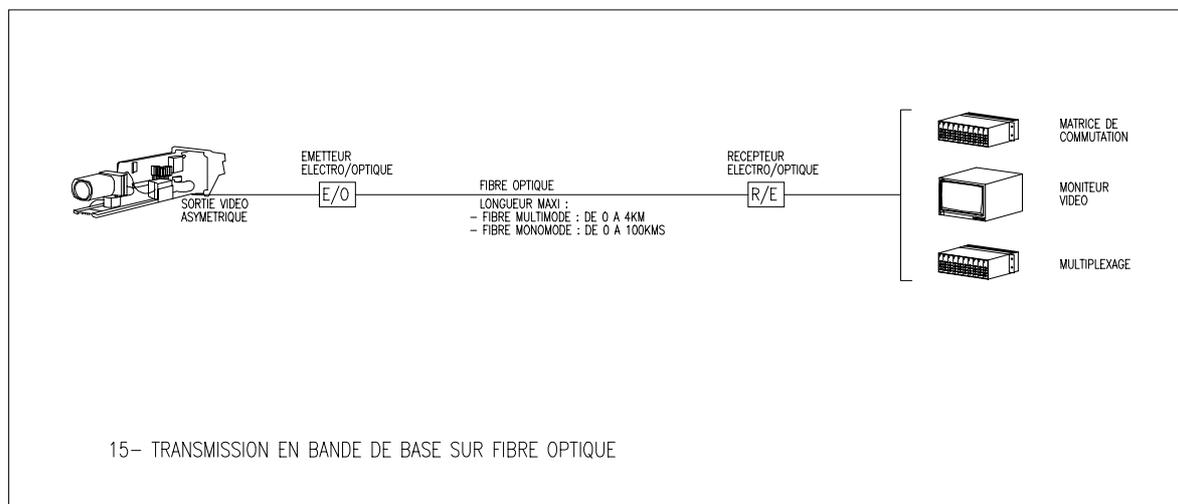
↳ Entrée : 1 VCC 75 ohms sur fiche BNC
 ↳ Longueur d'onde émission en multimode : 850 ou 1300 nm

- ↗ Longueur d'onde émission en monomode : 1300 nm
- ↗ Bande passante : 10 MHz
- ↗ Puissance émission en multimode par LED : - 20 dBm (valeur indicative)
- ↗ Puissance émission en monomode par LED: - 30 dBm (valeur indicative)
- ↗ Sortie : connecteurs ST ou SC

- Un récepteur vidéo électro/optique installé dans le site de regroupement ou directement au CIGT dont les caractéristiques générales sont les suivantes :

- ↗ Entrée : connecteurs ST ou SC
- ↗ Longueur d'onde réception en multimode : 850 ou 1300 nm
- ↗ Longueur d'onde réception en monomode : 1300 nm
- ↗ Bande passante : 10 MHz
- ↗ Sensibilité de réception en multimode : - 40 dBm (valeur indicative)
- ↗ Budget optique en multimode : 20dBm
- ↗ Sensibilité de réception en monomode : - 40 dBm (valeur indicative)
- ↗ Budget optique en monomode : 10dBm
- ↗ Sortie : 1 VCC 75 ohms sur fiche BNC

Notons que dans le cas de caméras mobiles, l'installation des émetteurs vidéo électro/optique dans les caméras est à proscrire, les mouvements des caméras ayant une mauvaise influence sur les connecteurs optiques.



La transmission par modems bas débit :

La transmission à grande distance d'un signal vidéo issu d'une caméra peut être réalisée par différents types de médias tels que :

- Utilisation d'une paire filaire disponible sur un câble propriétaire
- Utilisation d'une voie à 64 kbit/s d'un réseau à multiplexage temporel (MIC)
- Utilisation du réseau téléphonique commuté standard (RTC)
- Utilisation du réseau numérique à intégration de services (Numéris)

Ce type de transmission impose l'utilisation à chaque extrémité de la liaison, d'un modem.

Le modem émetteur assure la compression de l'image et sa modulation (en contractant les termes, on parle également d'un ensemble de CODEM) en un signal transmissible sur le réseau propriétaire ou opérateur disponible, à la vitesse de transmission maximum possible.

Le modem récepteur démodule et décompresse le signal pour le restituer en signal 1 VCC 75 ohms sur connecteur BNC, exploitable pour une visualisation directe ou via une matrice de commutation.

Les techniques de modulation et de compression sont toujours propriétaires, et les modems de différents types et marques ne sont pas compatibles entre eux.

Seul la compression H261 développée pour la transmission de la visioconférence au standard H320, permet une compatibilité entre équipements d'extrémité. Cependant les équipements d'extrémités sont chers et mal adaptés à la vidéosurveillance, puisqu'ils permettent également la transmission de la phonie compressée, et de données.

Les débits de transmission sont faibles, entre 9600 bit/s sur une liaison RTC, et 128 kbit/s sur une liaison de base T0.

Les performances obtenues sont médiocres sur 2 plans principaux :

- Le nombre d'images par seconde
- La qualité de l'image

Les différentes techniques utilisées font un compromis entre ces 2 contraintes, et le résultat est souvent très médiocre.

Pour la vidéosurveillance routière, le critère principal à privilégier, est la qualité de l'image, pour permettre une visualisation d'un maximum de détail d'une situation. On peut se contenter d'un nombre d'image par seconde faible, et même d'une image toutes les 2 ou 3 secondes.

A titre d'exemple, à une vitesse de 19200 bit/s, la restitution est de l'ordre d'une à deux images noir et blanc par seconde avec une définition de 362 x 288 pixels. La qualité de restitution peut être améliorée en limitant le nombre d'image à une toutes les 2 secondes.

Si l'on dispose d'un accès de base Numéris (T0) offrant 2 canaux de transmission à 64 Kbit/s, soit 128 kbit/s, les performances obtenues sont de l'ordre de 2 images couleur par seconde avec une définition de 362 x 288 pixels. Cette définition peut également être améliorée en limitant le nombre d'image à une toutes les 2 secondes.

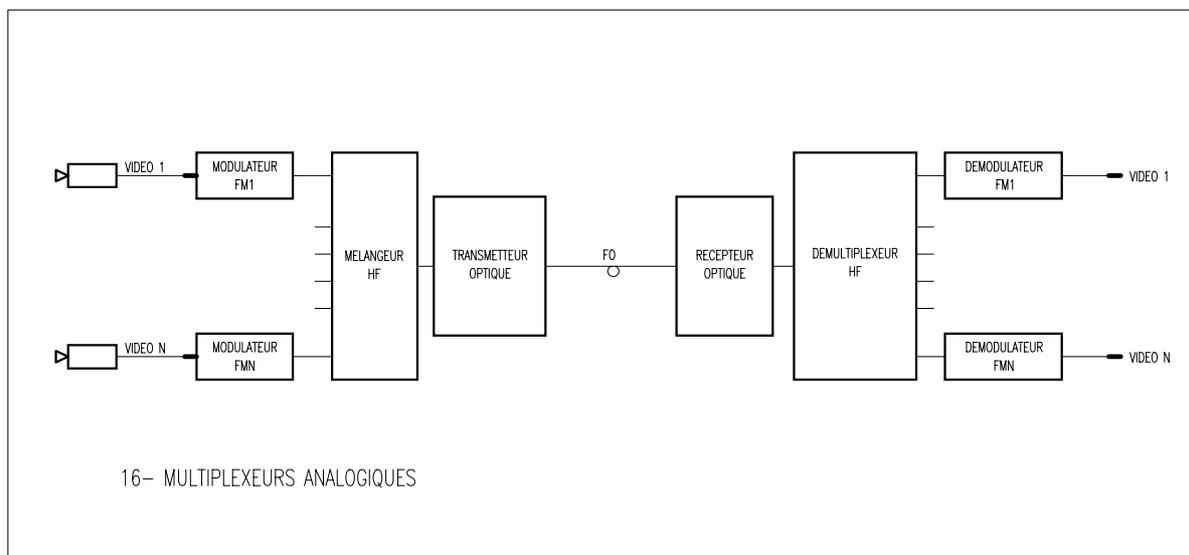
2.1.7 Le multiplexage vidéo

Généralités

Le multiplexage vidéo permet de mélanger et d'insérer sur un support unique (en général une fibre optique monomode) les signaux vidéo issus des différentes caméras situées dans une même zone géographique.

Les multiplexeurs vidéo sont composés :

- D'un ensemble d'émission comprenant :
 - ↗ Les modulateurs FM pour signaux vidéo, dont les caractéristiques principales sont les suivantes :
 - ⇒ Niveau d'entrée : 1 VCC sur 75 ohms, connecteur BNC
 - ⇒ Bande passante : 10 MHz
 - ↗ Un multiplexeur fréquentiel dont les caractéristiques principales sont les suivantes :
 - ⇒ Nombre de canaux : de 8 à 64
 - ⇒ Sortie : connexion propriétaire vers émetteur électro/optique
 - ↗ Une interface électro/optique
 - ↗ Un émetteur optique (en général de type laser) qui sera choisi en fonction des distances requises (de quelques km à plusieurs dizaines de km).
- D'un ensemble de réception comprenant :
 - ↗ Un récepteur optique, de type photodiode adapté aux capacités de l'émetteur optique
 - ↗ Une interface opto/électrique
 - ↗ Un démultiplexeur fréquentiel dont les caractéristiques principales sont les suivantes :
 - ⇒ Entrée : connexion propriétaire vers récepteur opto/électrique
 - ⇒ Nombre de canaux : de 8 à 64
 - ↗ Les démodulateurs FM pour signaux vidéo, dont les caractéristiques principales sont les suivantes :
 - ⇒ Niveau de sortie : 1 VCC sur 75 ohms, connecteur BNC
 - ⇒ Bande passante : 10 MHz



Les systèmes de multiplexage sont soit analogiques d'un bout à l'autre de la chaîne de transmission, soit numériques en aval des modulateurs d'entrée, jusqu'aux démodulateurs de sortie. Les signaux numérisés sont alors transportés par un réseau haut débit propriétaire.

Les systèmes de multiplexage analogique permettent de transmettre de 8 à 128 images simultanées d'excellente qualité sur un seul brin de fibre optique monomode. Les vues vidéo sont restituées à fréquence normale et permettent tout type de traitement tel que détection automatique d'incident.

Les systèmes de multiplexage numérique permettent de transmettre jusqu'à 16 images simultanées d'excellente qualité sur un seul brin de fibre optique monomode. La transmission est temps réel, sans compression

Le principe de l'insertion permet d'augmenter le nombre d'images transmis, à plus de 100, avec des limites de restitution simultanées à 8 signaux.

Les vues vidéo sont restituées à fréquence normale et permettent tous types de traitement tel que détection automatique d'incident.

2.1.8 L'insertion sur fibres optiques

Principes d'insertion sur fibres optiques

L'insertion sur fibres optiques consiste à insérer tout au long de l'artère de communication, les signaux optiques issus de caméras sur un brin de fibre optique monomode unique à destination d'un site de regroupement ou d'un CIGT, où un équipement de démultiplexage restitue les signaux sous une forme électrique 1VCC 75 ohms.

Cette architecture très peu employée peut être intéressante dans le cas d'un tracé linéaire important, avec des caméras très éloignées les unes des autres, rendant difficile le principe du site de regroupement.

C'est également utilisable dans le cas d'une artère de communication optique déjà installée avec peu de brins disponibles.

Plusieurs techniques d'insertion peuvent être employées :

- ↪ L'insertion par coupleurs optiques
- ↪ L'insertion avec des multiplexeurs locaux

Insertion par coupleurs optiques

Des coupleurs optiques de type passifs sont insérés localement dans le brin de communication dédié vidéo, en général à proximité des chambres de raccordements des câbles à fibres optiques.

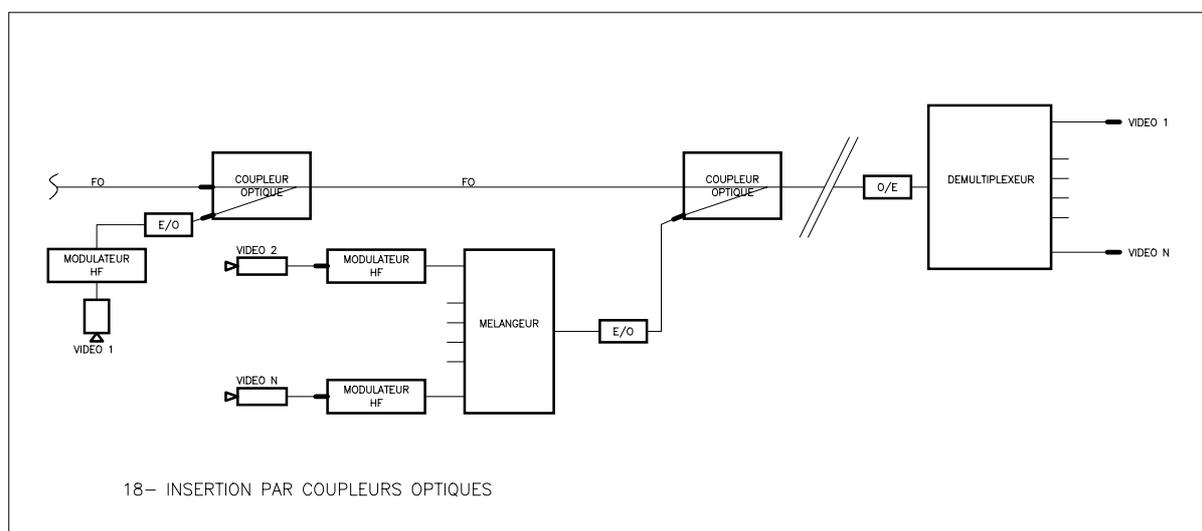
Le signal issu de chaque caméra est modulé en local et entre par le coupleur optique dans le média de transmission.

Si plusieurs caméras sont dans une même zone, il faut d'abord mélanger les signaux vidéo avant de procéder à l'insertion dans le coupleur optique de la zone.

A la réception des signaux, un ou plusieurs démultiplexeurs décodent tous les signaux vidéo.

La capacité maximale peut aller jusqu'à 128 caméras sur plusieurs dizaines de km.

Des atténuateurs doivent être éventuellement installés localement pour homogénéiser les niveaux physiques des signaux optiques, et compenser les pertes variables en fonction des distances.



Insertion avec des multiplexeurs locaux

Des multiplexeurs sont installés localement en coupure dans le brin de communication dédié vidéo, en général à proximité des chambres de raccordement des câbles à fibres optiques.

Les signaux issus des caméras de la zone sont modulés et injectés dans chaque multiplexeur ainsi que le signal optique résultant issu de la zone précédente.

Le signal de sortie entre à son tour dans le média de transmission jusqu'au site suivant.

A la réception des signaux, il y a un ou plusieurs démultiplexeurs qui décodent tous les signaux vidéo.

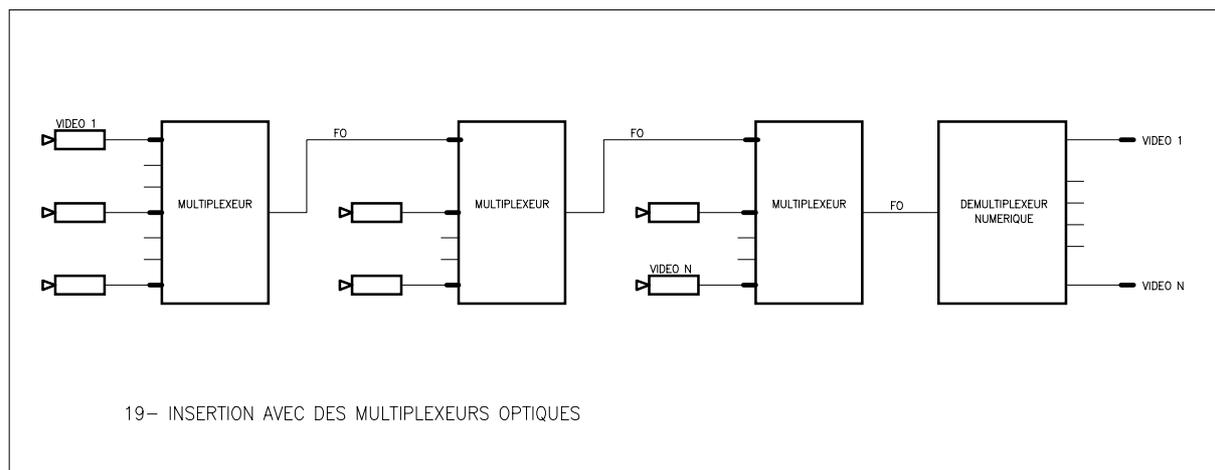
La capacité maximale peut aller jusqu'à 128 caméras sur plusieurs dizaines de km.

Cette solution présente l'inconvénient d'être tributaire du fonctionnement correct de tous les multiplexeurs mis en série. La panne d'un multiplexeur entraîne la perte complète de toutes les images vidéo déjà insérées en amont.

Dans les solutions de type numérique, il existe des dispositifs de by-pass automatique d'un multiplexeur en cas de panne et seules les vues associées à celui-ci sont alors perdues.

Il est à noter que certains produits numériques du marché à insertion avec multiplexeurs locaux et gestionnaire de réseau propriétaire, permettent de sélectionner les images multiplexées localement pour les restituer au CIGT, assurant ainsi la fonction commutation à la place d'une matrice.

Cette solution, outre qu'elle est entièrement propriétaire, présente l'inconvénient majeur d'une restriction du nombre d'images simultanées restituées au CIGT, qui empêche l'installation d'un système DAI centralisé.



2.1.9 Les matrices de commutation

Les matrices de commutation permettent d'affecter les signaux vidéo des caméras, aux moniteurs de visualisation des images.

Le nombre de moniteurs vidéo pouvant être surveillé par un opérateur se situe entre 8 et 24, le nombre optimum semblant se trouver autour de 16.

La mise en place d'une matrice de commutation est donc indispensable, chaque fois que le nombre de caméras sur site dépasse le nombre de moniteurs de visualisation.

On trouve 2 types de matrices de commutation sur le marché :

- Les matrices intégrées
- Les matrices modulaires

Matrices intégrées

Les matrices intégrées ont des capacités fixes, non évolutives :

- 16 entrées vidéo / 16 entrées alarmes / 4 sorties vidéo
- 16 entrées vidéo / 16 entrées alarmes / 8 sorties vidéo
- 32 entrées vidéo / 32 entrées alarmes / 8 sorties vidéo
- 48 entrées vidéo / 48 entrées alarmes / 8 sorties vidéo

- 48 entrées vidéo / 48 entrées alarmes / 16 sorties vidéo

Ces valeurs sont indicatives, et varient en fonction des fabricants.

Les entrées et sorties des matrices sont standardisées 1 VCC 75 ohms.

Ces matrices sont au format 19 pouces (483 mm), et ont une hauteur de 2 U (88 mm) (valeurs indicatives).

Les entrées alarmes, permettent de créer un asservissement automatique entre un événement technique (délivrant un contact libre de polarités, exemple : décroché extincteur dans un tunnel) et la commutation d'une entrée sur une sortie préprogrammée.

Ces matrices génèrent et gèrent toutes les informations de télécommande des caméras mobiles. L'émetteur de télécommande pour des liaisons filaires est intégré à la matrice, et se raccorde sur un connecteur multibroches normalisé.

Pour des liaisons de télécommande sur fibres optiques, un émetteur de télécommande spécifique devra être interfacé.

Matrices modulaires

Les matrices modulaires ont des capacités et des fonctionnalités évolutives, par adjonction de cartes.

Ces matrices se présentent sous la forme de paniers au format 19 pouces avec un bus de fond de panier, dans lequel les cartes modulaires viennent s'enficher.

Les cartes modulaires sont les suivantes :

- Cartes d'alimentation des paniers
- Carte de commande avec logiciel de commande
- Cartes d'entrées vidéo
- Cartes d'entrées alarmes
- Cartes de sorties vidéo
- Cartes contrôleur vidéo (Cette carte peut être externe, sous forme d'un PC industriel, et/ou commune avec la carte de commande)
- Cartes émetteurs de télécommande (Ces cartes peuvent être externes, et pilotées par le contrôleur vidéo)

Les matrices modulaires les plus courantes peuvent gérer de 16 à 256 entrées vidéo, par modularité de 8 ou 16.

Elles peuvent gérer de 8 à 128 sorties vidéo, par modularité de 4, 8 ou 16.

Supervision vidéo

Le pilotage des matrices et des caméras mobiles peut se faire de 2 manières :

- Par un ou plusieurs pupitres de commande équipés de boutons (genre clavier d'ordinateur)
- Par un ou plusieurs logiciels de supervision intégrés sur ordinateurs type PC.

Ces pupitres de commande permettent d'accéder à toutes les fonctionnalités des matrices :

- Affectation par l'opérateur des caméras aux moniteurs de visualisation
- Programmation des cycles déroulant automatiques de visualisation sur une ou plusieurs sorties, avec programmation du temps de visualisation de chaque image, et du nombre d'images dans le cycle
- Pilotage en site, azimuth et zoom des caméras mobiles
- Télé réglage des caméras, quand les caméras en sont équipées
- Programmation des prépositions des caméras mobiles
- Programmation des messages à incruster sur chaque image
- Programmation de l'horodatage des images
- Programmation des actions réflexes sur alarmes (activation de moniteurs d'alarmes)

Ces pupitres de commande se raccordent sur un bus de communication généré par la matrice ou le contrôleur vidéo.

Leur nombre peut aller jusqu'à 8, avec une hiérarchie d'accès définie par programmation.

Chaque pupitre peut avoir un nombre de sorties pilotables réservées, permettant ainsi une affectation libre à des moniteurs de visualisation spécifiques.

La commande d'une caméra mobile ne peut pas être partagée.

Lorsqu'un pupitre de commande prend la fonction télécommande d'une caméra, les autres pupitres n'y ont plus accès.

Le PC dédié est une solution qui intègre toutes les fonctionnalités avec un dialogue homme-machine plus convivial et plus intuitif.

L'imagerie, développée dans un environnement micro-informatique standard, peut intégrer des vues générales et détaillées du réseau routier permettant une désignation simple et efficace des sélections, commandes et télécommandes accessibles à l'opérateur.

Les fabricants de systèmes vidéo possèdent tous leur logiciel de supervision propriétaire, dont la convivialité et l'agrément d'exploitation sont très subjectifs.

L'exploitant pourra demander des démonstrations lui permettant d'apprécier les qualités de chacun.

2.1.10 La visualisation

La visualisation des images dans les CIGT peut être réalisée suivant 3 principes :

- La visualisation sur moniteur vidéo spécialisé
- La visualisation sur synoptique
- La visualisation sur micro-ordinateur

Visualisation sur moniteurs vidéo spécialisés

La visualisation des images vidéo se fait le plus couramment sur des moniteurs vidéo à tube cathodique. Les caractéristiques techniques des moniteurs couramment utilisés sont les suivantes :

- Diagonale de l'écran : de 20 à 70 cm
- Entrée vidéo : asymétrique 75 Ω sous 1 VCC
- Entrée magnétoscope : VHS/S-VHS
- Compatibilité couleur : PAL/SECAM/NTSC/RVB commutable
- Résolution : > 520 lignes TV
- Bande passante : 5 MHz sur entrée vidéo

La dimension des moniteurs vidéo à retenir dépend des éléments suivants :

- Distance entre les moniteurs et l'opérateur.
- Dimensions des objets sur les moniteurs, dépendant de la distance focale des caméras.
- Nature des informations à visualiser

En première approche, on peut retenir une valeur moyenne de :

Distance entre l'opérateur et les moniteurs = 6 fois la diagonale des moniteurs

Visualisation sur synoptique

La visualisation des images de vidéosurveillance peut être réalisée sur synoptique, dans 2 technologies :

- La technologie "projetée"
- La technologie "rétro projetée"

La technologie "projetée" utilise un projecteur projetant l'image sur un écran mural.

La technologie "rétro projetée" utilise un mur d'image composé de "rétro projecteurs" à lentilles de Fresnel, de dimensions approximatives $h = 0,75\text{m} \times l = 1,00\text{m}$.

Les murs d'images peuvent comprendre de 1 à 50 rétro projecteurs empilés et juxtaposés.

Dans ces 2 cas, les synoptiques comprennent une unité de gestion du synoptique et un poste de supervision opérateur.

L'unité de gestion comprend des interfaces permettant de rentrer un ou plusieurs signaux vidéo composites issus d'un système de vidéosurveillance, et de les afficher sur le synoptique.

Visualisation sur micro-ordinateur

La visualisation sur micro-ordinateur peut se faire suivant 2 principes :

- Le signal vidéo composite rentre directement sur un micro-ordinateur équipé d'une carte vidéo.
- Le signal vidéo rentre sur un "serveur vidéo" faisant l'acquisition des images, leur traitement, et leur restitution sur des postes clients, à la demande des utilisateurs.

Dans le premier cas, la qualité de restitution peut être très bonne. Elle est fonction de la performance de la carte vidéo installée, et du logiciel de compression et de traitement associé.

L'image animée est restituée en "temps réel", le temps de traitement pouvant être considéré comme négligeable.

Dans le deuxième cas, la restitution des images sur les postes clients souffre des inconvénients suivants :

- Le temps de rafraîchissement des images sera supérieur à la seconde dans la plupart des cas, et sera fonction de l'occupation du réseau local.
- Compte tenu des traitements successifs, le temps de restitution est différé de quelques secondes, et sera fonction de l'occupation du réseau local, et de la demande client.

Cependant, la qualité de lisibilité de l'image peut être excellente. Elle est fonction des cartes d'acquisition et des logiciels de compression et de traitement utilisés.

Elle permet une bonne perception du trafic et des événements, et peut être un moyen facile d'information du personnel d'exploitation directement sur son poste de travail bureautique.

2.1.11 La télécommande des caméras

La télécommande des caméras permet de réaliser les opérations suivantes :

- Manœuvre des caméras en zoom, site et azimut
- Mise au point de l'objectif (netteté)
- Mise en service de l'essuie-glace et du lave-glace
- Réglage à distance des caméras (éventuel)

Les signaux de télécommande sont issus de la matrice vidéo intégrée, ou du contrôleur vidéo d'une matrice modulaire.

Ces signaux sont transportés par un bus de communication vers les différentes cartes de réception de télécommande des caméras.

Un bus de télécommande permet de piloter un nombre important de caméras.

Ce bus peut être régénéré par des répéteurs de télécommande installés par exemple dans les sites de regroupement.

La télécommande des caméras est transmise aux caméras au moyen d'une liaison asynchrone fonctionnant à une vitesse de l'ordre de 9600 bauds sur des supports suivants :

- Câble à paire torsadée (pour des distances allant jusqu'à 1200m) en utilisant les standards de transmission asynchrone type RS 422C ou RS 485C.
- Fibre optique multimode pour des applications à moyenne distance.
- Fibre optique monomode pour des applications à très longue distance (supérieur à 4 km)

Des interfaces filaires/optiques installées sur les émetteurs de télécommande et sur les répéteurs de télécommande permettent de changer de support et de s'adapter aux différents cas posés.

Ainsi la liaison allant vers chaque caméra télécommandable peut regrouper la vidéo et la télécommande au moyen de :

- Un câble à 2 paires torsadées
- Un câble optique multimode à 2 brins minimums
- Un câble coaxial et un câble à paires torsadées

Il est également possible de transmettre les télécommandes à distance par des modems permettant la retransmission de liaisons asynchrones par les réseaux opérateurs

2.1.12 Le TEDI/LCR appliqué à la vidéosurveillance

TEDI/LCR définit un protocole de communication (TEDI) et un langage de commande routier (LCR) adaptés aux besoins de pilotage des équipements dynamiques des réseaux routiers

Ils sont dérivés du projet SIREDO (Système Informatisé de REcueil de DONnées).

Cet ensemble a été défini par les centres techniques de l'équipement pour être adopté par les différents intervenants travaillant sur la gestion des équipements routiers. (constructeurs, développeurs d'applications routières, etc.)

Le protocole TEDI, qui véhicule les applications, se réfère au modèle OSI à 7 couches et gère la couche intermédiaire N°2, soit la couche "liaison". Il s'appuie sur le protocole de transmission normalisé par la norme NF-P99-302 , ISO 1745.

Les liaisons de données entre équipements sont de type asynchrone basse vitesse multipoints, compatible avec tous les types de supports physiques.

Le langage LCR est un langage de commande adapté à la gestion et à la commande des équipements routiers. Il correspond à la couche N°6 "présentation" du modèle OSI.

Le protocole TEDI et le langage LCR sont les constituants de "pilotes informatiques" définis pour chaque famille d'équipements. Les pilotes informatiques (Pix) définis sont les suivants :

- PIC : Caméras
- PID : Délestage
- PIE: Environnement routier
- PIF: Feux
- PIG : Gestion péage et télépéage

- PIK: Parking
- PIM : Station de mesure de trafic
- PIN : Neutralisation automatique de voie
- PIP: Panneaux de signalisation
- PIR : Réseau d'appel d'urgence
- PIS: Synoptique
- PIT: Tunnel
- PIU : Réseau d'appel 'urgence
- PIV: Vidéo
- PIX: Multifonction
- PIZ: Relais Hertiens

Dans les faits, les pilotes informatisés les plus utilisés sont :

- PIC : Caméras
- PIM : Station de mesure de trafic
- PIP: Panneaux de signalisation
- PIV: Vidéo

Les différents types d'équipements sont repérés et codifiés par leur type et leur implantation géographique sur le territoire français.

Un mot de passe filtre l'accès à distance sur chaque matériel.

En ce qui concerne la vidéosurveillance, les possibilités de commande sont les suivantes (liste non exhaustives):

- Marche – Arrêt
- Manœuvre du zoom
- Mise au point de l'objectif
- Manœuvre en site
- Manœuvre en azimut
- Marche du lave-glace
- Marche de l'essuie-glace
- Mémorisation des prépositions
- Commande des prépositions
- Incrustation d'un texte ou d'un horodate
- Commande de magnétoscope, des matrices vidéo, de mise en œuvre des compressions d'images, de séquençement de préposition ou de scénarios préalablement appris, de routage de l'image sur différents types de médias
- Adaptation pour une vision diurne, nocturne, face aux phares, etc.
- Placements de butées virtuelles
- Incrustations des masques vidéo aveugles et, sensible (DAI, mesures trafic, etc.)

L'intérêt majeur de TEDI/LCR appliqué à la vidéosurveillance est de créer un protocole de communication "interopérable" permettant de gérer des caméras de constructeurs différents sur un même système.

2.1.13 La loi du 21 janvier 1995 et l'autorisation préfectorale préalable

Les textes applicables :

- Loi N°95-73 du 21 janvier 1995 d'orientation et de programmation relative à la sécurité, et notamment son article 10.
- Décret N° 96-926 du 17 octobre 1996 relatif à la vidéosurveillance pour l'application de l'article 10 de la loi N° 95-73 du 21 janvier 1995 d'orientation et de programmation relative à la sécurité
- Circulaire du 22 octobre 1996 relative à l'article 10 de la loi N° 95-73 du 21 janvier 1995 d'orientation et de programmation relative à la sécurité (décret sur la vidéosurveillance)

La loi du 21 janvier 1995 précise que les opérations de vidéosurveillance sur la voie publique doivent être réalisées de telle sorte qu'elles ne visualisent pas les images à l'intérieur des immeubles d'habitation ou à leurs entrées.

Les dispositifs existants doivent être mis en conformité.

Pour toute nouvelle installation, une demande d'autorisation préalable doit être transmise à la commission départementale des systèmes de vidéosurveillance de la préfecture du lieu d'installation.

Elle inclut :

- Un rapport de présentation précisant les objectifs du projet
- Les plans masse et d'implantation mentionnant toutes les parties privées concernées.
- La description complète de la configuration du système (transmission, visualisation, traitement et enregistrement)
- Les dispositifs et protections des images éventuellement enregistrées (la conservation des images ne peut être supérieur à un mois).
- La désignation des responsables.

L'autorisation préalable est publiée au recueil des actes administratifs de la préfecture, sous un délai de 4 mois maximum en cas de réponse favorable.

L'absence de réponse de l'administration dans le délai de 4 mois équivaut à un rejet de la demande et le système de vidéosurveillance ne peut être mis en service.

Pour les installations déjà en exploitation au 20 octobre 1996, l'absence de réponse dans un délai d'un an équivaut au rejet de la demande d'autorisation et l'exploitation de l'installation doit être arrêtée.

La loi du 21 janvier 1995 impose les contraintes techniques suivantes aux systèmes de vidéosurveillance :

- Mise en place de butées mécaniques ou logicielles interdisant la visualisation de certaines zones privées proches du tracé.
- Interdiction de visualiser certaines zones privées par brouillage ou occultation d'image que ce soit lors de l'utilisation du zoom et / ou des manœuvres en site et en azimut

Ces restrictions de visualisation induisent des exigences de fonctionnalités et de performances des systèmes de vidéosurveillance qui ne sont pas encore totalement prises en compte par certains constructeurs, car elles nécessitent des développements importants et complexes.

2.2 Architectures existantes

2.2.1 Les centres d'ingénierie et de gestion du trafic (CIGT)

Les centres d'ingénierie et de gestion du trafic sont des structures chargées sur une zone géographique précise, des fonctions suivantes :

- Organiser le recueil des données et leur traitement
- Elaborer, organiser au quotidien et appliquer la stratégie d'exploitation
- Assurer en temps réel la gestion opérationnelle du trafic et l'aide au déplacement
- Coordonner les interventions sur le terrain

Les CIGT sont équipés de tous les moyens techniques de communication et de traitement permettant de réaliser les fonctions ci-dessus.

Les CIGT gèrent des activités en temps réel (recueil de données trafic, surveillance, activation de mesures d'exploitation, etc.), et des activités en temps différé (analyses statistiques, planifications, etc.)

La vidéosurveillance du trafic est une activité temps réel.

Les CIGT comprennent une salle opérationnelle, appelée également salle de contrôle trafic ou poste central de contrôle trafic, et des locaux techniques associés.

Les équipements de vidéosurveillance nécessaires au CIGT sont installés dans la salle opérationnelle et ses locaux techniques annexes :

- Moniteurs de visualisation : salle opérationnelle
- Pupitre de sélection et commande : salle opérationnelle
- Matrice de commutation : locaux techniques associés
- Contrôleur vidéo : locaux techniques associés
- Emetteur de télécommande : locaux techniques associés
- Equipements de démultiplexage : locaux techniques associés
- Récepteurs optiques : locaux techniques associés
- Correcteurs vidéo : locaux techniques associés

La salle opérationnelle peut être équipée d'un synoptique de visualisation intégrant la visualisation d'images vidéo, dans le cas de technologie "projetée" ou "rétro projetée".

Les CIGT peuvent avoir des niveaux techniques différents, correspondants souvent à des niveaux de responsabilité et de décision différents.

Avertissement :

Dans ce document, nous nous intéresserons aux différents niveaux techniques des CIGT que l'on peut classer comme suit :

- CIGT de 1^{er} niveau : C'est le CIGT le plus près du terrain, qui peut être par exemple un centre d'entretien du domaine autoroutier.

- CIGT de 2ème niveau : C'est le CIGT de niveau supérieur supervisant plusieurs CIGT de 1^{er} niveau, qui peut être par exemple un PC Région du domaine autoroutier.
- CIGT de 3ème niveau : C'est un CIGT de coordination supervisant tous les CIGT de niveau inférieur, qui peut être par exemple un PC central du domaine autoroutier.

Ces niveaux techniques définis n'ont aucun rapport avec la classification du réseau routier dans le cadre du SDER (Schéma Directeur d'Exploitation de la Route) lancé par le Ministère des Transports. Cette description se veut avant tout générale et ne tient pas compte des spécificités des SAGT déjà mis en place.

2.2.2 Les sites de regroupement

Les sites de regroupement sont des locaux techniques protégés et climatisés, répartis le long d'un tracé routier ou autoroutier.

Ces sites de regroupement permettent la concentration des informations techniques d'une zone géographique limitée :

- Recueil de données trafic
- Stations météo
- Panneaux à messages variables
- Equipements de signalisation dynamique
- Vidéosurveillance

Le CIGT peut constituer un site de regroupement, s'il est placé le long du tracé de manière adéquate.

Les équipements de vidéosurveillance installés dans les sites de regroupement sont les suivants :

- Répéteurs de télécommande
- Récepteurs et émetteurs optiques
- Correcteurs vidéo
- Correcteurs désymétriseurs
- Equipements de multiplexage
- Brasseurs optiques

La zone géographique couverte par un site de regroupement est très variable en fonction de la densité de matériel installé, et en fonction de l'infrastructure concernée.

Le regroupement des signaux vidéo des différentes caméras rattachées à un site de regroupement peut être réalisé suivant des techniques spécifiques indépendantes des solutions de transmission au CIGT :

- En bande de base sur câble coaxial de type KX8, avec correction vidéo
- En bande de base sur paire torsadée avec correcteur vidéo désymétriseur
- En bande de base sur fibres optiques

La télécommande des caméras peut être réalisée sur fibre optique ou sur paire torsadée.

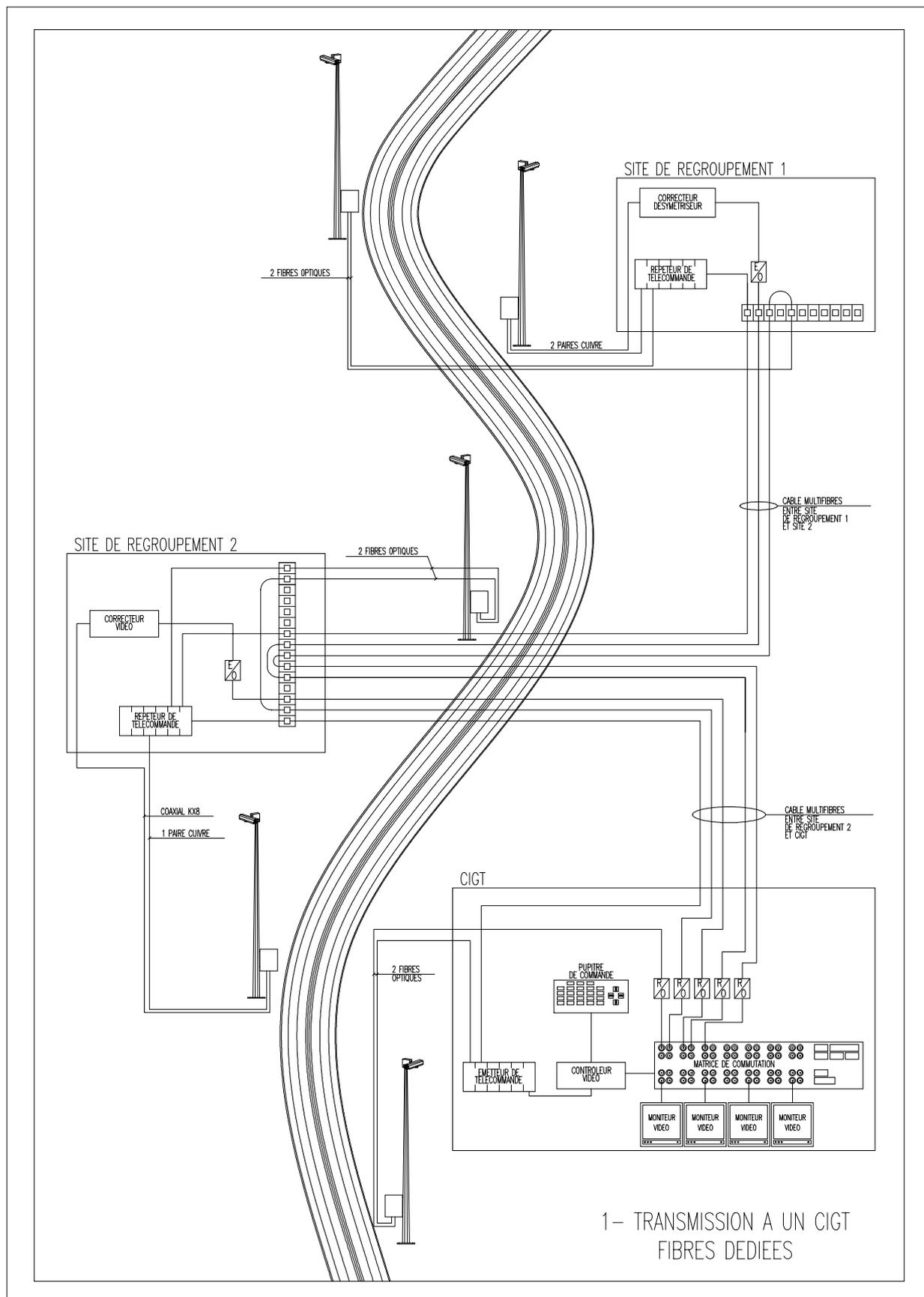
Après regroupement, ces informations sont transmises au CIGT par différents moyens.

Dans le cas de la vidéosurveillance, les différents moyens de transmission sont les suivants :

- Transmission sur fibres optiques dédiées
- Transmission par multiplexage sur fibres optiques
- Transmission sur réseau SDH
- Transmission sur lignes téléphoniques

2.2.3 Transmission à un CIGT sur fibres optiques dédiées

2.2.3.1 Schéma de principe



2.2.3.2 Descriptif de l'architecture

Le principe de la transmission de la vidéosurveillance au CIGT sur fibres optiques dédiées, suppose la mise en place ou l'existence d'un câble à fibres optiques depuis les sites de regroupement vers le CIGT offrant un nombre de fibres suffisant.

Un bilan doit être fait, en intégrant les besoins des autres applications.

Suivant la structure du réseau routier supervisé, les câbles à fibres optiques peuvent être directs depuis chaque site de regroupement vers le CIGT, ou bien passer en coupure dans chaque site de regroupement.

Dans le 2^{ème} cas (c'est le cas le plus courant), le nombre de fibres peut être décroissant au fur et à mesure qu'on s'éloigne du CIGT, en fonction des besoins.

Signaux vidéo

La transmission de la vidéosurveillance sur fibres optiques dédiées utilise pour chaque caméra, une fibre optique spécifique depuis le site de regroupement vers le CIGT.

L'adaptation éventuelle des signaux pour les transmettre sur fibres optiques est réalisée dans le site technique par des correcteurs vidéo et des correcteurs désymétriseurs.

La continuité de la fibre est réalisée dans chaque site de regroupement par brassage optique.

Les fibres optiques peuvent être de type "multimode" pour des distances entre les caméras et le CIGT inférieures à 4 km.

Pour des distances supérieures, les fibres optiques seront de type "monomodes"

Au CIGT, les signaux vidéo sont transformés en signaux électriques 1VCC 75 ohms par des récepteurs électro/optiques.

Les signaux électriques sont ensuite rentrés sur une matrice de commutation et visualisés sur des moniteurs vidéos raccordés sur les sorties de la matrice.

Télécommande des caméras

Pour la transmission de la télécommande des caméras orientables depuis le CIGT, une seule fibre optique est nécessaire tout le long du tracé, passant en coupure dans chaque site de regroupement.

Un émetteur de télécommande est installé au CIGT, permettant de raccorder la ou les fibres optiques partant vers les sites de regroupement, et les fibres optiques ou paires torsadées de pilotage de caméras éventuelles rattachées directement au CIGT.

Dans chaque site de regroupement, est installé un répéteur de télécommande permettant de raccorder la fibre optique partant vers le site de regroupement suivant,

et les fibres optiques ou paires torsadées de pilotage des caméras rattachées au site.

Les récepteurs de télécommande sont installés dans les caissons des caméras ou dans les coffrets au pied des caméras.

Il existe d'autres techniques de transmission de la télécommande comme par exemple par l'intermédiaire d'un bus sur lequel les caméras sont raccordées. Une autre possibilité est de passer les télécommandes (LCR) sur la voie de retour du signal vidéo (c'est à dire pendant la durée inerte entre deux images, sur les lignes 1 à 20 de l'image vidéo analogique).

2.2.3.3 Maintenabilité

La maintenabilité de cette solution est très bonne pour les raisons suivantes :

- La quantité d'équipements actifs mise en œuvre est faible, limitée aux émetteurs et récepteurs optiques spécifiques à chaque caméra.
- Ces équipements modulaires de grande diffusion ont un excellent taux de fiabilité, et sont interchangeables sur site par des techniciens non spécialisés ayant reçus une formation de 1^{er} niveau.
- Le média de transmission fibre optique et sa connectique ne nécessite aucune maintenance.

2.2.3.4 Pérennité et évolutivité

La pérennité et l'évolutivité de cette solution sont excellentes, pour les raisons suivantes :

- Cette solution utilise le média de transmission le plus performant et le plus polyvalent, sans équipements actifs de transformation du signal bande de base.
- Tous les traitements éventuels (DAI) peuvent être faits au CIGT, garantissant la pérennité de l'architecture terrain.
- La fibre optique permet la transmission des signaux analogiques d'aujourd'hui, et des signaux numériques de demain, garantissant encore la pérennité de l'architecture terrain.

2.2.3.5 Avantages et inconvénients

Avantages :

- Qualité de restitution la meilleure possible
- Indépendance de transmission des signaux garantissant une continuité de service sur les autres signaux, en cas de défaillance d'un équipement actif.
- Maintenabilité excellente
- Pérennité et évolutivité excellente
- Solution pragmatique de par sa simplicité

Inconvénients :

- Nombre de fibres optiques nécessaires important
- Taille des brasseurs optiques importante
- Pas de sécurisation sur rupture d'un câble à fibres optiques (pelle mécanique)
- Topologie des artères optiques dictée par l'implantation du CIGT et le nombre de caméras au moment de la conception des artères optiques.
- Evolutivité limitée au dimensionnement de base des câbles, ou imposant une solution multiplexée.

2.2.3.6 Commentaires

Cette solution technique présente des avantages inégalables.

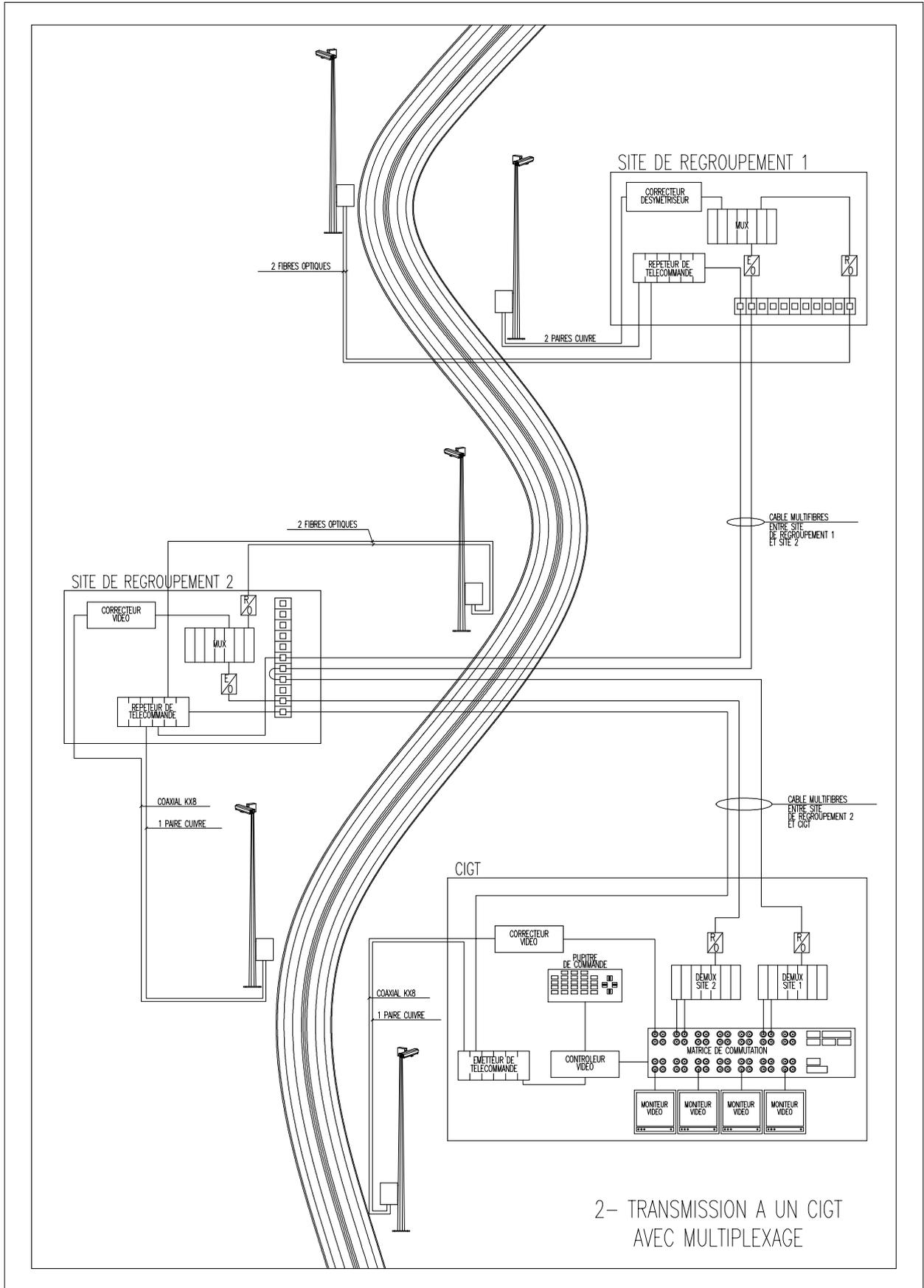
Compte tenu de la baisse constante des prix de la fibre optique, et de sa connectique, cette solution doit toujours être envisagée.

C'est la solution à retenir pour les installations mettant en œuvre un nombre de caméras limité (inférieur à 15 par exemple), sur un axe routier de longueur moyenne (inférieure à 10 km par exemple).

Pour des installations de dimensions et de complexité plus importantes, une étude technico-économique doit être réalisée pour valider cette solution par rapport à une autre.

2.2.4 Transmission à un CIGT avec multiplexage

2.2.4.1 Schéma de principe



2.2.4.2 Descriptif de l'architecture

Signaux vidéo

Chaque site de regroupement est équipé d'un équipement de multiplexage analogique ou numérique, sur lequel rentrent les signaux électriques des caméras rattachées au site.

L'adaptation éventuelle des signaux est réalisée en amont du multiplexeur par des correcteurs vidéo, correcteurs désymétriseurs, et récepteurs électro/optique.

Les performances des équipements de multiplexage sur une seule fibre étant très importantes (64 signaux sur une fibre monomode), un seul équipement par site de regroupement est suffisant dans la plupart des cas.

La transmission des signaux de vidéosurveillance multiplexés sur fibres optiques utilise une fibre optique entre chaque site de regroupement et le CIGT.

La continuité de chaque fibre est réalisée dans chaque site de regroupement par brassage optique.

Les fibres optiques seront toujours de type "monomodes".

Au CIGT, les signaux vidéo sont démultiplexés, et restitués sous forme électrique 1VCC 75 ohms.

Les signaux électriques sont ensuite rentrés sur une matrice de commutation, et visualisés sur des moniteurs vidéos raccordés sur les sorties de la matrice.

Télécommande des caméras

Pour la transmission de la télécommande des caméras orientables depuis le CIGT, une seule fibre optique est nécessaire tout le long du tracé, passant en coupure dans chaque site de regroupement.

Un émetteur de télécommande est installé au CIGT, permettant de raccorder la ou les fibres optiques partant vers les sites de regroupement, et les fibres optiques ou paires torsadées de pilotage de caméras éventuelles rattachées directement au CIGT.

Dans chaque site de regroupement, est installé un répéteur de télécommande permettant de raccorder la fibre optique partant vers le site de regroupement suivant, et les fibres optiques ou paires torsadées de pilotage des caméras rattachées au site.

Les récepteurs de télécommande sont installés dans les caissons des caméras ou dans les coffrets au pied des caméras.

2.2.4.3 Maintenabilité

La maintenabilité de cette solution est bonne pour les raisons suivantes :

- Les équipements d'adaptation des signaux, et les équipements de multiplexage sont modulaires, et possèdent un excellent taux de fiabilité
- Ils sont interchangeable sur site par des techniciens non spécialisés ayant reçus une formation de 1^{er} niveau.
- Le média de transmission fibre optique et sa connectique ne nécessite aucune maintenance.

2.2.4.4 Pérennité et évolutivité

La pérennité et l'évolutivité de cette solution présentent les particularités suivantes :

- Cette solution utilise le média de transmission le plus performant et le plus polyvalent, avec des équipements actifs de transformation du signal bande de base.
- La pérennité de la solution est bonne, tant que les signaux des caméras sont analogiques. Les multiplexeurs fréquentiels ne pourront pas être utilisés pour la transmission de signaux numériques.
- La durée de vie des équipements utilisant des composants passifs est très longue
- La pérennité des équipements de multiplexage est dépendante du fabricant. En effet les produits ne sont pas compatibles entre fabricants, et le fabricant peut arrêter une fabrication au profit d'une autre technologie non compatible.
- Tous les traitements éventuels (DAI) peuvent être faits au CIGT, garantissant la pérennité de l'architecture terrain.

2.2.4.5 Avantages et inconvénients

Avantages :

- Qualité de restitution très bonne.
- Nombre de fibres optiques nécessaires faible.
- Taille des brasseurs optiques réduite
- Maintenabilité bonne.

Inconvénients :

- Pérennité et évolutivité dépendante de la pérennité des caméras analogiques.
- Dépendance de la transmission des signaux d'un site de regroupement complet, à la fiabilité de l'équipement de multiplexage (mélangeur et émetteur optique, les modulateurs étant indépendants par signal).
- Pas de sécurisation sur rupture d'un câble à fibres optiques (pelle mécanique)
- Topologie des artères optiques dictée par l'implantation du CIGT et le nombre de caméras au moment de la conception des artères optiques.
- Evolutivité limitée au dimensionnement de base des câbles, ou imposant une solution multiplexée.

2.2.4.6 Commentaires

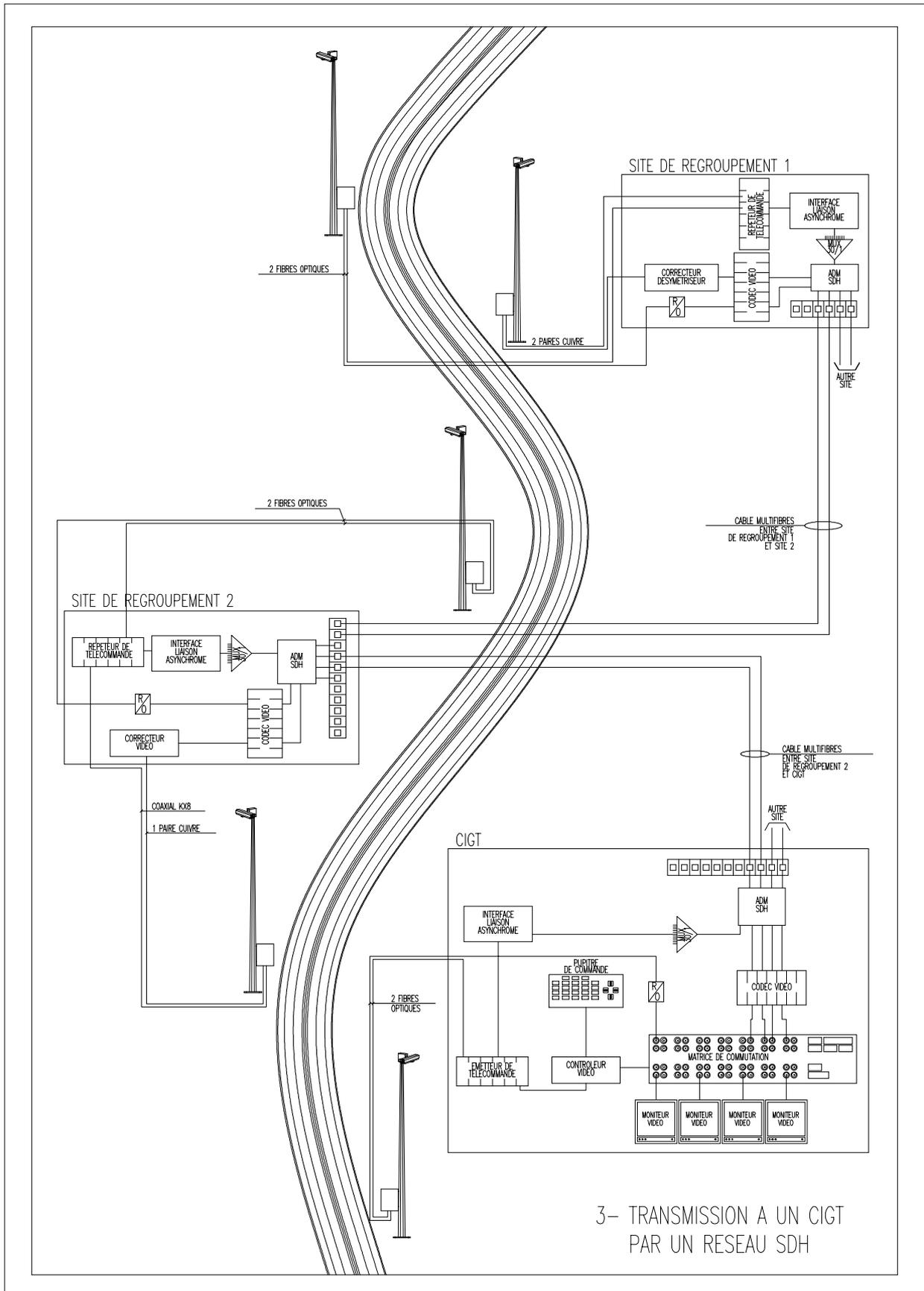
Cette solution technique est performante et fiable.

C'est une solution à envisager pour les installations mettant en œuvre un nombre de caméras important et/ou sur des axes routiers dont les tronçons ont des longueurs importantes depuis le CIGT.

Une étude technico-économique doit être réalisée pour valider cette solution par rapport aux autres, en particulier par rapport à la solution fibres dédiées.

2.2.5 Transmission à un CIGT par un réseau SDH

2.2.5.1 Schéma de principe



2.2.5.2 Descriptif de l'architecture

Signaux vidéo

Chaque site de regroupement est équipé d'un équipement d'interface SDH type ADM (Add.& Drop Multiplexer)

Les signaux analogiques électriques des caméras rattachées au site sont raccordés sur des interfaces de compression appelés CODEC.

Les CODEC disponibles sur le marché assurent une compression de type MJPEG, et sortent sur une interface G703 à 2 Mbit/s, compatible avec la transmission sur SDH.

Chaque signal vidéo à transmettre au CIGT utilise un canal VC12 SDH, déclaré entre le site de regroupement et le CIGT.

L'adaptation éventuelle des signaux est réalisée en amont des CODEC par des correcteurs vidéo, correcteurs désymétriseurs, et récepteurs électro/optique.

Au CIGT, les signaux vidéo sont décompressés par des CODEC, et restitués sous forme électrique 1VCC 75 ohms.

Les signaux électriques sont ensuite rentrés sur une matrice de commutation, et visualisés sur des moniteurs vidéos raccordés sur les sorties de la matrice.

Télécommande des caméras

La transmission de la télécommande des caméras orientables depuis le CIGT vers les sites de regroupement par le réseau SDH peut se faire de 3 manières :

- Utilisation d'un canal à 64 kbit/s d'un multiplexeur 30 voies installé sur un canal VC12 déclaré entre chaque site de regroupement et le CIGT. Les autres voies du multiplexeur peuvent servir à toutes les autres applications voix/données nécessaires entre les sites de regroupement et le CIGT :
 - ↔ Téléphonie et interphonie
 - ↔ Recueil de données trafic
 - ↔ Pilotage signalisation dynamique
 - ↔ Météo
 - ↔ Etc.
- Utilisation d'un canal de service du réseau SDH à 64 kbit/s (canal du sur-débit SDH) entre le CIGT et chaque site de regroupement.
- Routage des données de télécommande depuis le CIGT vers chaque site de regroupement, sur une application "données" existante.

La première solution doit être préférée, les 2 autres étant d'éventuelles solutions palliatives dans le cas où aucun système de multiplexage n'existerait dans les sites de regroupement et au CIGT.

Des interfaces pour liaisons asynchrones multipoints type RS 485 sont installées au CIGT et dans chaque site de regroupement.

Un émetteur de télécommande est installé au CIGT, permettant de connecter les interfaces RS ci-dessus, et les fibres optiques ou paires torsadées de pilotage de caméras éventuelles rattachées directement au CIGT.

Dans chaque site de regroupement, est installé un répéteur de télécommande permettant de raccorder les fibres optiques ou paires torsadées de pilotage des caméras rattachées au site.

Les récepteurs de télécommande sont installés dans les caissons des caméras ou dans les coffrets au pied des caméras.

2.2.5.3 Maintenabilité

La maintenabilité de cette solution présente les particularités suivantes :

- Les équipements d'adaptation des signaux sont modulaires, et possèdent un excellent taux de fiabilité. Ils sont interchangeables sur site par des techniciens non spécialisés ayant reçus une formation de 1^{er} niveau.
- Les équipements CODEC sont des équipements de diffusion plus restreinte, mais leur modularité leur confère une interchangeabilité très bonne.
- Les équipements ADM SDH sont des équipements nécessitant une spécialisation Télécom plus forte pour des interventions de maintenance. Cependant pour des agents bien formés, les interventions sur les ADM sont faciles, rapides, possibles à chaud sur le matériel (hot swap), avec une topologie reconfigurable par logiciel à distance, sans impact sur les autres utilisateurs du réseau.

2.2.5.4 Pérennité et évolutivité

La pérennité et l'évolutivité de cette solution présentent les particularités suivantes :

- Cette solution utilise le réseau de transmission SDH, dont la pérennité est assurée par un déploiement très important de ce type de réseau par les opérateurs du monde entier.
- L'évolutivité vers un réseau commuté de type ATM est difficilement envisageable sur ce même SDH déployé pour une problématique donnée ($n \times 2$ Mbit/s, et non $n \times 155$ Mbit/s).
- La pérennité des CODEC peut être remise en cause avec l'apparition de standards de compression plus performants que le MJPEG, tant au niveau de la qualité que de la compression.
- Les traitements éventuels (DAI) peuvent être faits localement avant les CODEC. Les traitements au CIGT en aval des CODEC de décompression ne sont pas garantis, compte tenu de la dégradation des signaux qu'entraîne la compression MJPEG.

2.2.5.5 Avantages et inconvénients

Avantages :

- Qualité de restitution suffisante en visualisation.
- Utilisation d'un réseau de communication multimédia très sécurisé.

Inconvénients :

- Maintenabilité spécialisée.
- Qualité de restitution au CIGT insuffisante pour un traitement DAI élaboré.
- Bande passante nécessaire de 2 Mbit/s par caméra importante, entraînant une bande passante du réseau SDH très grande.
- La transmission des signaux d'un site de regroupement complet dépend de la fiabilité de l'interface SDH du site (les CODEC sont indépendants par signal).

2.2.5.6 Commentaires

Cette solution technique est intéressante, si le réseau SDH est nécessaire à d'autres applications.

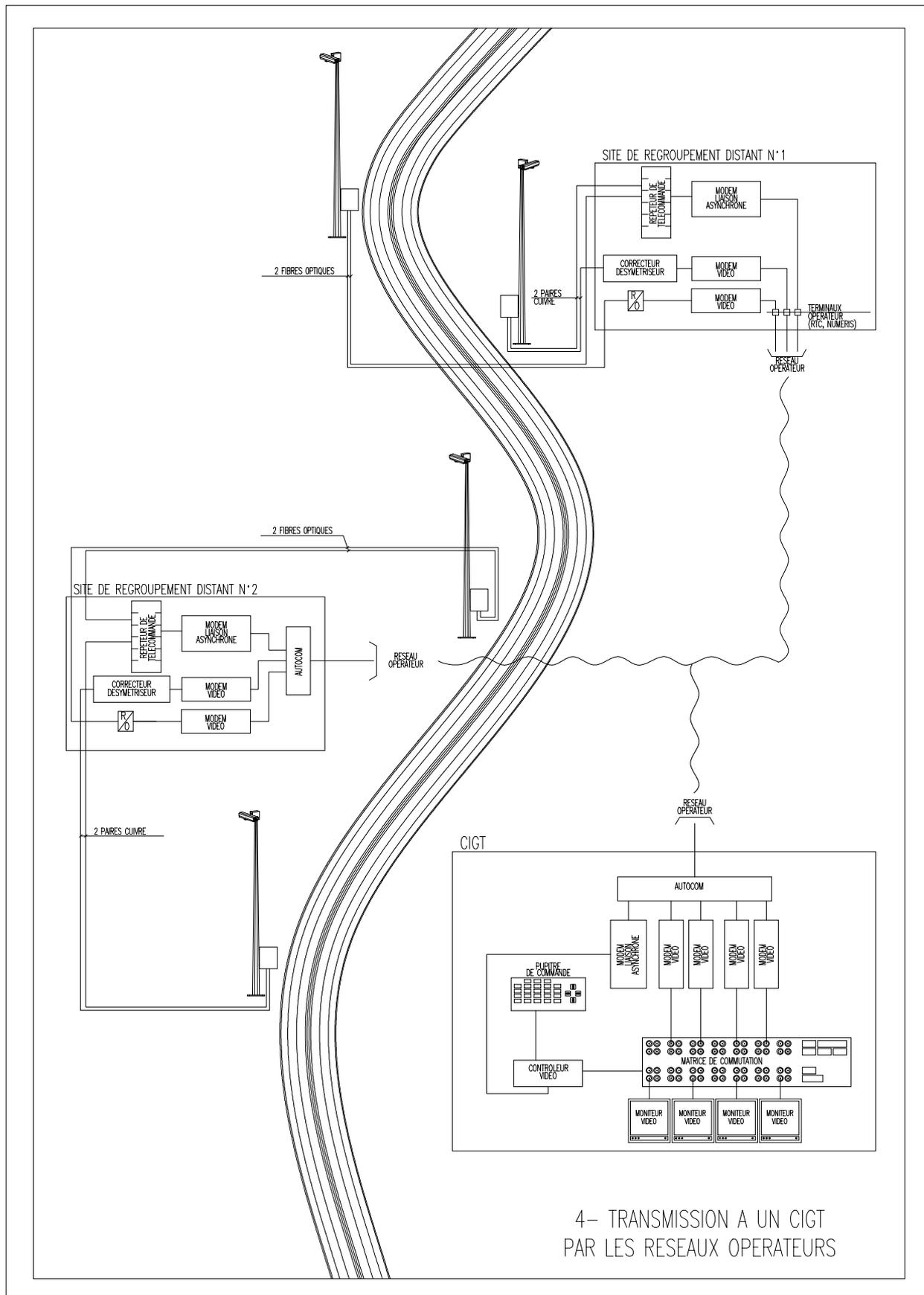
On s'aperçoit que la vidéosurveillance est très consommatrice de bande passante, et donc "dimensionnante" pour le réseau SDH.

A titre d'exemple, une installation comprenant 100 caméras vidéos, consomme 200 Mbit/s sur le réseau SDH, entraînant la nécessité d'opter pour une transmission STM-4 (622 Mbit/s).

Une étude technico-économique montrera souvent les difficultés de cette solution à s'imposer, et la qualité de restitution très moyenne à l'heure actuelle, avec des CODEC MJPEG, ne doit pas être oubliée.

2.2.6 Transmission à un CIGT par les réseaux opérateurs

2.2.6.1 Schéma de principe



2.2.6.2 Descriptif de l'architecture

Signaux vidéo

Chaque site de regroupement est équipé de terminaux de connections à un opérateur Télécom.

Les signaux analogiques électriques des caméras rattachées au site sont raccordés sur des modems vidéo.

Ces modems vidéo assurent la compression et la transmission de l'image.

Il est rappelé que la qualité de restitution des signaux par des modems est très mauvaise.

Les modems vidéo seront adaptés au type de connections opérateurs retenues (RTC, Numéris, et autres liens proposés par les opérateurs).

Chaque signal vidéo à transmettre au CIGT utilise un lien opérateur pendant tout le temps de sa transmission.

L'adaptation éventuelle des signaux est réalisée en amont des modems, par des correcteurs vidéo, correcteurs désymétriseurs, et récepteurs électro/optique.

Au CIGT, les signaux vidéo sont décompressés par les modems, et restitués sous forme électrique 1VCC 75 ohms.

Les signaux électriques sont ensuite rentrés sur une matrice de commutation, et visualisés sur des moniteurs vidéos raccordés sur les sorties de la matrice.

Télécommande des caméras

La transmission de la télécommande des caméras orientables depuis le CIGT vers les sites de regroupement par les réseaux opérateurs sera réalisée par modems pour liaisons asynchrones multipoints.

Ces interfaces pour liaisons asynchrones sont installées au CIGT et dans chaque site de regroupement.

Un émetteur de télécommande est installé au CIGT, permettant de connecter les interfaces RS ci-dessus, et les fibres optiques ou paires torsadées de pilotage de caméras éventuelles rattachées directement au CIGT.

Dans chaque site de regroupement, est installé un répéteur de télécommande permettant de raccorder les fibres optiques ou paires torsadées de pilotage des caméras rattachées au site.

Les récepteurs de télécommande sont installés dans les caissons des caméras ou dans les coffrets au pied des caméras.

2.2.6.3 Maintenabilité

La maintenabilité de cette solution est assez bonne :

- Les équipements d'adaptation des signaux sont modulaires, et possèdent un excellent taux de fiabilité. Ils sont interchangeables sur site par des techniciens non spécialisés ayant reçus une formation de 1^{er} niveau.
- Le taux de fiabilité des modems n'est pas très bon et se sont des équipements de diffusion plus restreinte. Cependant ils sont très facilement interchangeables.
- Le taux de fiabilité des terminaux de connections opérateurs est très bon, et la maintenance en est assurée par les opérateurs.

2.2.6.4 Pérennité et évolutivité

La pérennité et l'évolutivité de cette solution présentent les particularités suivantes :

- Cette solution utilise les réseaux de transmission opérateurs, dont la pérennité peut être considérée comme excellente pour les plus grands, dont France Télécom.
- La pérennité des modems est dépendante du fabricant. En effet les produits ne sont pas compatibles entre fabricants, et le fabricant peut arrêter une fabrication au profit d'une autre technologie non compatible.
- La pérennité des modems peut être remise en cause avec l'apparition de standards de compression plus performants. La remise en cause peut être limitée aux modems.
- L'absence de média de transmission performant est une limite importante à l'évolutivité de la solution, qui devient fonction de l'évolution des performances des réseaux opérateurs, et des modems.
- Les traitements éventuels (DAI) peuvent être faits localement avant les modems. Les traitements au CIGT en aval des modems sont impossible, compte tenu de la dégradation des signaux qu'entraîne cette technique.

2.2.6.5 Avantages et inconvénients

Avantages :

- Simplicité de mise en œuvre.
- Absence de média de transmission propriétaire
- Bonne maintenabilité

Inconvénients :

- Qualité de restitution au CIGT la plus mauvaise, avec un nombre d'images par seconde limité.
- Coût d'utilisation important dû au coût de location ou d'utilisation d'une ligne opérateur.
- Utilisation non permanente du système entraînée par le coût d'utilisation ci-dessus.
- Pérennité et évolutivité dépendante de l'évolution des performances des réseaux opérateurs et des modems.

2.2.6.6 Commentaires

Cette solution technique est intéressante dans les cas où la mise en place d'un média de communication propriétaire est impossible :

C'est par exemple le cas lors de l'installation d'un nombre limité de caméras très éloignées du CIGT :

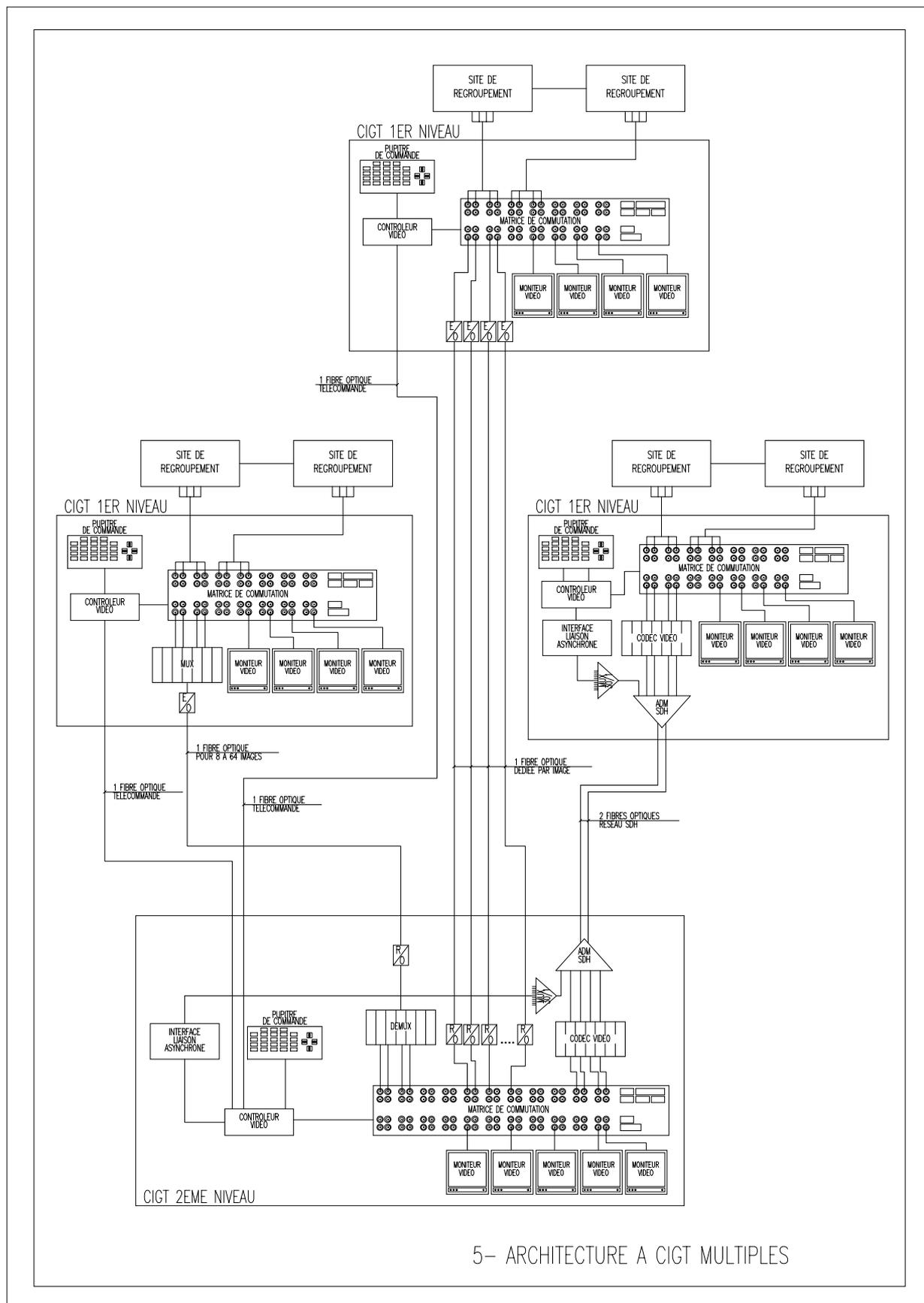
- Routes de montagnes
- Surveillance d'un carrefour dangereux sur une route secondaire
- Surveillance d'une voie d'accès à une voie rapide éloignée
- Etc.

Cette solution peut également être utilisée dans les cas où la vidéosurveillance sert essentiellement à lever le doute sur une situation dont l'opérateur est informé par d'autres systèmes de recueil d'information.

Dans tous les autres cas, la qualité de restitution et le coût d'utilisation sont rédhibitoires.

2.2.7 Architecture à CIGT multiples

2.2.7.1 Schéma de principe



2.2.7.2 Descriptif de l'architecture

De nombreuses organisations de surveillance de réseaux routiers et autoroutiers nécessitent 2 et quelques fois 3 niveaux de surveillance.

Signaux vidéo

- Chaque CIGT de 1er niveau est équipé d'une matrice de commutation vidéo, et des équipements de visualisation associés. L'arrivée des signaux vidéos depuis les sites de regroupements est réalisée suivant les différents principes évoqués dans les chapitres précédents.
- Chaque CIGT de 1er niveau réserve un certain nombre de sortie de la matrice de commutation pour le CIGT de 2ème niveau.
- Les signaux vidéo affectés au CIGT de 2ème niveau sont transmis depuis les CIGT de 1er niveau suivant l'une des 3 techniques ci-dessous :
 - ↳ Fibres optiques dédiées
 - ↳ Multiplexage
 - ↳ Réseau SDH
- Le CIGT de 2ème niveau est équipé d'une matrice de commutation associée à des moniteurs de visualisation
- Les signaux vidéo arrivant au CIGT de 2ème niveau sont restitués sous forme électrique 1VCC 75 ohms, pour être exploités par la matrice.

Télécommande des caméras

Les sorties réservées au CIGT de 2ème niveau sur les matrices de commutation des CIGT de 1er niveau, doivent être pilotables depuis le pupitre de commande du CIGT de 2ème niveau.

De plus les caméras sélectionnées doivent être télécommandables depuis le CIGT de 2ème niveau.

Pour cela, une liaison pour transmission de données bas débit doit être établie entre le contrôleur vidéo de la matrice de commutation du CIGT de 2ème niveau, et chacun des contrôleurs vidéo des matrices de commutation des CIGT de 1er niveau.

Il est à noter que les équipements des 2 niveaux doivent être de même marque, les protocoles de communication entre contrôleurs vidéo étant propriétaires.

2.2.7.3 Maintenabilité

La maintenabilité de cette architecture est fonction des principes de transmission entre CIGT. (Voir chapitres précédents les concernant).

2.2.7.4 Pérennité et évolutivité

La pérennité et l'évolutivité de cette architecture est fonction des principes de transmission entre CIGT. (Voir chapitres précédents les concernant).

3 EVOLUTION DES INSTALLATIONS ET TECHNIQUES EMERGENTES

3.1 Les techniques de compression

3.1.1 Généralités

Depuis quelques années on exploite la vidéo numérisée pour des applications de montage et la tendance est de généraliser ce type de signaux quelle que soit l'application.

Le traitement des signaux numériques est plus aisé que ceux analogiques, et la généralisation de l'utilisation des signaux numériques dans les systèmes de transmission tend à concevoir des chaînes de transmission toute numérique.

La vidéo numérisée représente un flux d'information binaire important qui retarde son utilisation dans les chaînes de transmission actuelle.

Pour remédier à cette difficulté on a développé les techniques de compression.

Un signal vidéo numérisé représente un flux d'information binaire relativement important d'environ 270 Mbit/s.

Cette valeur rend impossible aujourd'hui la transmission et le stockage de ces informations à grande échelle.

En effet les canaux de diffusion ont des bandes passantes insuffisantes et les unités de stockages ne sont pas de taille à accumuler suffisamment d'informations.

On a donc été amené à diminuer le flux d'informations à transmettre en utilisant des techniques de compression.

L'inconvénient de ce procédé vient du fait qu'il dégrade la qualité des images à transmettre.

Il donc nécessaire de réaliser un compromis entre la qualité des images à transmettre et le débit binaire qu'elles représentent.

Ce compromis ne pourra être correctement réalisé que si l'on est conscient de la qualité souhaitée et de la capacité des canaux de transmission.

Le but principal de la compression vidéo est de réduire massivement la quantité de données nécessaires pour stocker ou transmettre la vidéo numérique.

Avec ceci à l'esprit, il y a plusieurs facteurs à prendre en compte lorsqu'on discute de compression vidéo :

- Temps réel ou non temps réel,
- Symétrique ou non symétrique,
- Le taux de compression,
- Avec ou sans perte,
- Intertrame ou Intratrame,
- Contrôle du débit.

3.1.2 Temps réel ou non-temps réel

Certains systèmes sont capables de coder, stocker (ou transmettre) la vidéo compressée et de la décoder à 30 images/sec, le tout en temps réel, c'est-à-dire sans délai perceptible.

D'autres systèmes ne permettent pas soit de coder, soit de décoder en temps réel. Cela se traduit dans tous les cas à l'arrivée par des images manquantes, donnant à la vidéo un aspect très désagréable. Les images manquantes contiennent de plus des informations de synchronisations importantes. Ces informations manquantes peuvent rendre impossible la synchronisation avec le son. Dans le cas de la transmission de vidéo sans son, cet aspect n'a pas d'importance, néanmoins la vidéo sera saccadée.

3.1.3 Symétrique ou non-symétrique.

La symétrie se réfère à la façon dont les images vidéo sont compressées et décompressées. Certaines normes de compressions permettent de coder et de décoder avec la même facilité (symétrie) alors que d'autre nécessite un codage beaucoup plus complexe que le décodage (non symétrique).

L'avantage de la compression non symétrique est que l'on peut appliquer des méthodes de compression complexes et efficaces à la compression, permettant de réduire le débit numérique tout en conservant une bonne qualité d'image. Ce type de compression est bien adapté par exemple à de la diffusion TV, où on a typiquement besoin de réduire le débit numérique.

Comme le codage est une opération réalisée une seule fois, on peut se permettre un codage complexe et performant (coûteux aussi) alors que les nombreux décodeurs seront simples et bon marché.

La compression symétrique permet d'utiliser des codec (Codeur/Décodeur) simples et donc bon marché, ceci au prix d'un taux de compression moins bon que les méthodes non-symétriques.

Nous décrivons par la suite des compressions non-symétriques (MPEG) et symétriques (MJPEG, ondelettes).

3.1.4 Le taux de compression.

Le taux de compression caractérise la différence entre les données numériques non compressées et les données compressées.

On dira par exemple qu'on compresse à 200/1 si la vidéo compressée nécessite un débit 200 fois inférieur à la vidéo non compressée.

Généralement, plus le taux de compression est élevé, moins la qualité est bonne, mais cela dépend aussi beaucoup de la compression utilisée.

Avec MPEG, des taux de compression de 200/1 sont possibles.

MJPEG permet des taux de 15/1 à 80/1. Le taux de 20/1 est le taux maximum pour garder une image de bonne qualité.

Les ondelettes autorisent des compressions jusqu'à 150/1.

3.1.5 Avec ou sans perte

Le terme de perte résulte des opérations de codage et de décodage d'un signal vidéo, on ne retrouve pas exactement le même signal après décodage.

Il y a des différences plus ou moins perceptibles.

On dit qu'une méthode de compression est sans perte si la donnée vidéo numérique avant compression est exactement la même après un cycle compression/décompression.

Ce type de compression permet des taux de compression extrêmement médiocre, on peut par exemple espérer un taux de 2/1 avec une compression sans pertes sur une image de paysage.

Toutes les autres formes de compressions sont dites avec pertes, même si parfois la différence de qualité avec l'original est imperceptible.

Toutes les compressions décrites par la suite sont des compressions avec perte et utilisent les propriétés de sensibilité de l'œil humain afin de rendre les pertes le moins perceptible possible.

Ceci rend la mesure de la qualité de l'image délicate, car la vidéo reçue peut-être très différente de celle émise (si on regarde bit à bit) et pourtant elle peut être perçue par l'homme de manière très satisfaisante.

3.1.6 Intertrame ou Intratrame

Ceci est un des points le plus controversé au sujet de la compression.

La méthode intratrame consiste à stocker chaque image vidéo (trame) comme une image simple, de la même façon qu'on compresserait une image par exemple.

La méthode intertrame est basée sur l'idée que dans un flux vidéo, chaque image n'est pas indépendante des autres. Il y a beaucoup de redondances d'une image à la suivante, par exemple un paysage en fond qui bouge très peu.

Les méthodes intertrame créent une image de référence et ensuite chaque image suivante est comparée à l'image de référence et seules les différences sont codées. Cette méthode permet de réduire significativement la quantité de données nécessaires pour coder la vidéo.

L'inconvénient de la méthode intertrame est qu'elle est plus complexe et a du mal à conserver une bonne qualité pour de la vidéo fortement animée.

3.1.7 Contrôle du débit

Tout bon système de compression doit permettre de contrôler le débit, afin de l'adapter à la bande passante dont on dispose.

On peut par exemple adapter la résolution spatiale, le nombre d'images par seconde et la qualité de la compression.

Toutes les méthodes de compression ont des débits variables.

Si on souhaite avoir une vidéo à débit constant par exemple pour utiliser un lien E1 à 2Mbit/s compatible avec SDH par exemple, il faut pouvoir adapter de façon dynamique la qualité de la compression afin de fournir un débit constant (on utilise un système de buffer).

La génération d'un débit fixe n'est pas normalisée et la qualité de la vidéo peut alors dépendre fortement des algorithmes mis en place par chaque constructeur.

Tous les systèmes de compression n'offrent pas la possibilité de changer tous ces paramètres.

3.1.8 La recommandation H 320 et la compression H 261

Les besoins de visioconférence ont amené l'UIT à normaliser un protocole international (H 320) permettant la communication entre équipements de marques différentes.

La recommandation H320 de l'UIT-T décrit les différents modules intervenants dans le cadre de la transmission des différents signaux. Ces signaux sont classés en quatre catégories :

- Les signaux audios : Ils sont numérisés selon les recommandations G711 (64Kbit/s) ou G722 (48 ou 56 Kbit/s).
- Les signaux vidéos : Ils correspondent à un flux continu de signaux analogiques très exigeants en débits. Ils sont numérisés et compressés selon la recommandation H 261.
- Les signaux de données provenant d'équipements télématiques. Ils englobent les images fixes, la télécopie ou tout autre type de transfert de documents ou de fichiers.
- Les signaux de gestion : Ils sont de deux types, ceux permettant de piloter (multiplexeur/démultiplexeur) et ceux destinés à la supervision du réseau. L'ensemble de ces signaux, à l'exception de ceux destinés à la gestion du réseau sont multiplexés selon la recommandation H221.

3.1.8.1 La compression vidéo selon la norme H.261 de l'UIT-T

La norme H.261 de l'UIT contient les descriptions du mécanisme de codage et une procédure pour organiser les données vidéo selon une hiérarchie. Le codage vidéo H.261 utilise les méthodes de compression vidéo les plus puissantes. Le taux élevé de compression vidéo obtenu par les méthodes de compression utilisées permet le fonctionnement de la visioconférence à très bas débits.

La technique de compression consiste à appliquer le DCT (Discrete Cosine Transform), suivi d'une quantification et d'un codage Huffman, ainsi qu'une compensation optionnelle du mouvement.

L'UIT a adopté les formats de trame vidéo normalisés : le CIF (Common Intermediate Format) et le QCIF (Quarter CIF).

Le format CIF propose 352 pixels par ligne et 288 lignes par trame vidéo.

Le format QCIF propose la moitié des pixels par ligne et la moitié des lignes par trame vidéo.

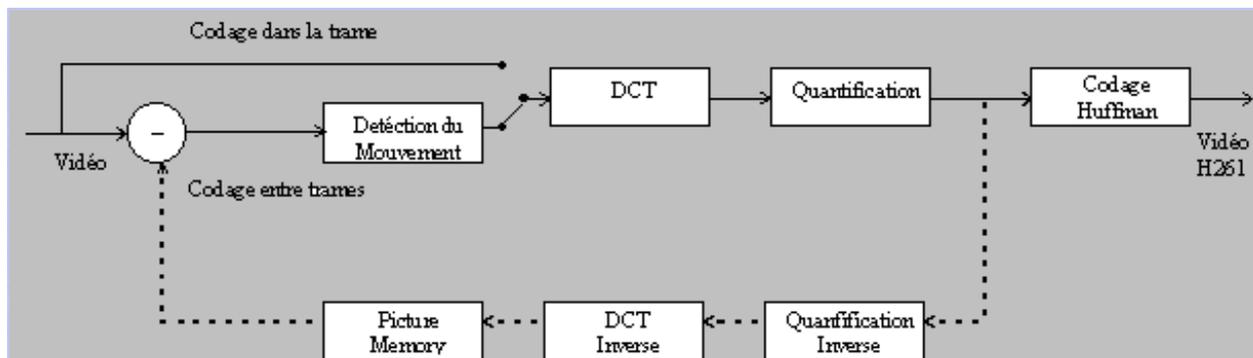
Le codage H.261 peut être fait à l'intérieur de chaque trame vidéo qui arrive (intratrame coding), ainsi que sur les différences entre les trames successives (intertrame coding).

Dans le premier cas, le codage de l'image ne prend pas en compte les images antérieures.

Ce genre de codage élimine la redondance spatiale dans une trame.

Le codage entre trames élimine aussi la redondance temporelle parmi les trames successives.

Dans ce cas, la différence entre l'image courante et l'image prévue est transformée en DCT et ensuite quantifiée linéairement.



Les trames CIF et QCIF sont arrangées selon une structure hiérarchique qui contient quatre couches :

- La couche Trame
- La couche Groupe de Blocks (GOB)
- La couche MacroBlock (MB)
- La couche Block

La trame CIF contient 12 GOB tandis que la trame QCIF contient 3 GOBs.

Un GOB contient 3 lignes 11 MB et chaque MB contient 6 blocks de 8x8 coefficients. Les données dans un Block sont des mots de code qui permettent la transformation de coefficients.

Ces mots de code sont suivis d'un code de fin de block (EOB) de longueur fixe.

Tous les coefficients quantifiés sont organisés selon une séquence en 'zigzag' qui permet un codage entropique en plaçant les coefficients de plus basse fréquence (qui sont plus probablement ceux de valeur non nulle) avant les coefficients de plus haute fréquence.

La séquence de bits transmise contient un champ de correction d'erreur (FEC) calculé selon le code BCH (511,493). La vérification du FEC par le codec est optionnelle.

Avec ce type de compression l'image est saccadée en utilisant les débits compris entre 64 et 256Kbit/s. A partir de 384Kbit/s l'animation de l'image devient convenable.

Ce type de compression n'est utilisable que pour des applications de visioconférence mais il a le mérite d'être la base des travaux relatifs aux normes MPEG.

3.1.9 Les compressions MPEG

Les normes de compression se déclinent actuellement en 2 normes, MPEG1 et MPEG2.

MPEG4 est en cours de normalisation (prévu en décembre 1998).

MPEG1 a été défini en 1992 et permet de générer de la vidéo et de l'audio compressé à des débits de 1.5Mbit/s à 5Mbit/s.

MPEG2 a été défini en 1994 et permet la compression de la vidéo et du son à des débits de 2 à 10 Mbit/s. L'application initiale de MPEG2 est la diffusion de vidéo TV qualité "Broadcast" (haute définition).

MPEG4 a été pensé pour gérer de la vidéo à bas débit pour des applications multimédia.

Avant de décrire en détail les spécificités de ces normes, il est nécessaire de décrire les concepts de base de la compression MPEG.

3.1.9.1 Le flux MPEG

Toutes les normes MPEG utilisent la méthode intertrame mentionnée précédemment. Dans la plupart des scènes vidéo, l'arrière-plan reste relativement stable alors que le premier plan bouge rapidement.

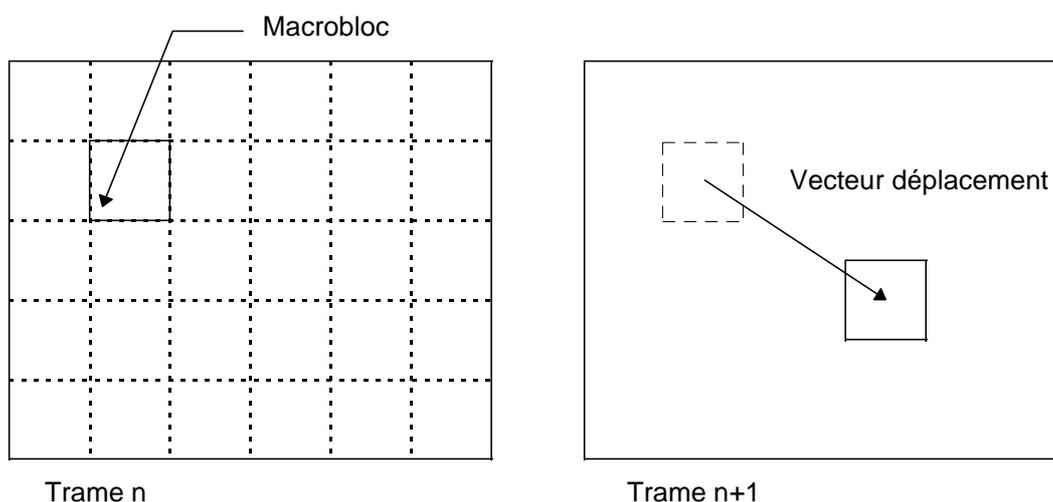
Pour coder une image, MPEG découpe celle-ci en blocs de 16x16pixels, appelés Macroblock. Chaque Macroblock est ensuite divisé en 4 blocs de 8x8 pixels.

MPEG permet au travers des blocs de 8x8 pixels d'utiliser les redondances spatiales afin de réduire le nombre de données nécessaires.

La compression se fait grâce à des techniques à base de "transformé en cosinus discret" (DCT=Discrete Cosine Transform).

Les blocs de 8x8 sont transformés par DCT en un jeu de coefficients. Seuls les coefficients supérieurs à un seuil réglable sont stockés. Ensuite, par DCT inverse, on reconstitue le bloc de 8x8 pixels initial, avec plus ou moins de précision selon de nombre de coefficients stockés.

En modifiant les paramètres de la DCT, on peut augmenter ou diminuer la qualité (respectivement diminuer ou augmenter le débit).



MPEG permet aussi au travers des macroblocks d'utiliser les redondances temporelles.

On va chercher à détecter le mouvement d'un macroblock d'une image à l'autre et par suite, on stockera uniquement un vecteur déplacement. Le bloc sera donc simplement copié et déplacé d'une image à l'autre, réduisant bien évidemment le nombre de données nécessaires pour coder la vidéo.

MPEG commence sa compression en créant une trame (image) de référence appelée trame I (Intratrame). Les trames I sont codées indépendamment du reste des images utilisant les techniques DCT et sont placées toutes les 10 ou 15 trames. Entre ces trames I, on ne va coder que la différence par rapport à d'autres trames, en utilisant les macroblocks comme unité de base.

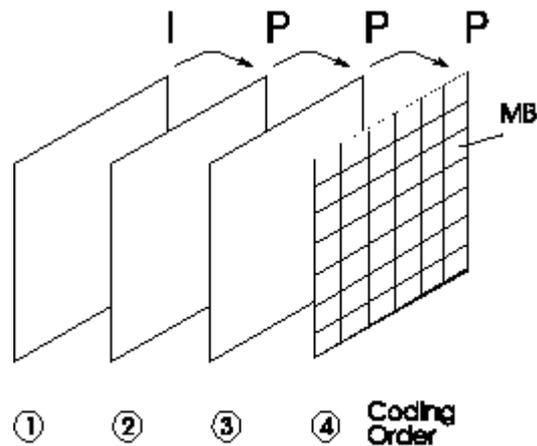
MPEG définit 3 types de trames :

- Intra (I),
- Predicted (P),

- Bi-directional Interpolated (B).

Les trames I fournissent des points de référence mais ne peuvent pas être compressées avec des taux très élevés.

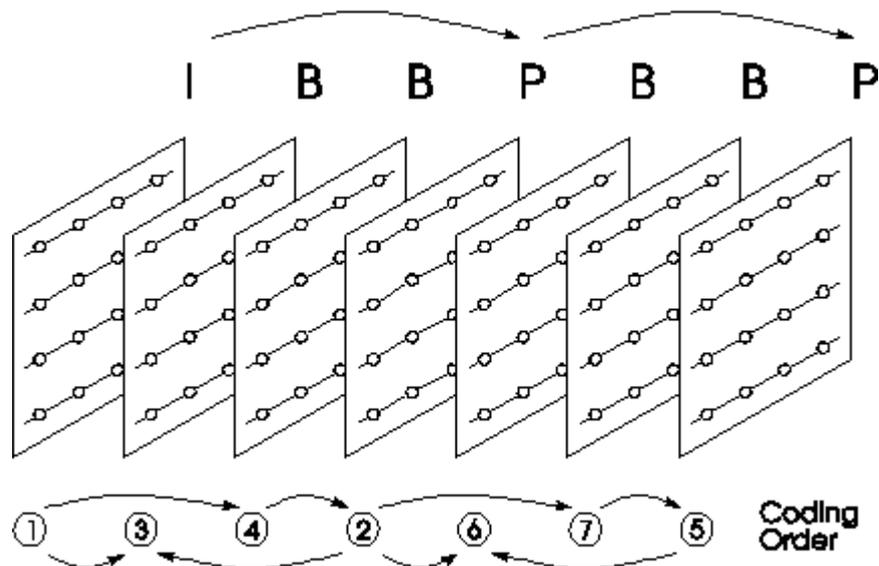
Les trames P sont encodées avec pour référence la trame précédente, qui peut être de type I ou P.



A.) Frame Prediction

Les trames B utilisent à la fois la trame précédente et la suivante.
Une trame B ne peut pas être utilisée comme référence.

Les trames B permettent les meilleurs taux de compression, au prix d'une complexité accrue. De plus, on pourra remarquer que comme l'ordre de codage n'est pas linéaire, l'opération de codage et de décodage va introduire un retard important (nécessité d'attendre plusieurs trames pour pouvoir coder ou décoder une trame B).



Un flux MPEG n'est pas obligé d'utiliser tous les types de trames disponibles. On peut utiliser un flux avec uniquement des trames I, ou avec I+P ou avec I+P+B au choix.

Les taux de compression les plus importants sont évidemment obtenus en utilisant simultanément les trames I, P et B.

3.1.9.2 MPEG1

La norme MPEG1 a été conçue au départ comme une norme pour le stockage de données vidéo sur Disque dur ou CD Rom. Cependant, elle a été par la suite utilisée aussi pour réaliser de la vidéo à la demande.

Tout codec compatible MPEG-1 doit pouvoir au minimum pendre en charge une définition correspondant à la télévision, soit 720 pixels par ligne et un minimum de 576 lignes, le tout à 30 images/s avec un débit minimum de 1.86 Mbit/s.

Le format vidéo d'entrée standard (i.e la vidéo analogique) est de la vidéo non-entrelacée, cependant comme les formats PAL et NTSC sont entrelacés, la plupart des codec s'adaptent maintenant aussi à ce type de vidéo.

MPEG 1 permet d'obtenir l'équivalent de la qualité VHS pour un débit de 1.5 Mbit/s (vidéo en 352x240 redimensionnée en plein écran)

Sur un lien standard européen E1 à 2 Mbit/s, un codec MPEG1 permet donc d'obtenir de la vidéo de bonne qualité. Comme on est à un débit supérieur à celui nécessaire pour de la qualité VHS, on pourra même se permettre de ne pas utiliser les trames B afin de réduire les délais introduits par le codage et le décodage.

VTEL (www.vtel.com) propose des systèmes destinés à la visioconférence sur des liens E1 (ou interface 25 Mbit/s ATM) à base de codeur MPEG1.

3.1.9.3 MPEG2

MPEG2 reprend les mêmes principes de codage que MPEG1, un décodeur MPEG2 devant d'ailleurs pouvoir décoder un flux MPEG1.

MPEG2 fournit une réponse à des besoins qui n'avaient pas été envisagés lors de l'élaboration de MPEG1, tels que la distribution de TV par le câble ou par le satellite, et tous les services nécessitant la transmission de vidéo à haute définition.

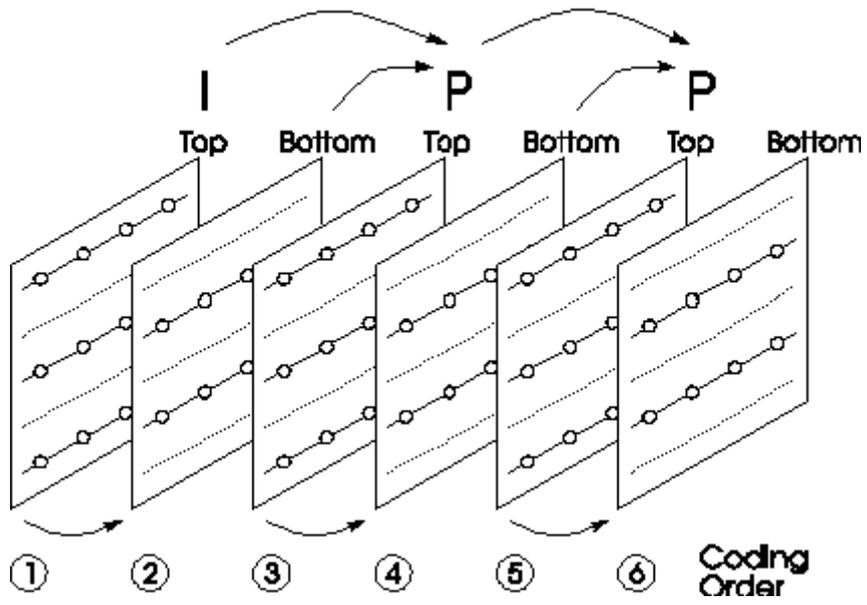
MPEG2 est de plus prévu pour circuler facilement sur des réseaux ATM.

C'est le codage aujourd'hui utilisé par la télévision numérique et sur les DVD.

La norme est maintenant stable: (norme ISO/TEC 13818) et adoptée en Europe par DVB (Digital Video Broadcasting) et aux USA par le FCC (Federal Communications Commission).

MPEG 2 permet d'ajouter un support pour la vidéo entrelacé, ce que ne supportait pas directement MPEG1.

MPEG2 définit pour chaque image non plus une trame mais deux champs qui sont constitués des lignes paires et impaires de la vidéo. Les codages ne se font alors plus sur les trames mais sur les fields, permettant une qualité plus importante.



En résumé, les "plus" de MPEG2 par rapport à MPEG1 sont principalement :

- Support d'un flux vidéo entrelacé(TV), mode 'field'.
- Introduction de nouveaux modes de prédiction inter-field (en plus des intertrame de MPEG1)
- Support de format YUV 4:2:2 en plus du format 4:2:0 de MPEG1, permettant une meilleure qualité de l'image (plus de couleurs).
- Ajouts d'extensions (Scalable Coding Extensions) permettant dans un flux MPEG2 de fournir la vidéo à différente résolution spatiale et/ou temporelle.
- Prise en compte de la transmission sur support avec erreur.

MPEG2 étant destiné à de la TV haute définition professionnelle, les codeurs MPEG2 sont encore très chers.

Par exemple, une caméra MPEG2 coûte plus de 30.000\$ (180.000,00 F.).

3.1.9.4 MPEG4

Les spécifications de MPEG-4 doivent être achevées en octobre 98 et MPEG-4 sera une norme internationale en décembre 1998 (ISO/IEC 14496).

MPEG4 est typiquement destiné aux applications multimédia principalement sous IP, pour des débits faibles à moyen (4kbps jusqu'à 400kbps).

MPEG-4 utilise une approche différente des normes MPEG 1 et 2 et est basée sur une approche objet.

MPEG-4 fournit une norme pour décrire des objets (images fixes, animées, de type naturel ou de synthèse).

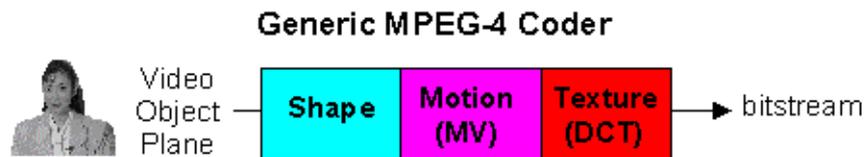
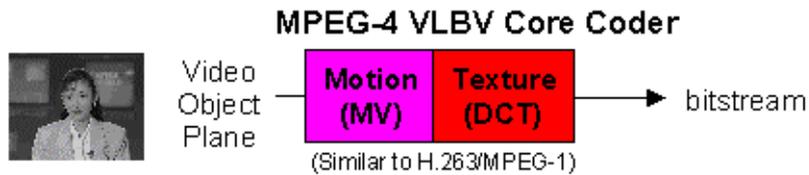
Dans le cas de scènes de synthèse, MPEG4 fournit un langage de description standardisé permettant de décrire la scène (les formes, les textures, les mouvements).

Cette partie de la norme MPEG4 sort du contexte de cette étude, cependant, MPEG4 prévoit aussi de pouvoir transmettre de la vidéo (scènes 'naturelles') à très bas débit.

Le noyau VLBV (Very Low Bit-rate Video) fournit des algorithmes et des outils pour des applications à des débits entre 5 et 64kbps et supporte des images avec une faible résolution spatiale et un faible nombre d'images par seconde (jusqu'à 15 images/s).

VLBV fournit un codage efficace, simple, robuste dans un environnement avec erreurs et un délai de codage faible. VLBV est donc adapté pour des applications multimédia temps réel.

Le standard MPEG4 offre aussi le support d'images plus complexes, non rectangulaires avec le codeur MPEG4 générique.



MPEG4 utilise les mêmes techniques décrites précédemment pour le codage bas débit, cependant le taux de compression peut être amélioré de façon significative en choisissant les outils de prédiction et de codage les mieux appropriés au type de vidéo que l'on doit coder. En effet MPEG 4 permet de prendre en compte la nature de la scène à coder, ce que MPEG1 et 2 ne permettent pas.

Le codage des textures et des images fixes est supporté par le mode 'visual texture' de MPEG4. Ce mode est basé sur un algorithme à ondelettes très efficace (voir chapitre compression à ondelettes).

3.1.10 Les compressions JPEG et MJPEG

MJPEG ou Motion JPEG est une extension du codage JPEG (Joint Photographic Expert Group)pour répondre au besoin de trouver de compression pour les images photographiques de haute qualité.

La compression JPEG est une méthode de compression dite avec perte, elle supprime certaines informations qui peuvent altérer la qualité de l'image.

La compression JPEG est ajustable, la qualité de l'image et ratio de compression étant inversement proportionnel. Le ratio de compression peut varier entre 8 et 20 avant que la distorsion engendrée par la perte des données ne vienne modifier l'aspect de l'image.

La compression est en réalité une animation d'images compressées en JPEG.

Cette animation n'est pas soumise à une norme et de ce fait elle est propriétaire et variable en fonction des équipements

Le codage JPEG utilise les mêmes techniques que MPEG à base de transformé en cosinus discret (DCT) sur des blocs de 8x8 pixels afin d'utiliser les redondances spatiales pour réduire le nombre de données nécessaires au codage.

Par contre, contrairement à MPEG, chaque image est codée indépendamment des autres.

Un flux MJPEG est en fait très similaire à un flux MPEG1 qui serait composé uniquement de trames I.

Le codage MJPEG n'est cependant pas normalisé pour le codage vidéo, à moins d'avoir en fait un codec type MPEG1 qui ne supporte que les trames I (dans ce cas, le codec ne peut pas avoir l'appellation compatible MPEG1.).

Comme chaque image est codée individuellement, les taux de compressions sont moins importants qu'avec MPEG.

D'un autre côté, comme le codage est simple et symétrique, le coût à la fois des décodeurs et surtout des codeurs est plus faible que dans le cas de MPEG1.

MJPEG peut cependant constituer un choix très bon marché, si on ne souhaite pas une qualité élevée ou si on accepte des débits numériques élevés.

La société TONNA commerciale un codec MJPEG avec interface G 703 utilisant un flux E1 (2,048Mbit/s) pour un prix de 15.000,00 F.

Ce codec est en cours de validation pour le projet SIRIUS.

3.1.11 Compression à "ondelettes".

3.1.11.1 Présentation

Toutes les technologies précédemment décrites sont basées sur la transformation de carré de 8x8 pixels de l'image par DCT, avec ensuite des raffinements plus ou moins poussés selon le type de codage (trames interpolées, etc.).

L'inconvénient majeur de ces technologies est qu'à faible débit, on voit clairement apparaître les carrés de 8x8 utilisés pour la DCT, la conséquence étant une qualité d'image très médiocre.

De plus, avec MPEG, le fait d'utiliser des trames interpolées (pour réduire le débit) fait que les images fortement animées sont difficiles à restituer en conservant un débit faible.

Les avantages de la compression à ondelettes sont :

- L'algorithme de codage n'utilise plus la décomposition en carré de 8x8 pour réaliser une DCT mais un procédé plus performant. La conséquence est qu'à bas débit, une image compressée par ondelettes apparaît simplement floue mais non morcelée en petits carrés (MPEG), ce qui est beaucoup plus acceptable visuellement.
- La compression se fait trame par trame, il n'y a pas de trames interpolées comme en MPEG, d'où une meilleure restitution des images fortement animées.
- Malgré le fait de ne pas utiliser de trames interpolées, la compression à ondelettes permet d'obtenir des taux de compression (à qualité égale) identiques, voire supérieurs à MPEG1/2
- La compression se fait en temps réel (à 2 ou 3 trames près) alors que MPEG1/2 peut prendre plusieurs dizaines de trames de retard au codage, et de même au décodage (à cause des trames interpolées.)
- Les ondelettes ne sont pas une technologie totalement nouvelle, mais émergente. MPEG4 utilise les ondelettes pour coder les textures de ses scènes de type "image de synthèse".
- Des codec à ondelettes sont actuellement disponibles, mais tout comme MJPEG, le procédé n'est pas normalisé, la solution choisie sera donc propriétaire.

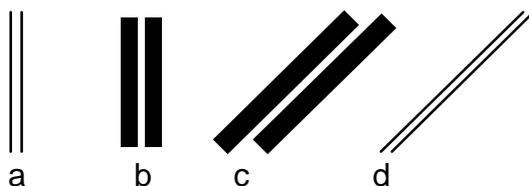
3.1.11.2 Concepts

Les compressions à ondelettes (wavelet en anglais) sont basées sur des transformations mathématiques très complexes dont la description sort du cadre de cette étude. On peut néanmoins comprendre facilement les concepts de la compression à ondelettes.

Le principe de toute compression est de tenir compte de la corrélation entre les pixels. Si on considère un point dans une image, les points directement adjacents sont fortement corrélés avec le point choisi (i.e couleur, intensité proches).

MEPG applique ce concept uniquement sur des carrés de 8x8. La compression par ondelettes utilise ce principe sur l'image entière.

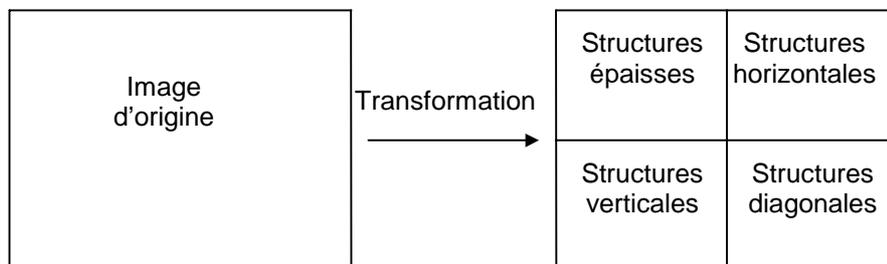
Pour mieux comprendre le concept utilisé, considérons les 4 lignes ci-dessous :



Supposons que l'objectif soit de compresser l'objet représenté par ces 4 lignes. Quel sont les traits les plus visibles pour l'œil humain, (a) (b) (c) ou (d) ?

Evidemment (b) et (c) sont plus attirantes, car plus épaisses. On pourra aussi noter que les lignes (a) et (b) ont plus de corrélations dans le sens vertical que diagonal ou horizontal.

Dans une compression à ondelettes, on va placer dans 4 cadrans, 4 sous-images qui contiendront uniquement les éléments épais ou à forte corrélation horizontale ou verticale ou diagonale, comme représenté sur le schéma ci-dessous.



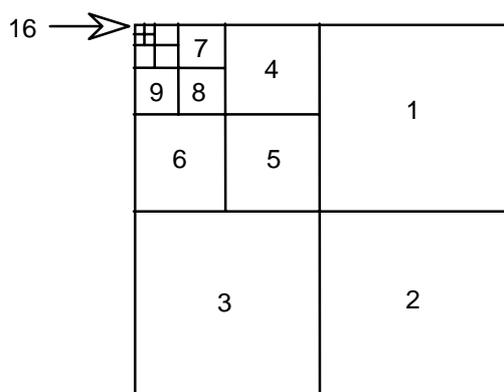
Le premier quadrant représente à la résolution $\frac{1}{4}$ les éléments épais de l'image initiale. Evidemment comme la résolution est plus faible, les lignes (b) et (c) précédentes ne seront plus aussi 'épaisses' dans la nouvelle représentation puisqu'il n'y a qu'un quart des pixels de l'image d'origine. Le principe est le même pour les 3 autres quadrants, par exemple dans le quadrant 'structures diagonales', les lignes (a) et (b) seront absentes.

Les ondelettes utilisent ce principe, répété plusieurs fois. Le terme ondelettes s'explique plus facilement à partir du terme anglais "wavelet" qui pourrait se traduire par "petite vague".

Par analogie avec les vagues de la mer, on a de grosses vagues sur lesquelles on trouve des vagues plus petites sur lesquelles on trouve des vagues encore plus petites, etc.

Avec les ondelettes, on a une grande image d'origine, qu'on a décomposé en structure plus petites, qu'on peut elle-même décomposer, etc.

Avec les ondelettes, l'image d'origine sera divisée de la manière suivante :



Ensuite viennent des algorithmes mathématiques complexes qui permettent de transformer chaque portion de l'image en un jeu de coefficient la représentant. C'est ce jeu de coefficient, plus ou moins tronqué selon le taux de compression souhaité qui est transmis.

La force des ondelettes réside dans le fait de traiter l'image dans sa totalité, et notamment de tenir compte des 'lignes' horizontales et verticales, auxquelles l'œil humain est particulièrement sensible.

Malgré l'utilisation d'algorithmes plus complexes que la DCT utilisée dans MPEG, les codec à ondelettes sont globalement moins complexes qu'un codec MPEG1 ou 2 parce qu'il n'y a pas de trames interpolées à gérer.

La société française VisioWave commercialise depuis quelques mois un codec à compression par ondelettes à 20.000F qui rivalise en terme de qualité pour un même débit avec des codec MPEG2 à 100.000F.

Dans un avenir proche, il est possible que les codec à ondelettes puissent remplacer avantageusement la compression MJPEG, offrant pour le même débit une qualité bien supérieure (identique à MPEG1).

3.1.11.3 Choisir une compression

Les méthodes de compression utilisent des algorithmes mathématiques pour réduire (compresser) les données vidéo en éliminant, groupant ou moyennant les données trouvées dans le signal vidéo.

Différents algorithmes sont adaptés pour diverses situations. On retiendra les méthodes MPEG (Motion Picture Experts Group), Motion JPEG (Joint Photographic Experts Group) et les compressions à ondelettes.

Seul MPEG-1 et MPEG-2 sont des standards reconnus au niveau international pour la compression de données vidéo.

Le fait que MPEG soit un standard ne signifie pas forcément que ce soit la solution la mieux adaptée. La standardisation est cependant une bonne garantie en terme de fonctionnalité et garantit que des équipements de différents fabricants peuvent s'interconnecter.

MPEG n'est pas un standard "de facto". MPEG regroupe un ensemble de chercheurs et ingénieurs venant de diverses entreprises, spécialisées dans le domaine de la vidéo et qui ont cherché les meilleures façons de compresser de la vidéo, compte tenu des technologies disponibles.

MPEG est un format disponible pour tous et n'est pas issu d'un format propriétaire d'une entreprise.

L'inconvénient de la compression MPEG est que c'est une compression complexe et surtout coûteuse.

Les solutions MJPEG et prochainement « Wavelet » sont propriétaires mais permettent d'obtenir de bon compromis qualité/prix.

Le choix d'un type de compression n'est pas facile, il devra être étudié au cas par cas en prenant en compte les paramètres suivants :

- Qualité d'image minimale,
- Débits de transmission disponible,
- Coût des équipements de compression,
- Pérennité de la compression choisie.

3.1.11.4 Cas de la vidéosurveillance routière

Dans le cadre de la transmission à distance de vidéo destiné à faire de la télésurveillance, 3 paramètres sont à prendre en compte :

- la qualité de l'image, qui dépend du type de compression utilisé et du débit,
- le débit utilisé, qui va conditionner le choix du réseau de transport longue distance,
- le coût,
- Temps de latence.

Si on souhaite utiliser un réseau de transport SDH, cela laisse peu de choix au niveau des débits. On peut choisir 2,4 ou 6 Mbit/s.

- Un codec MJPEG offre une solution intéressante financièrement parlant, par contre la qualité à 2 Mbit/s est très moyenne (La qualité devient correcte, au sens vidéo institutionnelle, à partir de 4 à 5 Mbit/s),
- Un codec MPEG1 permet une qualité d'images acceptable à 2 Mbit/s mais pour un coût plus important qu'un codeur MJPEG,
- Un codec à ondelettes permet aussi d'obtenir une bonne qualité d'image à 2 Mbit/s et il est possible que ces codeurs soient compétitifs (en prix) dans un avenir proche avec des codec MJPEG pour des applications de télésurveillance.

Aujourd'hui la technique la plus utilisée pour la surveillance routière, compte tenu de son bon rapport qualité/prix, est la compression MJPEG. Mais l'arrivée de nouvelles techniques plus performantes et la diminution du prix des techniques MPEG devraient changer rapidement cette situation.

3.2 L'évolution des caméras

Les caméras vidéo disponibles sur le marché ont acquis une pérennité certaine.

Les technologies employées et les algorithmes de traitement des signaux sont éprouvés, et mis en œuvre par tous les fabricants, notamment :

- Capteurs CCD interlignés très fiables
- Dimensions très réduites des capteurs CCD et par conséquent des caméras
- Sensibilité très faible, très intéressante à l'extérieur
- Traitements du signal performants :
 - ↳ Correction des contrastes et des contours
 - ↳ Traitement des blancs
 - ↳ Traitement des effets smear et blooming

La qualité et les performances obtenues répondent à toutes les situations envisageables en vidéosurveillance, y compris en surveillance routière.

Les évolutions principales possibles sont les suivantes :

- Amélioration de la sensibilité
- Amélioration de la sensibilité aux infrarouges pour la vision nocturne
- Amélioration des traitements de l'image
- Sortie du signal numérisée
- Standardisation du LCR
- Intégration des algorithmes de RDT et DAI

Amélioration de la sensibilité

Certaines caméras couleur ont des sensibilités de l'ordre de 0,5 lux, ce qui répond parfaitement à une vision diurne et nocturne avec éclairement.

Des progrès sur la fabrication des capteurs permettront d'augmenter encore un peu cette sensibilité, pour permettre une exploitation des images avec des éclairements minimum, se rapprochant de l'éclairage nocturne.

Cette progression se fera par petits bonds, au rythme de l'évolution des techniques de fabrication des capteurs.

On peut espérer dans quelques années, des valeurs de sensibilité inférieure à 0,1 lux.

Cette sensibilité est aujourd'hui obtenue par remplacement du filtre infrarouges des caméras couleur par un correcteur de focale (voir chapitre 2.1.1 "Les caméras"). Cette technique présente l'inconvénient d'une image monochrome.

Amélioration de la sensibilité aux infrarouges pour la vision nocturne

La vision nocturne sans éclairage est aujourd'hui possible avec des caméras équipées de capteurs sensibles aux infrarouges.

Ces caméras dérivées d'applications militaires sont disponibles en versions "Broadcast", (coût supérieur à 100 kf).

Pour être utilisées en vidéosurveillance, ces caméras devront être miniaturisées, et fabriquées de manière plus industrialisée, pour faire baisser les coûts.

Les caméras infrarouges utilisées en vision diurne produisent une image monochrome de qualité médiocre. Une évolution des capteurs CCD avec une amélioration de la sensibilité aux infrarouges et une vision diurne de qualité est sans doute possible, et serait un grand pas pour la vidéosurveillance routière nocturne.

Les fabricants ne peuvent pas se prononcer aujourd'hui sur une échéance possible pour ce type de capteur.

Amélioration des traitements de l'image

Des améliorations des algorithmes de traitement de l'image sont toujours possibles. La perception de ces améliorations dans la vision des détails par l'œil humain sera de plus en plus difficile compte tenu de la qualité actuelle disponible.

Sortie du signal numérisée

La plus grosse évolution attendue, est la numérisation totale du signal vidéo en aval du capteur, jusqu'à la mise à disposition du signal en sortie de la caméra.

Cette numérisation permettra :

- De mettre en œuvre tous les traitements de l'image sur un signal numérique au lieu d'un signal analogique, avec tous les avantages que cela représente en terme de fiabilité et de performance des algorithmes.
- De mettre à disposition des utilisateurs, un signal directement connectable à un réseau de transmission numérique.

Comme nous l'avons vu dans les chapitres précédents, un signal vidéo numérisé utilise une bande passante importante.

Pour que le signal vidéo en sortie de la caméra soit exploitable, il devra donc être compressé à l'intérieur des circuits de la caméra.

Se pose alors le problème du type de compression à utiliser, pour obtenir une qualité optimum avec un débit le plus faible possible, et une standardisation de la compression.

Certains fabricants sont prêts à mettre sur le marché des caméras de vidéosurveillance entièrement numériques sur toute la chaîne de traitement du signal (disponibles courant 1999).

Le problème de la compression étant loin d'être standardisée et de qualité suffisante, le signal sera converti en sortie de la caméra, en un signal analogique normalisé 1 VCC 75 ohms, afin de pouvoir être connecté aux produits de transport du signal existants sur le marché.

Standardisation du TEDI/LCR

Le protocole TEDI associé au langage de commande routier LCR, est un standard pour le pilotage des caméras vidéo de la route.

Sa généralisation sur toutes les gammes de caméras vidéo du marché sera d'autant plus rapide que les différents utilisateurs les imposeront dans leurs cahiers des charges.

Tous les fabricants ont des caméras compatibles TEDI/LCR. Cette interopérabilité appliquée à la télécommande des caméras permettra aux utilisateurs de varier les produits mis en œuvre en fonction de leur adaptation à une situation particulière, tous connectés sur un même bus de télécommande.

Les utilisateurs ont tout à gagner à la standardisation. A eux de l'imposer.

Intégration des algorithmes de RDT et DAI

L'intégration des algorithmes de RDT (recueil de données trafic) et DAI (détection automatique d'incidents), directement dans la chaîne de traitement des signaux des caméras vidéo aura tendance à se généraliser pour les raisons suivantes :

- La transmission des signaux vidéo numérisés par des réseaux de transmission est une évolution certaine, assurant l'avenir des caméras "tout numérique" jusqu'au signal vidéo mis à disposition des équipements de transmission.
- La transmission d'un signal vidéo numérisé doit être compressée pour utiliser une bande passante de transport limitée.
- La compression d'un signal vidéo apporte des dégradations du signal acceptable pour l'œil, mais incompatible avec des traitements RDT/DAI élaborés.

Les informations élaborées par les algorithmes RDT/DAI seront transportées sur la trame du signal vidéo, jusqu'aux CIGT, où elles seront décodées, et gérées par les systèmes de supervision RDT/DAI.

Ces solutions sont aujourd'hui étudiées par les services R et D (recherche et développement) des fabricants, mais il est impossible de savoir en combien de temps cette mutation va se passer.

C'est la généralisation du transport numérique des signaux, et la difficulté d'utilisation des signaux décompressés pour le RDT/DAI au niveau des CIGT, qui poussera cette intégration dans les caméras.

3.3 L'évolution des supports de transmission

3.3.1 Le cuivre

Les câbles cuivre, ou plus particulièrement les câbles à paires torsadées, ont subi une grande évolution ses dix dernières années.

En effet grâce à leur grande utilisation dans les réseaux locaux informatiques, ces derniers ont vu leur capacité de transmission augmenter fortement.

Actuellement pour les câbles dits « CAT 5 classe D », il est possible de transmettre des signaux d'environ 50Mhz sur des distances de 100 mètres. Grâce aux artifices de codage, on obtient dans ce cas des débits utiles de 155Mbit/s.

Toutefois il semble que ce type de câble ait stabilisé son amélioration et qu'il ne puisse plus dans sa structure actuelle bénéficier d'évolution significative.

Dans le cas de notre application, on verra plus loin qu'il est possible de réaliser des transmissions de l'ordre de 5Km en utilisant des technologies xDSL pour des signaux numériques et en utilisant des symétriseurs/désymétriseurs pour des signaux analogiques.

3.3.2 La fibre optique

La fibre optique est aujourd'hui le média le plus évolutif et le plus performant. En effet sa bande passante de l'ordre de plusieurs dizaines de GHz en standard (et même de plusieurs THz avec des émetteurs Laser spéciaux) permet de garantir une pérennité d'une dizaine d'années sans le moindre souci.

D'autre part les produits de raccordement optique sont aujourd'hui fiables, faciles à utiliser et de moins en moins onéreux. L'utilisation de la lumière en transmission apporte en plus une grande immunité aux perturbations électromagnétiques.

C'est aujourd'hui le support le plus utilisé pour des transmissions moyennes et longues distances, seul le cuivre le concurrence encore dans les câblages capillaires de bâtiments (ou longue distance mais à faible débit).

Il est certain que la fibre sera le support roi des années futures.

Il est à noter que les opérateurs Télécom sont en permanence à la recherche de fibres optiques à louer pour supporter leurs réseaux de transmission.

Des fibres optiques disponibles le long d'un réseau routier peuvent être intéressantes pour eux.

Dans cet optique, l'impact sur le nombre de fibres, et l'aménagement des locaux techniques est à prendre en compte à la conception.

3.3.3 Le faisceau Hertzien

Le faisceau hertzien permet de palier à l'impossibilité de déployer une fibre optique.

Les liaisons hertziennes permettent d'obtenir des débits importants (155Mbit/s) et ne nécessitent pas de grands travaux d'infrastructures.

La distance d'utilisation est réduite à quelques dizaines de kilomètres et les antennes doivent être en vis-à-vis

Les systèmes présentent les inconvénients suivants :

- Ils sont sensibles aux perturbations météorologiques (pluies d'orage).
- Ils sont soumis à une forte réglementation de la part des autorités (ART) qui limitent leur puissance et leur largeur spectrale.
- La confidentialité est difficile à assurer

Malgré ces faiblesses, le faisceau hertzien reste une solution de secours intéressante pour suppléer une fibre optique, défectueuse ou impossible à déployer.

3.4 L'évolution des réseaux de transmission

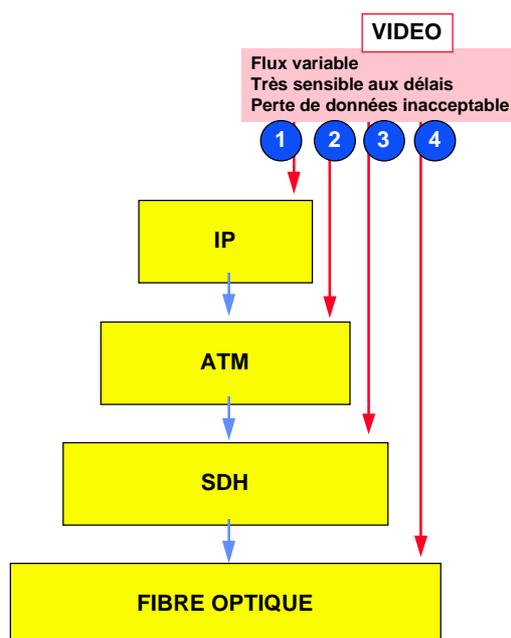
3.4.1 Généralités

Dans le cas où une transmission numérique des images est retenue, il faut après avoir choisie le type de compression le mieux adapté pour l'exploitation, choisir le réseau de transmission qui acheminera toutes ces images vers le centre d'exploitation (CIGT).

Dans l'état actuel de la technologie, deux types de réseaux en version standards et normalisés supportent toutes les contraintes liées à la transmission d'un grand nombre d'images numériques en temps réel. Ces deux réseaux sont SDH et ATM.

Il existe quelques réseaux spécifiques et propriétaires : ces réseaux ont le mérite d'exister mais ne permettent pas l'intégration (simple) au sein d'un gros réseau fédérateur banalisé. Nous n'aborderons donc pas ici ce type de solution (Exemple : OTN - Siemens à 34,150 et 600 Mbit/s et non pas 34, 155 et 622 Mbit/s).

Afin de faciliter la compréhension des chapitres qui suivent, il est important de bien noter que plusieurs stratégies finales d'empilement protocolaire (avec les mêmes technologies) sont possibles pour effectuer la même tâche : transmettre de la vidéo sur une fibre optique !



Cas N°1 : la vidéo est numérisée, compressée, encapsulée dans des trames IP, morcelée dans des cellules ATM, encapsulée dans une trame SDH, elle-même émise sur la fibre optique,

Cas N°2 : Idem cas N°1, mais la couche IP est court-circuitée : passage directe de l'information variable (flux VBR) dans des cellules ATM,

Cas N°3 : Idem mais ATM est supprimé : un flux alors constant (CBR) est émis directement sur un ADM SDH dans un container virtuel (VC12 par exemple),

Cas N°4 : La vidéo n'est plus numérisée mais directement émise, en analogique, sur la fibre optique par des émetteurs/récepteurs électro/optiques.

3.4.2 La transmission sur réseau SDH

3.4.2.1 Présentation

La SDH (Synchronous Digital Hierarchy) est actuellement le seul type de réseau haut débit largement déployé dans le monde. SDH est entièrement normalisé et accepté par tous les opérateurs dans le monde, ce qui signifie que les équipements SDH sont totalement compatibles entre constructeurs.

Les réseaux SDH se déploient en majeures parties à l'aide de quatre gammes de débits :

nom	débit	support
STM-1	155 Mbit/s	Cuivre ou fibre optique
STM-4	622 Mbit/s	Toute fibre optique
STM-16	2.5 Gbit/s	Toute fibre optique
STM-64	10 Gbit/s	fibre optique éventuellement spéciale sur longue distance

Il existe depuis peu des techniques WDM qui permettent de multiplexer en longueur d'onde (Exemple : 1550 nm par canaux de 0.5nm) N canaux à 2.5 Gbit/s ou 10 Gbit/s.

Des débits cumulés allant jusqu'au Térabit sont donc actuellement disponibles (Record = 2 Tb/s).

Concernant la fibre optique, on utilise évidemment des fibres optiques monomode, (généralement fenêtre optique 1550nm, voire 1300nm).

SDH est un réseau de transport couche 1, c'est-à-dire qu'il propose de transporter un débit fixe d'un point à un autre sans se soucier de la nature de ce qu'il transporte. Les données ne sont cependant pas transportées brutes, mais sont accompagnées de données propres au réseau SDH et qui permettent d'en assurer la qualité et la gestion (surcharge de conduit, de section et de section de multiplexage).

L'ensemble des données utilisateur sont encapsulées dans un container virtuel normalisé. Pour que des données puissent circuler dans un réseau SDH, il faut qu'un container virtuel (VC) adapté existe. L'ensemble des containers virtuels sont regroupés au sein de la trame (Payload envelope).

3.4.2.2 Avantages de SDH

Le transport des données par SDH est simple

Comme SDH est un réseau synchrone (i.e. on sait exactement quand la trame arrivera), les multiplexeurs SDH n'ont pas besoin de buffer pour stocker les données avant de les aiguiller sur la bonne sortie.

On a donc des équipements qui permettent de transporter les données avec un délai constant et faible, ce qui est particulièrement intéressant dans le cas du transport de la vidéo.

SDH, malgré ses limitations (voir plus loin), est actuellement le seul réseau étendu haut débit à être massivement déployé, ce qui constitue une bonne garantie de fiabilité.

3.4.2.3 gestion du réseau

SDH offre la possibilité de mettre en place des mécanismes de protection. En fait, la protection est nécessaire, car la rupture d'une fibre entraîne la perte de nombreuses applications.

Selon le niveau de protection souhaité, on peut choisir des mécanismes de type 1:1 ou 1:N.

La protection 1:1 consiste à prévoir 1 fibre de secours pour 1 fibre utilisée pour chaque liaison entre 2 équipements SDH.

La fibre de secours peut alors soit être utilisée en permanence, soit uniquement en cas de problème.

Si la fibre de secours est utilisée en permanence, l'équipement SDH reçoit alors le même signal sur 2 fibres différentes et choisit le meilleur des 2.

En cas de rupture d'une fibre, la reconfiguration est automatique et immédiate (quelques ms tout au plus). Si la fibre de secours n'est utilisée qu'en cas de problème, la reconfiguration n'est alors pas immédiate mais doit se faire en moins de 30ms, ce qui dans le cas de la vidéo est une perturbation minimale.

La protection 1:1 est la protection maximale mais est aussi la plus coûteuse.

La protection 1:N : consiste pour chaque liaison entre 2 équipements SDH à prévoir 1 fibre de secours pour N fibres utilisées.

Ce type de protection permet d'utiliser les fibres optiques de manière plus efficace mais est aussi plus complexe à gérer.

Elle est moins coûteuse à mettre en place qu'une protection 1:1.

3.4.2.4 Limitations de SDH

SDH manque de souplesse au niveau des débits proposés.

Les containers existants se basent sur la Hiérarchie Numérique Plésiochrone (PDH) à partir d'un débit de 1.5Mbit/s (VC11 pour du T1-américain) ou 2Mbit/s (VC12 pour du E1-Européen).

Tous les équipements SDH gèrent les 2 types de containers virtuels, mais ceux-ci ne sont pas compatibles entre eux.

En Europe, il paraît donc plutôt judicieux de choisir le VC12 à 2Mbit/s. Si le débit devait augmenter, seul un multiplexeur inverse pourrait agglomérer N x 2 Mbit/s sur un compresseur générant 4, 6, 8... Mbit/s.

3.4.2.5 Conclusion sur l'utilisation de SDH pour la vidéosurveillance

Pour des applications de transport point à point numérique avec flux évolutif, SDH reste la solution la plus compétitive. En effet, SDH permet de véhiculer un grand nombre de flux de natures diverses grâce à ses possibilités d'évolution (2,5 Gbit/s). Les produits sont disponibles, largement déployés chez les opérateurs et on déjà fait leurs preuves.

En contre partie, SDH manque de souplesse quant à l'utilisation d'un débit fixe qui ne serait pas inclus dans la hiérarchie PDH (Exemple : Codec à 3 Mbit/s), et impose dans le cas qui nous intéresse que l'exploitation des images au niveau des CIGT se fasse d'une manière traditionnelle.

Plus précisément, les signaux vidéos issus des caméras, sont :

- numérisés et compressés,
- véhiculés au travers de SDH au bon débit PDH,
- convertis en analogique à l'autre extrémité,
- raccordés à une matrice de commutation analogique qui permettra la sélection des images.

Compte tenu que SDH apporte peu de services supplémentaires (hormis la sécurisation temps réel et la reconfiguration aisée d'un point à point PDH sur un Add&Drop Multiplexer) par rapport à une exploitation tout analogique et que son investissement est important, son choix ne peut être réalisé que s'il y a une intégration de service au niveau du réseau fédérateur.

Dans ce cas, le besoin vidéo ne représentera qu'une partie des flux à transmettre (<50%) et l'investissement sera divisé par le nombre de flux voix, données, images.

3.4.3 La transmission sur réseau ATM

3.4.3.1 Présentation

ATM (Asynchronous Transfer Mode) est un mode de transmission asynchrone, c'est-à-dire que le débit applicatif n'est plus imposé par le réseau comme en SDH. Ceci permet donc d'obtenir n'importe quel débit applicatif fixe ou variable.

Les applications émettent ou non des informations sur le réseau, permettant un taux de remplissage optimal grâce au flux rendu statistiques.

Afin de faciliter la compréhension de ce concept, il est important de bien comprendre que ATM se place au-dessus d'une couche physique usuelle.

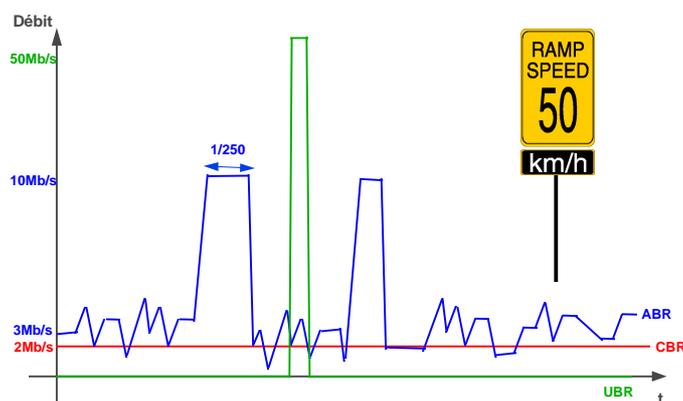
Le lien physique en couche 1 sera obligatoirement fixe (SDH typiquement) mais pourra donc transporter plus de trafic variable au global.

ATM est actuellement couramment déployé par les opérateurs et les principes de base sont totalement normalisés par l'ATM forum. Seuls quelques détails restent encore à ce jour à l'étude (multicasting).

Le concept de base d'ATM est simple : Réaliser un réseau universel permettant d'absorber tout type de flux (Voix-Données-Images), sur tout type de débit, et tout type de distance.

Voici les différents types de flux Voix-Données-Images :

- Flux pic : Données
- Flux variable : Vidéo
- Flux fixe : Phonie



Il est possible de "trier" ces types de flux en quatre grandes catégories :

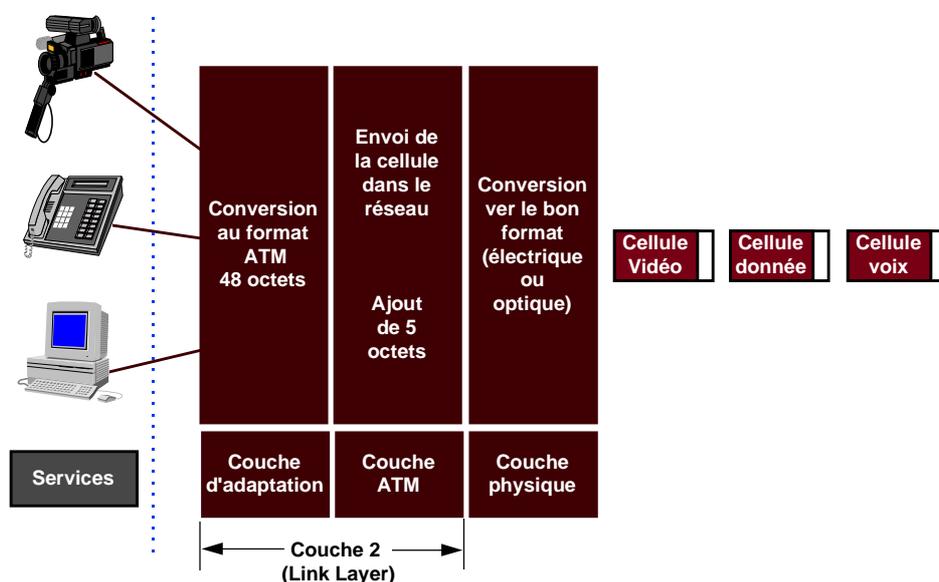
Service	Priorité	Débit type (exemple)	Délai	Pertes de données	Exemples
CBR	1	ϵ 2 Mb/s, σ 0	--	--	MIC, visioconférence
VBR	2	ϵ 3 Mb/s, σ 1 Mb/s	-	-	SNA
ABR	3	ϵ 1 Mb/s, pics de 10 Mb/s pendant $t < 100$ ms	+	0	LAN/LAN
UBR	4	ϵ 0 Mb/s, pics de 50 Mb/s	++	+	Micro-ordinateur

ATM sera donc apte à faire entrer tous ces flux, dans un modèle statistique permettant de "remplir" de manière optimale les débits inévitablement fixes de la couche physique (Exemple : SDH à 155 Mbit/s).

ATM utilise pour transporter les données des paquets de taille fixe (53 octets) appelés cellules.

Voici le modèle simplifié du concept ATM :

- Couche AAL d'adaptation au média : son rôle est de convertir tous les flux en série de blocs de 48 octets,
- Couche ATM : son rôle consiste à adjoindre 5 octets d'en-tête pour pouvoir aiguiller (commuter) correctement les blocs de 48 octets sur le réseau,
- Couche Physique : son rôle réside simplement à convertir les cellules vers le média concerné.



Afin de bien comprendre les avantages que l'on peut tirer du réseau ATM, nous allons détailler brièvement ces 3 couches.

3.4.3.2 Couche AAL

La couche AAL assure les fonctions suivantes :

- Segmentation des données (SAR= Segmentation And Reassembly). La sous-couche SAR permet de "découper" les données de l'application de manière à pouvoir les insérer à l'intérieur des cellules ATM, et inversement, à réassembler les données à l'autre extrémité,
- Convergence (CS= Convergence Sublayer). La sous couche CS permet d'adapter les services fournis par ATM au type d'application.

Liée aux applications, la couche AAL met en œuvre des protocoles de bout en bout transparents aux couches inférieures (ATM et PHY) et dont les fonctionnalités sont résumées dans le tableau suivant.

type	AAL 1	AAL 2	AAL 3/4	AAL 5
Relation temporelle	oui	oui	non	non
débit	constant	variable	variable	variable
Applications types	émulation de circuit audio/vidéo à débit constant	Audio/Vidéo débit variable	Transfert de données orienté connexion	transfert de données sans connexion

Note : compte tenu de l'évolution des réseaux, et de l'usage que les Clients et les Constructeurs en font, seules les AAL1 et AAL5 existent aujourd'hui sur le marché (de manière courante).

D'où le schéma simple suivant :

- Soit les données proviennent d'un flux de type informatique (IP par exemple) est l'AAL5 sera utilisée,
- Soit les données sont compressées et lissées pour obtenir un débit fixe (type MPEG à 2 Mbit/s) et l'AAL1 sera utilisée.

Nous perdons, à cause du grand flou Japon/Europe/US sur la normalisation vidéo (Cf. D2MAC...) l'avantage de considérer la vidéo comme un véritable flux VBR permettant une interface de type AAL2 (non normalisée à ce jour).

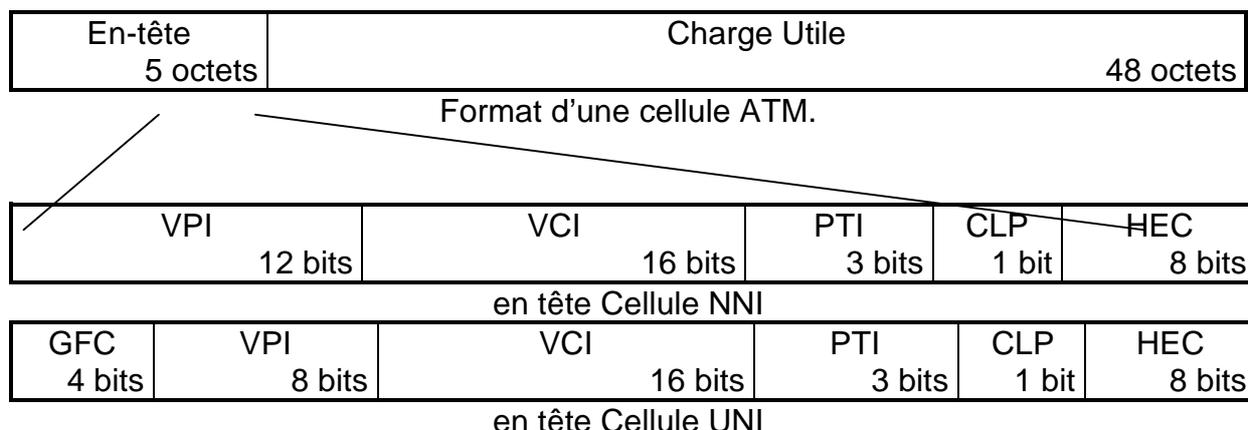
3.4.3.3 Couche ATM

La couche ATM a pour rôle :

- Le contrôle générique de flux (s'assurer que les cellules arrivent correctement, dans le bon ordre, etc.)
- Le multiplexage, démultiplexage de cellules issues de différentes applications,
- L'ajout et le retrait de l'en-tête des cellules,
- La translation des VPI/VCI à chaque commutateur.

Une cellule ATM est composée d'un en-tête de 5 octets et d'une charge utile de 48 octets. Un réseau ATM n'analyse que l'en-tête des cellules, la charge utile n'est ni interprétée, ni contrôlée, sauf dans le cas des cellules de maintenance où le contenu de la charge utile possède une signification particulière pour le réseau.

Le format de l'en-tête diffère légèrement selon que la cellule est utilisée par le réseau entre deux commutateurs (cellule NNI : Network Node Interface) ou par l'utilisateur (cellule UNI : User Network Interface).



L'en-tête contient les instructions de transport sur 4 octets ainsi qu'un octet de contrôle.

La définition des champs est la suivante :

- VPI: (Virtual Path Identifier) - Identificateur de faisceau virtuel.
- VCI: (Virtual Channel Identifier) - Identificateur de voie virtuelle.
- GFC: (Generic Flow Control) - Contrôle général de flux, peut être utilisé dans certains cas à l'interface réseau/utilisateur.
- PTI: (Payload Type Identifier) - Type de charge utile, informations utilisateur ou message de service du réseau
- CLP: (Cell Loss Priority) - Priorité à la perte de cellules, l'utilisateur autorise le réseau à détruire la cellule en cas de congestion.
- HEC: Contrôle d'erreur. Détecte les erreurs sur l'en-tête, si l'erreur n'implique qu'un bit, elle est corrigée sinon la cellule est détruite.

ATM fonctionne sur le même principe de circuit virtuel que SDH, à la seule différence qu'avec ATM, ce circuit virtuel peut être établi de façon dynamique lors de la demande de connexion.

A l'établissement de la connexion, le réseau ATM va déterminer un chemin unique au travers de tous ses nœuds pour connecter l'utilisateur avec son correspondant, c'est le circuit virtuel. Ce circuit virtuel est défini à l'intérieur des tables de routage dans les commutateurs ATM, ce qui permet de proche en proche de diriger la cellule vers le segment suivant, jusqu'à destination.

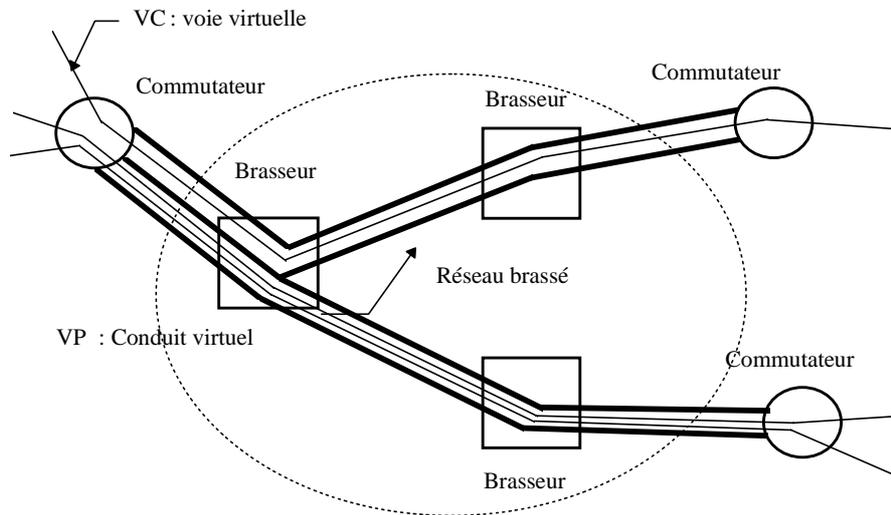
En fait, la définition de ces tables de routage peut être faite aussi de manière permanente lors de l'abonnement de l'utilisateur (comme pour SDH).

Ainsi, l'en-tête des cellules ATM contient uniquement l'information de routage vers le segment suivant et non le chemin physique complet qui ne pourrait pas être stocké entier dans les 4 octets utiles de l'en-tête d'une cellule ATM.

Les VCI et VPI n'ont donc qu'une signification locale puisque ces champs sont modifiés dans chaque commutateur.

Sur un lien ATM, le chemin de communication est une combinaison de voies (Virtual Channel) et de conduits virtuels (Virtual Path), ce qui permet d'effectuer la commutation de faisceaux virtuels de deux manières :

- dans les commutateurs ATM, qui gèrent les voies et conduits virtuels et donc traitent et modifient le VPI et VCI de l'en-tête des cellules.
- dans les brasseurs ATM, qui gèrent uniquement les voies virtuelles et ne traitent et ne modifient que le VPI.



Le réseau ATM n'effectue de contrôle d'erreur que sur l'en-tête de chaque cellule, grâce à l'HEC, afin de s'assurer que la cellule sera bien routée au bon destinataire. Si une erreur est détectée, elle peut être réparée si elle ne concerne qu'un bit, sinon la cellule est détruite.

La charge utile n'est pas vérifiée par le réseau ATM, mais peut être vérifiée par certaines couches d'adaptation (AAL) ou interprétée dans le cas particulier des cellules de maintenance.

Par comparaison avec la trame SDH qui contient de nombreuses informations (SOH, POH) qui permettent la maintenance du réseau, la cellule ATM ne contient rien de comparable

En fait, la couche ATM prévoit un certain nombre de cellules spéciales dites de maintenance (ou OAM - Opération and Maintenance) qui permettent de quantifier la qualité de transmission du réseau ainsi que d'assurer sa gestion.

3.4.3.4 Couche Physique

La couche physique a pour fonctions :

- l'adaptation du codage des données au support
- la protection de l'en-tête ATM
- La délimitation des cellules (repérage du début des cellules)

ATM est indépendant du support utilisé.

ATM est un protocole unique utilisable à la fois en WAN et en LAN.

ATM suppose cependant que la couche physique soit de bonne qualité, c'est-à-dire qu'elle permet la transmission de données avec un taux d'erreur très faible.

C'est la raison pour laquelle ATM est couramment utilisé sur une transmission de type SDH.

3.4.3.5 Avantages

Pour résumer, ATM offre les mêmes fonctionnalités que SDH en manière de routage des données (principe des circuits virtuels) et de hauts débits et offre en plus les avantages suivants :

- allocation possible de n'importe quel débit fixe ou variable,
- gestion du type de données circulant sur le réseau ATM avec les AAL,
- remplissage statistique (optimal) des données transmises sur le lien physique,
- allocation dynamique de circuit virtuel lors de la connexion.

Dans le cas du transport de vidéo sur ATM, la fonctionnalité "transport de donnée à un débit quelconque et surtout variable" est intéressante car toutes les normes de compression sont à débit variable (le débit constant est ensuite obtenu grâce à des algorithmes spécifiques).

Par exemple, si on utilise un codeur MJPEG et qu'on souhaite avoir une excellente qualité d'image sur certaines caméras et une qualité médiocre sur d'autres, on peut allouer un débit de 5Mbit/s pour l'une et 2 ou 1.5Mbit/s pour l'autre.

ATM est de plus une plate-forme unique pour les réseaux locaux (LAN avec émulation IP ou Ethernet) et les réseaux étendus (WAN) et on peut donc utiliser ATM de bout en bout, de la sortie du codeur vidéo jusqu'à l'entrée du décodeur vidéo quelques centaines de kilomètres plus loin.

Dans le cas d'un réseau principalement destiné à du transport de vidéo gourmand en bande passante, on pourra avantageusement tirer parti de la bande passante restante pour des applications moins gourmandes en bandes passante comme la téléphonie, le transfert de données ou faire circuler des trames IP afin d'interconnecter à moindre coût l'ensemble des postes de contrôle du réseau.

En effet, tous les types de données numériques existantes peuvent circuler directement sur ATM, ce qui n'est pas le cas avec SDH

3.4.3.6 Limitations

Malgré l'apparente simplicité de la cellule ATM, les commutateurs ATM sont plus complexes que les commutateurs SDH (couche supplémentaire).

En effet, comme ATM est un protocole asynchrone, le commutateur ATM doit intégrer des buffers importants, difficile à optimiser en fonction des files d'attente à longueur variable dans le temps.

La gestion de ces buffers, afin de respecter les conditions de délai et de non-débordement, est relativement complexe.

Enfin, cette couche ATM complémentaire par rapport à une injection directe sur SDH est à fournir aux deux extrémités. Le coût est donc plus élevé.

3.4.3.7 Conclusion sur l'utilisation d'ATM pour la vidéosurveillance

ATM est un réseau de transport évolué qui offre bien plus de souplesse que SDH. En effet, ce dernier permet de gérer des flux variables et de réaliser de la commutation.

Dans le cas qui nous intéresse, il permet d'envisager une exploitation de l'image sans matrice de commutation analogique avec une sélection des images au travers des commutateurs. Ce principe d'exploitation apporte une souplesse au niveau de l'échange d'images entre les CIGT.

Toutefois, vu que le concept ATM est véhiculé par SDH, on peut concevoir d'investir sur SDH aujourd'hui et migrer par la suite en ATM les services vidéos (attention aux

coûts d'intégration : produits ATM sur produits SDH plus coûteux que ATM/SDH directement dans les mêmes produits).

Néanmoins, si on souhaite utiliser par la suite le réseau SDH installé pour des applications autres que de la vidéo, ATM peut être envisagé dans un esprit d'unification (gestion simplifiée) des protocoles nécessaires aux différentes applications.

Il faut cependant savoir que ATM ne circule que dans les VC4 (140Mbit/s). Il est donc impossible par exemple sur un lien STM-1 de faire circuler à la fois quelques voies E1 avec de la vidéo et des cellules ATM.

C'est le manque de souplesse au niveau des débits caractéristiques de SDH.

3.4.4 La transmission par les réseaux opérateurs

Dans le cas où il est impossible de réaliser un lien physique entre la source d'image et le réseau fédérateur, on peut être amené à utiliser les solutions des opérateurs. Dans ce cas, Le besoin peut être permanent (liaisons fixes) ou momentané (liaisons temporaires).

Il faut être conscient que le fait d'avoir recours à un opérateur pour acheminer des données met l'utilisateur à la merci de son bon vouloir, et que cela ne contribue pas forcément à sécuriser le système vidéo.

3.4.4.1 Les liaisons filaires

IL est possible d'obtenir des liaisons filaires par le biais de lignes RTC, RNIS ou de ligne spécialisée « LS ».

En solution RTC analogique, le débit est lié à la performance des modems, et limité à quelques kbit/s.

Dans le cas d'une solution RNIS, on pourra choisir le débit par module de 64kbit/s, la limite haute étant de 2Mbit/s. Le coût d'exploitation dépendra du nombre de canaux choisis et du temps de connexion. Ce choix peut être adapté en fonction du besoin.

Dans le cas d'une liaison spécialisée, le coût sera fixe quelle que soit l'exploitation de la liaison. En contre partie, la liaison sera dimensionnée pour un débit fixe déterminé lors de l'ouverture du lien.

A partir d'un certain seuil de communication, la liaison spécialisée devient économiquement plus intéressante que la liaison RNIS. Ce seuil sera évalué en fonction du débit et du temps de communication (typiquement 2 à 3 heures par jour de communication suffisent pour justifier le choix d'un lien permanent).

Dans tous les cas, Le débit nécessaire sera uniquement conditionné par la qualité d'image à restituer (compression).

3.4.4.2 Les liaisons hertziennes

Deux solutions sont actuellement envisageables :

- Les réseaux GSM ou DCS
- Un réseau satellite (actuellement Iridium).

GSM et DCS

Actuellement, le réseau GSM (à 900MHz, en France : SFR et Itinériss) et le réseau DCS (à 1800 MHz : Bouygues Télécom) permet d'offrir à ses usagés des services de type Internet avec des débits maximum de 9600 bits/s, ce débit pouvant être inférieur dans des mauvaises conditions de réception.

Un tel débit permet de transmettre au mieux quelques images par secondes avec une résolution spatiale très faible. La qualité est médiocre et le taux de rafraîchissement peut encore chuter lorsque les conditions de réception sont mauvaises (mauvaises conditions météo par exemple).

Dans le pire des cas, le réseau peut même être inaccessible : conditions météos extrêmes ou simplement saturation des réseaux (cas actuellement fréquent !)

Cette solution nécessite un serveur PC spécialisé au niveau du central pour visualiser ce type d'images.

De nombreux logiciels, basés sur le principe de la web-cam permettent de réaliser la liaison.

Pour réaliser une liaison permanente avec ce système, le coût (en frais de communications) va rapidement devenir prohibitif.

Cette solution est difficile d'exploitation pour les raisons suivantes :

- Vidéo à faible résolution spatiale et faible taux de rafraîchissement,
- Réseau GSM peu fiable en cas d'intempéries,
- Coût prohibitif si une liaison permanente est souhaitée.

3.4.4.3 Satellite

Actuellement, un certain nombre de réseaux satellite se met en place. Ces nouveaux réseaux n'utilisent pas de satellites géostationnaires mais des satellites en orbites basses (environ 1000 Km) appelé LEO (Low Earth Orbit). Iridium a commencé ses services en novembre 1998 et Globalstar est attendu courant 1999.

Ces réseaux permettent d'offrir un accès téléphone avec une couverture mondiale même dans les endroits les plus reculés, par exemple sur une plate-forme offshore ou en plein désert. Les tarifs pratiqués pour une liaison satellite sont prohibitifs (actuellement jusqu'à 60Fr/min pour le réseau Iridium).

Malgré l'arrivée de réseaux concurrents (Globalstar), il est très improbable que les tarifs deviennent inférieurs au GSM. Ceci est lié au fait que ce type de réseau permet surtout d'offrir un système satellite dans des régions inaccessibles, ce service étant évidemment onéreux.

Compte tenu du type de clientèle visé par les opérateurs de ces réseaux, il est fortement improbable qu'il soit économiquement rentable à court terme d'utiliser un réseau satellite pour véhiculer la vidéo.

3.4.5 La transmission par modems hauts débits (ADSL xDSL)

3.4.5.1 Introduction

Dans l'hypothèse où une transmission numérique des images est retenue, il est possible d'exploiter les câblages cuivres capillaires existants entre les caméras et le réseau fédérateur en utilisant les modems à technologie xDSL.

Nous verrons ci-après les particularités de chaque sous famille.

Le terme xDSL (Digital Subscriber Line) regroupe un ensemble de technologies permettant de transporter des données numériques en full-duplex sur un support câble cuivre de type paires torsadées téléphoniques standard.

Sur une simple ligne téléphonique, les technologies xDSL permettent donc d'avoir un accès numérique haut débit (jusqu'à 8 Mbit/s) tout en conservant l'accès simultané au service téléphonique analogique standard (en anglais POTS = plain old telephone service).

Les principaux avantages de ces technologies sont :

- Des débits numériques importants, permettant le transport de la vidéo numérique à 1.5 Mbit/s ou 2 Mbit/s.
- Une bonne adaptabilité sur des supports cuivre de qualité moyenne (câble téléphonique).

L'inconvénient majeur est :

- La portée est limitée au maximum à environ 5.5 km dans les meilleurs cas.

Le tableau ci-dessous résume les différentes technologies xDSL :

type de DSL	Lien entrant (Downstream)	lien sortant (upstream)	Distance	lignes téléphoniques nécessaires	Disponibilité
HDSL	2Mbp	2Mbit/s	jusqu'à 5km 12km avec répéteurs	2	maintenant
SDSL	768Kbps	768Kbps	4km	1	maintenant
HDSL2	2Mbit/s	2Mbit/s	jusqu'à 5km	1	1999
ADSL	8Mbit/s	768kbps	3.6km au débit maximum	1	maintenant
RADSL	jusqu'à 8Mbit/s	jusqu'à 768Kbps	jusqu'à 6 km	1	maintenant
ADSLII (light)	8Mbit/s	768Kbps	environ 4km	1	1999
VDSL	13.26 ou 52Mbit/s	6 ou 13Mbit/s	jusqu'à 1.5km	1	maintenant

On peut en fait diviser toutes ces catégories de xDSL en trois catégories générales, HDSL, ADSL et VDSL dont les autres sont dérivées.

3.4.5.2 HDSL

HDSL (High-speed Digital Subscriber Line) est la première technologie xDSL développée. Elle a été développée comme une alternative aux services RNIS (accès primaire à 2Mbit/s en Europe).

La technologie de l'époque ne permettait pas de transmettre 2Mbit/s sur 4km à l'aide d'une seule ligne, c'est pourquoi la technologie HDSL utilise 2 lignes téléphoniques. Aujourd'hui, HDSL est la technologie DSL la plus mûre et la plus déployée. Elle présente cependant le gros inconvénient de nécessiter 2 paires de câble pour la transporter.

Ce problème est résolu dans la version HDSL2 attendue en 1999 ainsi que par les autres technologies DSL plus évoluées qui vont être décrites.

SDSL (Symmetric Digital Subscriber Line) est un dérivé de HDSL qui utilise seulement une seule des 2 paires de câble. Le débit est réduit à 784 kbps, ce qui est insuffisant pour transporter de la vidéo numérique de qualité VHS.

HDSL permet de transporter facilement sur 4km de la vidéo numérique à 2 Mbit/s, qui correspond au débit d'un accès primaire RNIS européen et s'interface directement avec un équipement SDH (au travers du VC12).

Cependant, HDSL présente le défaut de nécessiter 2 paires de câbles. En pratique, les câblages existants disposent en général d'un nombre de paires suffisant.

HDSL répond donc parfaitement aux exigences de transport de vidéo numérique à 2 Mbit/s en terme de coût, si le fait d'utiliser 2 paires de câble ne pose pas de problème.

Exemple de modem HDSL : les modems HDSL de la série CopperTrunk® chez Orckit

Ce modem permet de transporter des débits de 2.048 Mbit/s (interface E1 (G.703, G.704) disponible) sur des distances jusqu'à 5km sur double paire et jusqu'à 3.5 km sur une simple paire.

Ces modems offrent de plus la possibilité de gérer une redondance type 1+1 (une voie normale plus une voie de secours).

Pour plus d'informations, voir le site web d'Orckit : <http://www.orckit.com/>

Un modem HDSL présente donc dans de nombreux cas (la limitation étant la distance) une alternative financièrement intéressante par rapport à ADSL.

3.4.5.3 VDSL

VDSL a été conçu pour transmettre de très hauts débits sur une courte distance (1.5 km max.).

Les débits peuvent atteindre jusqu'à 52 Mbit/s.

VDSL permet typiquement d'étendre un réseau haut débit sur fibre optique jusqu'à un abonné à moindre frais, c'est-à-dire sans utiliser de fibre optique.

Bien qu'actuellement disponible, la technologie n'est pas encore totalement standardisée.

VDSL semble une technologie peu appropriée au transport de la vidéo à un débit d'environ 2 Mbit/s, en raison de la faible distance admissible (par rapports aux autres technologies) et du débit trop important (coût plus élevé des équipements).

3.4.5.4 ADSL

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) fut à l'origine conçue par des chercheurs de compagnies téléphoniques pour réaliser de la vidéo à la demande. Aujourd'hui son champ d'activité est principalement focalisé sur les services d'accès rapide à Internet.

ADSL est caractérisé par l'asymétrie des débits transportés. En effet, ADSL est plus rapide dans le sens fournisseur->client (downstream, jusqu'à 8 Mbit/s) que dans le sens client->fournisseur (upload, jusqu'à 768kbps).

Ce type de fonctionnement asymétrique est particulièrement intéressant dans le cas de la transmission vidéo, car on a clairement besoin d'un débit non-symétrique, le sens servant à la commande de la caméra vidéo nécessitant un débit bien plus faible que celui transmettant la vidéo.

ADSL fonctionne avec des caractéristiques optimales jusqu'à 4km.

Le taux fixe de l'ADSL peut aussi être configuré pour être adaptatif, c'est le Rate Adaptive ADSL (RADSL). Cela signifie que le modem RADSL va automatiquement ajuster sa vitesse de transmission en fonction de la qualité et de la longueur de la ligne pour fournir une connexion la plus rapide possible.

RADSL est utile lorsque les lignes sont de longueur supérieure à 4 km.

On peut ainsi obtenir des débits de 1.5 à 2 Mbit/s jusqu'à 5.5 km.

Dans le cas de notre application, RADSL peut être particulièrement utile dans la mesure où il permet d'obtenir le débit souhaité de 2 Mbit/s jusqu'à environ 5.5 km.

RADSL permet de plus d'obtenir un débit fixe de 2 Mbit/s, compatible avec les liens E1 (accès primaire RNIS européen) et qui s'interface directement avec un équipement SDH.

ADSL est la technologie actuellement la mieux adaptée à la transmission d'image vidéo sur des distances jusqu'à 5.5 km en utilisant comme support un câble cuivre.

ADSL peut de plus permettre des débits supérieurs à 2 Mbit/s si on souhaite utiliser des compressions vidéo avec des débits importants (plus de 2 Mbit/s).

La modulation DMT utilisée dans ADSL est standardisée (standard ANSI T1.412).

En Europe, le déploiement le plus important est en Allemagne.

Deutsche Telekom a actuellement déployé ADSL dans plusieurs villes et projette de le déployer dans l'ensemble des grandes villes d'ici à 2003.

Le code en ligne DMT a été retenu pour ADSL en raison de sa capacité à résoudre les problèmes de distorsion importante dans le cuivre.

DMT divise le canal en sous-canal, appelé tons, chaque ton est modulé par une QAM.

Les fréquences porteuses sont des multiples d'une fréquence de base. Le spectre disponible va de 20 kHz à 1.104 Mhz (on remarquera que le spectre en dessous de 20 KHz reste utilisable pour le téléphone standard !).

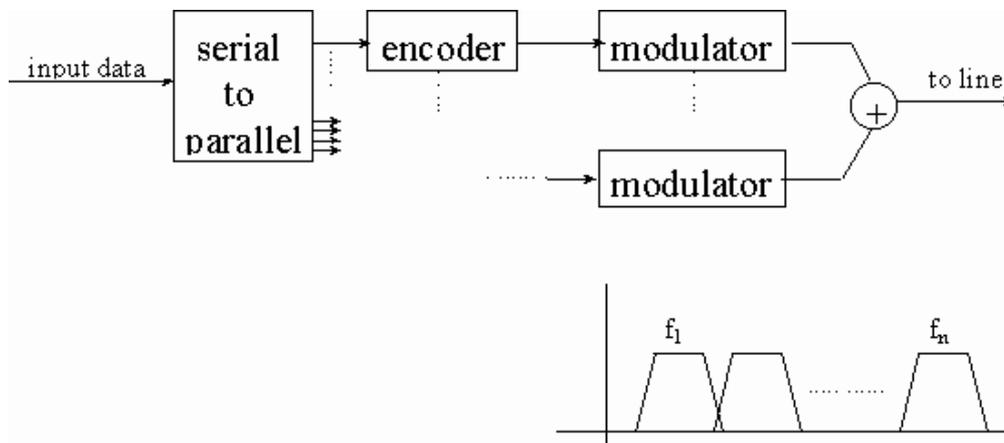
Le flux d'entrée est divisé en N canaux de débits identiques, mais dont les fréquences porteuses sont différentes.

L'intérêt principal de cette implémentation utilisant de nombreux canaux à bande étroite est que ADSL s'adapte facilement à n'importe quel type de câble cuivre. En effet, ADSL est conçu pour circuler sur des câbles téléphoniques. Or ce type de câble présente des caractéristiques électriques très différentes selon la fréquence à laquelle il est utilisé.

Avec ADSL, chaque canal occupe une petite portion de la bande passante et est géré indépendamment des autres canaux, permettant ainsi d'adapter constamment

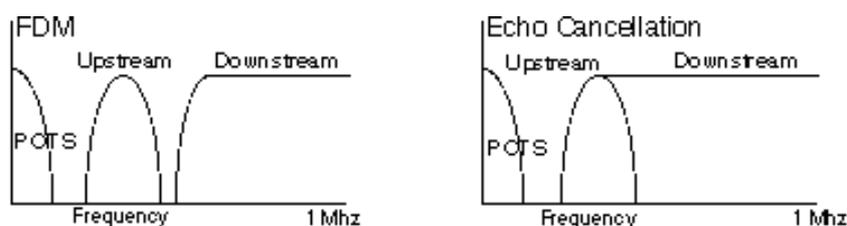
chaque canal indépendamment afin de tirer un profit maximum des caractéristiques du support.

Cela signifie aussi qu'ADSL est bien adapté à n'importe quel type de support cuivre, et pas uniquement de la paire torsadée téléphonique pour laquelle il est prévu au départ.



Pour supporter un lien bidirectionnel, les modems ADSL peuvent utiliser 2 méthodes :

- La division en fréquence (FDM= Frequency Division Multiplexing) : des bandes de fréquence non superposées sont disponibles pour les données entrantes ou sortantes
- L'annulation d'écho. La voie sortante (faible débit) est superposée à la voie entrante et est séparée par les techniques d'annulation d'écho très bien maîtrisées par tous les fabricants de modem.



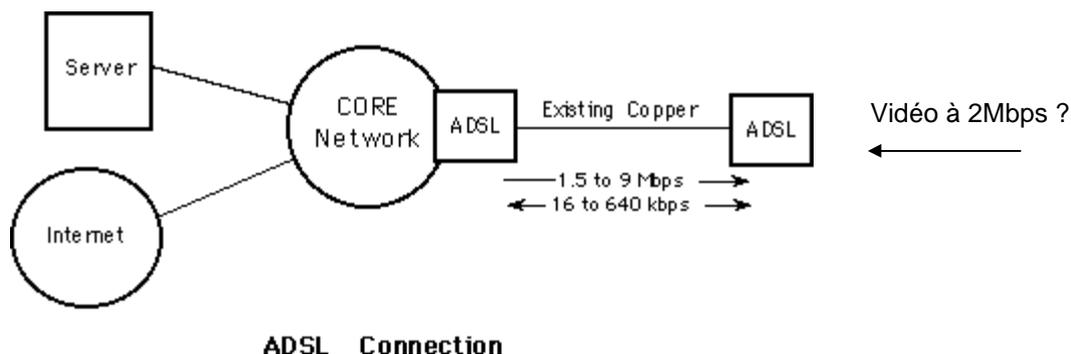
Le contrôle d'erreur du protocole ADSL est particulièrement efficace et adapté à la transmission de signaux numériques temps réel tels que la vidéo.

ADSL utilise en effet un code correcteur moderne et puissant (code de Reed-Solomon) ne nécessitant pas la retransmission des données.

On a vu que ADSL est bien adapté au transport de la vidéo, cependant il subsiste un problème important lié à l'asymétrie du lien.

L'utilisation classique est l'Internet à la maison ou la vidéo à la demande, c'est-à-dire que le modem utilisateur (lien entrant 7Mbit/s, sortant 1Mbit/s) est bon marché alors que le modem central (lien entrant 1Mbit/s, sortant 7Mbit/s) est la plupart du temps complexe (gestion de plusieurs lignes ADSL).

La topologie d'un réseau utilisant ADSL est la suivante :



On constate clairement que les vitesses ne sont pas disponibles dans le bon sens pour l'application transmission de vidéo à 1.5 ou 2Mbit/s de l'utilisateur (la caméra) vers le réseau.

Cependant de nombreux constructeurs proposent des solutions ADSL point à point.

3.4.5.5 Gestion de qualité

L'ensemble des modems xDSL offrent des possibilités de gestion de la qualité de la ligne au travers de diverses alarmes.

Il peut éventuellement être intéressant de remonter ces informations au niveau du centre de contrôle (une petite partie de la bande passante du réseau doit alors être disponible pour ces informations). Cela permettrait de localiser rapidement un problème, ou faire de la prévention.

Par exemple, dans le cas d'une redondance 1+1, si on sait qu'on fonctionne en mode secours, on peut alors régler préventivement le problème sur la voie principale avant la rupture de la liaison.

3.4.5.6 Conclusion.

Les technologies possibles dépendent du débit choisi pour la compression vidéo.

Si on a choisi d'utiliser de la vidéo compressée à 2 Mbit/s avec une interface normalisée E1 (G.703, G.704) alors, HDSL et ADSL permettent de répondre au problème posé, aux limitations près du problème des distances.

Si on a choisi d'utiliser de la vidéo compressée à un débit différent de 2 Mbit/s, alors seul ADSL est utilisable.

Globalement, ADSL permet plus de souplesse au niveau des débits disponibles. HDSL peut cependant dans certains cas fournir une solution fiable et bon marché.

Tous les grands constructeurs proposent des solutions HDSL et ADSL

- 3COM : <http://www.3com.com>,
- Orckit : <http://www.orckit.com>,
- Alcatel <http://www.alcatel.com>.

Toutefois, l'utilisation de ces modems ne devient intéressante que si l'on souhaite exploiter du câblage cuivre existant, sinon il est préférable d'utiliser des liaisons optiques moins limitatives en terme de bande passante et de distance.

3.4.6 La transmission par réseau Hertzien propriétaire

Dans le cas où le support filaire n'est pas disponible il est possible de réaliser une liaison point à point par le biais de faisceaux hertziens.

Cette solution présente l'avantage de ne pas nécessiter de travaux de génie civil pour le déploiement des supports filaires.

En contrepartie, cette solution présente des inconvénients qui sont décrits ci-dessous.

Solution faisceau hertzien

Avantages	Inconvénients
Pas de génie civil	Les antennes doivent être en vis à vis
Déploiement rapide	Il faut obtenir l'autorisation ART
investissement réduit	Il faut payer une redevance annuelle
Solution réutilisable	Le système est sensible aux intempéries
	La maintenance est plus complexe
	Le système est limitatif en débit

Il existe des solutions dédiées à la transmission vidéo et destinées à la télévision.

Ces dernières sont utilisées pour réaliser des liaisons point à point d'environ 4 Km en évitant d'utiliser les satellites.

Elles sont utilisées pour réaliser du « direct ».

Elle est soumise à la réglementation et leur coût est d'environ 200 KF par liaison. Pour toutes ces raisons, il paraît difficile de les utiliser pour des applications de vidéosurveillance.

Il existe aussi des solutions destinées aux télécommunications. Ces dernières sont plus couramment utilisées que celles destinées à la vidéo transmission. Dans notre cas, elles présentent un intérêt si l'on a opté pour une transmission numérique de l'image.

Elles sont basées sur des interfaces G.703 pouvant atteindre le débit maximal de 155 Mbit/s. Le choix de la technologie hertzienne dépendra de la distance et du débit nécessaire.

Si les antennes ne peuvent pas être en vis-à-vis il est possible d'utiliser un rebond qui peut être passif ou actif en fonction des contraintes techniques : distance, diamètre des paraboles, intempéries, fréquence utilisée.

Dans le cas où un rebond passif est nécessaire, la distance maximale sera réduite de 50% environ. Les rebonds actifs ne sont pas soumis aux mêmes contraintes, par contre, l'investissement est doublé à chaque point à point.

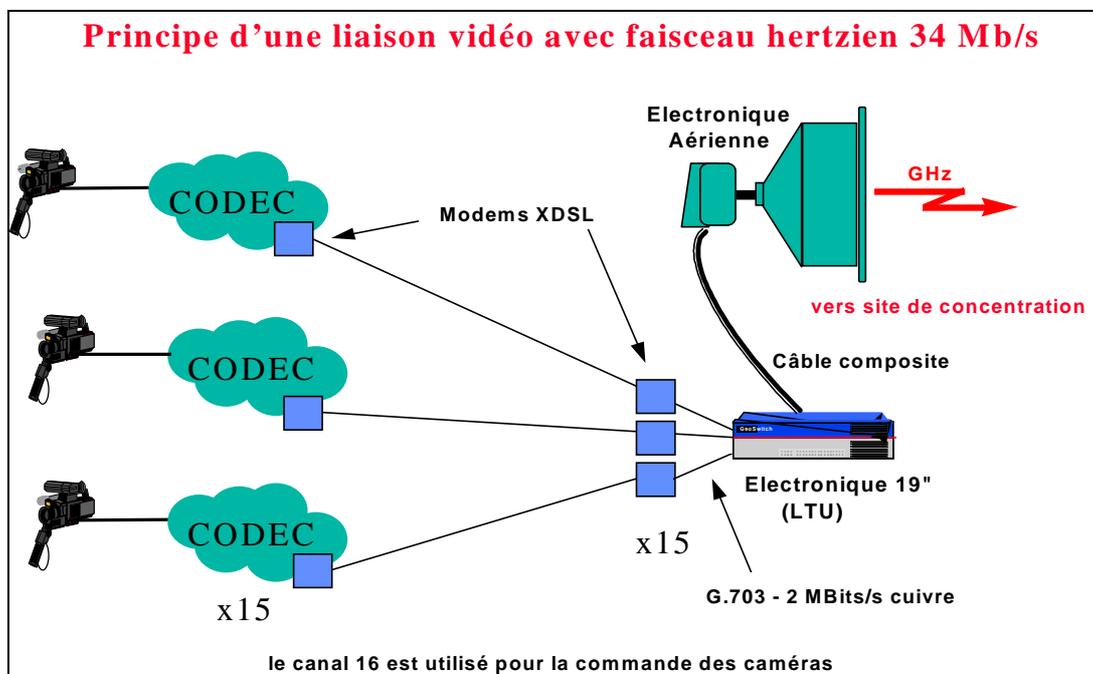
Le prix d'une liaison est de 250 KF H.T. environ pour un lien dont le débit est inférieur ou égal à 34 Mbit/s et de 400 KF H.T. pour un lien de 155 Mbit/s.

Le tableau suivant donne les différentes solutions, ainsi que les redevances associées.

Largeur de bande	Débit (N x 2Mb/s)	1GHz < f < 10GHz	10GHz < f < 20GHz	20GHz < f < 30GHz	f > 30GHz
		Application typique 1,5 GHz	13 GHz	23 GHz et 26 GHz	38 GHz
		Distance typique 100 Km	30 Km	10 Km	2 Km
3,5 MHz	2 x 2 Mb/s	10 500 F TTC/an	6 300 F TTC/an	4 200 F TTC/an	2 800 F TTC/an
7 MHz	4 x 2 Mb/s	16 800 F TTC/an	12 600 F TTC/an	8 400 F TTC/an	5 600 F TTC/an
14 MHz	8 x 2 Mb/s	23 100 F TTC/an	18 900 F TTC/an	12 600 F TTC/an	8 400 F TTC/an
28 MHz	16 x 2 Mb/s ou 34 Mb/s	29 400 F TTC/an	25 200 F TTC/an	16 800 F TTC/an	11 200 F TTC/an
28 MHz	155 Mb/s	-	-	21 000 F TTC/an	-

La redevance n'est pas forcément rédhibitoire, par contre la souplesse des équipements est limitée à des combinaisons de liens 2 Mbit/s. Cela impose que le débit associé à l'image compressée soit limité à 2 Mbit/s.

En pratique le faisceau hertzien peut être envisagé en remplacement d'un lien optique de concentration permettant de ramener un certain nombre d'image vers un point de raccordement au réseau (CIGT ou interface SDH, ATM). Le synoptique ci-dessous montre une liaison basée sur ce principe



Cette solution ne présente d'intérêt que si la réalisation de la liaison optique est impossible ou très coûteuse.

En effet une solution optique est plus souple, plus évolutive et plus fiable qu'une liaison hertzienne.

Note : Les modems xDSL ne sont pas nécessaires si les liaisons entre les caméras et l'équipement hertzien se font aux travers de fibres optiques.

3.4.7 La transmission par Internet et Intranet

Dans ce chapitre, il s'agit de considérer la possibilité d'effectuer un transfert vidéo dans le domaine public. Il s'agira, à coup sur, d'une liaison à plus faible débit que 2 Mbit/s (sous peine d'obtenir des coûts prohibitifs). Il conviendra donc de soigner le rapport qualité compression / coût souhaité (MPEG 4, H323, etc.)

Le concept d'Internet, qui englobe réseau et offre de service, est en passe de devenir le standard de fait du monde des télécommunications dans le domaine public. Cela se traduit par le fait que le réseau des réseaux est en train de saturer, tant l'augmentation du trafic est importante.

Dans notre cas, on peut s'interroger sur sa capacité à absorber et à gérer des flux multimédias :

Internet est-il capable de véhiculer des flux vidéo temps réel ?

L'ISP (Internet Service Provider) est-il capable de s'engager sur tel ou tel type de qualité de service ? (paramètres de QoS fournis ou ignorés : débit, temps de latence, taux d'erreur binaire...)

La réponse comporte deux volets car le vocable Internet intègre dans son nom deux aspects :

- L'architecture physique et concrète d'un réseau
- Un protocole de réseau « internet protocole » ou plus simplement IP

Pour l'architecture physique, il faut se poser la question du dimensionnement des artères du réseau Internet.

Pour le protocole, on peut se demander s'il est capable de véhiculer des flux à haut débit en temps réel. Cela pose le problème de la rapidité du protocole et des équipements mais également des fonctionnalités permettant de "prioriser" tel ou tel trafic.

3.4.7.1 Le problème du débit

Le problème du débit n'est pas une question simple. Il y a d'abord l'accès dont on dispose pour accéder au réseau.

Puis, il faut considérer le débit des artères Internet, ce que les opérateurs n'ont pas tendance à donner facilement (de plus, les conditions peuvent évoluer avec le temps en fonction des débits générés par les autres abonnés à l'ISP).

Actuellement, les artères ont des bandes passantes comprises entre 34 Mbit/s et 155 Mbit/s avec en prévision des possibilités d'évolution vers le Gbit/s. Mais compte tenu du nombre d'abonnés en présence sur le réseau, les débits réels pour l'abonné se dégrade dans certains cas jusqu'au Kbit/s !

Exemple : sur architecture standard ATM à 155 Mbit/s, Wanadoo possède 400 000 Wanadiens ! -sic-

Seuls certains ISP "plus sérieux" type Oléane, ou Infonet prétendent respecter le débit de base à l'accès (type 64 ou 128 Kbit/s) car leurs architectures sont conséquentes et leurs nombres d'abonnés limité, mais l'abonnement est plus cher !

Quoi qu'il en soit, nous sommes encore bien loin, pour l'utilisateur, des 2 Mbit/s minimum nécessaires à la transmission d'une image vidéo de qualité, avec des temps de latence très faible (et constant).

3.4.7.2 Les problèmes liés aux protocoles de l'Internet

Pour appréhender les difficultés à faire du temps réel sur Internet, il convient de présenter succinctement les protocoles utilisés ainsi que leur philosophie.

Internet au sens de réseau, est composé de divers protocoles dont les deux principaux sont :

- IP (Internet Protocol)
- TCP (Transport Control Protocol).

IP est un protocole de niveau 3 (réseau) au sens du modèle OSI.

Ce protocole assure l'acheminement des informations (découpées en paquets) de l'émetteur vers le destinataire (contrôle de bout en bout). IP s'occupe donc de l'adressage et du routage des paquets.

IP est un protocole de mode non connecté : les temps de latence sont donc non définis et aléatoires en fonction de la charge du réseau, à l'opposé d'un autre type de protocole en mode connecté qui présenterait l'avantage de pouvoir associer de la qualité de service (paramètre de QoS) sur chaque circuit virtuel ouvert.

Des palliatifs sont en cours d'étude (RSVP, IPv6...), mais leurs déploiements sont encore loin d'être effectués.

De plus, de nombreux "philosophes" réseaux se posent toujours la question si IP reste la bonne solution à long terme dans le domaine des réseaux longues distances (WAN).

TCP est un protocole de niveau 4 (Transport) au sens du modèle OSI.

C'est ce protocole qui sera le plus utilisé pour la transmission de données.

TCP est un protocole qui fonctionne en mode connecté (il y a négociation entre la source et le destinataire sur la façon de fonctionner) et qui va assurer la fiabilité de la transmission que ne gère pas IP.

TCP utilise un mode d'émission des paquets appelé « slow-start ». Grossièrement, à chaque fois que les paquets sont acquittés, on augmente la fenêtre d'émission de manière exponentielle (2 paquets puis 4...) jusqu'à un certain seuil.

Si un paquet n'est pas acquitté, on ré-émet le paquet et on fait repartir la fenêtre d'émission du début. Ainsi, s'il y a une perte importante de paquets, les délais s'allongent.

TCP cherche à ajuster le débit de l'application en fonction de la couche sous-jacente IP en couche 3. Comme nous l'avons décrit ci-dessus, aucune garantie ne peut être fournie en couche 3 et un arrêt de transmission de trames pendant plusieurs secondes est tout à fait possible ! (hélas, quotidiennement vérifié)

Les conséquences sur les performances pour la réception vidéo sont donc à ce jour une réception aléatoire, saccadée voire dans certains cas impossible.

3.4.7.3 Conclusion

S'il est certes possible d'envisager de diffuser des images provenant des caméras de surveillance routière sur Internet, il est tout aussi certain que ce mode d'exploitation sera très dégradé et incompatible avec les exigences de la surveillance routière. Ce type d'exploitation permettra seulement (et éventuellement) de mettre à la disposition du grand public des informations visuelles sur l'état de certains points du réseau routier.

(Exemple : observer la densité de circulation à l'entrée du tunnel de Fourvière à partir de son PC).

En contrepartie, on peut envisager de réaliser un réseau Intranet où l'on pourra mieux maîtriser le problème du débit et de la latence.

Dans ce cas, il sera toujours impossible de réaliser du temps réel propre (ou à des coûts totalement prohibitifs), mais on peut envisager une exploitation dégradée à partir des postes de travail réseau.

Cela permettra, par exemple, d'accéder à partir de son PC à des informations visuelles sur l'état d'un carrefour routier avec un rafraîchissement d'une image toutes les « X » secondes.

3.5 Evolution des architectures

3.5.1 Généralités

L'évolution des architectures des systèmes de surveillance routière est essentiellement liée à l'évolution des réseaux de transmission de terrain.

Aujourd'hui, les réseaux de transmission existants dans le domaine routier sont pour la plupart des réseaux à multiplexage temporel de type MIC à 2 Mbit/s (Modulation d'impulsions codées), mettant à disposition des canaux de transmission à 64 kbit/s, incompatibles avec la vidéosurveillance.

Quelques sites ont été équipés de réseaux numériques à multiplexage temporel à haut débit sur fibres optiques, type TDM (Time division multiplexing) supportant des réseaux Ethernet et des liaisons multipoints diverses.

D'autres sites ont été équipés de réseaux Ethernet sécurisés sur fibres optiques.

Dans tous ces cas, les systèmes de vidéosurveillance sont indépendants de ces réseaux pour la transmission des images vidéo. Par contre les bus de télécommande des caméras utilisent souvent ces réseaux de transmission.

Un nombre important de réseaux SDH sont en cours de déploiement et prévoient d'intégrer la transmission des images vidéo.

Les inconvénients principaux liés aux réseaux SDH sont :

- Bande passante fixe souvent limitée à 2 Mbit/s pour chaque signal vidéo, restituant une qualité médiocre
- Pas de possibilités de commutation des signaux par le réseau, imposant l'emploi de matrices de commutation dans les CIGT.

La révolution importante est attendue avec le déploiement de réseaux commutés de type ATM, présentant les avantages principaux suivants :

- Bande passante adaptable par signal vidéo traité, permettant une optimisation de la qualité de restitution en fonction des besoins
- Commutation des signaux par le réseau de transmission, permettant de supprimer les matrices de commutation

Ces réseaux permettront de transporter toutes les applications nécessaires au métier de la route, dont la vidéosurveillance routière.

Nous attirons l'attention des utilisateurs sur le fait que le déploiement d'un réseau ATM pour traiter uniquement le cas de la vidéosurveillance n'est pas envisageable aujourd'hui pour 2 raisons principales :

- Economique : Solution beaucoup plus chère qu'une solution analogique
- Technique : Qualité de restitution moins bonne qu'avec une solution analogique

Ces 2 éléments peuvent cependant évoluer dans les prochaines années, avec le déploiement de la technologie ATM, et avec l'évolution des performances des techniques de compression.

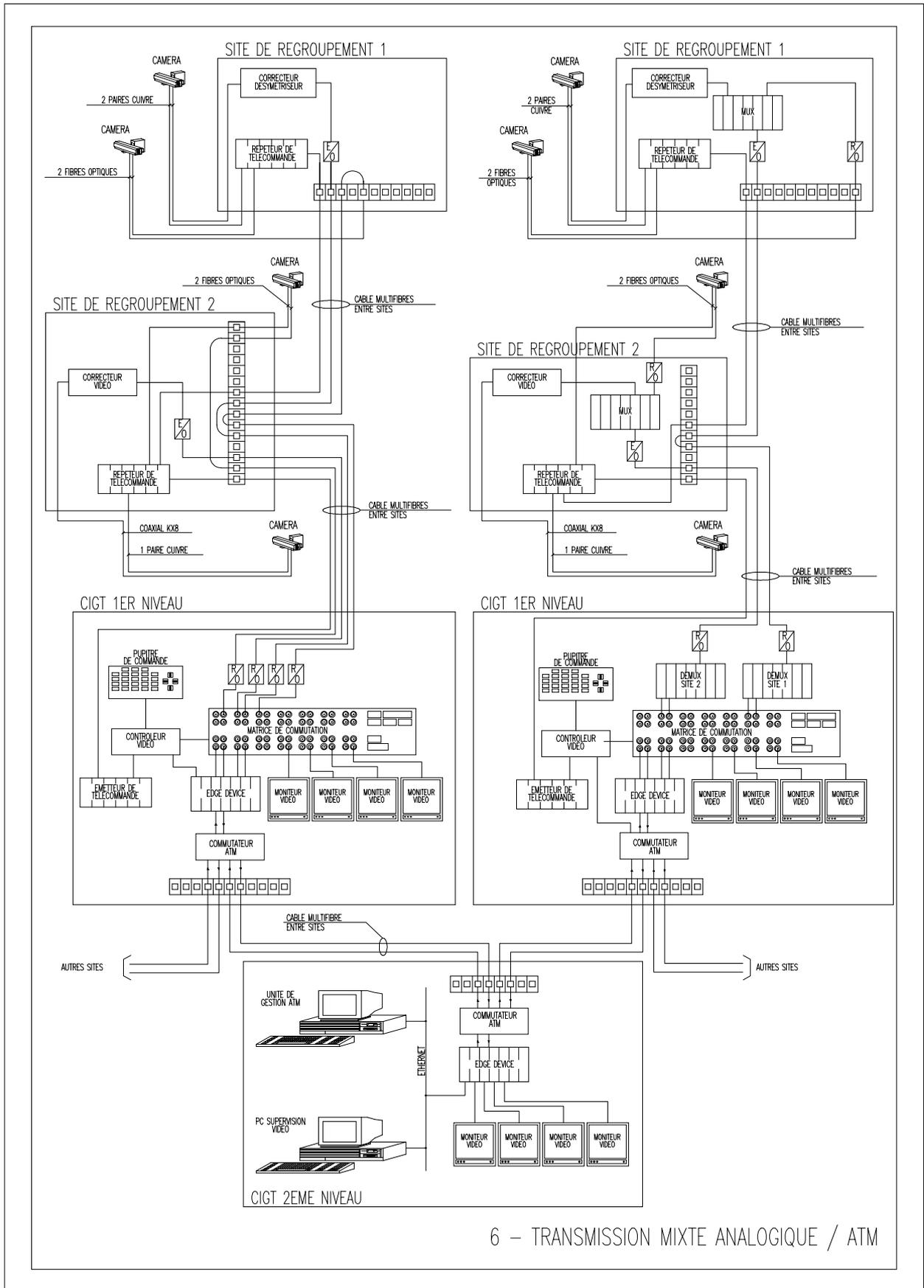
On peut imaginer 2 types d'architectures en fonction de la topographie des lieux, et des installations existantes éventuelles :

- Une solution mixte, en solution analogique jusqu'au CIGT de 1^{er} niveau, et en transmission ATM depuis les CIGT de 1^{er} niveau vers les CIGT de niveaux supérieurs
- Une solution tout ATM, depuis les sites de regroupement vidéo jusqu'aux CIGT, quel que soit leur niveau.

Ces 2 solutions sont présentées dans les chapitres ci-dessous.

3.5.2 Transmission mixte analogique/ATM

3.5.2.1 Schéma de principe



6 – TRANSMISSION MIXTE ANALOGIQUE / ATM

3.5.2.2 Descriptif de l'architecture

Signaux vidéo

Cette architecture propose la transmission des signaux vidéo et des informations de télécommande des caméras depuis les sites de regroupement vers les CIGT de 1er niveau en solution analogique classique, sur fibres dédiées ou multiplexés.

Le regroupement des signaux et leur adaptation sont réalisés dans les sites de regroupement suivant toutes les méthodes "bande de base" que nous avons évoquées dans les solutions existantes.

La transmission des images depuis un CIGT de 1er niveau vers un CIGT de niveau supérieur est réalisé par un réseau ATM.

Chaque CIGT de 1er niveau est équipé d'une matrice de commutation vidéo, et des équipements visualisation associés.

Chaque CIGT de 1er niveau réserve un certain nombre de sorties de la matrice de commutation pour le CIGT de 2ème niveau.

Ces sorties sont raccordées sur des interfaces "Edge Device" vidéo ATM connectés sur les commutateurs ATM.

Ces interfaces assurent la compression des signaux suivant un standard défini, et la mise au format ATM des signaux.

Le CIGT de 2ème niveau est également équipé d'interfaces "Edge Device" vidéo ATM, connectées sur le commutateur ATM du CIGT, assurant la décompression des signaux numériques, et restituant les signaux vidéo sous forme électrique 1VCC 75 ohms, pour être visualisés sur des moniteurs vidéo.

La quantité de ports vidéo sur les "Edge devices" et de moniteurs vidéo associés prévus au CIGT de 2ème niveau, dépend de la quantité d'images simultanées définie comme nécessaire et suffisante au CIGT de 2ème niveau.

Le CIGT de 2ème niveau peut rapatrier par ce principe des images venant de plusieurs CIGT de 1er niveau.

Télécommande

Les sorties réservées au CIGT de 2ème niveau sur les matrices de commutation des CIGT de 1er niveau, doivent être pilotables depuis le PC de supervision vidéo du CIGT de 2ème niveau.

De plus les caméras sélectionnées doivent être télécommandables depuis ce même PC.

Pour cela, une liaison pour transmission de données doit être établie entre le PC de supervision vidéo du CIGT de 2ème niveau, et chacun des contrôleurs vidéo des matrices de commutation des CIGT de 1er niveau.

Cette liaison de type Ethernet par exemple, sera supportée par le réseau ATM, via un "Edge Device" adapté à ce type de transmission.

3.5.2.3 Maintenabilité

La maintenabilité de cette solution présente les particularités suivantes :

- Les équipements de transmission analogique depuis les sites de regroupement vers les CIGT de 1er niveau sont modulaires, et possèdent un excellent taux de fiabilité. Ils sont interchangeable sur site par des techniciens non spécialisés ayant reçus une formation de 1^{er} niveau.
- Les équipements "Edge devices" vidéo ATM sont aujourd'hui des équipements de diffusion plus restreinte, nécessitant une spécialisation Télécom plus forte pour des interventions de maintenance. La standardisation de ces équipements étant attendue à court terme, ces équipements deviendront de plus en plus accessibles techniquement et financièrement.
- La commutation et le transport par ATM nécessitent également une spécialisation Télécom très forte, imposant des techniciens de maintenance spécialisés.

3.5.2.4 Pérennité et évolutivité

La pérennité et l'évolutivité de cette solution présentent les particularités suivantes :

- Cette solution utilise le réseau de transmission commuté ATM dont la pérennité semble assurée pour de nombreuses années.
- La pérennité des "Edge devices" peut être remise en cause avec l'apparition de standards de compression plus performants, tant au niveau de la qualité que du taux de compression, et du coût.

3.5.2.5 Avantages et inconvénients

Avantages :

- Qualité de restitution suffisante en visualisation.
- Suppression de la matrice de commutation dans le CIGT de 2ème niveau.
- Extension possible du nombre de CIGT de 1er niveau raccordés sur le réseau ATM sans remise en cause de la configuration technique du CIGT de 2ème niveau.
- Qualité "analogique" (non compressée) des images au niveau des CIGT de 1er niveau, permettant la mise en œuvre des algorithmes RDT/DAI.
- Pérennité des solutions mises en œuvre à tous les niveaux (sauf évolution des "Edges devices").

Inconvénients :

- Maintenabilité exigeant des compétences Télécom fortes.
- Bande passante nécessaire à la vidéo sur le réseau ATM importante, et devant être bien appréciée en tenant compte des autres applications véhiculées par le réseau ATM.

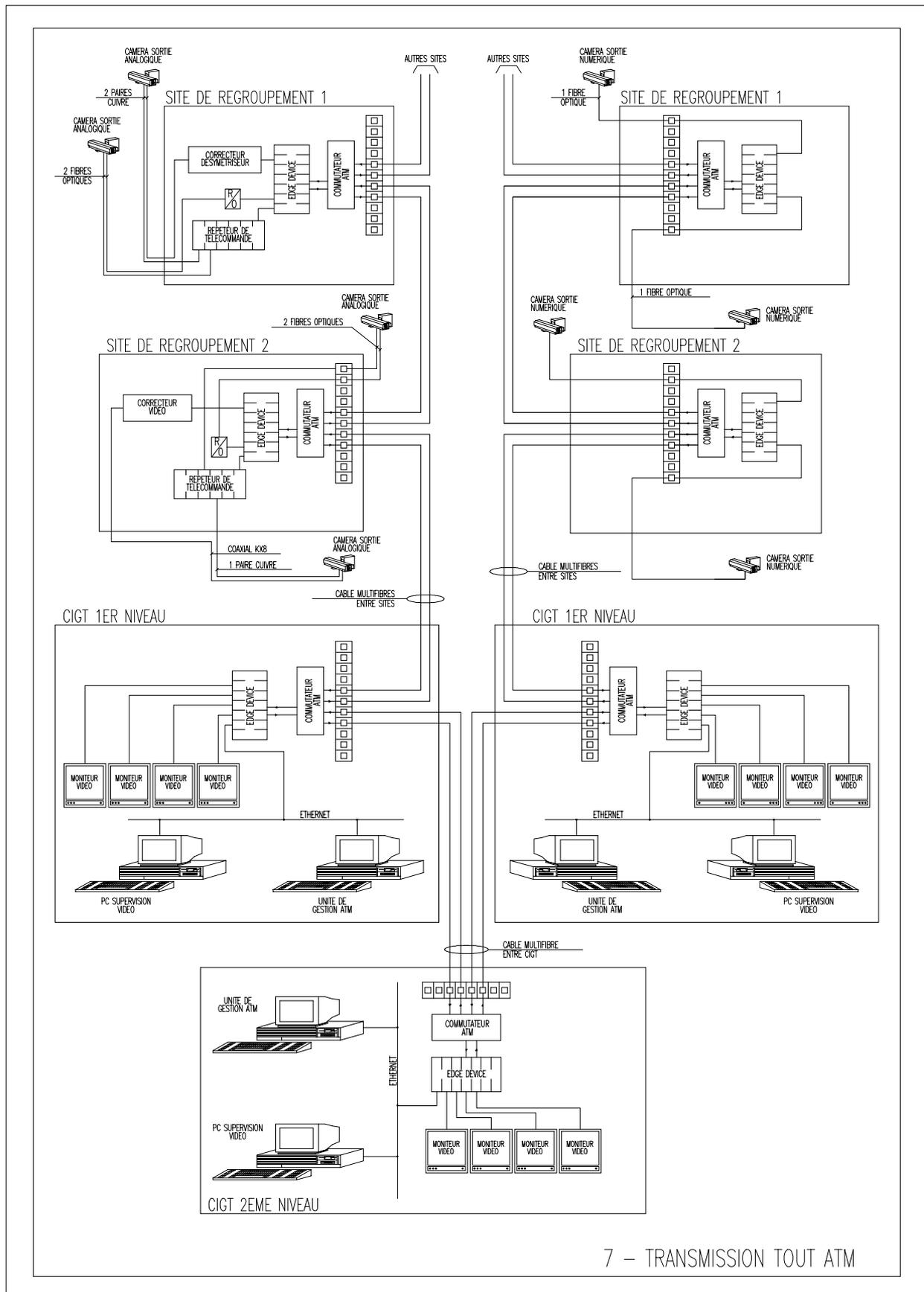
3.5.2.6 Commentaires

Cette solution technique est intéressante pour des installations dont les CIGT de 1er niveau existent, et sur lesquelles un ou des CIGT de niveau supérieur doivent être installés.

Elle peut être intéressante également sur des secteurs routiers, où la nécessité d'un réseau de communication de terrain haut débit ne se justifie pas pour d'autres applications que la vidéosurveillance, et pour lesquels un report de visualisation est utile entre 2 sites d'exploitation reliés par un réseau de transmission haut débit.

3.5.3 Transmission tout ATM

3.5.3.1 Schéma de principe



7 – TRANSMISSION TOUT ATM

3.5.3.2 Descriptif de l'architecture

Signaux vidéo

Cette architecture propose la transmission des signaux vidéo et des informations de télécommande des caméras depuis les sites de regroupement vers les CIGT de 1er niveau et de 2ème niveau sur un réseau commuté haut débit type ATM.

Le regroupement des signaux et leur adaptation éventuelle sont réalisés dans les sites de regroupement suivant toutes les méthodes "bande de base" que nous avons évoquées dans les solutions existantes.

Les sites de regroupement, les CIGT de 1er niveau et les CIGT de 2ème niveau sont équipés de commutateurs ATM.

Les signaux vidéo des caméras regroupés dans les sites de regroupement sont raccordés sur des interfaces "Edge devices" vidéo ATM connectés aux commutateurs ATM locaux.

Ces interfaces assurent la compression des signaux suivant un standard défini, et la mise au format ATM des signaux.

Les signaux des futures caméras à sorties numériques compressées seront raccordés sur des interfaces "Edge device" spécifiques, assurant uniquement la mise au format ATM des signaux.

Les CIGT sont équipés d'interfaces "Edge devices" vidéo ATM connectés aux commutateurs ATM des CIGT, assurant la décompression des signaux numériques, et restituant les signaux vidéo sous forme électrique 1VCC 75 ohms, pour être visualisés sur des moniteurs vidéo.

La quantité de ports vidéo sur les interfaces "Edge devices" vidéo ATM des CIGT, la quantité de moniteurs vidéo associés prévus dans les CIGT, dépend de la quantité d'images simultanées définie comme nécessaire et suffisante dans chaque CIGT.

Chaque CIGT peut donc visualiser une image raccordée au réseau ATM quel que soit son emplacement géographique.

Cette image sera routée par le réseau ATM depuis son site de regroupement vers le CIGT demandant sa visualisation.

Commutation et télécommande des caméras

Chaque CIGT doit être équipé d'un PC de supervision vidéo, permettant les fonctions suivantes :

- Pilotage des circuits virtuels des commutateurs ATM, pour affecter un signal vidéo d'une caméra à un moniteur ou équipement de visualisation d'un CIGT.
- Pilotage des informations de télécommande des caméras orientables.

Ce PC de supervision sera équipé d'un logiciel de supervision permettant une interface homme/machine conviviale.

Une liaison multipoints pour transmission des informations de télécommande aux caméras doit être établie entre les PC de supervision vidéo des CIGT et chacun des sites de regroupement vidéo.

Cette liaison multipoints sera supportée par le réseau ATM.

Des répéteurs de télécommande seront installés dans chacun des sites de regroupements vidéo, pour permettre le raccordement des bus locaux de télécommande des caméras.

3.5.3.3 Maintenabilité

La maintenabilité de cette solution présente les particularités suivantes :

- Les équipements d'adaptation des signaux vidéo analogiques dans les sites de regroupement sont modulaires, et possèdent un excellent taux de fiabilité. Ils sont interchangeable sur site par des techniciens non spécialisés ayant reçus une formation de 1^{er} niveau.
- Les équipements interfaces "Edge devices" vidéo ATM installés dans tous les sites de regroupement et les CIGT sont des équipements de diffusion plus restreinte, nécessitant une spécialisation Télécom plus forte pour des interventions de maintenance. La standardisation de ces solutions étant prévisible, ces équipements deviendront de plus en plus accessible techniquement et financièrement.
- La commutation et le transport par ATM nécessitent également une spécialisation Télécom très forte, imposant des techniciens de maintenance spécialisés.

3.5.3.4 Pérennité et évolutivité

La pérennité et l'évolutivité de cette solution présentent les particularités suivantes :

- Cette solution utilise le réseau de transmission commuté ATM dont la pérennité semble assurée pour de nombreuses années.
- La pérennité des interfaces "Edge devices" peut être remise en cause avec l'apparition de standards de compression plus performants, tant au niveau de la qualité que du taux de compression et du coût.

3.5.3.5 Avantages et inconvénients

Avantages :

- Qualité de restitution suffisante en visualisation.
- Suppression des matrices de commutation dans les CIGT de 1^{er} et 2^{ème} niveau.
- Extension possible du nombre de CIGT raccordés sur le réseau ATM sans remise en cause de la configuration technique des sites de regroupement.
- Pérennité des solutions mises en œuvre à tous les niveaux (sauf évolution des interfaces "Edge devices" pour une meilleure qualité de restitution).

Inconvénients :

- Maintenabilité exigeant des compétences Télécom fortes.
- Bande passante nécessaire à la vidéo sur le réseau ATM importante, et devant être bien appréciée en tenant compte des autres applications véhiculées par le réseau ATM.
- Qualité compressée des images au niveau des CIGT ne permettant pas la mise en œuvre des algorithmes RDT/DAI au niveau des CIGT. Ces algorithmes devront être mis en œuvre au niveau des sites de regroupement ou directement au niveau des caméras vidéo.

- Normalisation d'ATM ? Bien qu'elle soit avancée, des doutes subsistent quant à l'interopérabilité entre équipements de provenance différentes.

3.5.3.6 Commentaires

Cette solution technique laissant ouverte la porte de la transmission tout numérique depuis le capteur de la caméra jusqu'au moniteur de restitution est incontestablement l'architecture d'avenir.

Elle souffre encore pour quelques années des inconvénients suivants :

- Compression des images en attente d'une standardisation et d'une meilleure qualité dans des débits plus faibles
- Disponibilité des interfaces de compression vidéo compatibles ATM encore restreinte.

3.6 Migration depuis les situations existantes

3.6.1 Les caméras

Il est vraisemblable que beaucoup d'installations vont être déployées dans les prochaines années en solutions "caméras analogiques", en attendant la mise sur le marché de caméras à sorties numériques.

La migration des caméras à sorties analogiques vers des caméras à sorties numériques imposera un média de transmission entre les caméras et les sites de regroupement pouvant supporter un haut débit (2 Mbit/s semblant être aujourd'hui un débit minimum pour une qualité de restitution acceptable).

L'utilisation des câbles coaxiaux 75 ohms ne permettra pas cette migration de façon certaine.

L'utilisation des paires torsadées à isolant polyéthylène permettra cette migration par l'utilisation de la transmission xDSL.

Il est difficile de savoir aujourd'hui quelle technologie de transmission va s'imposer auprès des fabricants, et quelles types d'interfaces seront disponibles en standard en sortie des caméras.

Le média le plus sûr reste la fibre optique.

Pour les liaisons terminales entre les sites de regroupement et les caméras, la fibre multimode offre une bande passante suffisante pour l'application vidéo, compatible avec toutes les technologies de transmission actuelles et futures.

De plus sa mise en œuvre est aujourd'hui très simple.

3.6.2 Déploiement d'un réseau ATM

Le déploiement du réseau de transmission ATM sera réalisé indépendamment du fonctionnement des installations existantes, et de leurs réseaux de transmission existants.

Il pourra être partiel ou total suivant l'importance du réseau.

Un commutateur ATM et ses interfaces occupent en général 2 baies de 800 x 800 mm au maximum.

Dans la mesure du possible, ces baies seront installées dans les sites de regroupement (si la place disponible le permet dans les sites existants), ou bien dans un local attenant.

Dans les CIGT ; les commutateurs ATM seront installés dans des locaux "télécoms" spécifiques, si possible près des locaux techniques recevant les équipements vidéo existants.

Les liaisons fibres optiques entre les commutateurs des différents sites seront nouvelles, ou bien utiliseront des fibres de réserve dans des câbles inter sites existants.

Les liaisons inter-sites devront être de type monomode.

Le réseau ATM déployé sera testé avant le basculement des applications.

Chaque application sera ensuite basculée sur le réseau ATM, site de regroupement par site de regroupement, et sera testée avant dépose des interfaces antérieures.

Des tests de non régression seront réalisés après chaque basculement, afin de vérifier la montée en charge du réseau dans de bonnes conditions.

3.6.3 Cohabitation des installations

Les installations existantes avec leurs systèmes de transmission, et le nouveau réseau, vont cohabiter pendant un certain temps nécessaire au basculement de toutes les applications.

Ce temps nécessaire pourra avoir des origines économiques, car l'adaptation des signaux analogiques à la transmission ATM a un coût.

Au niveau du terrain (caméras, sites de regroupement, transmission aux CIGT), la cohabitation de 2 systèmes ne pose que des problèmes de maintenance alourdie par l'augmentation des différents types de composants installés.

La cohabitation de 2 systèmes est plus problématique au niveau des CIGT, en particulier pour les utilisateurs des systèmes.

La cohabitation des systèmes existants avec les nouveaux entraîne principalement la conservation des matrices de commutation avec leurs contrôleurs vidéo au niveau des CIGT.

Le pilotage des systèmes imposera donc de conserver aux CIGT, pendant tout le temps de basculement, 2 équipements de commande de la commutation des images :

- Un équipement pilotant la commutation par le réseau ATM
- Un équipement pilotant la commutation par les matrices de commutation

Cette situation pose des problèmes d'ergonomie d'exploitation pour les utilisateurs qui devront passer d'un système à l'autre pour des caméras qui seront quelquefois sur un même secteur géographique.

Les fabricants ou les installateurs, conscients de ce problème, devront développer des logiciels de supervision permettant d'assurer la gestion des 2 systèmes sur un même poste, améliorant ainsi l'ergonomie d'exploitation.

Le pilotage des caméras mobiles des 2 systèmes sera plus facile à conserver sur un système unique de commande (pupitre ou logiciel intégré au PC de supervision), en particulier si les caméras existantes et futures sont toutes compatibles TEDI/LCR.

3.6.4 Migration des installations

La migration des installations existantes vers les nouvelles comprendra les étapes suivantes :

- Mise en place sur les commutateurs ATM des sites de regroupement des interfaces "Edge Device" adaptées au nombre de signaux vidéo à router depuis le site.
- Paramétrage des PC de supervision vidéo des CIGT pour permettre la sélection des nouvelles caméras
- Paramétrage du réseau ATM par des techniciens spécialisés, pour déclarer les circuits virtuels entre les interfaces "Edge device" du site de regroupement et celles des CIGT, sur ordre des PC de supervision vidéo.
- Tests de bon fonctionnement des circuits virtuels entre le site de regroupement et les différents CIGT de visualisation, par mise en place d'une caméra test sur les entrées vidéo du site de regroupement.

- Tests de création des circuits virtuels sur commandes depuis les PC de supervision vidéo des CIGT.
- Tests de non régression sur les commandes de création des circuits virtuels des autres caméras du système depuis chaque CIGT.
- Basculement des signaux analogiques traités (correction désymétrisation, etc.) dans les sites de regroupement depuis les équipements de transmission analogiques (émetteurs electro/optiques, multiplexeurs, etc.) vers les interfaces "Edge device" connectées au commutateur ATM du site de regroupement.
- Tests de bon fonctionnement du pilotage des caméras depuis les PC de supervision vidéo des CIGT.

4 RECEPTION DES INSTALLATIONS VIDEO

Les opérations de réception décrites ci-dessous concernent les équipements vidéo et leurs interfaces.

Elles ne concernent pas les équipements des réseaux de transmission propriétaires ou opérateurs communs à la vidéosurveillance et à d'autres applications.

4.1 Réception des équipements vidéo

Les équipements vidéo mis en œuvre devront avoir subi une campagne de tests complets, sur les lieux de fabrication des équipements.

L'entreprise assurant la mise en œuvre des installations doit fournir au maître d'ouvrage les fiches d'essais fournisseur, après fabrication, des équipements suivants :

- Caméras vidéo
- Tourelles
- Caissons équipés de leurs accessoires
- Objectifs
- Correcteurs vidéo
- Correcteurs désymétriseurs
- Emetteurs et récepteurs vidéo optique
- Emetteurs, répéteurs et récepteurs de télécommande
- Matrice de commutation vidéo
- Contrôleurs vidéo
- Pupitre et/ou PC de commande
- Moniteurs vidéo

Après la pose et le raccordement des équipements sur site, l'entreprise assurant la mise en œuvre des installations doit assurer les essais et la mise en service de l'ensemble du système et des équipements de la liste ci-dessus.

Une procédure d'essais doit être établie par l'entreprise de réalisation, et approuvée par le maître d'œuvre et le maître d'ouvrage.

Matériel de test à prévoir

- Moniteur vidéo couleur portable
- Oscilloscope 15 MHZ
- Analyseur de transmission vidéo associé à un générateur de ligne test.
- Mire couleur
- Filtre "nuit"
- Pupitre de télécommande portable

Contrôle visuel

- Contrôle de l'aspect des équipements mis en œuvre.
- Contrôle de la conformité des performances catalogue par rapport aux performances du cahier des charges.

- Contrôle de la qualité d'exécution de la mise en œuvre.

Contrôle des performances des caméras

- Réglage du tirage optique de chaque caméra, de façon à obtenir une image de netteté constante sous éclairage nominal (lumière du jour ensoleillé), puis en ambiance sombre (avec filtre "nuit" plaqué sur l'objectif).
- Contrôle à l'oscilloscope de l'amplitude du signal vidéo à une valeur de 1,1 Volts crête/crête
- Contrôle à l'oscilloscope de l'amplitude du signal top synchronisation, à une valeur comprise entre 270 et 330 mV.

Contrôle de la télécommande des tourelles et objectifs

- Contrôle à l'aide du pupitre de télécommande portable :
 - ↗ Du zoom avant/arrière, en vérifiant le sens de rotation de la bague de focale et sa course complète jusqu'aux butées.
 - ↗ De la mise au point près/loin, en vérifiant le sens de rotation de la bague de mise au point, sa course complète jusqu'aux butées, avec correspondance des distances (distance minimum de mise au point et infini).
 - ↗ De la netteté de l'image maintenue sur toute la plage du zoom, en ambiance nominale et en ambiance sombre. La netteté de l'image sera appréciée de façon subjective, l'important étant la constance de l'impression de netteté.
 - ↗ Du déplacement de la tourelle dans les 4 directions, avec contrôle des butées haute et basse, et gauche et droite.
 - ↗ De la fiabilité des potentiomètres de pré positionnement de la tourelle, et de leur prise en compte par la carte de télécommande. La recherche des prépositions sera effectuée à plusieurs reprises à partir de positions diverses de la tourelle.
 - ↗ De la fiabilité des potentiomètres de pré positionnement de l'objectif, en zoom et focus, et de leur prise en compte par la carte de télécommande.
 - ↗ De la commutation jour/nuit des caméras, avec escamotage du filtre infrarouge le cas échéant

Contrôle des liaisons vidéo

- Contrôle visuel de la qualité des images en sortie des récepteurs vidéo optiques au CIGT, avec la mire couleur, et sans la mire couleur, en appréciant la visualisation de la scène en diverses positions des caméras.
- Contrôle des valeurs caractéristiques du signal vidéo à l'aide de l'analyseur de transmission vidéo et du générateur de ligne test :
 - ↗ Bande passante > 5 MHz
 - ↗ Niveau du signal composé > 1,1 V
 - ↗ Rapport signal/bruit > 45 dB

Contrôle du système de commutation

- Vérification du bon aiguillage des entrées sur les sorties, à partir du clavier de commande ou du PC de supervision.
- Vérification de la bande passante de chaque entrée commutée, à l'aide de la mire et de l'oscilloscope (> 5 MHz).
- Contrôle pour chaque entrée de l'incrustation, du texte et de son emplacement dans l'image

Contrôle de la télécommande à distance des tourelles et des objectifs

- Contrôle à l'aide du clavier de télécommande du local de surveillance de F20 :
 - ↔ Du zoom avant/arrière de chaque caméra.
 - ↔ De la mise au point près/loin de chaque caméra.
 - ↔ Du déplacement de la tourelle de chaque caméra dans les 4 directions.
 - ↔ De la fiabilité de la programmation du pré positionnement de la tourelle de chaque caméra. La recherche des prépositions sera effectuée à plusieurs reprises à partir de positions diverses de la tourelle.
 - ↔ De la fiabilité de la programmation du pré positionnement de l'objectif, en zoom et mise au point.
 - ↔ De la commutation jour/nuit des caméras, avec escamotage du filtre infrarouge, le cas échéant.

Consignation des résultats

Tous les résultats des tests doivent être consignés sur des fiches d'essais spécifiques à chaque équipement, établies et complétées par l'entreprise de réalisation, en présence éventuelle du maître d'œuvre et du maître d'ouvrage.

4.2 Réception d'un lien optique

La réception d'une fibre optique comprend plusieurs étapes permettant de délimiter la responsabilité de chaque intervenant :

- Le fabricant
- L'installateur qui réalise la pose
- L'entreprise de réalisation des connexions (qui peut être la même entreprise que l'installateur)
- L'utilisateur

Ces différentes étapes comprennent des contrôles et mesures spécifiques.

Etapes	Contrôle	Caractère
1 – Réception du câble sur site	Contrôle visuel Contrôle des PV du fabricant	Obligatoire
2 – Avant tirage du câble	Réflectométrie fibre nue	Obligatoire
3 – Après tirage du câble et avant pose des connecteurs	Contrôle visuel Réflectométrie fibre nue	Contrôle visuel obligatoire Réflectométrie obligatoire si entreprise de réalisation des connexions différente de l'entreprise de pose
4 – Après pose des connecteurs	Réflectométrie Photométrie	Obligatoire

Etape 1

A la réception du câble, le contrôle visuel et l'examen des Procès Verbaux d'essais du fabricant permettent de vérifier la conformité de la livraison.

Le contrôle visuel permet de vérifier si le câble a bien les caractéristiques souhaitées :

- Couleur du câble
- Marquage du câble
- Constitution du câble et de son enveloppe
- Nombre de fibres
- Assemblage des fibres
- Nombre de faisceaux de fibres
- Qualité du câble sur le touret, afin de vérifier si aucune dégradation n'est apparue pendant le transport (Câble blessé, trace de poinçonnage, etc.).

L'examen des PV d'essais en usine permet de vérifier :

- Longueur du câble
- Caractéristiques de chaque fibre
- Affaiblissement linéique de chaque fibre
- Image réflectométrique de chaque fibre permettant de vérifier l'absence d'incident sur chaque fibre

Etape 2

L'étape 2 comprend une image réflectométrique de chaque fibre.

Cette opération permettra de vérifier que les performances de chaque fibre correspondent à celles obtenues en usine, afin de prouver qu'aucune dégradation du câble n'est intervenue pendant le transport ou le stockage sur le chantier.

Cette image est réalisée dans un seul sens.

Cette phase est importante, car elle permet d'éviter de poser un câble dont les caractéristiques techniques sont incompatibles avec l'application qu'il doit supporter.

Etape 3

L'étape 3 comprend un examen visuel et une image réflectométrique de chaque fibre.

Le contrôle visuel doit être réalisé tout le long du câble sauf lorsque le câble est posé en fourreaux. Il permet de vérifier qu'aucune dégradation n'est intervenue pendant la pose du câble (Câble blessé, déformation du câble, rayon de courbure excessif, trace de poinçonnage, etc.).

La réflectométrie réalisée avant pose des connecteurs permet de réceptionner le travail de l'entreprise de pose, avant l'intervention de l'entreprise réalisant les connexions

Cette image est réalisée dans un seul sens.

Etape 4

L'étape 4 constitue la réception finale du câble.

Elle comprend une image réflectométrique de chaque fibre, et une photométrie de chaque fibre.

Dossier de recette

Un dossier de recette doit être établi pour chaque câble à fibres optiques d'une installation.

Il doit comprendre :

- Le repère du câble
- La description détaillée du câble :

- ↳ Fabricant
- ↳ Type de câble
- ↳ Structure du câble
- ↳ Marquage du câble

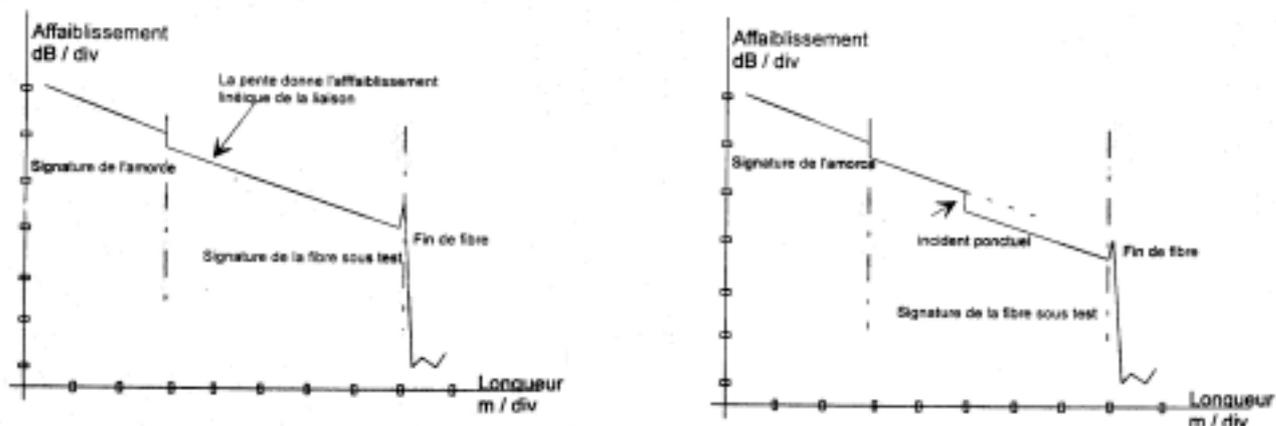
- ↗ Protection du câble
- ↗ Rayon de courbure mini
- ↗ Nombre de fibres
- ↗ Type de fibres
- ↗ Diamètre cœur/gaine de chaque fibre

- La description des connecteurs optiques utilisés à chaque extrémité du câble
- La description du tenant (bâtiment, local, baie, tiroir)
- La description de l'aboutissant (bâtiment, local, baie, tiroir)

- Les caractéristiques optiques de chaque type de fibre constituant le câble, certifiées par les PV fabricant, joints en annexe :
 - ↗ Atténuation maxi pour 850 nm (multimode)
 - ↗ Atténuation maxi pour 1300 nm (multimode et monomode)
 - ↗ Bande passante mini à 850 nm (multimode)
 - ↗ Bande passante mini à 1300 nm (multimode et monomode)
- Le résultat des contrôles visuels réalisés sur le câble à chaque étape présentés sous forme de tableau.
- Le résultat des mesures réflectométriques et photométriques réalisées sur chaque fibre, à chaque étape, présentés sous forme de tableau faisant apparaître le numéro de chaque fibre et leur position sur les brasseurs d'extrémités.

Réflectométrie

La réflectométrie permet de tracer une courbe de l'affaiblissement linéique de la fibre mesurée, en fonction de sa longueur. Cette courbe permet de vérifier la continuité des performances d'une fibre, et l'absence d'incident sur toute sa longueur. Cette courbe permet également de vérifier l'emplacement d'un incident éventuel, et la longueur de chaque fibre.



La réflectométrie doit être réalisée à 850 nm et à 1300 nm pour les fibres multimodes.

Elle doit être réalisée à 1300 nm pour les fibres monomodes.

Le réflectomètre utilisé doit posséder une largeur d'impulsion pouvant descendre à 2ns (20 cm), compatible avec l'affichage de la courbe sur l'écran. La courbe doit être décalée et ajustée pour ne visualiser que la fibre à tester à la plus grande taille possible.

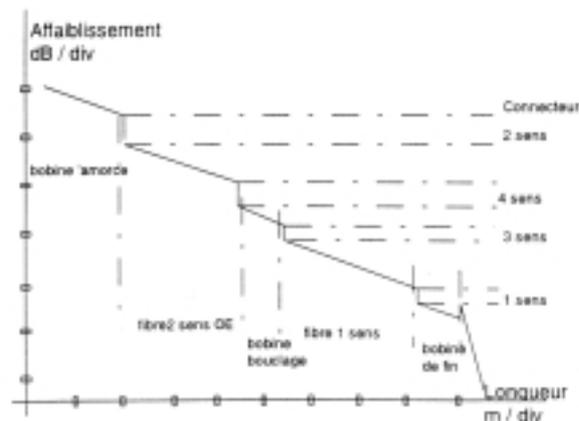
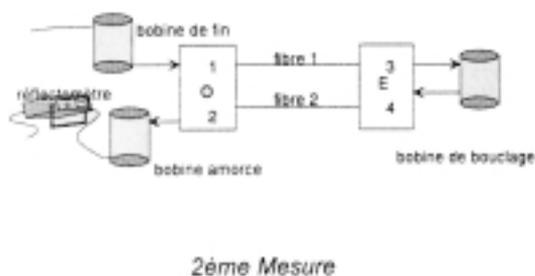
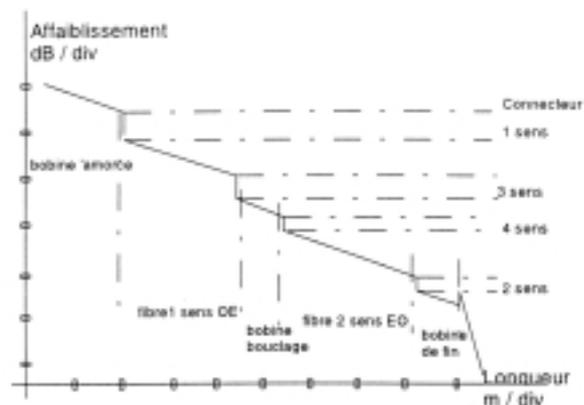
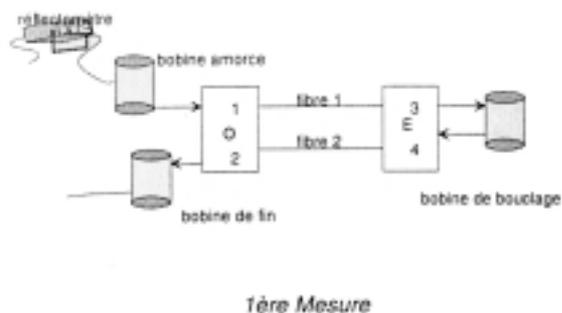
L'échelle verticale doit être précise (< 1dB/div), pour bien visualiser les anomalies du tracé.

Le branchement du réflectomètre se fait au travers de "bobines amorces" en entrée et sortie, et de bobines de bouclage éventuelles permettant :

- De qualifier les connecteurs d'entrée et sortie.
- De réaliser l'équilibre des modes sur les liaisons multimodes.
- De s'affranchir de la zone morte.

La fibre des "bobines amorces" doit être la même que la fibre à tester.

La mesure de réflectométrie peut être effectuée dans les 2 sens, permettant d'observer la différence de comportement de la fibre d'un sens à l'autre.



Une image réflectométrique est acceptable, lorsque la courbe ne présente pas d'anomalie importante (escalier, pic, etc.).

Photométrie

La photométrie permet de connaître l'atténuation d'une fibre optique et des connecteurs, dans les conditions réelles d'utilisation. Elle donne une valeur en dB. L'équipement de mesure comprend :

- Une source de lumière dont la longueur d'onde est commutable (820, 850, 1300, 1550 nm).
- Un photomètre mesurant la puissance optique reçue (exprimée en dBm ou en μW).

Après étalonnage du photomètre, la mesure peut être réalisée.

La mesure donne une puissance optique que l'on compare à la mesure de l'étalonnage.

La valeur absolue de la différence est l'atténuation due à la fibre optique et ses connecteurs.

Exemple :

- Valeur étalon : -15 dBm
- Valeur mesurée : -18 dBm
- Atténuation de la fibre et de ses connecteurs : 3 dB

Le résultat est acceptable lorsqu'il est proche de la valeur calculée en fonction de la longueur de la fibre et du nombre et type de connecteurs d'extrémités.

Une différence de +/- 0,5 à 1 dB est acceptable, en fonction de la longueur de la fibre mesurée.

5 LES ACTEURS DE LA VIDEOSURVEILLANCE

Une installation de vidéosurveillance comprend toutes les composantes que l'on a abordées dans cette étude, et que l'on peut résumer ainsi :

- Les caméras et leur environnement local
- Les systèmes de transmission
- Les équipements de visualisation
- Les équipements de traitement de l'image éventuels (RDT/DAI)

Nous avons touché du doigt dans cette étude toute la complexité de mise en œuvre d'un système, et tous les choix nécessaires à sa définition.

La conception et la réalisation d'une installation de vidéosurveillance **adaptée** aux besoins du maître d'ouvrage nécessite, comme la plupart des opérations techniques, l'intervention d'un certain nombre d'acteurs **spécialisés**, dont les rôles doivent être parfaitement respectés :

- **Le maître d'ouvrage** dont le rôle essentiel consiste à établir un "programme d'opération" définissant de manière détaillée les besoins des utilisateurs, les fonctionnalités attendues, et les évolutions prévisibles du système.
- **Le maître d'œuvre, société d'ingénierie** spécialisée dans les domaines courants faibles, dont le rôle est de concevoir et spécifier une installation répondant parfaitement au programme du maître d'ouvrage. La société d'ingénierie établira une étude et des calculs de dimensionnement détaillée débouchant sur des spécifications techniques précises permettant une consultation d'entreprises d'installation.
- **Les fabricants** qui seront proposés par les entreprises d'installation à l'approbation du maître d'ouvrage et du maître d'œuvre pour la fourniture des équipements composant le système.
- **Les installateurs** assurant la mise en œuvre et la mise en service des équipements, des câbles et des logiciels constituant le système.

La réussite d'une opération dépend du respect des règles élémentaires suivantes :

- **Le maître d'ouvrage définit** ses besoins,
- **Le maître d'œuvre conçoit** le système,
- **Les fabricants fabriquent** les constituants du système,
- **L'installateur installe** les équipements comme ils ont été définis par le maître d'œuvre.

Ces règles qui sont imposées dans le cadre des marchés publics sont les garantes de la réussite d'une opération, par élimination des conflits d'intérêts (essentiellement financiers) pouvant intervenir lorsque par exemple un installateur réalise également l'ingénierie et donc la conception d'un projet.

Une liste des principaux acteurs de la vidéosurveillance est proposée ci-dessous.

Avertissement :

Cette liste présente quelques sociétés ayant réalisé des installations ou des produits performants ces dernières années.

Cette liste ne peut se prétendre exhaustive, et doit évoluer au fur et à mesure des réalisations de chacun.

5.1 Les sociétés d'ingénierie et de maîtrise d'œuvre

Les sociétés d'ingénierie et de maîtrise d'œuvre sont données par ordre alphabétique.

Société	Ville	Téléphone
HGM Guy Huguet SA	69130 - Ecully	04 72 18 77 77
ISIS		
SETEC TPI	75000 Paris	01 40 04 62 89
Technoman Ingénierie	69760 - Limonest	04 78 64 48 38

5.2 Les fabricants

Les fabricants sont donnés par ordre alphabétique.

Equipements de vidéosurveillance

HYMATOM
PHILIPS
SONY
JVC
PANASONIC
THOMSON

Equipements de transmission analogique

ERECA
NKF
PHILIPS
PIRELLI
SAT
TELESTE
THOMSON
COE

Mâts de supportage

IBIS
PETITJEAN
SERMETO

Câbles cuivre

ACOME
ALCATEL
BICC
PIRELLI
SAT
SIEMENS

Câbles à fibres optiques

ACOME
ALCATEL-OCS
BICC
CORTAILLOD
FORT
PIRELLI
SAT
SIEMENS

Modems et Codems vidéo

SAT
THOMSON

Modems de transmission xDSL

ALCATEL
CELLWARE
CISCO
3COM

Matériel de transmission Hertzien

ALCATEL
ERICSON
P COM
SAT
TRT

CODEC Vidéo

SAT
TONNA vidéo & Télécommunication
T2M

Réseaux de transmission et interfaces

ALCATEL
BAY NETWORK
CAP GEMINI - APTOR (Edge Device uniquement)
CISCO
CORTAILLOD
FORE
NEWBRIDGE
SAT
SIEMENS
3 COM

5.3 Les installateurs

Les installateurs sont donnés par ordre alphabétique.

CEGELEC
CLEMESSY
ENTREPRISE INDUSTRIELLE
ETDE
FORCLUM
GTIE
GTMH
PHILIPS PROJET
SAUNIER DUVAL
SPIE TRINDEL
SNEF

6 NOTIONS ECONOMIQUES

Les coûts indiqués donnent des fourchettes hautes et basses de produits couramment utilisés. Ces fourchettes peuvent ne plus correspondre aux réalités actuelles (fourchettes estimées fin 98).

Les prix indiqués sont **hors taxes**.

Ils comprennent la **fourniture**, la **pose** et la **mise en service** des équipements.

Caméras et accessoires

Caméras	: de	10.000,00 F.	à	15.000,00 F.
Objectifs à focale fixe	: de	2.000,00 F.	à	3.000,00 F.
Objectifs à focale variable	: de	5.000,00 F.	à	7.000,00 F.
Caisson de protection	: de	6.000,00 F.	à	12.000,00 F.
Tourelles orientables	: de	6.000,00 F.	à	10.000,00 F.
Coffrets de protection et commande pied de caméra	: de	3.000,00 F.	à	8.000,00 F.
Mâts de supportage	: de	5.000,00 F.	à	20.000,00 F.
Massifs béton mâts	: de	2.000,00 F.	à	5.000,00 F.

Coût indicatif d'une caméra mobile toute équipée sur un mât de 8 m (hors câblage et transmission) : 60.000,00 F

Equipements de transmission analogique

Correcteur vidéo	: de	2.000,00 F.	à	5.000,00 F.
Correcteur désymétriseur	: de	3.000,00 F.	à	6.000,00 F.
Emetteur électro/optique	: de	6.000,00 F.	à	30.000,00 F.
Récepteur électro/optique	: de	3.000,00 F.	à	20.000,00 F.
Multiplexeur vidéo de 8 à 64 voies	: de	80.000,00 F.	à	300.000,00 F.
Démultiplexeur vidéo de 8 à 64 voies	: de	80.000,00 F.	à	300.000,00 F.
Emetteur de télécommande	: de	8.000,00 F.	à	15.000,00 F.
Récepteur de télécommande	: de	5.000,00 F.	à	10.000,00 F.

Matrice de commutation vidéo 500.000,00 F.	: de	20.000,00 F. à
Moniteur de visualisation 10.000,00 F.	: de	5.000,00 F. à
Pupitre de télécommande 10.000,00 F.	: de	5.000,00 F. à
PC de supervision vidéo 60.000,00 F.	: de	20.000,00 F. à

Câbles cuivre

Câble 4 paires 25,00 F.	le ml : de	15,00 F. à
Câble 30 paires 60,00 F.	le ml : de	30,00 F. à

Câbles à fibres optiques

Câble 12 fibres multimode ou monomode 50,00 F.	le ml : de	20,00 F. à
Câble 30 fibres multimode ou monomode 100,00 F.	le ml : de	50,00 F. à
Connecteur multimode 500,00 F.	: de	200,00 F. à
Connecteur monomode 1.000,00 F.	: de	500,00 F. à

Modems et Codems vidéo

Modem vidéo RTC 15.000,00 F.	: de	5.000,00 F. à
Modem vidéo Numéris 25.000,00 F.	: de	10.000,00 F. à

Modems de transmission xDSL

Modem vidéo xDSL 30.000,00 F.	: de	15.000,00 F. à
----------------------------------	------	----------------

Matériel de transmission Hertzien

Coût indicatif d'une liaison à 34 Mbit/s : de 200.000,00 F. à 300.000,00 F.
Coût indicatif d'une liaison à 155 Mbit/s : de 400.000,00 F. à 500.000,00 F.

CODEC Vidéo

CODEC MJPEG à 2 Mbit/s : de 20.000,00 F. à 30.000,00 F.
CODEC MPEG2 de 2 à 10 Mbit/s : de 100.000,00 F. à 200.000,00 F.

Réseaux de transmission et interfaces

Modem vidéo RTC : de 10.000,00 F. à 15.000,00 F.
Modem vidéo Numéris : de 5.000,00 F. à 10.000,00 F.
Multiplexeur 30x64kbit/s/s - 1x2Mbit/s : de 50.000,00 F. à 100.000,00 F.
ADM SDH 155 Mbit/s de 4 à 30 ports à 2 Mbit/s à 150.000,00 F. : de 80.000,00 F.

Commutateur ATM et accessoires

Châssis vide (suivant nombre de slots) : de 20.000,00 F. à 100.000,00 F.
Port 155Mbit/s monomode : de 10.000,00 F. à 20.000,00 F.
Port 155Mb/s multimode : de 5.000,00 F. à 10.000,00 F.
Edge Device Monomode 155Mbit/s + quelques ports Ethernet : de 30.000,00 F. à 50.000,00 F.
Port pour 1 canal vidéo MJPEG : de 8.000,00 F. à 12.000,00 F.
Port pour 1 canal vidéo MPEG1 : de 40.000,00 F. à 60.000,00 F.
Port pour 1 canal vidéo MPEG2 : de 80.000,00 F. à 120.000,00 F.

Ratios pour installations complètes

Les ratios sont à utiliser avec prudence car ils dépendent essentiellement de l'importance des travaux de génie civil, des conditions de réalisation diverses (sous circulation), de l'importance des supports, du partage des ressources médias et réseaux avec d'autres applications, et autres facteurs spécifiques.

Ratio par caméra solution analogique fibres dédiées : de 180.000,00 F. à 300.000,00 F.

Ratio par caméra solution analogique multiplexée 350.000,00 F.	: de	200.000,00 F.	à
Ratio par caméra solution SDH 400.000,00 F.	: de	250.000,00 F.	à
Ratio par caméra solution ATM 400.000,00 F.	: de	250.000,00 F.	à

7 GLOSSAIRE DES ACRONYMES

AAL	: ATM Adaptation Layer
ABR	: Available Bit Rate
AC	: Alternatif Current
ADSL	: Asymmetric Digital Subscriber Line
ADM	: Add & Drop Multiplexer (interface de multiplexage SDH)
EIA	: Electronic Industrial Association
ART	: Autorité de régulation des télécommunications
ATM	: Asynchronous Transfer Mode
BETACAM	: Standard analogique broadcast
BNC	: Connecteur à baïonnette pour câbles coaxiaux
C	: Chrominance
CAG	: Correction Automatique de Gain
CBR	: Constant Bit Rate
CCD	: Charge Coupled Device
CCIR	: Comité Consultatif International de Radiodiffusion
CEM	: Compatibilité ElectroMagnétique
CERTU	: Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques
CIF	: Common Intermediate Format (format de trame vidéo)
CIGT	: Centre d'Ingénierie et de Gestion du Trafic
CLP	: Cell Loss Priority (Champ cellule ATM)
CODEC	: Equipement de Compression et CODage et/ou de DECompression et DECodage
CODEM	: Modem assurant également la compression et/ou la décompression d'un signal
DAI	: Détection Automatique d'Incidents
DCT	: La transformé de cosinus discrète (Discret cosine transform)
DEMUX	: Démultiplexeur (Abréviation)
DMT	: Digital Multiplexed Trunk
DVB	: Digital vidéo broadcasting
DVCCAM	: Standard numérique broadcast
DVCPRO	: Standard numérique broadcast
DVD	: Digital Vidéo Disc
FDM	: Frequency Division Multiplexing
GFC	: Generic Flow Control (Champ cellule ATM)
GTC	: Gestion Technique Centralisée
GTI	: Gestion du Trafic Informatisée
G703	: Interface de raccordement des équipements de télécommunication
HDSL	: High-Speed Subscriber line
HEC	: Champ de contrôle d'erreur cellule ATM
H261	: Standard de compression destiné à la visioconférence.
IP	: Internet Protocol
IP	: Indice de protection
IR	: InfraRouges
ISP	: Internet Service Provider
JPEG	: Standard de compression des images fixes (Joint Photographic Expert Group)
LAN	: Local Area Network (Réseau local)

LCR : Langage de Commande Routier
 LED : Diode Electro Luminescente
 LEO : Low Earth Orbit (Orbite basse satellite)
 MIC : Modulation d'Impulsions Codées
 MJPEG : Standard de compression des images animées (Moving Joint Pictures Expert Group)
 MODEM : MODulateur DEModulateur
 MPEG : Standard de compression des images animées (Moving Pictures Expert Group)
 MTBF : Minus Time Between Failure
 MUX : Multiplexeur (Abréviation)
 NTSC : National Télévision System Committee (Standard de codage vidéo composite américain)
 NNI : Network Node Interface (Cellule ATM)
 OAM : Opération And Maintenance (Cellule ATM)
 PAL : Phase Alternated in Line (Standard de codage vidéo composite allemand)
 PC : Personnel Computer
 PC : Poste Central
 PDH : Plesiochronous digital Hierarchy
 PIXEL : Picture Element
 PMV : Panneaux à Messages Variables
 POH : Payload OverHead
 PTI : Payload Type Identifier (Champ cellule ATM)
 QAM : Quadrature Amplitude Modulation
 QCIF : Quarter CIF (format de trame vidéo)
 RAU : Réseau d'Appel d'Urgence
 RNIS : Réseau Numérique à Intégration de Service
 RTC : Réseau Téléphonique Commuté
 PL : Véhicules Poids Lourds
 RDT : Recueil de Données Trafic
 SAGT : Système d'Aide à la Gestion du Trafic
 SAR : Segmentation And Reassembly (Sous couche ATM)
 SECAM : SEquentiel A Mémoire (Standard de codage vidéo composite français)
 SDH : Synchronous Digital Hierarchy
 S-VHS : Super VHS (VHS de qualité supérieur)
 SIREDO : Système Informatisé de REcueil de DONnées
 SOH : Section OverHead
 STM : Synchronous Transport Module (SDH)
 TEDI : Protocole de transmission pour échange de données routières
 TCP : Transport Control Protocol
 TDM : Time division Multiplexing
 TN-S : Schéma du neutre à la terre, Neutre et Terre séparés
 T0 : Accès de base Numéris
 TT : Schéma du neutre à la terre
 TV : Télévision
 UIT-T : Union Internationale des Télécommunications
 UNI : User Network Interface (Cellule ATM)
 UBR : Unspecified Bite Rated
 VBR : Variable Bit Rated
 VC : Virtual Container (SDH)

VC : Virtual Circuit (ATM)
VL : Véhicules Légers
VLBV : Very Low Bit rate Vidéo
VCI : Virtual Channel Identifier (Champ cellule ATM)
VPI : Virtual Path Identifier (Champ cellule ATM)
VHS : Vidéo Home system
WAN : Wide Area Network (Réseau longue distance)
Y : Luminance
YUV : Composantes analogiques de l'image

8 SYNTHÈSE

8.1 Synthèse sur les systèmes de vidéosurveillance

Installations existantes à transmission analogique

Les systèmes de vidéosurveillance actuels ont atteint un degré de maturité certain, tant dans le domaine de la prise de vues (caméras), que dans le domaine de la transmission analogique.

Les caméras à capteurs CCD miniaturisés ont des performances en vision diurne ou éclairée parfaite, et seule l'amélioration de la vision nocturne non éclairée est attendue.

Les images restituées par les systèmes de transmission sur fibres optiques de tous types, sur de longues distances sont excellentes, et permettent tous les traitements de l'image de type RDT et DAI au CIGT.

Les systèmes de télécommande des caméras peuvent également utiliser la fibre optique sur des distances très longues, et les systèmes sont précis et fiables.

La maturité des produits leur confère une très grande fiabilité, et leur maintenabilité est facile grâce à une modularité des composants.

En résumé, les installations mettant en œuvre des systèmes de transmission analogiques sont de très bonne qualité.

Ils présentent cependant les inconvénients suivants :

- Un niveau de sécurité souvent limité en cas de défaut sur un câble principal de transmission (syndrome du coup de pelle mécanique).
- Architecture générale figée en particulier au niveau de l'implantation des CIGT.

Ces 2 défauts rendent très attractives les solutions mettant en œuvre des systèmes de transmission par réseaux sécurisés.

Installations futures utilisant les réseaux de transmission

Les intérêts principaux des installations évoluant vers des systèmes de transmissions sécurisés sont les suivants :

- Profiter de la sécurisation d'un réseau de transmission, par bouclages, redondance des alimentations, auto cicatrisation, etc.
- Grande évolutivité de l'architecture, avec facilités de déplacement ou création de CIGT sur une installation existante.
- Porte ouverte sur la transmission numérique des signaux de bout en bout de la chaîne de transmission.

L'utilisation de réseaux commutés de type ATM apporte en plus les avantages suivants :

- Suppression des matrices de commutation.
- Ajustement possible de la bande passante en fonction de l'utilisation des caméras.

Ce sont de toute évidence des solutions d'avenir (très proche), qui atteindront leur maturité lorsque les objectifs suivants auront été atteints :

- Standardisation d'une méthode de compression des images alliant **qualité** et **faible bande passante utile**.
- Démocratisation des solutions commutées de type ATM, avec des produits d'interfaçage intégrant une méthode de compression standard, fiables, modulaires et de faible coût.

8.2 Commentaires sur l'étude

Notre objectif lors de cette étude a été d'apporter les éléments techniques essentiels pour que le lecteur puisse comprendre et apprécier toutes les facettes du domaine de la vidéosurveillance routière.

Les contraintes économiques de cette étude font que certains domaines ont été cités, décrits sommairement, mais n'ont pas été explorés comme pourrait l'attendre certains lecteurs très sensibles à certains sujets qui constituent pour eux un centre d'intérêt particulier.

Parmi ces domaines, nous pouvons citer :

- Le traitement de l'image pour les applications RDT et DAI, avec toutes les déclinaisons possibles explorées par certains constructeurs ou organismes.
- L'environnement SIREDO avec le langage de commande routier (LCR) et le protocole TEDI.
- Les différents principes de télécommande des caméras mobiles.
- Les techniques de multiplexage analogique et numérique
- L'intégration de la supervision vidéo sur des postes de supervision GTC et GTI.
- Les techniques de visualisation des images.
- Les architectures plus fouillées (impossible à représenter sur A4) représentant des liens avec d'autres systèmes techniques (GTC, GTI), des asservissements, des liens vers Internet, Intranet, etc.

Ces domaines assez vastes peuvent faire l'objet chacun d'une étude spécifique.