

DIR Méditerranée

Descente de Laffrey DéTECTEUR de Transport en Commun (DTC)

Spécifications

Résumé

La descente de Laffrey est interdite aux Transports en commun (TC). Cette interdiction est renforcée par un contrôle d'accès filtrant tous les véhicules de plus de 9 places assises. Seule la carte grise définit cet état. Afin d'automatiser au maximum le contrôle, la DIR Méditerranée a choisi de discriminer en particulier un petit bus et un fourgon ou un camping-car, sur la base de la longueur de vitrage, sous réserve de faisabilité technique.

Les présentes spécifications concernent :

- la réalisation d'un prototype et des expérimentations en laboratoire et en grandeur réelle afin de choisir la technologie la plus adaptée (caméra, caméra avec projecteur infra-rouge, caméra à infrarouge passif), de vérifier la faisabilité de la mesure de longueur hors tout et de vitrage, et d'évaluer les performances de discrimination d'un TC, et les contraintes d'environnement liées à la technologie utilisée
- l'industrialisation et la mise en œuvre opérationnelle du prototype sur le site de Laffrey, en connexion avec le système existant de contrôle d'accès

Ce document est en relation avec un Bordereau des Prix Unitaires et forfaitaires.

Sommaire

Contexte	3
Objectif	4
Contenu de la prestation	4
Phase de qualification prototype :	4
Phase d'industrialisation/intégration :	4
Spécifications	5
Mesures définissant un TC	5
Vitrage	5
Environnement	6
Contraintes de mesure	6
Phase de Qualification du Prototype	7
Argumentaire théorique	7
Expérimentations de l'analyseur retenu par le prestataire	8
Fonctions de l'analyseur	10
Conditions d'exécution de la phase 1	11
Phase d'Industrialisation / Intégration	12
Caméra	12
Ordinateur d'analyse	12
Logiciel	13
Toiture	14
Conditions d'exécution de la phase 2	15

Contexte

La descente de Laffrey, sur la RN85 entre Laffrey et Vizille est une descente dangereuse (12%) interdite aux Poids Lourds (>7,5t, TC) et aux Transports en commun (TC).

Un gabarit physique (portique) interdit la voie directe aux véhicules de plus 2,60m de hauteur qui sont orientés vers un contrôle d'accès en cours d'automatisation maximale afin de laisser passer les véhicules de plus de 2,60m qui ne sont ni > 7,5t ni des TC.

La technologie de pesage dynamique des PL n'est pas acceptable sur les sites en pente (12% à Laffrey). Les PL et les grands bus sont discriminés par leur poids sur une section horizontale en amont de la rampe et repérés par leur numéro minéralogique.

Cependant tout véhicule de plus de 9 places assises est un TC. La discrimination en amont ne fonctionne pas pour les petits bus face aux fourgons utilitaires et aux autocaravanes ou mobil-homes qui représente un pourcentage important du trafic.

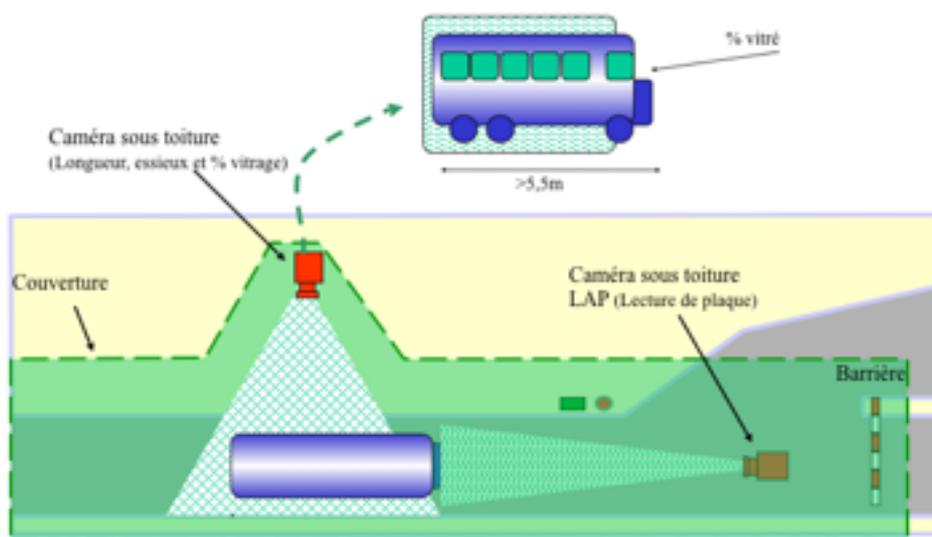
Par ailleurs, si les mesures en amont de la descente ne sont pas disponibles, il est possible de détecter les PL et les grands bus par leur longueur et par leur nombre d'essieux.

La classification absolue TC ne figure que sur la carte grise du véhicule.

La lecture automatique de la carte grise n'est pas envisagée.

Le discriminant retenu pour repérer un TC est la proportion de vitrage latéral par analyse d'image. Les mesures associées sont la longueur, la longueur de vitrage, la hauteur et le nombre d'essieux. De plus, afin d'aider les opérateurs pour une télé-ouverture manuelle, le détecteur de TC produit une photo (reconstitution par partie) et le flux vidéo.

Détecteur de TC - Principe



Objectif

L'objectif est - afin d'automatiser l'ouverture de la barrière du contrôle d'accès existant pour la section Laffrey-Vizille sur la RN85 - de produire des éléments pouvant discriminer en particulier les TC :

- des véhicules de 9 places et moins dépassant ou non avec leur chargement le gabarit de 2,60m (critère de longueur et de hauteur), normalement autorisés mais n'ayant pu passer sur la voie limitée en gabarit
- des fourgons utilitaires (<7,5t) ou autocaravanes ou mobil-homes plus hauts que 2,60m ou pensant l'être (critère de vitrage), normalement autorisés
- des poids lourds >7,5t (critère de longueur) normalement interdits et qui doivent faire demi-tour.

Contenu de la prestation

La prestation comprend deux phases :

Phase de qualification prototype

Le prestataire réalise un dispositif expérimental prototype déplaçable permettant :

- de discriminer le vitrage du reste des parois du véhicule,
- de déterminer à 5% près la longueur du véhicule et celle de sa remorque éventuelle à l'erreur de parallaxe près, considérant que le flanc du véhicule est situé à distance unique du trottoir de la voie d'analyse
- de déterminer la longueur du vitrage du véhicule principal (le tracteur d'un semi-remorque ne doit pas être considéré comme le véhicule principal d'un attelage)
- de déterminer la plus grande hauteur du véhicule, à 3% près pour la gamme de mesure entre 2,50 et 3m et à 5% au-delà
- de fournir une photo reconstituée (a priori, l'analyseur ne "voit" pas le véhicule d'un seul tenant).
- de déterminer le nombre des essieux.

Phase d'industrialisation/intégration

Le prestataire réalise l'intégration de son dispositif pour un fonctionnement opérationnel en lien avec le contrôle existant d'accès à la section Laffrey-Vizille. Cette prestation est conditionnée par la réussite de la phase de qualification.

Le soumissionnaire peut proposer toute solution susceptible de répondre à la problématique.

Spécifications

Mesures définissant un TC

Les attributs de la mesure sont :

- L'horodate d'entrée dans le champ de l'analyseur
- L'horodate de production des attributs
- La longueur hors tout (maximale 20m⁷⁵¹)
- La longueur de vitrage (du véhicule principal, en cas d'attelage)
- La hauteur hors tout (hauteur maxi 4,80m)
- La photo reconstituée
- Le nombre d'essieux

Vitrage

Un vitrage est une surface de verre ou de polycarbonate qui peut être légèrement incurvée.

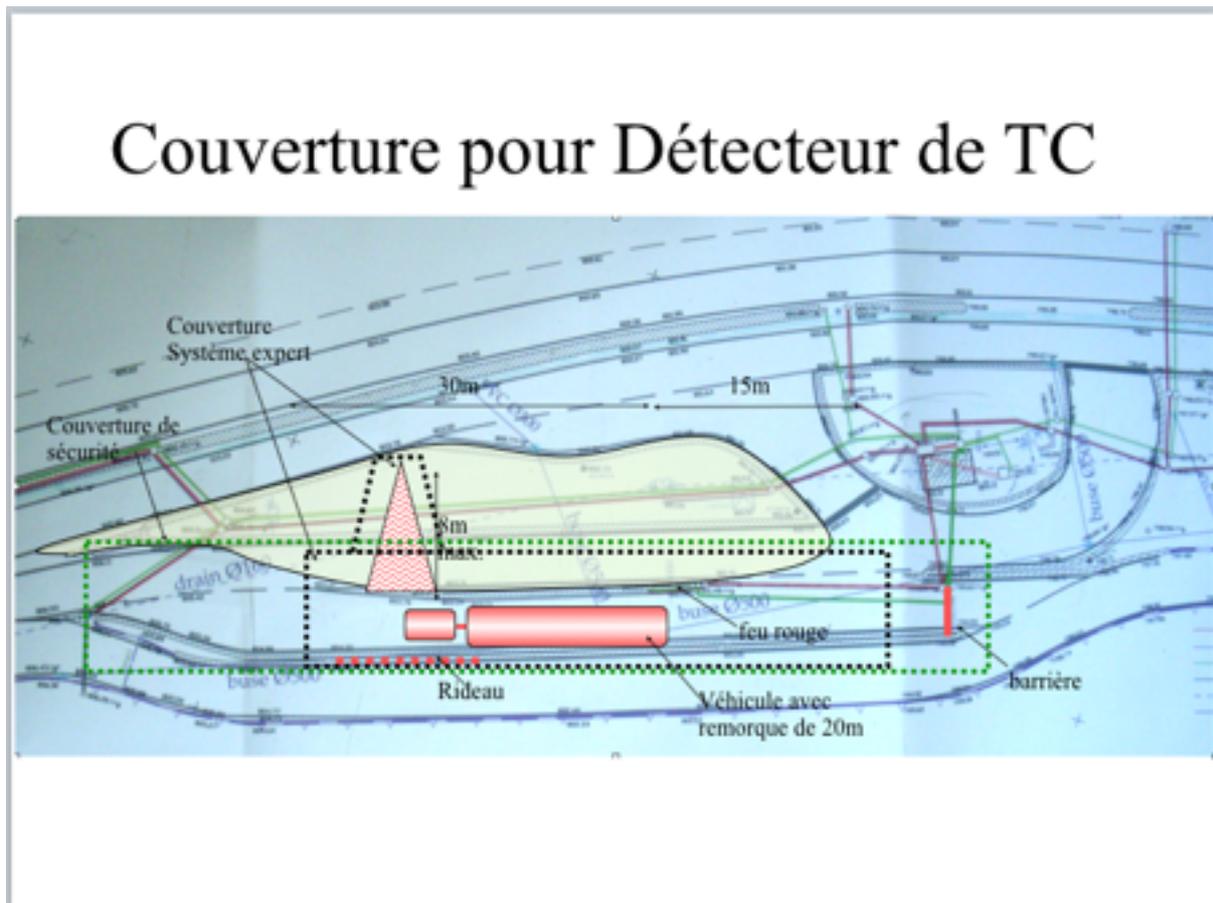
Les conditions de transparence et de traitement du vitrage ne permettent pas de baser la détection sur la continuité d'un faisceau traversant l'intérieur du TC (nuit, rideaux, occupants,...). Il peut arriver que le vitrage apparaisse de couleur noire et que les parois soient elle-mêmes noires, parsemées de quelques couleurs (textes, fresque). On ne traitera pas du cas exceptionnel du véhicule entièrement noir (qui relève d'un traitement manuel via l'interphone existant).



¹ Poids lourd porte-auto

Environnement

L'environnement visuel n'est pas stable (jour nuit, végétation). Cependant, pour atténuer les variations d'ambiance et particulièrement les effets météorologiques à caractère de montagne (neige, brouillard, pluie), il peut être envisagé de couvrir la voie de circulation sur une partie de la zone de contrôle en amont de la barrière, ainsi que la zone entre l'analyseur et sa cible. Eventuellement, si la qualification en montre la nécessité, un parement opaque (5m de haut et 7 m de large) peut être installé en rideau d'arrière-plan de la cible dans le cadre d'analyse (pour éviter des variations d'amplitude sur le contraste, en vérifiant la visibilité le matin avec le soleil de face), le tout dans le respect des contraintes géométriques de la plate-forme, de minimisation de l'entretien (éclairage, VH...) et de visibilité réciproque des usagers.



Contraintes de mesure

Les longueurs des véhicules varient de 1m (motos) à 20,75m (PL porte-autos). Un autocar non articulé ne doit pas dépasser 15m. Un ensemble autocar+remorque ne doit pas dépasser 18,75m (Décret n° 2003-468 du 28 mai 2003). Compte-tenu des erreurs de parallaxe, l'analyse se fait sur plusieurs trames-image successives (sauf à utiliser deux analyseurs en stéréoscopie), avec algorithme de corrélation entre elles. Il est nécessaire que la mesure soit complète avant que le véhicule ne s'arrête au droit du feu rouge ; ceci implique que l'analyse se fasse en dynamique, débute lorsque le véhicule est à environ 20m du feu et tienne compte de la décélération du véhicule, parfois avec un ou plusieurs arrêts intermédiaires.

La hauteur des véhicules à analyser n'est pas constante pour un même véhicule (petit TC avec remorque ou véhicule de chantier). Les hauteurs sont comprises entre 1m et 4,80. Les vitrages sont en général situés vers le haut du véhicule. Les vitrages du bas d'un véhicule à deux étages ne sont pas significatifs. A priori, le champ d'analyse est tel que l'analyseur voit toute la hauteur du véhicule dans la même image. (Le champ doit être < 5 m pour éviter les erreurs de parallaxe.)

La nuit et par temps de brouillard, la plate-forme est éclairée par télécommande par de grand mâts et la zone couverte dispose d'un éclairage en propre. Cependant, il est demandé que l'analyseur puisse fonctionner en plein jour ou par nuit noire.

Phase de Qualification du Prototype

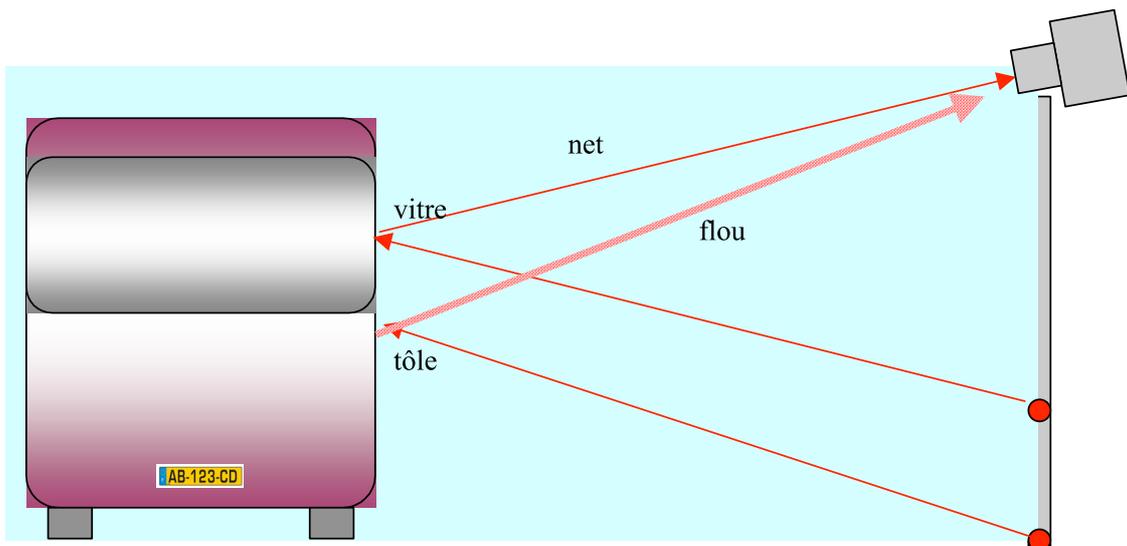
Argumentaire théorique

Cette prestation permet au Maître d'ouvrage de comprendre les aspects technologiques dont il faut tenir compte et de conserver une trace des arguments qui ont permis de choisir la technologie.

La prestation comprend un argumentaire (fichier Word) concis (le style "télégraphique" est admis, avec d'éventuels liens vers des documents plus exhaustifs) et précis sur le choix de l'analyseur par le prestataire :

- dans le visible (avec toutes les variations possibles de l'environnement lumineux et coloré)
- dans l'infra-rouge avec projecteur à diodes focalisantes et filtre infra-rouge sur caméra PAL,
- dans l'infra-rouge passif avec une caméra thermo-sensible .

L'argumentaire étudie aussi la différence de réflexion d'un point ou d'un objet géométrique lumineux infra-rouge sur une vitre et sur une paroi laquée (permettant de faire la différence avec d'éventuelles réflexions d'objets divers sur la vitre).



L'argumentaire précise la robustesse de l'analyseur face aux contraintes opérationnelles :

- Ambiance lumineuse : nuit à plein soleil (soleil hors du champ)
- Distance d'analyse, angle d'analyse permettant de voir sur la même image un véhicule dans toute sa hauteur
- Température sous couverture : -30° à +50°
- Fonctionnement permanent pendant 10 ans

L'argumentaire est illustré par des photos de cibles de plusieurs mètres carrés de surface comprenant un vitrage.

Expérimentations de l'analyseur retenu par le prestataire

L'analyseur prototype comprend :

- la cellule d'analyse (caméra),
- l'ordinateur portable qui exécute l'analyse,
- l'interface d'acquisition de l'image,
- les éventuels objets lumineux (infra-rouge) jugés nécessaires par le prestataire,
- les éventuels repères physiques au sol jugés nécessaires par le prestataire.

Phase 1a : Expérimentation en laboratoire

Cette prestation permet de mettre au point le logiciel de détection avec des moyens d'essais simples sur une cible ayant des caractéristiques proches des cibles réelles.

L'analyseur est placé face à une cible composée d'un carroyage de verre et de tôle laquée d'un taille suffisante pour que l'expérimentation puisse se transformer en vraie grandeur.

La cible peut se mettre en rotation horizontale et l'analyseur dispose d'un réglage vertical pour une translation à environ 1 m/s.

Phase 1b : Expérimentation en grandeur réelle

Cette prestation permet de valider la technologie et le logiciel sur des cibles réelles diversifiées sans nécessiter des déplacements sur site.

L'expérimentation en vraie grandeur suppose le succès de l'expérimentation en laboratoire.

L'analyseur (PC portable) est sur un chariot que l'on peut facilement déplacer sur un site d'essai (alimentation autonome, sur batterie ou sur groupe électrogène) au choix de l'entreprise. Le pied support de la caméra permet de placer celle-ci entre 1,5 et 5m au dessus du sol.

La cible est constituée par des véhicules de diverses catégories immobiles ou en mouvement.

- VL type "Espace" avec et sans vélo sur le toit (>2,60)
- Minibus 9 places, avec et sans chargement >2,60
- Minibus 14 places >2,60
- Fourgon longueur <5,50
- Utilitaire <7,5t
- PL >7,5 t
- Semi-remorques
- Bus 45 places
- Ensemble attelé > 20m

Si le véhicule reste immobile, c'est le chariot qui bouge. Au cas où l'analyse sur véhicule immobile nécessite la présence de repères au sol, il convient de prévoir ceux-ci solidairement du chariot.

Les essais sont menés jusqu'à 30 km/h.

Phase 1c : Expérimentation sur site

Cette prestation permet de valider la technologie et le logiciel avant industrialisation.

Après essais en vraie grandeur satisfaisants, l'analyseur et son chariot sont déplacés sur le site de Laffrey.

Les essais vérifient que l'algorithme dissocie deux véhicules se suivant à moins de 1m avec une interdistance variant faiblement ($\Delta > 5\text{cm}$ par seconde).

Les essais sont jugés concluants si les performances ci-dessus sont tenues pour 97 minibus sur 100 observés dans des ambiances lumineuses non contraignantes (jugées comme telles par le maître d'ouvrage).

Les essais sur site permettent de définir :

- l'emplacement optimal de la caméra
- la surface de toiture nécessaire pour la protection du champ optique contre la pluie, la neige et le brouillard tombant
- le tombant de toiture éventuellement nécessaire pour éviter que les variations de brillance du ciel ne perturbent l'analyse de l'image
- la nécessité d'un "rideau" (écran opaque) en arrière-plan
- les alarmes relatives à :
 - des difficultés d'interprétation de l'image
 - des défauts de caméra
 - des blocages logiciels (chien de garde)
 - **d'autres alarmes à identifier (rideau).**

Fonctions de l'analyseur

L'analyseur prototype permet les fonctions suivantes :

Vidéo brute

Le flux vidéo brut (sortie de caméra) est routé dans une fenêtre de définition numérique PAL sans dégradation.

Vidéo analysée

Le flux vidéo et les éléments reconnus sont superposés au flux vidéo brut :

- les contours du véhicule
- les contours des vitrages détectés et les segments horizontaux mesurant la longueur de chaque vitre,
- les contours des essieux détectés et les segments horizontaux mesurant la distance entre essieux
- les points de corrélation et les segments mesurant la distance entre points corrélés les longueurs correspondantes, déduites des longueurs en pixels à l'aide des paramètres "distance caméra-cible" ; "ouverture du zoom".

La distance caméra-cible est la distance la plus courte entre la caméra et la trajectoire de la cible, supposée dans un plan orthogonal à l'axe optique.

L'ouverture de zoom est la largeur en centimètres de la cible vue par la caméra.

Séquences vidéo

La vidéo brute ou analysée est mémorisable en courte séquence (quelques secondes), rejouable image par image.

Un bouton déclenche l'enregistrement en récupérant les 2 secondes de vidéo précédent le clic sur le bouton (de façon à disposer du passage complet du véhicule dont l'apparition dans l'image déclenche le clic). Cette fonction est à conserver par la suite.

Photo reconstituée

Les véhicules longs ne sont pas vus en une seule image. Le prototype permet de reconstituer l'ensemble du véhicule dans une vignette de 320x240 pixels.

Tableau des résultats

L'expérimentation produit pour chaque véhicule, dès la fin de l'analyse, les attributs du passage, y compris la photo sous forme de vignette de 80x60 pixels (lignes de 62 pixels de hauteur), placés au fur et à mesure dans un tableau déroulant, à raison d'une ligne par véhicule, le passage le plus récent en début de tableau. Les textes sont Arial 8pts.

Une case du tableau permet de rajouter en temps réel un court commentaire à chaque ligne.

Jour	date	heure	Photo	Long	Vitre	Haut	Axes	Commentaire	a	b	c
Lu	31/12/2009	23:59:59		20,2	15,4	2,85	2				

Le tableau est mémorisable à la demande sous le nom "DetecteurTC-aammjj-hhmm-js.xls

- hhmm est l'heure du premier passage enregistré dans le tableau
- aammjj est la date
- js est le jour de la semaine

Conditions d'exécution de la phase 1

PV de qualification

Le Prototype est qualifié si les performances sont conformes aux objectifs.

Tableau de suivi technique

Un tableau de suivi technique récapitule tous les faits techniques ayant nécessité une concertation entre le Titulaire et l'Administration.

Ce tableau est initialisé par l'Administration dès la phase d'Appel d'offres. Il se poursuit en phase d'industrialisation.

A la signature du marché, il devient un organe de liaison partagé sur le site ftp hébergeant les sauvegardes, en même temps que les documents de base du projet (CCTP,...) et les documents cités en lien dans le Tableau de suivi technique.

Phase d'Industrialisation / Intégration

L'objectif de la phase 2 est de mettre en oeuvre un dispositif opérationnel "DéTECTEUR TC" en permanence connecté au superviseur du contrôle d'accès existant, installé dans l'abri technique du site.

L'abri technique existant (7m x 3m) peut accueillir l'ordinateur d'analyse.

La voie de 3,50m de largeur est couverte par une toiture, faisant partie du présent marché, à environ 5,50m de hauteur sur 20m environ de part et d'autre d'un feu rouge d'accès et sur la zone du champ optique entre la caméra et les véhicules.

Caméra

Les résultats de la qualification définissent l'emplacement optimal de la caméra et des éléments associés, le cheminement des câbles à étudier avec le Maître d'œuvre et en tenant compte des travaux réalisés dans le cadre du marché des Evolutions du système.

La caméra (a priori celle utilisée dans le prototype) est intégrée dans un coffret discret avec une fixation offrant une facilité de réglage/blocage en site, en azimut, en zoom et en focale. Le mécanisme est soumis à l'agrément préalable.

La sortie de la caméra est compatible PAL. Un câble vidéo relie la caméra au serveur vidéo et à l'ordinateur d'analyse.

Les câbles vidéo et d'alimentation cheminent de façon invisible en toiture, puis en descente, puis dans les fourreaux existants jusqu'à l'abri technique, dans le respect de la norme C15-100 pour la protection des personnes. Le tirage des câbles fait partie de la prestation.

Les arrivées courant fort et courant faible sont protégées contre les surtensions.

Ordinateur d'analyse

L'ordinateur d'analyse (a priori différent de l'ordinateur prototype) est intégré dans une baie 19" existante dans l'abri de supervision (températures 5 à 35°).

L'écran plat (clavier-souris) est fixé sur le bureau, en concertation avec la Maîtrise d'œuvre et en respect des évolutions conduites par ailleurs.

Les câbles cheminent dans l'abri par les chemins de câbles existants.

L'ordinateur d'analyse est connecté au superviseur par le réseau local IP.

L'ordinateur d'analyse n'a pas de connexion au réseau public.

Logiciel

Les fonctions du prototype sont conservées et adaptées au nouvel environnement opérationnel 24x24.

L'IHM opérationnel est soumis à l'agrément de l'administration.

Le Détecteur de TC est considéré comme un organe périphérique du superviseur.

Message de passage

Le protocole d'échange avec le superviseur est défini en concertation avec le Titulaire des évolutions (échange ftp sur IP ?).

Chaque passage déclenche dès la fin de l'analyse l'émission d'un fichier .jpg ayant pour nom **Detecteur_TC_nnnnnn.jpg**, où nnnnnn est le numéro d'ordre du passage.

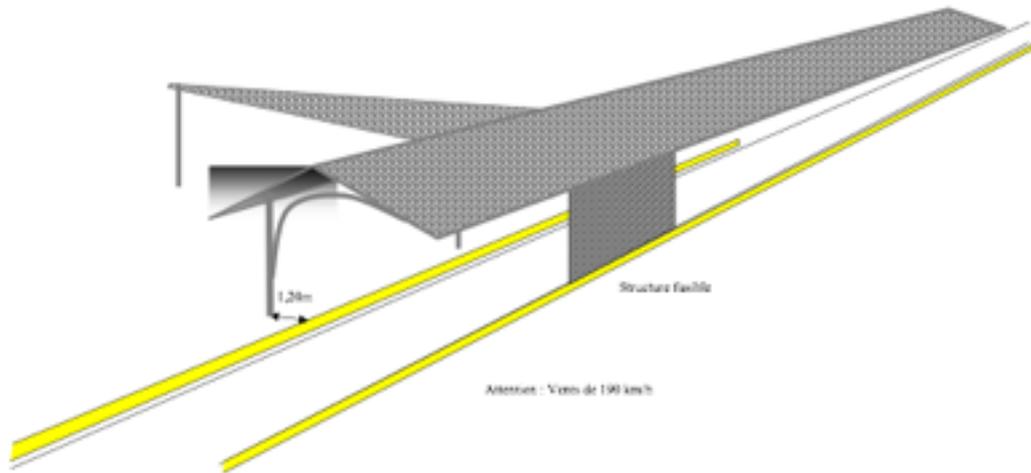
Le fichier contient :

- l'image en 320x240
- les méta-données EXIF (paramètres de la prise de vue)
- les méta-données XMP formatées avec des balises précisant la nature de la donnée (la consultation des méta-données applicatives doit être possible sans l'aide d'une notice) :
 - N° Chrono [entier modulo 1000000]
 - Jour de la semaine en clair
 - Date
 - Heure
 - Longueur [en mètres avec 2 décimales]
 - Vitrage
 - Hauteur
 - Nb Essieux
 - Comptage avec RAZ.

Messages d'alarme

Les alarmes seront définies à l'issues de la phase de qualification.

Esquisse Couverture



Conditions d'exécution de la phase 2

Dossier d'exécution

Le dossier d'exécution est soumis à l'agrément de l'administration avant réalisation. Il comprend les éléments suivants :

1 Schéma documentaire de référence

Le Schéma documentaire de référence permet aux acteurs du contrôle d'accès de comprendre l'architecture du dispositif et de disposer de références techniques

Le schéma est un document .ppt montrant :

- les éléments "secables" (la caméra / son coffret /sa fixation/ sa connectique ; l'analyseur / son écran-clavier / ses outils logiciels / sa connectique) avec la marque et le modèle de chaque élément
- les liens mécaniques, électriques et logiques entre tous les éléments secables, avec
 - la nature des signaux transportés
 - les formats des données/images échangées
 - la nature de la connectique
 - le sous-schéma des interfaces mécaniques montrant le cheminement des câbles.

2 Documentation

La documentation permet l'exploitation et la maintenance. Elles comprend, sous forme concise et précise :

- les fonctions assurées
- les alarmes disponibles
- une maquette de l'IHM (.ppt)
- un fichier .jpg maquette avec la photo et les méta-données associées.

Assurances

Il n'y a pas d'aire de stockage prévue par l'administration.

Le Titulaire est réputé avoir assuré leurs équipements jusqu'à la mise à disposition opérationnelle.

VABF – Vérification d'Aptitude au Bon Fonctionnement

La réception provisoire est prononcée globalement, après vérifications étalées sur des conditions de luminance différentes :

- Levé du soleil par beau temps
- Jour ensoleillé
- Pluie de jour
- Nuit avec éclairage
- Nuit sans éclairage
- Pluie de nuit.

Les véhicules analysés sont différents. Compte tenu du faible nombre de petits TC (qui sont en principe interdits), le Titulaire assure la location de 3 petits bus (avec chauffeur) de 3 tailles différentes (14, 16 et 21 places) pour les essais, avec le programme suivant :

- 3 passages de nuit, sans éclairage public
- 3 passages de nuit, avec éclairage public
- 3 passages au lever du soleil (jour ensoleillé)
- 3 passages à midi (jour ensoleillé)
- 3 passages par temps de pluie

Un camescope de contrôle visuel, avec commentaire parlé permet de quantifier le taux de détection.

La VABF ne pourra être prononcée qu'après validation des documentations diverses (en langue française), du dossier de maintenance et présentation du lot de maintenance.

Lot de maintenance

Le lot de maintenance comprend :

- Une caméra et son coffret/fixation
- Un rechange pour les éventuels dispositifs additionnels (projecteur infra-rouge, diodes émettrices,..)
- Le PC de maintenance (l'ordinateur analyseur qui a servi à l'expérimentation grandeur réelle).

VASR – Vérification d'Aptitude au Service Régulier

Après VABF, la réception définitive est prononcée à l'issue d'une période opérationnelle de 3 mois sans défaut majeur.

Pendant cette période, le prestataire prévoit la mise à disposition d'un technicien formé au dépannage, et susceptible d'intervenir dans les 8 heures ouvrables.

Garantie

La garantie commence à l'issue de la VASR. Elle est effectuée par une société, formée spécifiquement pour une remise en fonctionnement opérationnel dans les 8h ouvrables. La garantie se termine après 2 ans de fonctionnement opérationnel.

Propriété intellectuelle

Le Titulaire reste propriétaire des développements logiciels, le détecteur de TC étant considéré comme un produit commercial.

Cependant, le Titulaire ne pourra pas opposer à l'Etat les éventuels brevets pris pour le développement du dispositif, permettant ainsi à l'Etat de faire fabriquer par ailleurs des dispositifs semblables.