

96 MT 0045

EN-SC 95.23 C

**Système anti-projection de
gouttes d'eau issues de roues
des véhicules lourds par
temps de pluie :
Phase 2 : Préparation des
essais routiers significatifs**

LAURENT HANIQUE - PHILIPPE JAULIN

SERVICE AERODYNAMIQUE ET
ENVIRONNEMENT CLIMATIQUE

DOCUMENTATION

N° RMT 95018 (2)

DIRECTION DE LA RECHERCHE
ET DES AFFAIRES SCIENTIFIQUES
ET TECHNIQUES

CSTB

le futur en construction

EN-SC 95.23 C

**Système anti-projection de
gouttes d'eau issues de roues
des véhicules lourds par
temps de pluie :
Phase 2 : Préparation des
essais routiers significatifs**

Laurent HANIQUE - Philippe JAULIN

**SERVICE AERODYNAMIQUE ET
ENVIRONNEMENT CLIMATIQUE**

*Cette étude a été réalisée
à la demande du Ministère de l'Équipement, des Transports et du
Tourisme par la décision n° 94MT0045 en date du 20.12.94*



CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT
11 rue Henri Picherit, 44071 Nantes Cédex 03
Tél : 40.37.20.00, Fax : 40.37.20.60

Juin 1995

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	2
CHAPITRE I : QUANTIFICATION DES PULVERISATIONS	3
CHAPITRE 2 : QUANTIFICATION DES PULVERISATIONS.....	4
2.1 : But de la mesure.....	4
2.2 : Moyens mis en oeuvre	4
CHAPITRE 3 : QUANTIFICATION DES PULVERISATIONS.....	8
3.1 : Intérêt	8
3.2 : Traitement numérique de l'image principe	8
3.3 : Matériel utilisé	9
3.4 : Utilisation faite du traitement numérique de l'image.....	12
3.4.1 : Premier type de mesure envisagé : l'Histogramme.....	12
3.4.2 : Deuxième moyen de mesure : La cartographie.....	14
3.4.2 : Troisième type de mesure : Estimation de la surface bidimensionnelle des pulvérisations.....	16
3.5 : Conclusion	16
CHAPITRE 4 : QUANTIFICATION DES PULVERISATIONS.....	17
CONCLUSION	21
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	22

INTRODUCTION

La quantification des projections d'eau issues d'un véhicule de type poids lourd reposait jusqu'à il y a quelques années sur la mesure d'atténuation d'un faisceau laser résultant de la traversée d'un nuage de gouttelettes. Plus récemment est apparue un autre type de mesure, également non intrusive : la mesure par traitement numérique de l'image. Et si il a été tenté de quantifier les pulvérisations par une méthode ou par une autre, aucune comparaison entre elles n'a vraiment été poussée. Etant toutes deux complémentaires (nous le verrons plus loin), nous avons choisi pour nos expériences d'utiliser ces deux méthodes pour obtenir le maximum d'informations et pour établir des comparaisons objectives entre ces moyens d'essai.

Nous commencerons par détailler le but des manipulations et leur contexte. Ensuite, nous expliquerons les principes des mesures par atténuation laser, et celles par traitement numérique de l'image. Enfin, nous définirons l'avant-projet du processus d'essai, ainsi que la méthodologie expérimentale à suivre.

CHAPITRE I : QUANTIFICATION DES PULVERISATIONS

RAPPELS SUR LE CONTEXTE DES ESSAIS A REALISER

A l'issue de la phase 1, nous sommes arrivés à une liste de dispositifs anti-projection de référence à tester. La comparaison entre ceux-ci, et par la suite avec les systèmes développés au CSTB, doit être réalisée à l'aide de tests significatifs et réalistes pour lesquels les conditions d'essais doivent être rigoureusement similaires. Il est alors exclu de les effectuer sur route ouverte. Le choix d'une piste privée s'impose. De manière à assurer la répétitivité des mesures pour une même configuration d'essai, plusieurs acquisitions pourront être réalisées sur le même test. C'est pourquoi, la piste doit être rectiligne et d'une assez longue distance (il faut aussi prendre en compte l'amorçage du phénomène de pulvérisations). De plus, la pellicule d'eau sur la chaussée doit être la plus uniforme possible : cette piste doit donc être plane et bien entendu disposer d'un système d'ensemencement en eau sur une grande longueur.

Nous avons également vu dans la phase 1, qu'il était nécessaire de contrôler le vent (direction, intensité) extérieur. Bien entendu, sur site ouvert (contrairement aux essais en soufflerie) nous ne pourrions pas contrôler ce paramètre. Néanmoins, un système de mesure (anémométrie à hélice) sera implanté au voisinage de la section d'essai, et l'acquisition en temps réel du "paramètre vent" nous permettra de valider les essais (valables uniquement pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 5 km/h : symétrie des pulvérisations de part et d'autre du camion).

Parallèlement, la quantification des projections d'eau passant par des mesures optiques, nous nous efforcerons de réaliser les tests sous des conditions d'éclairage identiques (des luxmètres seront également disposés à proximité de la piste).

Les conditions d'essais seront vues plus en détail au chapitre 4. Nous allons pour l'instant nous pencher sur le moyen de mesure le plus utilisé par le passé : la mesure par atténuation d'un faisceau laser.

CHAPITRE 2 : QUANTIFICATION DES PULVERISATIONS

MESURE PAR ATTENUATION D'UN FAISCEAU LASER

2.1 : But de la mesure

Un faisceau laser doit exciter une cellule photo réceptrice. La tension mesurée à la sortie de celle-ci donne une mesure révélatrice de la lumière transmise. Si l'on place entre l'émetteur (laser) et le récepteur (cellule) des sources d'aérosol dont les densités optiques globales sont différentes, alors les signaux en sortie de la cellule seront différents. Ce moyen de mesure (ponctuel) nous permet donc d'effectuer des mesures quantitatives comparatives. C'est-à-dire que l'on ne quantifiera pas le degré d'acuité de visibilité du conducteur suiveur, mais que l'on pourra effectuer des mesures d'efficacité comparative entre dispositifs anti-projection en un point.

Remarque : Il est préférable dans ce genre de dispositif d'avoir pour la cellule, une plage de sensibilité linéaire, de manière à assurer la linéarité entre le signal de sortie et la quantité de lumière reçue.

2.2 : Moyens mis en oeuvre

Koppa [2] à la suite de ses travaux de recherche, décrit une méthode d'évaluation des projections d'eau issues des véhicules de type poids lourd. Nous allons adapter la configuration utilisée et éprouvée. En résumant les propos concernant l'instrumentation d'essai, il en ressort les points suivants.

Quatre couples : laser-cellule photo réceptrice ; sont utilisés. Emetteur et récepteur sont séparés d'une distance d'environ 150 m (pour moyenner sur quelques secondes et atteindre la pleine échelle du phénomène de pulvérisations). Les quatre installations sont placés respectivement comme sur la figure 2.1 Les faisceaux sont émis parallèlement au trajet du véhicule, de façon à ce que les nuages de projections s'interposent entre les lasers et les cellules.

Remarque : Si on suppose que le phénomène de projections est parfaitement symétrique de part et d'autre de la trajectoire du camion, on peut se contenter d'analyser uniquement un côté de ce dernier. Deux systèmes laser-cellule sont alors nécessaires. Comme nous associerons à ces même mesures des images vidéos que nous traiterons, nous utiliserons qu'un seul ensemble laser plus réception.

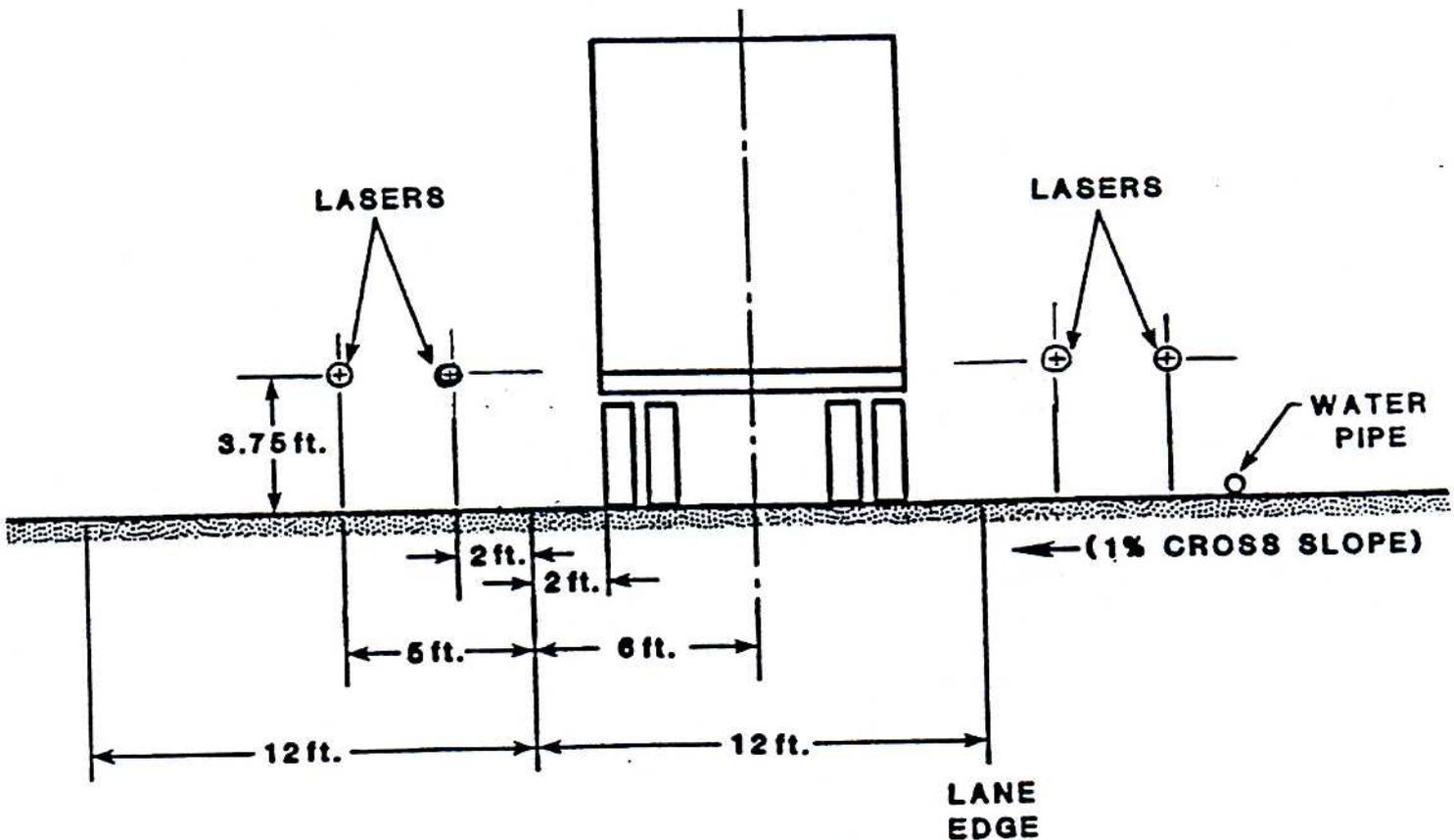


Figure 2.1 : Positionnement latéral du système laser-cellule par rapport au camion.

Le système optique que nous avons choisi est décrit sur le schéma suivant :

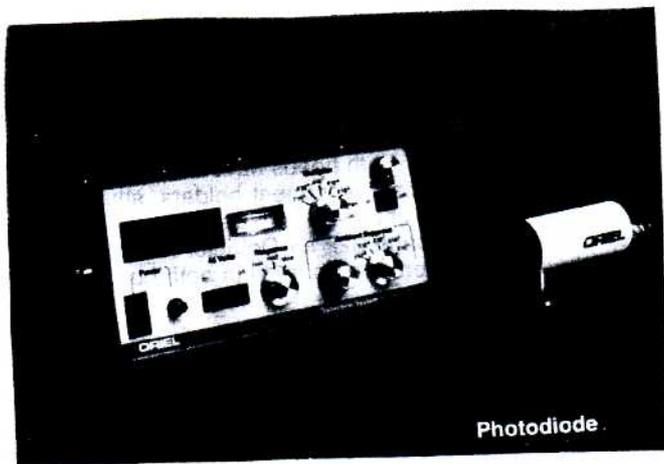


Figure 2.2 : Système optique retenu.

Le laser se branche sur le secteur EDF. La puissance de 5 mW a été choisie pour des questions de sécurité : une puissance en deçà provoquerait des problèmes de mesure (pas assez de lumière à la réception) et au-delà, il y aurait des risques pour les utilisateurs. Vu la divergence du laser et la distance entre émetteur et récepteur (environ 150 m), un système d'expandeur de faisceau est nécessaire. Celui-ci élargit le rayon à sa base mais diminue considérablement sa divergence, ce qui implique un faisceau de section quasi uniforme sur tout son trajet. L'optique et le filtre interférentiel permettent de ne récupérer et analyser que la longueur d'onde émise par le laser He/Ne (632,8 nm); ceci permet de

s'affranchir pour une bonne part de la lumière parasite extérieure susceptible de fausser la mesure. Cette information est analysée par un détecteur au silicium.

Koppa suggère de filtrer le signal de sortie du capteur. Le but du filtre, étant d'éliminer les variations que pourraient engendrer les grosses gouttes d'eau, et qui normalement ont un effet négligeable sur la visibilité. Il a utilisé pour sa part, un filtre passe-bas Butterworth du quatrième ordre, à 5 Hz; il jugeait qu'il se rapprochait ainsi des caractéristiques de l'oeil humain, au niveau de l'intégration des changements rapides de densité optique. Nous verrons plus tard lors des pré-essais, si ce filtre sera considéré ou non.

Pour des raisons évidentes, émetteurs et récepteurs doivent être placés dans des systèmes imperméables à l'eau. De même, les dispositifs de fixation doivent être résistants, et absorber l'énergie afin d'éviter tout déplacement intempestif dû aux mouvements d'air ou encore tremblements (causés par le passage du camion). Un système de réglage fin du laser (position) devra aussi être intégré.

Remarque : La linéarité de la réponse de la cellule silicium sera vérifiée par des tests préliminaires grâce à une multitude de filtres de densités optiques différentes.

En ce qui concerne l'acquisition en sortie de récepteur. La tension sera enregistrée à l'aide du logiciel Labview (les programmes précis sont décrits dans un autre rapport [5]). Deux déclenchements externes marqueront le début et la fin d'acquisition. Ils seront assurés par deux cellules photoélectriques placées perpendiculairement au déplacement du camion. Le signal alors enregistré sera sorti sous la forme de courbe graphique, comme ci-dessous :

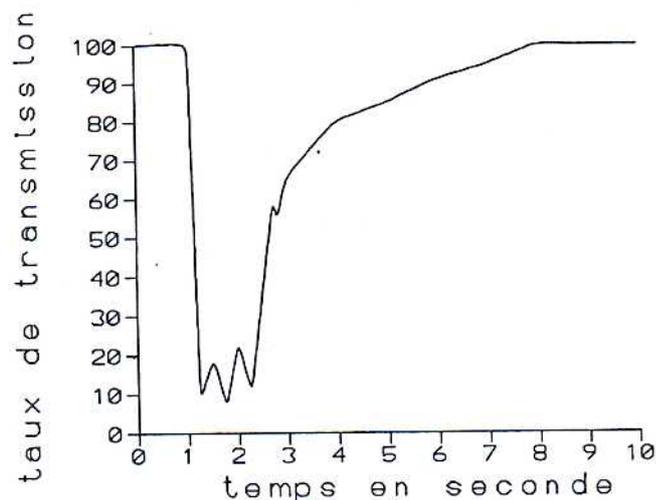


Figure 2.3 : Forme du signal de la mesure laser.

L'axe des abscisses représente le temps de passage dans la section d'essai (environ 150 m de long, à vitesse connue), et l'axe des ordonnées représente le pourcentage de lumière reçue au niveau du récepteur (0%=obscurité totale, 100%=lumière reçue sans aérosol sur le trajet optique). Ce genre de courbe, alliée au fichier de données mémorisé, nous permettra de comparer l'efficacité relative des différents systèmes anti-projections.

Le problème de ce genre de méthode, est qu'elle est très ponctuelle. D'où l'idée de se rapprocher d'une mesure plus globale, plus proche de la perception rétinienne, à savoir, la mesure par traitement d'image.

CHAPITRE 3 : QUANTIFICATION DES PULVERISATIONS

MESURES PAR TRAITEMENT D'IMAGES

3.1 : Intérêt

L'image statique ou dynamique telle qu'on la connaît, permet de figer sur un support que l'on peut conserver (photo, bande vidéo) des événements passés. L'aspect plan de l'image permet alors de remonter à des informations sur les formes et les tailles des phénomènes, ce qui complète l'information donnée par la mesure laser. De plus si l'on parvient à établir une corrélation entre la mesure par laser en un endroit donné de l'image et une mesure visuelle (niveau de luminosité...) à ce même endroit, alors l'image devient une mine de résultats, car plutôt que d'avoir une mesure ponctuelle, on peut remonter à une large surface. On en déduit alors le double intérêt que procure la mesure par traitement numérique de l'image.

Parallèlement aux travaux de Koppa [1], Scheltens & Luyombya [4] se sont penchés sur ce genre de mesure, concernant les nuages de pulvérisations engendrées par des véhicules de type poids lourd. Néanmoins, aucune étude comparative entre ces deux styles de mesure n'a été menée.

Avant d'aller plus loin dans la description du dispositif de mesure envisagé, revenons sur ce qu'est l'image et son traitement numérique.

3.2 : Traitement numérique de l'image principe

Une image est une fonction de la luminosité $f(x,y)$ où x et y représentent les coordonnées spatiales d'un point, et f sa brillance.

Dans le traitement digital de l'image, un système d'acquisition convertit l'image en une matrice de pixels (points), qui donne une localisation numérique et un niveau de gris en tout point (ceci dans notre cas d'application, car il est également possible d'acquérir et de traiter des images en vraies couleurs, de type RGB Chunky).

Les propriétés d'une image digitalisée sont définies par les paramètres suivants :

- Résolution horizontale et verticale : nombre de pixels le long de l'axe horizontal et de l'axe vertical,
- Définition (ou profondeur) : nombre de bits utilisés pour coder les valeurs de niveaux de gris (une profondeur de i bits permet de coder 2^i niveaux de gris),

L'image, une fois digitalisée se ramène à une immense matrice, sur laquelle on va appliquer des opérateurs matriciels ou non. Ceci dépend bien entendu de ce que l'on désire obtenir. Nous ne décrirons pas en détail ces opérations (elles sont nombreuses et leur diversité n'est limitée que par l'esprit de l'homme), mais il faut retenir qu'une suite logique d'applications spécifiques, permet de remonter à des informations précises, du style : dénombrement de particules avec critère de diamètre, détermination de la surface d'un objet, ...

Aussi, selon la nature d'une image, les traitements que l'on souhaite lui appliquer et la nature des analyses que l'on désire effectuer, il peut être intéressant de coder chaque pixel d'une image sur 8 bits, 16 bits ou en valeur flottante. Cela permet de travailler avec la dynamique nécessaire ou souhaitée. Si l'on effectue une analyse morphologique (surface, facteur d'élongation, ...) un codage sur 8 bits suffit largement, 1 seul bit serait même nécessaire. Par contre, si l'on désire obtenir une quantification très précise de luminescence sur une image ou une région d'une image, une précision sur 16 bits ou 32 bits flottant peut s'avérer nécessaire. Donc, en fonction de l'application que l'on en fait, le traitement numérique de l'image requiert parfois une grande place mémoire : facteur auquel il faut faire très attention.

3.3 : Matériel utilisé

Ceci nous amène à la description du matériel utilisé pour les essais comparatifs.

Un PC 486 DX2 66 MHz (16 Mo de RAM) pilote un magnétoscope SONY Hi8 EVO 9800 P et reçoit une information vidéo, ainsi que le temps codé. Le pilotage s'effectue par une carte au protocole RS-422 (9 broches, 38,4 kb/s). L'envoi de code spécifique permet de piloter ce genre de magnétoscope (avance/retour rapide, lecture, pause, shuttle, ...), en retour, le magnétoscope envoie des messages d'erreur ou de bon fonctionnement, mais également le temps codé, qui permet de repositionner parfaitement de manière temporelle une image d'un événement enregistré. Le temps codé se décompose en heure, minute, seconde et numéro d'image (25 images par seconde) [6].

Derrière le magnétoscope, sur une sortie (style BNC), on connecte un fil coaxial vidéo relié à une carte d'acquisition et de numérisation. Il s'agit, pour nous, d'une carte IMAGINA (société IMASYS) connectée sur le Vesa Local Bus. Cette carte permet d'exploiter 132 Mo/s de transfert théorique

sur 32 bits. Elle permet également d'enregistrer directement en mémoire centrale RAM une séquence d'images de plusieurs secondes à la cadence de 25 images/seconde au format 512x512 (pixels).

Le pilotage et l'acquisition après traitement numérique sont réalisés à l'aide des logiciels OPTILAB et LABVIEW. Le traitement de l'image enregistrée est permis grâce à des applications spécifiques développées et maîtrisées à l'heure actuelle et sur lesquelles nous reviendrons plus tard, lors de l'automatisation du traitement de l'image.

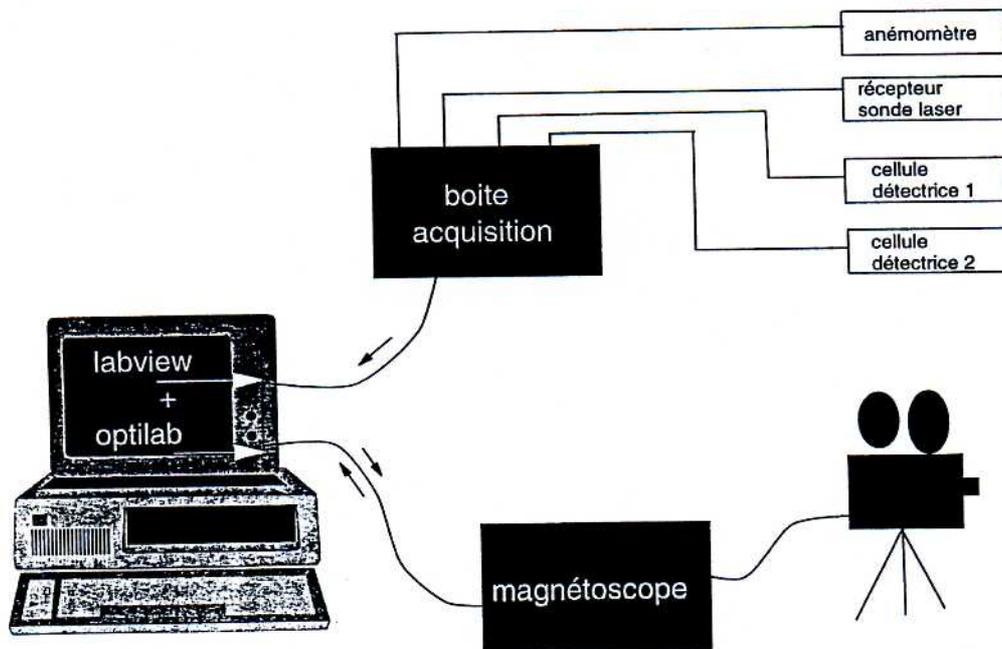


Figure 3.1 : Schéma du dispositif de mesure par traitement d'image, associé à l'acquisition des autres paramètres

Nous venons d'aborder le dispositif de post-traitement. Qu'en est-il de celui d'expérimentation ?

Nous allons reprendre dans les grandes lignes celui des expériences de Scheltens [4], que le schéma de la figure 3.2 détaille.

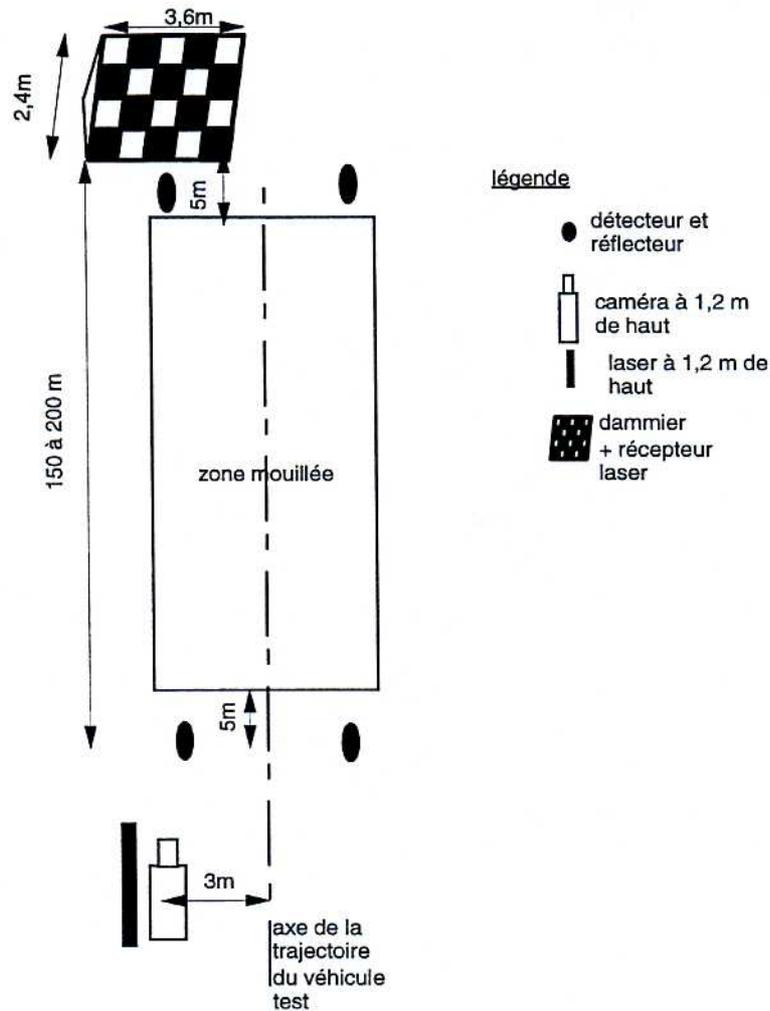


Figure 3.2 : Plan général de la zone de test que nous appliquerons

Comme on peut le voir sur cette figure, on utilise un échiquier géant dont les dimensions (provisoires) sont 3,6 m x 2,4 m, avec des carrés de 0,3 m x 0,3 m, peints alternativement en noir et blanc. Une caméra (un seul dispositif est utilisé, car on considère que le phénomène de pulvérisations est symétrique) est installée, comme pour les systèmes laser, sur des trépieds résistants aux vibrations engendrées par le passage du camion. Cette caméra a comme point de mire le panneau noir et blanc, qui servira de fond lors du traitement d'images.

Remarque : Du fait de l'angle d'ouverture de la caméra, si l'on veut assurer plusieurs mesures sur un même essai, le panneau ne devra pas prendre tout le champ de vision, il faudra alors ouvrir l'angle.

Connaissant la vitesse du camion, de façon à assurer la répétitivité dans l'extraction des images à traiter, il faut se donner une référence de temps initial d'enregistrement. Celle-ci est donnée par la cellule photoélectrique (témoin lumineux) placée juste devant la caméra; ce qui permet également de débiter la séquence d'enregistrement sous le sec et fournit une référence d'image des "panneaux de contrôle", image que l'on comparera à celles sous le mouillé, quand le camion sera dans la section d'essai, et que le phénomène de pulvérisations sera amorcé.

De même la fin d'enregistrement se fait par la seconde cellule, placée devant le panneau.

Remarque : Il est évident que l'enregistrement des paramètres vent et autres seront référencés en fonction de la séquence vidéo enregistrée (Film n°... ⇔ Fichier de données n°...).

Revenons maintenant sur les mesures que l'on désire réaliser. Nous avons vu précédemment que l'on se fixait un temps initial d'enregistrement. Donc, grâce au pilotage du magnétoscope (automatique), il est possible d'extraire, de numériser et d'analyser des images séparées de x images (sur le même "run") et ceci de manière répétitive sur tous les tests. L'idée est alors, pour un même run, d'effectuer plusieurs mesures identiques de manière à pouvoir moyenner, mais aussi comparer pour deux runs différents des mesures prises au même instant lors de l'avancée du camion.

En ce qui concerne les mesures mêmes : une première image sur sol sec est numérisée et analysée. Elle servira de référence pour les autres.

Remarque : Le nombre de mesure pour un même test, dépendra de la vitesse d'avance du camion, et du nombre de mesures que l'on souhaitera effectuer.

3.4 : Utilisation faite du traitement numérique de l'image

Nous allons observer trois types de mesure comparatives basées sur le traitement numérique de l'image, et qui sont toutes trois complémentaires.

3.4.1 : Premier type de mesure envisagé : l'Histogramme

Comme nous l'avons vu précédemment, dans notre cas d'application, la digitalisation d'image se fait en différents niveaux de gris (codée sur 8 bits : 256 niveaux de gris). La gamme de niveaux de gris s'étend de 0 à 255, 0 étant la valeur attribuée à la couleur noire, et 255 au blanc.

Analysons l'image de l'échiquier géant. L'histogramme* de celui-ci contient théoriquement deux pics, un correspondant au noir (0) et l'autre au blanc (255). Cependant des erreurs s'introduisent lors de l'acquisition, de la numérisation et de la restitution. Une grande partie du bruit perçu est dû à la réflexion de la lumière extérieure sur le noir, qui n'est pas uniforme sur tout le tableau. L'allure de

l'histogramme contient alors bien deux pics avec des valeurs dispersées et des variances relativement larges (figure 3.3).

* L'histogramme d'une image est une information essentielle dans le traitement des images. Il fournit une représentation graphique du contraste et de la brillance d'une image, et permet d'identifier ses principales composantes comme le fond, le bruit et les objets. L'analyse de l'histogramme permet de déterminer quelles fonctions de traitement sont les plus adaptées à l'amélioration de l'image.

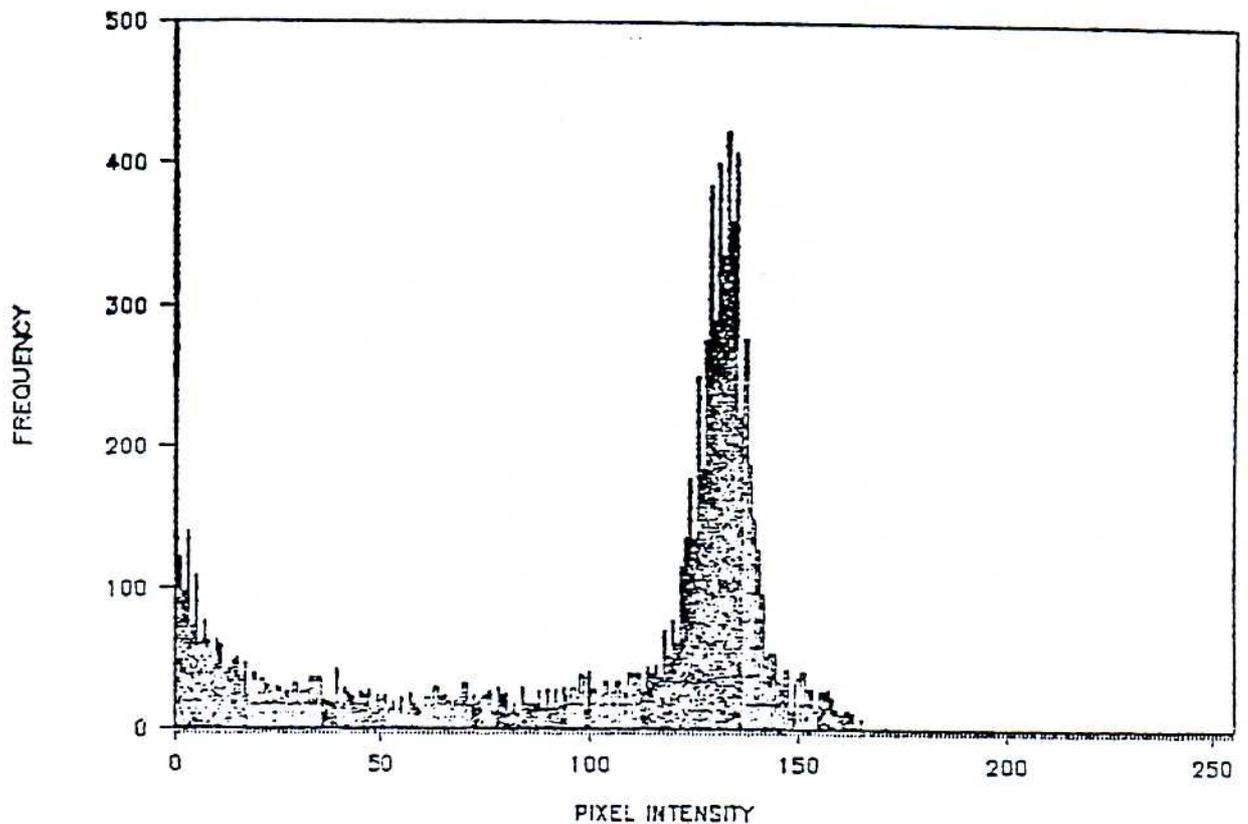


Figure 3.3 : Histogramme réel d'un damier noir et blanc.

Pour notre cas d'application, se fixant le fond, l'histogramme permet d'analyser de manière subjective la densité optique entre le damier et la caméra. Aussi, en plaçant un nuage de pulvérisations dans cette section d'essai, on obtient approximativement l'histogramme suivant (toujours sur le même fond).

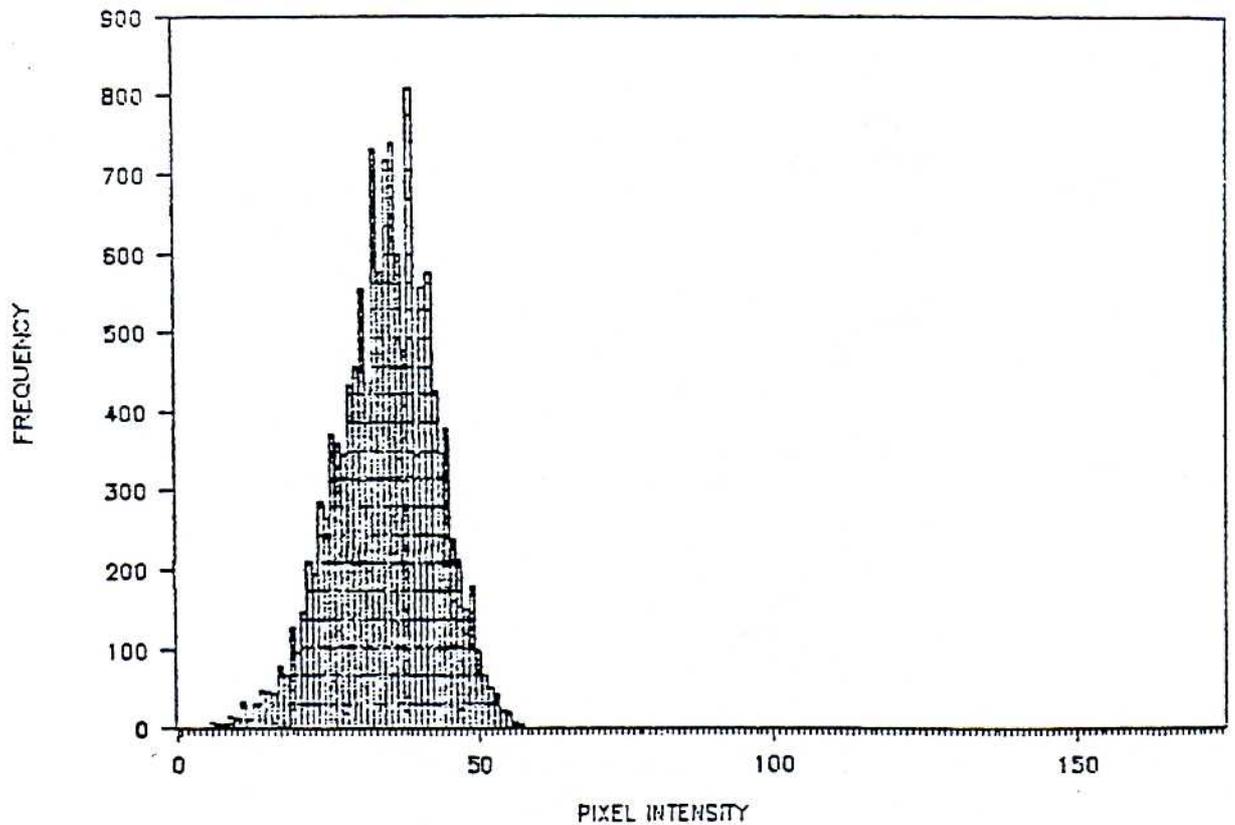


Figure 3.4 : Histogramme en présence de pulvérisations.

Il ne reste alors qu'un seul pic, ce qui s'explique par la perte d'information concernant le contraste entre les carrés blancs et les carrés noirs.

Remarque : Si la forme globale de l'histogramme reste la même, la valeur des pics et leur variance dépendent de la densité optique du spray.

On constate alors qu'avec ce genre de courbe, on peut comparer subjectivement deux essais distincts (systèmes anti-projection différents). D'où une première mesure comparative.

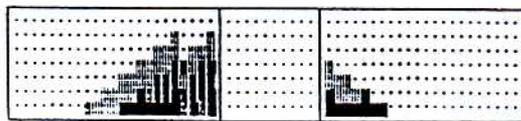
3.4.2 : Deuxième moyen de mesure : La cartographie

Celui-ci est inspiré des essais réalisés par Scheltens [4]. Il repose sur l'analyse des pixels de chaque carré blanc et noir. Une moyenne de la luminance des pixels de chaque carré est réalisée, carré auquel on attribue ensuite une valeur de niveau de gris uniforme, égale à cette moyenne.

Ayant toujours l'image de référence de l'échiquier (sans pulvérisations) en mémoire, pour chacun des 96 carreaux, on effectue l'opération suivante :

$$I = 100 \cdot \frac{(\text{Moyenne niveaux pixels du carreau avec spray}) - (\text{Moyenne niveaux pixels du carreau sans spray})}{(\text{Moyenne niveaux pixels du carreau sans spray})}$$

On peut dès lors aboutir à la cartographie schématique et à la classification suivantes (classification reprise sur Scheltens).



% AREA OF CHECKER BOARDS OBSCURED BY SPRAY:

MINIMAL SPRAY	LEFT - 45.90	RIGHT - 66.90
SLIGHT SPRAY	LEFT - 14.90	RIGHT - 21.50
MODERATE SPRAY	LEFT - 14.50	RIGHT - 4.10
DENSE SPRAY	LEFT - 11.60	RIGHT - .00
VERY DENSE SPRAY	LEFT - 11.00	RIGHT - 7.60

THE FIGURE OF MERIT FOR THE LEFT CHECKER-BOARD IS 30.59.
 THE FIGURE OF MERIT FOR THE RIGHT CHECKER-BOARD IS 19.05.
 THE FIGURE OF MERIT (SPRAY RATING) FOR THIS RUN IS 24.82.

Figure 3.5 : Cartographie schématique des nuages de projections.

Scheltens classe la densité des nuages de pulvérisations en 5 catégories :

Spray minime	$I > 80\%$
Spray faiblement significatif	$80\% \geq I > 60\%$
Spray modéré	$60\% \geq I > 40\%$
Spray dense	$40\% \geq I > 20\%$
Spray très dense	$20\% \geq I$

Ces classes vont permettre de comparer l'efficacité de plusieurs systèmes anti-projection. Encore une fois, ce genre de dépouillement est un moyen de mesure comparative entre deux systèmes anti-projections.

3.4.2 : Troisième type de mesure : Estimation de la surface bidimensionnelle des pulvérisations

Les deux premiers moyens de mesure analysent l'image plus au niveau de l'aspect de la luminance. Celui traité ici a pour but d'exploiter les informations importantes qu'apporte l'image, à savoir la reconnaissance de forme et le calcul de surface. A condition de connaître une échelle de longueur dans le plan étudié (on connaît la taille d'un carré), on peut remonter par traitement d'image aux calculs géométriques les plus simples dont le calcul de surface du nuage de gouttelettes d'eau.

Pour ce calcul, on soustrait dans un premier temps l'image du damier avec spray et celle sans spray. Après binarisation, on effectue une morphologie élémentaire avec labellisation, de manière à faire ressortir le nuage de pulvérisations (d'apparence uniforme). Et ensuite, on lance l'algorithme de calcul de surface du nuage, vu comme une grosse particule.

3.5 : Conclusion

A travers ces trois méthodes de mesure par traitement numérique de l'image, nous pouvons remonter à des mesures comparatives entre différents dispositifs anti-projections. Aussi, si ce style de mesure semble moins objectif que celui par atténuation du faisceau laser, il a néanmoins l'avantage d'être plus globale et de donner des informations complémentaires sur les formes et les tailles. A la fin des tests prévus, nous pourrions de manière plus objective, établir des comparaisons entre ces deux moyens de mesure, non intrusifs.

Il convient maintenant de synthétiser les paramètres importants à prendre en compte (à mesurer lors des tests), et d'établir les procédures d'essai, méthodiquement et chronologiquement.

CHAPITRE 4 : QUANTIFICATION DES PULVERISATIONS

PROCEDURES D'ESSAI

De manière à valider la répétitivité des essais entre les différents dispositifs anti-projection, il convient de faire attention aux paramètres suivants, qui peuvent avoir une influence importante sur les phénomènes de pulvérisations eux-mêmes, ainsi que sur leur mesure.

Vitesse et direction du vent

Dans le rapport concernant la phase 1 de ce programme, il est dit que les pulvérisations sont composées de micro-gouttelettes très légères dont les trajectoires sont largement influencées par le champ aérodynamique externe. De ce fait, un vent relativement fort de direction quelconque, modifiera l'évolution spatiale des nuages de projections d'eau; il se peut de plus, que ce vent empêche le système anti-projection de jouer son rôle (cas d'un vent violent de côté).

Donc, dans un souci de mesure (on a supposé pour nos systèmes de mesure que les phénomènes étaient symétriques) mais aussi d'action des dispositifs, la vitesse et la direction du vent extérieur seront mesurées et analysées. Pour ce faire, un anémomètre à hélice sera disposé à proximité de la piste d'essai. L'acquisition des mesures à la fréquence de 10 Hz (intensité et direction) sera déclenchée suivant le principe des mesures laser et de l'enregistrement vidéo (cellules photoélectriques). L'acquisition de ces paramètres sera groupée.

Si la vitesse moyenne enregistrée au cours de la séquence ne dépasse pas 5 km/h (pour toutes directions), celle-ci sera considérée comme recevable. En effet, Koppa [2] et Scheltens [4] considèrent tous deux que des vents d'intensité moyenne inférieure à 5 km/h n'ont aucune influence sur les mesures des pulvérisations.

Vitesse d'avance du véhicule

Si l'on se réfère à l'analyse bibliographique de la phase 1 [7], Maycock [3] avait trouvé que l'intensité I du brouillard d'eau derrière le camion augmentait comme la puissance 2,8 de la vitesse. De même, les mesures de Scheltens montrent qu'une accélération d'environ 15 km/h implique une augmentation de I de 36% [4].

Pour ces raisons, la vitesse d'avance du véhicule testé doit être soigneusement contrôlée de façon à éviter d'importantes variations dans les tests similaires. Le conducteur sera seul juge de la constance de la vitesse au cours d'une acquisition. Nous pourrions vérifier la vitesse moyenne grâce aux deux tops des cellules photoélectriques, espacées d'une distance connue.

Remarque : Des mesures comparatives pourront être réalisées à différentes vitesses, mais pour chaque test la vitesse devra être la plus constante possible. Les vitesses envisagées sont 50 km/h, 70 km/h, 90 km/h, 110 km/h.

Lumière ambiante

Si pour les mesures laser, on peut s'affranchir de ce facteur par la présence d'un filtre interférentiel réglé à la longueur d'onde du laser, il n'en est pas de même pour la mesure par traitement d'image. Comme dans ce cas, la quantification des pulvérisations s'effectue par la mesure des changements de contraste, la lumière extérieure en fonction de son intensité et de son orientation, peut générer des différences de contraste plus importante (réverbérations sur les micro-particules) et de ce fait, fausser les mesures.

Jusque là, il n'a pas été fait d'étude de quantification de l'influence de la lumière ambiante sur les divergences des résultats. Aussi, pour s'affranchir de ce paramètre, nous nous contenterons d'effectuer les essais dans des conditions similaires d'éclairage extérieur. Pour ce faire, les tests devront être réalisés sur plusieurs jours dans des plages horaires identiques et sous un ensoleillement relativement identique (celui-ci sera mesuré à l'aide de luxmètres portatifs).

Remarque : Lors d'une journée trop différemment ensoleillée, on reportera l'essai.

Erreurs de digitalisation intrinsèques à la mesure

Ceci ne concerne que la mesure par traitement d'image. Des erreurs lors de la digitalisation d'images peuvent affecter la mesure. La première source d'erreur provient du centrage de l'image qui doit être identique tout au long des essais. Pour ceci, on fera confiance, après calage initial, à l'immobilité des réglages optiques et du trépied de fixation de caméra.

Longueur de chaussée mouillée

La longueur de chaussée mouillée parcourue par le camion, avant que celui-ci n'arrive dans l'aire de mesure, a une grande importance. En effet, la création du phénomène de pulvérisations connaît une importante inertie (non quantifiée). L'idée consiste alors, avant un essai, de mouiller le camion le plus possible au niveau des passages de roue et du châssis; ainsi, le temps de réponse du phénomène se verra diminuer.

□ Uniformité de l'épaisseur d'eau sur la chaussée

Comme on a pu le voir dans l'analyse bibliographique de la phase 1 [7], l'épaisseur et l'uniformité de la lame d'eau sur la chaussée est un paramètre non négligeable dans l'intensité des brouillards d'eau. Ne pouvant contrôler quantitativement l'épaisseur d'eau, la répétitivité des essais sera assurée par une procédure d'arrosage identique avant chaque acquisition.

□ Les pneumatiques

Encore une fois, la phase 1 met en relief le fait que les projections (tailles de gouttes et quantité) dépendent fortement de la forme du pneumatique générateur. Aussi, pour les essais comparatifs, on se contentera de tester les dispositifs avec une monture de pneumatiques identique.

□ Position du véhicule par rapport à un axe de référence

Les dispositifs de mesure ont été envisagés en considérant que les phénomènes de projections d'eau étaient symétriques. Aussi, pour des mesures comparatives, l'axe de la trajectoire du camion par rapport au panneau et aux cellules photo réceptrices devra être rigoureusement le même pour tous les runs. Le conducteur du poids lourd devra alors suivre un axe fictif (point de mire et repère au sol avant la zone de mesure).

Nous venons de lister des paramètres ayant une incidence importante dans la génération et la mesure des projections d'eau. Nous pouvons maintenant établir (de manière provisoire) la procédure d'essai des dispositifs anti-projection.

La figure 3.2 montre l'implantation des moyens d'essai.

Remarque : Les distances inscrites sur ces schémas ne sont que des ordres de grandeur. Des modifications risquent d'être faites au cours des essais.

Les différents dispositifs anti-projections décrits à la fin de la phase 1 [7] seront testés consécutivement (le programme définitif sera connu plus tard). Les acquisitions des mesures vent, laser et les enregistrements vidéo seront dépouillés, puis analysés par la suite.

Pour reprendre une séquence d'essai (ou run) : Positionnement du camion, puis montée en vitesse. Le camion entre dans une zone non mouillée, passant devant une première cellule photoélectrique. Ceci déclenche le début de l'acquisition des paramètres vent et des mesures laser; ainsi que l'enregistrement vidéo. Cette première étape nous donne alors des informations quant à la validité de l'essai (vitesse vent) et les états de référence (ainsi que l'instant) pour les mesures laser et la vidéo.

Ensuite, le camion évolue dans le section d'essai zone mouillée (après laser et caméra). Compte tenu du temps d'amorçage du phénomène de pulvérisations (étude comparative faite en régime établi), de l'image

vue au travers de la caméra (damier centré), tout en tenant compte de l'angle d'ouverture, il est clair que les mesures réalisées dans les premiers mètres, ne peuvent être significatives. Nous nous contenterons d'exploiter les mesures prises dans une zone d'environ 50 m en amont du panneau de contrôle (cette distance est, elle aussi, susceptible d'être modifiée).

Aussi, quelques mètres avant ce panneau, le camion traverse une autre cellule photoélectrique, qui a pour rôle d'arrêter les acquisitions vent et laser, ainsi que l'enregistrement sur bande vidéo.

Le panneau de contrôle, placé juste en dehors de la zone mouillée, est celui décrit au chapitre 3 de plus, dans deux parties noires précises, deux trous permettent de placer le récepteur au Silicium destiné aux mesures par atténuation laser.

Remarque :

- le récepteur ne sera pas placé dans un carreau blanc, de manière à éviter des problèmes de détermination de contraste dans les mesures par traitement d'image.
- Avant une série d'essais, un étalonnage du récepteur à l'aide de filtre sera réalisé ainsi qu'une mesure de l'éclairement total (luxmètre).

Les programmes d'acquisition des paramètres vent (intensité, direction), mesures laser et les modules d'analyse et traitement d'image spécifiquement développés pour cette application, sont détaillés dans d'autres rapports [5 et 6].

CONCLUSION

Nous venons d'étudier au cours des chapitres 2 et 3, deux moyens de mesure optique, destinés à la quantification des pulvérisations d'eau. Si le premier : mesure par atténuation d'un faisceau laser, est bien connu, et nous servira de dispositif de mesure étalon; le second, très récent dans son principe, nous laisse envisager des résultats plus complets. En effet, la mesure par traitement d'images nous donne une information plus globale que la mesure laser; de plus, elle permet de remonter à des informations sur les formes (aspect bidimensionnel) et également sur des mesures géométriques telle que la mesure de surface.

Ces deux moyens de mesure complémentaires seront utilisés lors des essais comparatifs; ceci dans le but d'avoir un maximum d'informations tant optiques que géométriques, lors de l'analyse sur l'efficacité des dispositifs anti-projection.

La validité des tests comparatifs dépend de la répétitivité des conditions d'essai, donc du contrôle et de la maîtrise de certains paramètres listés au chapitre 4 : vent, vitesse du véhicule, éclairage extérieur,...

Lors des différents runs, des contrôles quantitatifs ou subjectifs de certains de ces paramètres seront réalisés. La procédure d'essai plus ou moins détaillée dans le chapitre 4 servira de support, mais sera optimisée sur site avant les véritables premiers runs.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Koppa R. and Pendleton O. , 1987
"Splash and spray test results"
SAE Technical Paper 872279.
- [2] Koppa Roger and all., 1990
"Development of a recommended practice for heavy truck splash and spray evaluation"
Technical Report, Project RF7143, MVMA Agrrement TTI 9004-C0131, Motor Vehicle
Manufacturers Association of the United States, Inc.
- [3] Maycock G., 1966
"The problem of water thrown up by vehicles on wet roads"
Transportation and Road Research Lab., TRRL Rept. No. 4.
- [4] Scheltens Jim and Luyombya A. and all., 1987
"Spray cloud measurement system based on computer analysis of video images"
SAE Technical Paper 872277.
- [5] Baudoin de Vaucresson, 1995
"programme PREDIT"
Rapport CSTB EN-SC 95-15 R. En cours de publication
- [6] Baudoin de Vaucresson
"Système de mesure par traitement d'image des pulvérisations d'eau issues d'un véhicule
poids lourd"
Rapport CSTB EN-SC 95-2 R
- [7] Laurent Hanique - Philippe Jaulin
"Système anti-projection de gouttes d'eau issues de roues de véhicules lourds par temps de
pluie".
Phase 1 : Etude bibliographique et synthèse précisant les configurations et les dispositifs à
tester"
Rapport CSTB EN-SC 95-22 C

**AERODYNAMIQUE ET
ENVIRONNEMENT
CLIMATIQUE
A.E.C.**

Jacques GANDEMER

ORGANIGRAMME

Mission R&D
Jacques GANDEMER

Soufflerie Climatique

Guy BARNAUD

Valérie TALBOT

Marc DUFRESNE DE VIREL
Henri MAILLE
Pierre PALIER
James VILLAIN

Hervé BREBION
Jeap-Pierre NOSSENT
Laurent PESCHE
Yvan QUEVEAU
Olivier VIAU

Environnement et Charges
Aérodynamiques

Gérard GRILLAUD

Mylène RISGALLAH

Christian BARRE
Olivier FLAMAND

Henri ALAIME
Jocelyne BERTHAUD
Joël DALHER
Jean-Pierre LOCATELLI
Jacky MARY
Claude ORTION

Climatologie

Christian SACRE

Valérie ALLAIN

Didier DELAUNAY
Jean-Paul FLORI

Yves TETARD
Bernard SALAÛN

Chefs de division

Secrétaires

Ingénieurs d'études

Equipes Techniques