

CAMTECH
Consultants inc.

MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC

Dossier # 1430-99-QZ02

ÉTUDE SUR LE BRUIT DES FREINS MOTEUR
PAR COMPRESSION

Jean Grandbois, ing.

CANQ
ACE
1398

Octobre 1999

1. INTRODUCTION

Dans le cadre de la problématique du freinage des véhicules lourds qui est particulièrement d'actualité, le ministère des Transports du Québec (MTQ) cherche à favoriser l'utilisation de freins auxiliaires afin d'augmenter la sécurité sur les chemins publics. Parmi les systèmes de freins auxiliaires, le frein moteur de type "Jacob" est le plus populaire au Québec. Cependant, celui-ci, à cause de son principe de fonctionnement décrit dans la prochaine section, produit un niveau sonore assez élevé qui importune les habitants des quartiers ou rues où les freins moteur sont utilisés. Les municipalités ont donc demandé au MTQ de réglementer l'utilisation des freins moteurs à l'intérieur des limites de leurs villes.

Afin de disposer de données pouvant permettre de prendre une décision, le Service de la sécurité en transport routier et ferroviaire du MTQ a donc mandaté la firme Camtech Consultants inc. pour effectuer une étude sur les freins moteur et principalement sur leur niveau sonore. Plus spécifiquement, les objectifs recherchés sont les suivants:

- Inventorier et caractériser les différents équipements disponibles (moteur, frein moteur, silencieux, etc.);
- Procéder à des essais contrôlés pour mesurer le niveau de bruit de deux configurations de véhicules typiques;
- Effectuer des mesures de bruit sur une route où les véhicules lourds doivent utiliser leur frein moteur, en prenant les caractéristiques des véhicules;
- Traitement des différentes données, analyse et constatations.

Ce rapport est divisé selon les sections suivantes: description du frein moteur et des équipements, les essais en milieu contrôlé, la prise de mesures en milieu réel, la discussion et la conclusion. Les personnes suivantes ont participé à l'étude: MM. Jean Grandbois, ing., chargé de projet, Éthelbert Pelletier, ing., Li Cheng, ing. Ph.D. et Philippe Aubert Gauthier, étudiant en génie mécanique. Le responsable du projet au ministère des Transports du Québec était M. Mario Bussièrès.

2. PROBLÉMATIQUE ET FONCTIONNEMENT DU FREIN MOTEUR

2.1 Le frein moteur

Le frein moteur de type "Jacob" est un frein moteur qui fonctionne sur le principe de se servir du moteur comme compresseur en modifiant le temps d'ouverture des valves d'échappement du moteur. Il est appelé en anglais "*engine brake*". Le principe est le suivant. Dans un moteur à quatre temps, chaque cylindre produit du travail à toutes les deux révolutions du vilebrequin. Les quatre cycles sont les suivants:

Étude sur le bruit des freins moteur par compression

1. L'air frais est introduite dans le cylindre par les soupapes d'admission (cycle avec piston descendant, valve d'admission ouverte);
2. Le deuxième cycle comprime fortement l'air frais admis dans le cylindre (piston ascendant, valves fermées);
3. Explosion et expansion des gaz brûlés dans le cylindre (piston descendant, valves fermées);
4. Échappement des gaz brûlés (piston ascendant, valve d'échappement ouverte).

Lors d'une décélération avec le frein moteur qui bloque l'injection de carburant, il n'y a pas d'explosion dans le cycle 3 mais l'air comprimé repousse tout de même le cylindre vers le bas et produit un travail équivalent à celui demandé pour le comprimer. Le frein moteur de type Jacob provoque l'ouverture des soupapes d'échappement environ 30 degrés avant la fin du cycle de compression (cycle 2), évitant ainsi que l'air comprimé repousse le piston. L'air s'échappe plutôt à haute vitesse dans le système d'échappement avant le cycle de décompression. C'est cet échappement d'air à très haute vitesse qui provoque le bruit caractéristique des freins moteur.

Ce type de frein moteur, qui contrôle l'ouverture des soupapes, est manufacturé par les compagnies Jacob (Jake brake), Cummins (C Brake) et Mack (Dynatar). La compagnie Jacob contrôle effectivement environ 100 % du marché, puisqu'elle produit le "C Brake" et que la grande majorité des camions Mack sont maintenant équipés d'un Jake Brake à cause du peu d'efficacité du Dynatar.

Ce type de frein auxiliaire est quelquefois confondu avec le frein installé sur l'échappement du moteur, ou "*exhaust brake*", qui a comme principe de restreindre la sortie des échappements du moteur mais sur la ligne d'échappement, à l'aide d'une valve qui diminue la section libre du tuyau d'échappement.

Il faut préciser que sur les moteurs modernes, les deux systèmes sont de plus en plus souvent utilisés ensemble afin d'augmenter la performance de ralentissement des moteur.

2.2 Les moteurs et silencieux

Le marché des moteurs est divisé entre trois grands joueurs qui contrôlent plus de 90 % du marché des moteurs pour les camions de classe 8. Il faut se rappeler que pour les véhicules lourds, la marque du camion se réfère à son châssis et sa cabine. Tous les organes mécaniques sont commandés spécifiquement et un camion Freightliner peut avoir les mêmes moteur, transmission, différentiels, essieux, suspensions, boîtier de direction, etc. qu'un camion International. Le tableau ci-dessous résume les fabricants de moteur avec leurs modèles récents ou plus anciens, ainsi que leur part de marché respective au Québec pour les camion de classe 8, ayant habituellement un moteur de 300 forces ou plus (350 forces en moyenne).

Schéma 1: Moteurs et part de marché

Marque:	Cummins	Caterpillar	Detroit	Mack	Volvo
Modèle récents:	N-14 ISM - M11	C-12 3406B - C	série 60 11.4 série 60 12.7	ETAZ-673, 674, 675	VE-12
Modèles anciens:	NTC L10	3176T 3208	6V-92 8V-71 8V-92	E6 E7 E9	---
Part de marché en 1999:	34 %	31 %	26 %	6 %	2 %
Part approx. de marché en 1991:	44 %	40 %	10 % <i>AUTOCAM</i>	6 %	---

Le marché des silencieux se divise entre les silencieux d'origine (de la marque du camion) et les silencieux de remplacement. Trois compagnies se partagent ce deuxième marché: Nelson, Walker et Donalson. Chacune de ces trois compagnies a un produit équivalent à celui d'un silencieux d'origine ainsi qu'aux silencieux des deux autres compagnies. Les produits sont donc très semblables. De plus, il est probable que les silencieux d'origine sont aussi fabriqués en sous-traitance par ces mêmes trois compagnies. Étant donné ces faits, nous n'avons pas accordé d'importance à la marque de silencieux durant les mesures pour cette étude. Par contre, le nombre de silencieux, leur dimensions, leur emplacement et la direction de la sortie des échappements ont été notés et analysés.

On doit noter qu'un équipement optionnel au niveau de la ligne d'échappement, le résonateur, est très peu utilisé dans le domaine des véhicules lourds à moteur diesel. Cet équipement permettrait de diminuer le bruit d'environ 3 à 4 dBA. Il est disponible pour tous les types de moteurs auprès des fournisseurs habituels et cet équipement est fabriqué par les mêmes compagnies que les silencieux.

2.3 Le bruit

Le niveau de bruit est donné de la manière suivante. Lorsqu'on mesure un son acoustique, l'instrument de mesure est linéaire et le niveau sonore est donné en dB, qui est l'unité de mesure. Le sonomètre mesure ainsi toutes les fréquences en proportion égale. Cependant, comme cet instrument est souvent employé pour chiffrer l'intensité du son telle que l'oreille humaine la reçoit, il est nécessaire de lui donner des caractéristiques semblables à celles de l'oreille. Utilisant des filtres électriques intégrés dans le sonomètre, on réalise cette tâche en pondérant les mesures selon la sensibilité de l'oreille humaine aux diverses fréquences. Parmi les différentes pondérations, celle qui est la plus souvent utilisée est la pondération A. La courbe de pondération correspond sensiblement à la courbe de réponse de l'oreille à faible intensité. Le niveau de bruit ainsi obtenu est chiffré en dBA, dont l'échelle est logarithmique. Cela entraîne plusieurs particularités qu'on peut résumer en disant qu'une augmentation de 10 dBA double le bruit perçu par l'oreille humaine. Ainsi, un bruit de 90 dBA est perçu 8 fois plus fort que celui à 60 dBA.

Au niveau de la recherche bibliographique, des recherches ont été effectuées à la bibliothèque de l'université Laval par le professeur de vibration mais aucun résultat n'a été obtenu. C'est le même constat pour les recherches sur le réseau Internet. Seul un document sur une nouvelle sorte de silencieux spécialement conçu pour réduire le bruit du frein moteur a été trouvé. Le document est en annexe. Le standard SAE pour mesurer le niveau sonore extérieur pour les camions lourds ainsi que le règlement sur l'émission de bruit (norme 1106 de la loi sur la sécurité automobile, Transport Canada) sont eux aussi en annexe. La norme au Canada pour le niveau sonore extérieur d'un camion lourd équipé d'un moteur de plus de 150 kW est de 84 dBA, à moins que le véhicule ne soit soumis à l'essai d'émission de bruit à basse vitesse prévu à l'article 205.54-1 du *Code of Federal Regulations (USA)* pour lequel cas la norme est de 80 dBA. Ces valeurs sont obtenues après soustraction d'une valeur de 2dBA du niveau sonore moyen le plus élevé. Il faut préciser que ces normes sont écrites en fonction d'un véhicule en accélération et non pas pour évaluer le bruit d'un frein moteur lors d'un ralentissement. La valeur de 83 dBA est aussi souvent utilisée dans l'industrie puisque c'était la valeur de l'ancienne réglementation aux États-Unis.

3. ESSAIS EN MILIEU CONTRÔLÉ

3.1 Description

Les essais en milieu contrôlé ont été effectués au Centre de formation en transport de Charlesbourg le 1^{er} septembre 1999. Une portion de route à accès contrôlé, située à l'arrière des bâtiments du Centre et donc à l'écart des bruits divers, a été utilisée. Les véhicules arrivaient à une vitesse choisie en fonction du régime maximal du moteur et des ratio de la transmission. Cette vitesse permettait au conducteur de rouler au maximum dans le rapport choisi afin de toujours arriver à la même vitesse avec ce véhicule. L'accélérateur était relâché toujours au même endroit avec le frein moteur activé à sa position maximale (sur les 6 cylindres). Les mesures de bruit étaient prises principalement d'un endroit situé à 15 m du centre du véhicule mais des mesures à différentes positions et hauteurs ont aussi été prises pour évaluer l'influence de ces facteurs. Le schéma # 2 à la page suivante décrit bien les différentes positions de mesures. Le niveau sonore était mesuré avec un sonomètre de marque Brüel & Kjoer de type 2209. Le calibre, de même marque, était de type 4230, de 94 dB -1000 Hz.

Les essais ont été effectués avec trois véhicules différents pour quatre séries d'essais. Ces véhicules ont été choisis en fonction de leur représentativité pour les deux véhicules types les plus problématiques, soient le tracteur forestier et le camion à benne basculante.

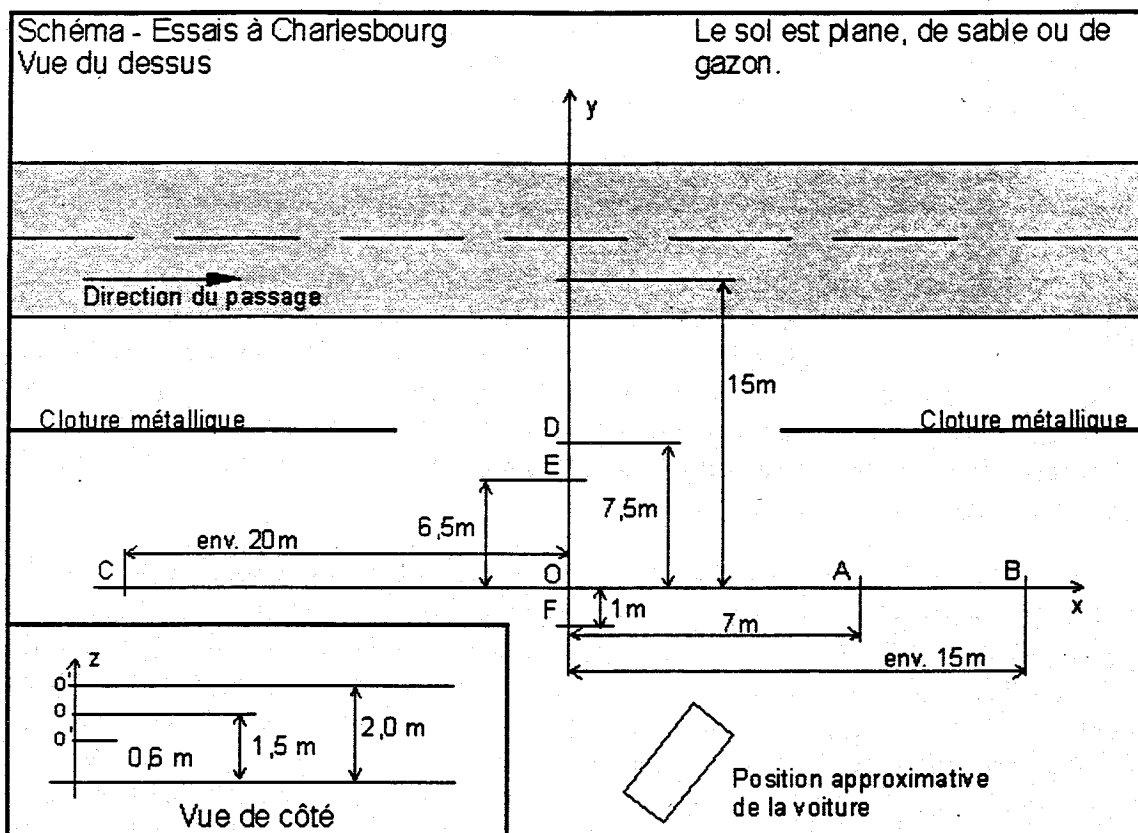
- un tracteur Western Star 1998 équipé d'un moteur Caterpillar 3406 de 475 hp tirant une semi-remorque dont le chargement donnait des charges axiales équivalentes à la période de dégel (camion A);

Étude sur le bruit des freins moteur par compression

- un tracteur Volvo 1997 équipé d'un moteur Detroit série 60 11.1 L de 350 hp avec la même semi-remorque (camion B);
- un camion porteur International 1992 équipé d'un moteur Cummins L10 de 300 hp avec une benne basculante vide (camion C);
- le même camion porteur avec la benne basculante pleine.

La description de ces camions est en annexe.

Schéma 2: Site des essais en milieu contrôlé (Centre de formation en transport)



3.2 Résultats

Les essais avec le camion A (Caterpillar 3406) ont démontré une très bonne répétitivité. La valeur moyenne mesuré sans ralenti était de 77 dBA et de 82 dBA avec celui-ci. On parle donc d'une augmentation de 5 dBA. Cependant, cette augmentation n'est pas due seulement au frein moteur. Pour ce moteur, le ventilateur du moteur se met en marche automatiquement lors de l'enclenchement du frein moteur et le ventilateur est plus bruyant que le frein moteur. Globalement, les valeurs sont acceptables pour ce camion.

Étude sur le bruit des freins moteur par compression

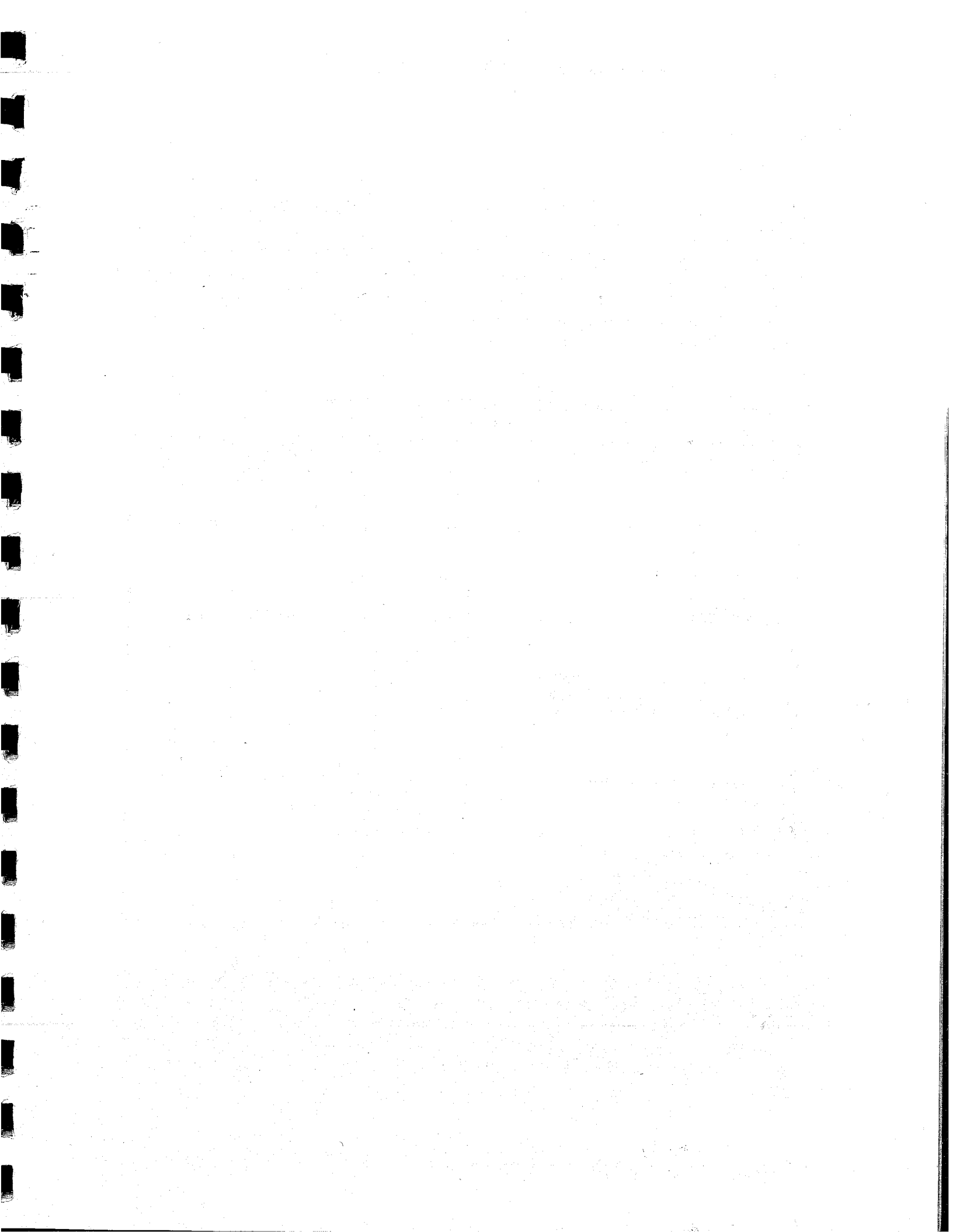
On a aussi vérifié pour ce camion le niveau sonore à la mi-distance. Théoriquement, le niveau sonore devrait augmenter de 6 dB. Les mesures obtenues étaient de 89 dBA (pour une augmentation de 7), ce qui correspond assez bien avec la théorie. Ceci nous permet aussi de constater l'importance de la distance entre la source de bruit et l'observateur ou l'appareil de mesure. Cela veut dire que les habitants des maisons placées très près des routes (moins de 9 m) peuvent en effet subir un bruit assez important au passage de véhicules lourds qui se servent de leur frein moteur.

Les essais avec le camion B (Detroit série 60) ont aussi démontré une très bonne répétitivité. La valeur moyenne mesurée sans ralenti était de 75 dBA et de 85 dBA avec celui-ci. On parle donc d'une augmentation de 10 dBA. C'est le double du camion A et on doit avouer que, subjectivement, c'est aussi la sensation d'un observateur. Le moteur Detroit est beaucoup plus bruyant avec le ralenti en fonction, en plus d'avoir un bruit plus "perceptible" à l'oreille humaine. La mesure du bruit à la demi distance a aussi donné une augmentation de 7 dBA, à 92 dBA.

Le camion porteur sans chargement avec le moteur Cummins L10 (camion C) a donné des résultats surprenants. Le niveau sonore de 78 dBA ne change pas avec ou sans le ralenti. La comparaison avec la demi distance a donné une augmentation de 6 dBA, exactement en conformité avec la théorie. Toutes ces mesures ont été reprises une deuxième fois et une valeur semblable a été obtenue dans chaque cas. Le niveau sonore observé est faible et s'explique en bonne partie par le faible effort demandé au moteur (le camion est vide) et par le fait que le ventilateur du moteur ne se mettait pas en fonction (électronique plus ancienne et pas de charge au moteur pour qu'il chauffe). L'absence de chargement explique possiblement en partie qu'il n'y ait pas de différence notable de niveau sonore avec ou sans ralenti.

Les essais avec le camion D (Cummins L10, camion C chargé) n'ont pas affiché la même répétitivité que pour les trois précédents. Les mesures sans ralenti ont été consistantes à 79 dBA mais celles avec ralenti ont été de 85 et 83 dBA au début et de 82, 78 et 79 dBA à la fin des essais. Les mêmes interrogations sont soulevées pour les mesures à la demi distance avec, pour trois essais consécutifs, 90, 85 et 85 dBA. Une explication possible serait un régime moteur différent au moment de la mise en marche du ralenti, bien que nous ayons contrôlé ce point dans la mesure du possible, sans cependant utiliser de radar. Il est cependant clair que de toute façon le niveau sonore est acceptable.

Les données de tous ces essais se trouvent dans les tableaux # 1 à 4 en début d'annexe.

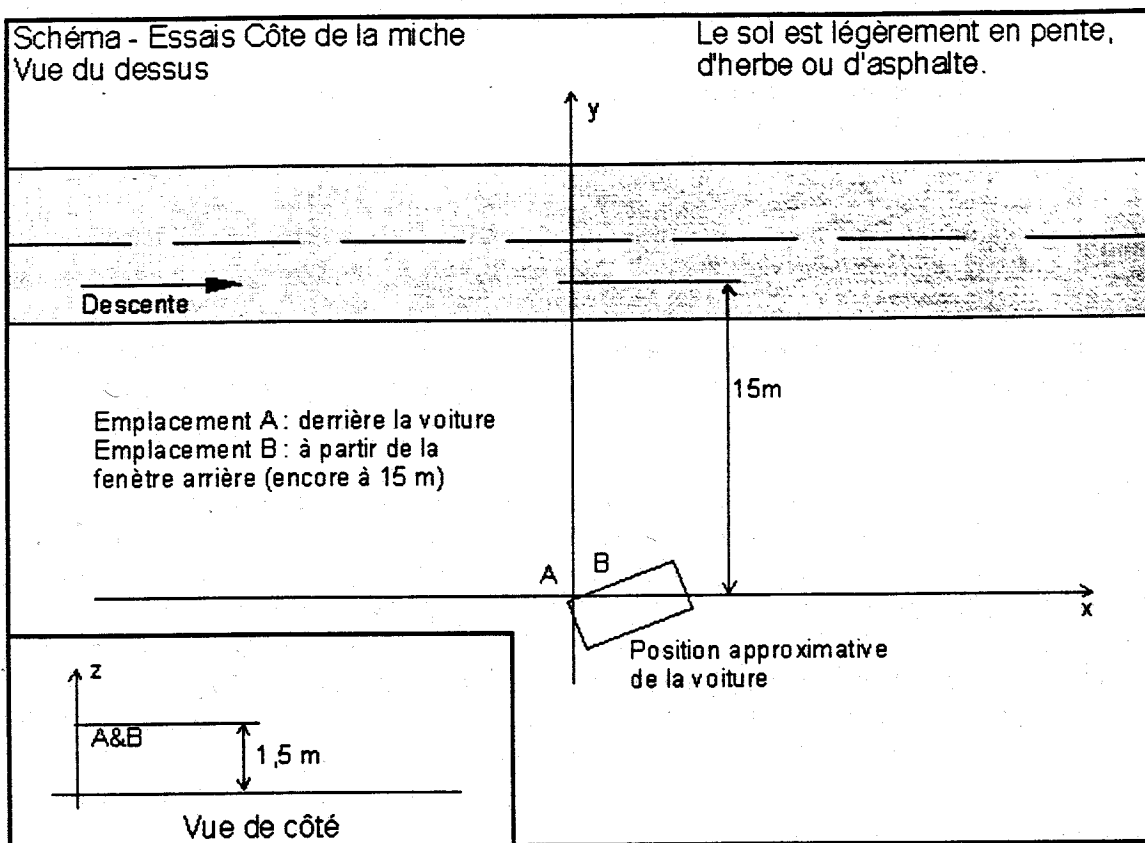


4. ESSAIS EN MILIEU RÉEL

4.1 Description

Les essais en milieu réel ont été effectués le 8 septembre 1999 dans la côte de la Miche, sur la côte de Beaupré près de Québec. Une aire d'arrêt avait été aménagée dans une portion plane de la route avant que les camions commencent leur descente. Les caractéristiques des véhicules étaient prises en note à cet endroit et les conducteurs avertis qu'une autre équipe se trouvait environ au deux tiers de la côte pour mesurer le niveau de bruit avec un sonomètre et la vitesse de passage avec un radar. Le schéma 3 donne les dimensions de l'endroit où les mesures ont été prises.

Schéma 3: Site des essais en milieu réel (Côte de la Miche)



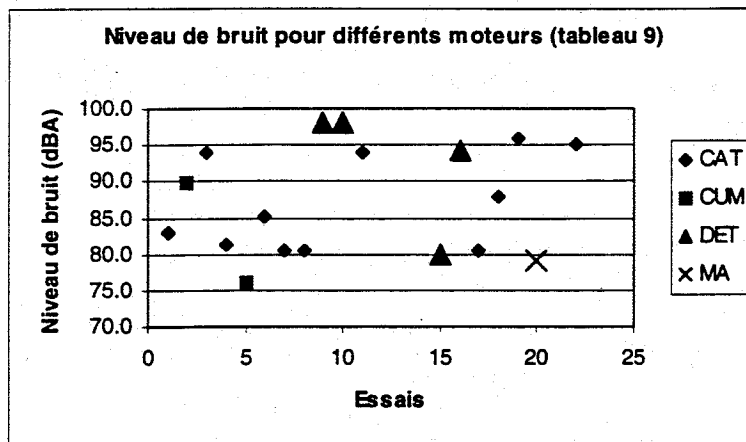
Les résultats obtenus sont séparés en quatre volets en fonction des conditions météorologiques. Toutes les mesures du matin ont été regroupés ensemble dans le tableau 5. Les données complètes sont disponibles et les conditions météorologiques étaient bonnes. Le deuxième groupe, dans le tableau 6, a été pris en début d'après-midi, avec les données complètes mais une chaussée mouillée à cause d'un orage sur l'heure du dîner.

Pour les deux autres groupes, l'aire de collecte de données au haut de la côte a été fermé à cause de la pluie. Le sonomètre et le radar ont été protégés et des mesures ont été prises sous la pluie, d'intensité moyenne pour le tableau 7 et d'intensité forte pour le tableau 8. Bien entendu, ces conditions ambiantes ont influencés les résultats. L'échantillonnage est le suivant en ne tenant compte que des véhicules dont les passages ont été valides: 18 camions le matin avec des valeurs entre 76 et 98 dBA, 10 en début d'après midi après la pluie avec des valeurs entre 73 et 103 dBA, 8 sous une pluie moyenne sans les caractéristiques (entre 79 et 88 dBA) et 35 sous une pluie forte sans les caractéristiques des véhicules (entre 79 et 100 dBA).

4.2 Résultats

Si on regarde le niveau sonore mesuré en fonction du type de moteur, on remarque deux faits. Bien que Cummins ait environ 35 % du marché au Québec depuis très longtemps, nous n'avons que deux moteurs Cummins, soit 11 %, le matin et zéro sur 9 en début d'après-midi. Cela démontre les limitations de l'échantillonnage, particulièrement lorsqu'on a besoin des caractéristiques des véhicules. Le résultat de la répartition du bruit en fonction du type de moteur est la suivante.

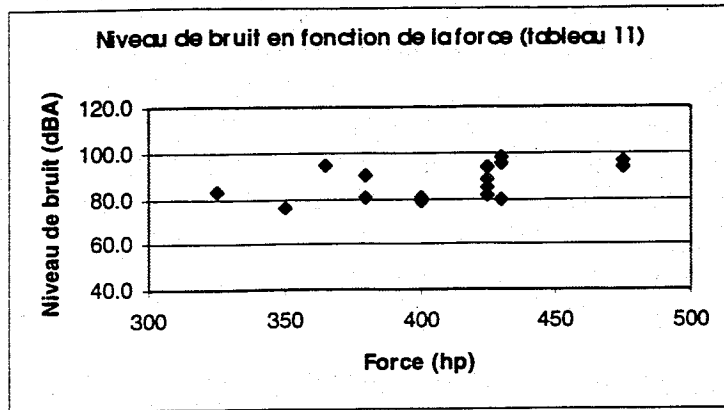
Schéma 4: Niveau de bruit en fonction du moteur (mesures en avant-midi)



Deuxièmement, le moteur Detroit apparaît plus bruyant que les autres puisque 3 des 4 véhicules ainsi équipé étaient à plus de 90 dBA, tandis que Caterpillar en a seulement 4 sur 11 (36 %), et aucun aussi élevé que les deux plus élevés de la marque Detroit. Ces mesures vont dans le même sens que celles observées lors des essais en milieu contrôlé. Ce point mériterait possiblement d'être investigué davantage si une étude plus poussée que cette étude préliminaire est menée.

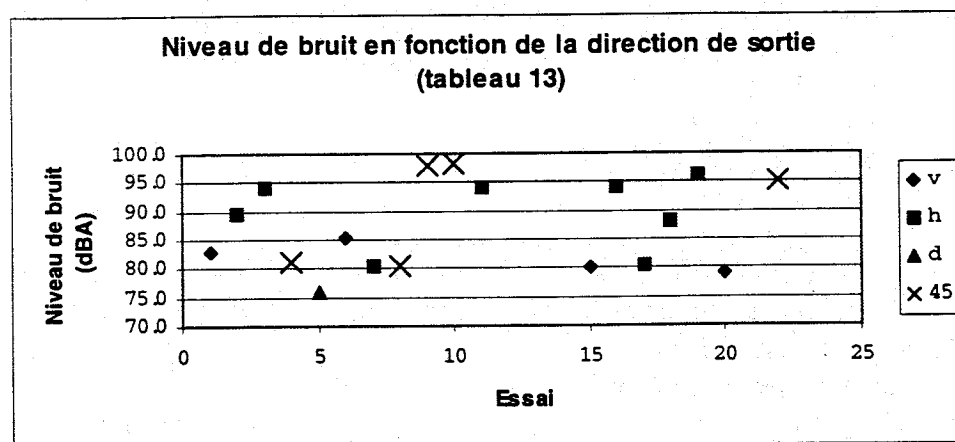
La force des moteurs semble avoir une petite influence sur le niveau sonore, sans que ce soit réellement très important. Les moteurs vraiment plus forts (Cat 3406 de 475 hp) sont tous les deux en haut de 92 dBA tandis que pour les moteurs de 400 à 450 hp, les mesures varient entre 80 et 98 dBA. Le tableau ci-dessous donne la répartition.

Schéma 5: Niveau de bruit en fonction de la puissance (mesures en avant-midi)



Un critère qui donne une bonne séparation des résultats est la direction de la sortie des échappements. Les sorties dirigés vers le haut donnent des mesures de bruit plus basses. La logique est donc confirmée dans ce cas. Cet item a une grande influence et il n'est pas compliqué ou dispendieux d'installer d'origine ou de modifier un système pour l'autre. Ce point pourrait aussi être étudié davantage pour trouver une méthode favorisant l'utilisation des systèmes les moins bruyants. La répartition des résultats est la suivantes.

Schéma 6: Niveau de bruit en fonction de la direction de la sortie d'échappement (mesures en avant-midi)

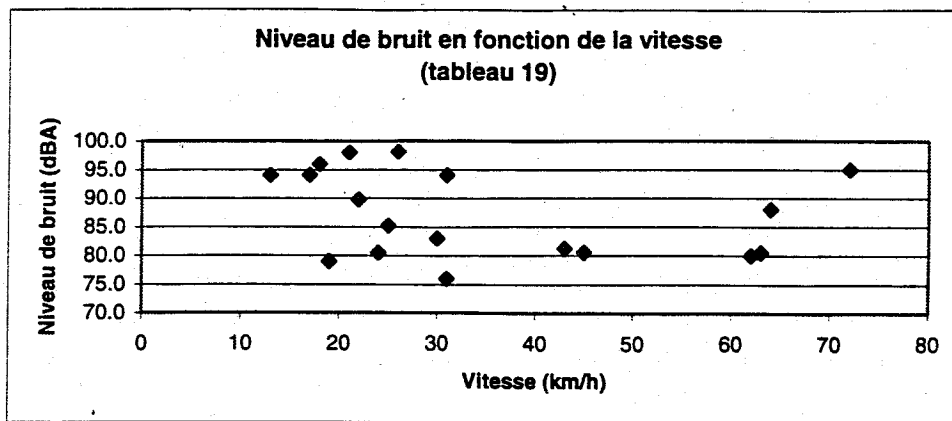


où v: sortie verticale h: sortie horizontale
 d: sortie sous le camion x45: sortie à 45 degrés

Le dernier item intéressant est l'influence de la vitesse sur le niveau de bruit. On remarque que les véhicules circulant à moins de 30 km/h sont les plus bruyants, du moins sur pavé sec. Il faut aller à plus de 70 km/h pour avoir un véhicule faisant un niveau de bruit comparable. Ce point est important puisqu'il peut expliquer en partie le problème

des plaintes de la population en milieu urbain, aux arrêts obligatoires par exemple. Le schéma 6 donne les résultats.

Schéma 7: Niveau de bruit en fonction de la vitesse (mesures en avant-midi)



Plusieurs autres tableaux sont donnés en annexe en fonction du chargement et de la direction du passage, mais les données ne sont pas concluantes. De même, pour les cas déjà discutés mais pour les autres périodes de prises de mesure influencées par la température, nous préférons ne pas trop conclure sur ces données. Elles sont cependant toutes disponibles et présentées avec un graphe en annexe.

5. DISCUSSION

Plusieurs points des essais ou des résultats retiennent l'attention. Premièrement, il n'est pas possible de mesurer facilement uniquement le bruit du frein moteur. La mesure de l'intensité du son (en dbA) est donc prise pour l'ensemble du véhicule. Il faut donc porter attention aux autres bruits du véhicule, qui influencent parfois le niveau sonore global de manière plus importante que le ralentisseur.

Il n'y a pas de relation parfaite entre la vitesse des véhicules et leur niveau sonore. Cependant, de manière générale, on remarque que les véhicules sont plus bruyants à basse vitesse (moins de 40 km/h) ou à haute vitesse (plus de 70 km/h). À basse vitesse, le bruit provoqué par le ventilateur du moteur est souvent le bruit le plus important. De plus, sur les moteurs récents, le ventilateur est souvent actionné automatiquement lorsque le frein moteur est actionné. À haute vitesse, le bruit des pneus sur la chaussée est souvent le plus important.

Lors des essais à la Côte de la Miche, nous avons constaté une augmentation importante du niveau sonore global lors de la prise de mesure dans l'après-midi. Cette augmentation était due aux conditions ambiantes, c'est-à-dire la pluie et la chaussée mouillée ou très mouillée. Il faut donc faire attention aux comparaisons avec les valeurs obtenues le matin. C'est pourquoi il y a toujours deux tableaux différents (un pour la

période matinale, un pour l'après-midi) pour les mesures en fonction d'un item particulier.

Durant l'après-midi, nous avons aussi mesuré le bruit des véhicules qui montaient la côte. Ces résultats sont très intéressants. En effet, malgré la distance supplémentaire de plus de 8 m (il y a deux voies pour monter) et l'orientation habituellement vers la droite du tuyau d'échappement, donc à l'opposé du sonomètre, les mesures de bruit observées donnent un niveau sonore aussi élevé pour les véhicules qui montent. Le niveau sonore réel est donc plus élevé pour les véhicules qui montent. Cela s'expliquerait par l'effort nécessaire au moteur et au train roulant pour monter une lourde charge. Le frein moteur n'apparaît donc pas si bruyant en comparaison.

La disposition et les composantes du système d'échappement ont une grande influence sur le bruit. Un système en mauvais état, ou mal choisi (surdimensionné, par exemple), peut élever considérablement le niveau sonore du véhicule. Cela est particulièrement vrai lors de l'utilisation du frein moteur, puisque les contraintes et le bruit de base sont plus élevés. Les données recueillies ont confirmé l'importance de la direction de la sortie de l'échappement. Une sortie vers le haut est beaucoup moins bruyante que la sortie vers la droite, qui est pourtant plus commune. De plus, l'utilisation de certains systèmes mécaniques comme le résonateur ou l'échappement double (de la bonne dimension) permettrait de diminuer le niveau sonore de 3 à 4 dBA par équipement.

6. CONCLUSION

Les valeurs de bruit mesurées lors des essais en milieu contrôlé des freins moteurs de différents camions étaient globalement conformes à la réglementation et d'une manière générale d'un niveau acceptable. Le ventilateur du moteur provoque plus de bruit dans cette situation. Il est cependant vrai qu'une marque de moteur a un son plus "évident" et que le niveau sonore mesurée en dBA est plus élevé dans ce cas de manière notable. La différence de sonorité est possiblement due à une fréquence d'opération différente.

Les valeurs de bruit obtenues lors du tests en milieu réel ont montré un niveau plus élevé, mais globalement encore acceptable. Il ne faut pas oublier que la mesure de bruit est une mesure globale, et non pas seulement du bruit du frein moteur. Ainsi, les camions passant à haute vitesse (plus de 65 km/h) avaient un niveau sonore plus élevé, qui est dû en grande partie aux bruits de roulement et des pneus, et non pas au frein moteur. Les camions circulant à basse vitesse (moins de 40 km/h) ont aussi un niveau sonore plus élevé, qui est dû dans ce cas à l'effet combiné du frein moteur et du ventilateur. Cependant, l'aspect sécuritaire de cette situation ne doit pas être négligé puisqu'il s'agit souvent de la meilleure (si ce n'est la seule) manière de descendre sans danger une côte comme celle du test lorsque le véhicule est lourdement chargé.

Les bruits excessifs venant du frein moteur proviennent donc principalement de deux causes: le mauvais état des silencieux et l'utilisation abusive du frein moteur dans les quartiers résidentiels. En effet, le frein moteur doit être utilisé pour ralentir et maintenir la vitesse du camion, non pas pour le freiner complètement. La multiplication des arrêts obligatoires dans certains secteurs n'aide cependant pas à diminuer le problème.

D'une manière générale, les résultats de cette étude montre que le frein moteur, lorsqu'il est utilisé correctement et que le silencieux est en bon état, n'apporte pas de nuisance sonore exagérée en valeur absolue et encore moins par rapport au bénéfice retiré au niveau de la sécurité routière.