

1986

L'exposition des opérateurs de débusqueuses à des vibrations globales du corps : résumé

Paul-Émile Boileau
IRSST

Henri Scory
IRSST

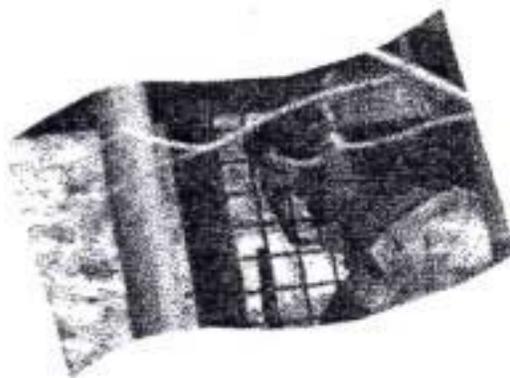
Suivez ce contenu et d'autres travaux à l'adresse suivante: <https://pharesst.irsst.qc.ca/rapports-scientifique>

Citation recommandée

Boileau, P. E. et Scory, H. (1986). *L'Exposition des opérateurs de débusqueuses à des vibrations globales du corps : résumé* (Résumé de rapport n° R-009). IRSST.

Ce document vous est proposé en libre accès et gratuitement par PhareSST. Il a été accepté pour inclusion dans Rapports de recherche scientifique par un administrateur autorisé de PhareSST. Pour plus d'informations, veuillez contacter pharesst@irsst.qc.ca.

**L'exposition des opérateurs
de débusqueuses
à des vibrations globales
du corps**

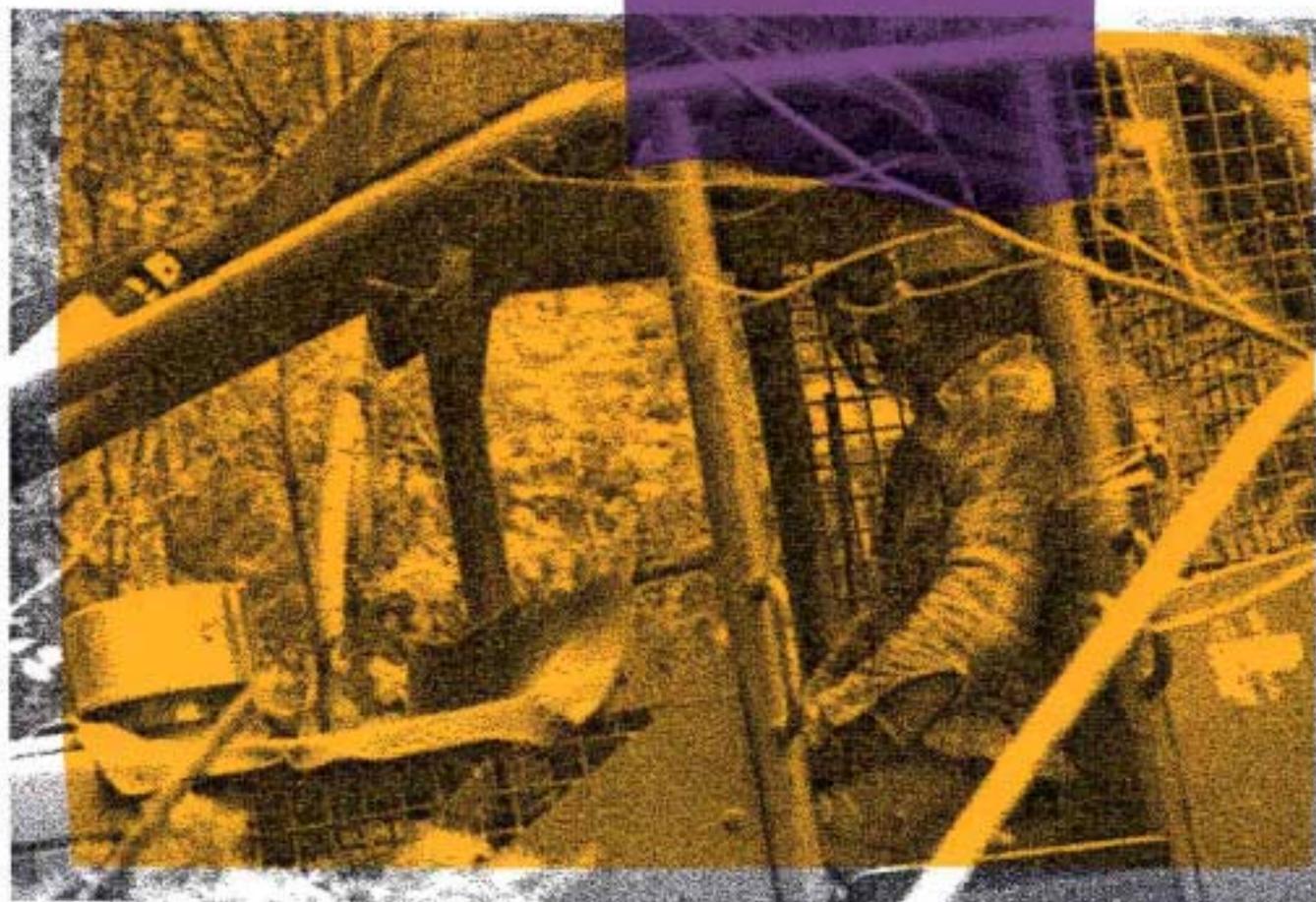


**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

Paul-Émile Boileau
Henri Scory

Novembre 1986 R-009

RÉSUMÉ



IRSST
Institut de recherche
en santé et en sécurité
du travail du Québec

La recherche, pour mieux comprendre

L'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST) est un organisme de recherche scientifique voué à l'identification et à l'élimination à la source des dangers professionnels, et à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes. Financé par la CSST, l'Institut réalise et finance, par subvention ou contrats, des recherches qui visent à réduire les coûts humains et financiers occasionnés par les accidents de travail et les maladies professionnelles.

Pour tout connaître de l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par la CSST et l'Institut.

Les résultats des travaux de l'Institut sont présentés dans une série de publications, disponibles sur demande à la Direction des communications.

Il est possible de se procurer le catalogue des publications de l'Institut et de s'abonner à *Prévention au travail* en écrivant à l'adresse au bas de cette page.

ATTENTION

Cette version numérique vous est offerte à titre d'information seulement. Bien que tout ait été mis en œuvre pour préserver la qualité des documents lors du transfert numérique, il se peut que certains caractères aient été omis, altérés ou effacés. Les données contenues dans les tableaux et graphiques doivent être vérifiées à l'aide de la version papier avant utilisation.

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec

IRSST - Direction des communications
505, boul. de Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1 551
Télécopieur: (514) 288-7636
Site internet : www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche en santé
et en sécurité du travail du Québec,

**L'exposition des opérateurs
de débusqueuses
à des vibrations globales
du corps**

Paul-Émile Boileau et Henri Scorq
Programme sécurité-ingénierie, IRSST

**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

RÉSUMÉ

L'exposition des opérateurs de débusqueuses à des vibrations globales du corps

Problème de sécurité :

L'exposition aux vibrations globales du corps.

Groupe de travailleurs concernés :

Les opérateurs de débusqueuses des entreprises forestières du Québec.

1.0 - INTRODUCTION

Les débusqueuses sont des véhicules tout-terrain utilisées dans les opérations forestières pour transporter les arbres abattus de leur point d'abattage à la jetée où ils sont empilés. Les opérateurs de ces véhicules sont exposés à des vibrations globales du corps, d'où les risques d'atteintes à la colonne vertébrale représentant un problème particulier. Bien qu'il y ait peu de doutes que les vibrations globales du corps puissent contribuer à aggraver certaines lésions lombaires, leur effet spécifique sur la morbidité des travailleurs exposés demeure difficile à établir (1).

Il existe peu de données recueillies sur les vibrations globales du corps dans les véhicules de foresterie, et plus spécifiquement pour les débusqueuses qui représentent un problème particulier à cause des déplacements devant être effectués sur un sol irrégulier. Comme ces véhicules ne sont pas pourvus de suspensions permettant d'atténuer efficacement les nuisances vibratoires, le siège constitue l'ultime étage de réduction des vibrations, juste avant leur transmission au conducteur. Cependant, pour la grande majorité des débusqueuses, les sièges sont de type rigide, offrant ainsi un minimum de protection aux opérateurs.

Suite à des demandes de l'Association de sécurité des exploitations forestières du Québec (ASEFQ) d'une part, et d'hygiénistes industriels d'autre part, une équipe de la Direction des laboratoires de l'IRSST décida de se pencher sur le problème décrit ci-dessus, en proposant un projet de recherche dont les objectifs étaient:

1) quantifier les niveaux de vibration enregistrés sur différents modèles de débusqueuses opérant sous diverses conditions de terrain;

2) déterminer le degré d'impulsion des vibrations ;

- 3) évaluer la transmissibilité des sièges;
- 4) faire des recommandations appropriées sur les façons possibles de réduire l'exposition aux vibrations.

2.0- MÉTHODOLOGIE

Pour atteindre les objectifs du projet, sept chantiers forestiers du Québec furent visités, et des mesures furent effectuées sur un total de vingt-trois débusqueuses, représentant onze modèles différents. Quatorze de ces débusqueuses furent retenues dans l'étude. Leurs caractéristiques, les conditions du terrain et la durée des mesures apparaissent dans le tableau 1. Les caractéristiques du terrain (2) furent établies selon critères évalués sur une échelle de 1 à 5 : la solidité du terrain pouvant varier de très bonne à très pauvre, la rugosité du terrain variant de très uniforme à très mauvaise et la pente variant entre un terrain de niveau et un terrain très escarpé. Enfin, la durée des mesures fut établie de façon à ce qu'il y ait au moins cinq cycles de travail effectués durant les tests (un cycle de travail inclut toutes les opérations, depuis la jetée jusqu'au retour avec les arbres abattus). La vitesse moyenne des véhicules pouvait varier entre 2 et 6 km/h pendant les mesures.

Un système de télémessure comportant dix canaux fut utilisé lors de l'acquisition des données. Un schéma synoptique apparaît à la figure 1. Un accéléromètre de siège triaxial fut utilisé pour mesurer les vibrations dans les directions x, y et z, à l'interface homme-siège. Trois canaux additionnels furent utilisés pour mesurer les vibrations x, y et z directement au plancher de la débusqueuse. Enfin, quatre autres canaux furent requis pour mesurer les accélérations angulaires de roulis et de tangage. Un émetteur FM opérant dans la bande de fréquence 232 MHz fut ensuite utilisé pour transporter le signal de l'antenne d'émission jusqu'au poste de réception.

La chaîne de réception, telle que représentée à la figure 2, fut constituée d'une antenne de réception, de démodulateurs FM et d'un enregistreur magnétique comportant dix pistes. Un analyseur spectral bi-canaux en temps réel fut ensuite utilisé pour produire les spectres en fréquence dans la gamme 1-80 Hz. La gamme dynamique de la chaîne complète d'instrumentation était de 55 db.

3.0 - RÉSULTATS

3.1 - L'exposition vibratoire sur les débusqueuses

La figure 3 présente un spectre en bandes de fréquence de tiers d'octave enregistré en direction verticale (Z). Les niveaux d'accélération exprimés en décibels (dB) sont présentés en fonction de la fréquence centrale de bandes de fréquence de tiers d'octave entre 1 et 80 Hz. La "limite à la capacité réduite par fatigue" (norme internationale (3) ISO 2631/1) pour une durée d'exposition de cinq heures y est aussi présentée. Ce spectre est typique pour les vibrations enregistrées sur une débusqueuse munie d'un siège rigide.

Le niveau d'accélération globale pondérée ($a_{eq,w}$) est de $0,83 \text{ ms}^{-2}$, équivalant à une dose d'exposition de 272 %. Cette dernière est définie comme étant le rapport de la durée effective réelle d'exposition, à la durée d'exposition permise en regard de la norme ISO 2631/1.

Une deuxième méthode d'évaluation proposée dans la norme ISO 2631/1 consiste à comparer les niveaux mesurés à la limite proposée pour chaque bande de fréquence de tiers d'octave entre 1 et 80 Hz. Cette méthode est d'ailleurs recommandée lorsque la première méthode mène à des doses d'exposition excédant la norme. Ainsi donc, lorsque la méthode détaillée d'analyse est appliquée au spectre de la figure 3, il en résulte que la bande de fréquence pour laquelle la dose d'exposition est maximum est celle centrée sur 2,5 Hz. Dans cette bande de fréquence, le niveau pondéré d'accélération est $0,42 \text{ ms}^{-2}$, équivalant à une dose d'exposition de 93%. Cette dose est donc approximativement trois fois moindre que celle calculée en utilisant la méthode d'accélération globale pondérée. Cependant, en regard de la norme ISO 2631/1 (1985), la méthode de comparaison par bandes de fréquence de tiers d'octave est celle qui représente de plus près la réalité.

Pour le cas considéré à la figure 3, le facteur de crête (i.e. le rapport du niveau d'accélération pondéré crête au niveau pondéré efficace) est 7,2, avec écart-type de 2,1. Cependant, la norme ISO 2631/1 ne devrait s'appliquer qu'aux cas où le facteur de crête n'excède pas 6, puisqu'elle ne peut tenir compte de l'effet de valeurs instantanées d'accélération élevées (chocs). Ainsi donc, dans les cas où le facteur de crête excède 6, il convient de prendre note que l'effet des vibrations pourrait être sous-estimé.

Une comparaison des spectres mesurés au plancher et au siège démontre que le siège rigide ne devient efficace pour atténuer les vibrations verticales qu'aux fréquences excédant 6,3 Hz.

La figure 4 présente un spectre des vibrations mesurées en direction latérale (y). Aux basses fréquences (1,0-1,6 Hz), les niveaux de vibration dépassent clairement la limite de la norme pour cinq heures d'exposition. Le niveau d'exposition est maximum (185%) dans la bande de fréquence centrée sur 1 Hz et le facteur de crête est 4,9 + 1,0. Pour les quatorze débusqueuses retenues dans l'étude, la dose d'exposition a toujours été observée comme étant prédominante en direction latérale (y).

Enfin, un spectre des niveaux de vibrations enregistré selon l'axe longitudinal (x) est présenté à la figure 5. Celui-ci est de très près semblable au spectre enregistré en direction latérale, sauf que les niveaux sont tous un peu plus bas.

Un sommaire des résultats obtenus sur les débusqueuses munies de sièges rigides est présenté dans le tableau 2. Dans celui-ci, la méthode 1 est celle basée sur l'accélération globale pondérée. La dose d'exposition est clairement prédominante en direction latérale.

La méthode 2 correspond à la méthode d'analyse par bandes de fréquence de tiers d'octave. La dose d'exposition est maximum dans la bande de fréquence centrée sur 1,0 Hz pour les vibrations x et y, et 2,5 Hz pour les vibrations verticales (z).

Enfin, la valeur d'accélération du vecteur somme, obtenue en additionnant les contributions des vibrations en directions x, y et z, varie entre 1,57 et 2,33 ms⁻².

3.2 - Les facteurs de crête

Le facteur de crête est un paramètre physique utilisé pour établir le degré d'excitation de type choc ou impulsif, contenu dans un signal vibratoire. Ce facteur fut évalué sur des segments de signaux de durée d'une minute. La chaîne d'instrumentation illustrée dans la figure 6 fut utilisée pour la mesure du facteur de crête. Pour chaque minute de signal enregistré, la valeur crête pondérée du signal fut déterminée, ainsi que la valeur pondérée efficace.

Les résultats obtenus pour l'ensemble des quatorze débusqueuses sont présentés dans le tableau 3. Les facteurs de crête mesurés en directions x et y sont semblables, tandis qu'en direction verticale (z) ils sont clairement prédominants. La seule différence existant entre les sièges rigides et les sièges à suspension verticale est que, dans ce dernier cas, le facteur de crête en

direction verticale est légèrement moindre que pour un siège rigide.

Dans l'ensemble, le facteur de crête est relativement élevé, particulièrement en direction verticale où les niveaux d'accélération intantanée peuvent atteindre 1,5 g.

3.3 - Transmissibilité des sièges

La transmissibilité est définie comme étant le rapport de l'accélération mesurée au siège à l'accélération mesurée au plancher (4). Une courbe typique de transmissibilité obtenue pour un siège rigide apparaît à la figure 7, démontrant qu'aucune atténuation n'est possible aux fréquences de moins de 6,3 Hz.

Pour un siège muni d'une suspension en direction verticale, la courbe de transmissibilité de la figure 8 démontre que l'atténuation des vibrations est possible à des fréquences beaucoup plus basses, notamment à 2,2 Hz (ou 1,6 Hz suivant les spécifications du fabricant). La fréquence de résonance du siège est clairement mise en évidence dans la courbe (1,2 Hz) où l'amplification des vibrations devient maximum.

4.0- CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Les résultats de l'étude (5) démontrent qu'en regard des recommandations de la norme ISO 2631/1, les opérateurs de débusqueuses sont insuffisamment protégés contre les vibrations globales du corps.

Pour la plupart des débusqueuses en opération dans les chantiers forestiers du Québec, les sièges sont rigides et les pneus de la débusqueuse représentent le seul amortisseur disponible entre le terrain et l'opérateur.

Afin de réduire les vibrations, il serait concevable de considérer:

- l'utilisation de pneus offrant une plus grande flottaison;
- l'incorporation d'un système de suspension à trois niveaux différents: la caisse, la cabine et/ou le siège de la débusqueuse.

De ces solutions, la mise au point d'un siège à suspension opérant dans les trois directions x, y et z pourrait offrir maints avantages, dont celui d'entraîner le moins de changements fondamentaux quant à la structure de la débusqueuse, réduisant ainsi les coûts éventuels reliés à un tel type de correctif.

Pour faire suite à cette recherche, une étude de faisabilité est en cours afin d'établir, à partir d'un modèle mathématique de siège à suspension, s'il est théoriquement possible de réaliser un siège à suspension triaxiale répondant aux exigences demandées.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier les directeurs de l'Association de sécurité des exploitations forestières du Québec (ASEFQ) et de l'Association des manufacturiers de bois de sciage du Québec (AMBSQ) qui ont aidé à coordonner les visites en chantiers forestiers. Nous tenons également à remercier les compagnies forestières qui ont bien voulu participer à ce projet.

Références

- 1- SPEAR,C.,KELLER,C. et al. "*Morbidity patterns among heavy equipment operators exposed to whole body vibration, 1975 (follow up to a 1974 study)*" National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) Cincinnati, Ohio, 1976.
- 2- MELLGREN,P.G. "*Terrain classification for Canadian Forestry*", Association canadienne des producteurs de pâtes et papiers, Division des bois et forêts, décembre 1980.
- 3- Norme internationale ISO 2631/1 "*Estimation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps- Partie 1: Spécifications générales*" Première édition 1985-05-15.
- 4- GRIFFIN,M.J. "*The evaluation of vehicle vibration and seats*", Applied Ergonomics, vol.9, no 1, 1978, pp.15-21.

Publications reliées à la recherche

BOILEAU,P.-E., SCORY,H. "*L'exposition des opérateurs de débusqueuses à des vibrations globales du corps*" Annexe au rapport de recherche, Montréal, IRSST, 1986, 108 pages.

BOILEAU, P.-E.,BOUTIN,J.,MARTEL,J.G.,SCORY,H. "Human Vibration Exposure of Skidder Operators in the Quebec Forestry Sector", Compte-rendu, 12e Congrès international d'acoustique, 24-31 juillet 1986, Toronto, section F2-8.

Tableau 1:
Caractéristiques du terrain et du véhicule

Débusqueuse no.	Puissance du moteur (kW)	Siège	Caractéristiques du terrain	Durée de la mesure(mn)
1	131	Rigide	4,3,1	80.08
2	131	Rigide	3,5,1	95.69
3	89	Rigide	3,5,3	121.40
4	89	Rigide	3,5,3	109.52
5	89	Rigide	3,2,4	86.17
6	64	Rigide	4,2,1	83.70
7	64	Rigide	3,5,1	100.92
8	64	Rigide	3,5,1	141.68
9	89	Rigide	4,3,1	99.35
10	69	Rigide	5,2,1	67.14
11	69	à suspension	3,2,1	148.65
12	72	à suspension	3,3,2	101.82
13	88	à suspension	1,3,4	158.78
14	88	à suspension	1,2,4	124.05

Figure 1:
Schéma synoptique de la chaîne d'émission

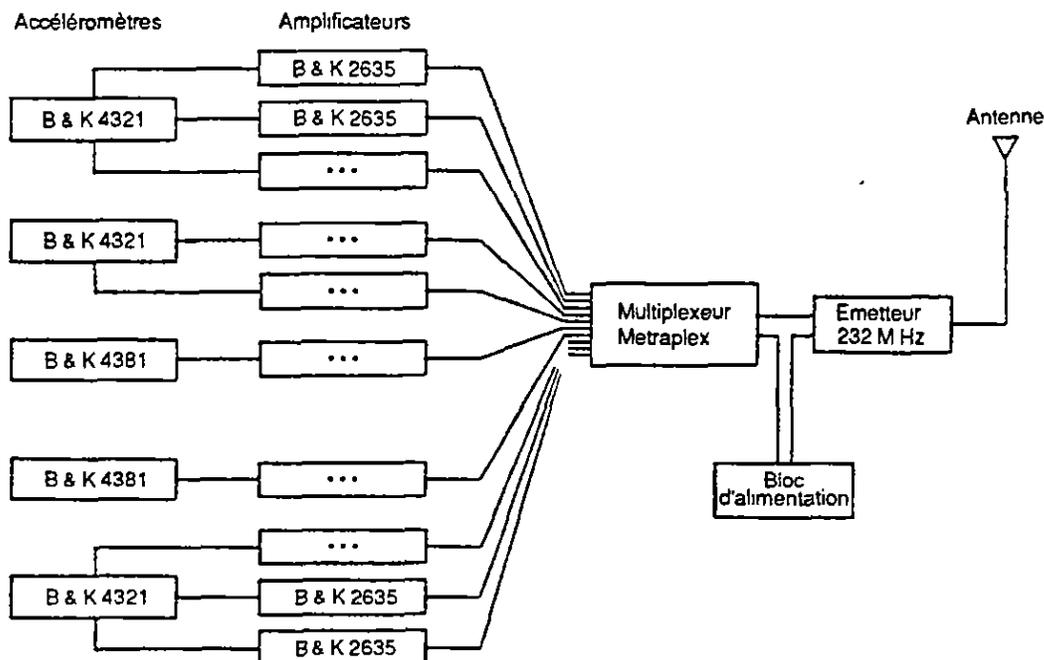


Figure 2 :
Schéma synoptique de la chaîne de réception

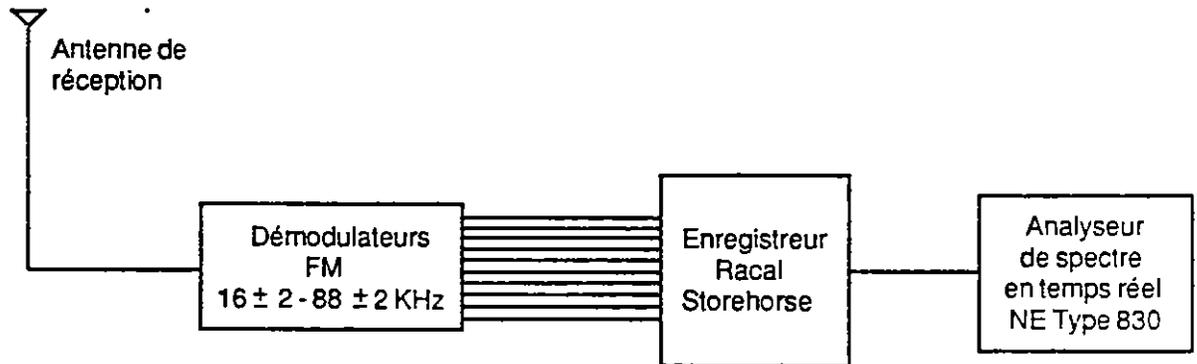


Figure 3 :
Spectre mesuré en tiers d'octave selon l'axe vertical (z)

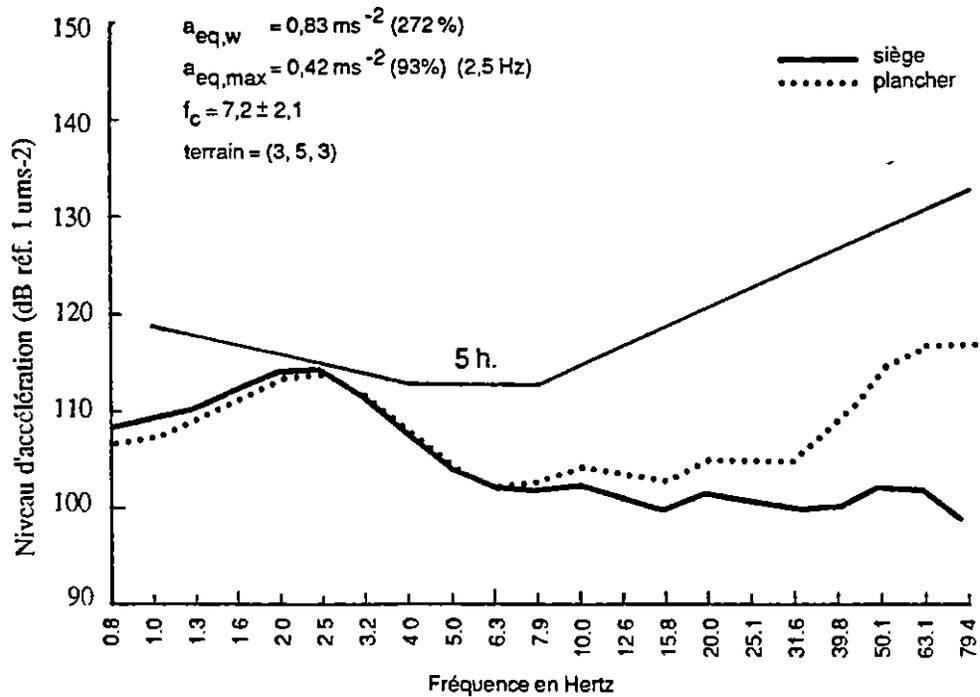


Figure 4 :
Spectre mesuré en tiers d'octave
selon l'axe transversal (y)

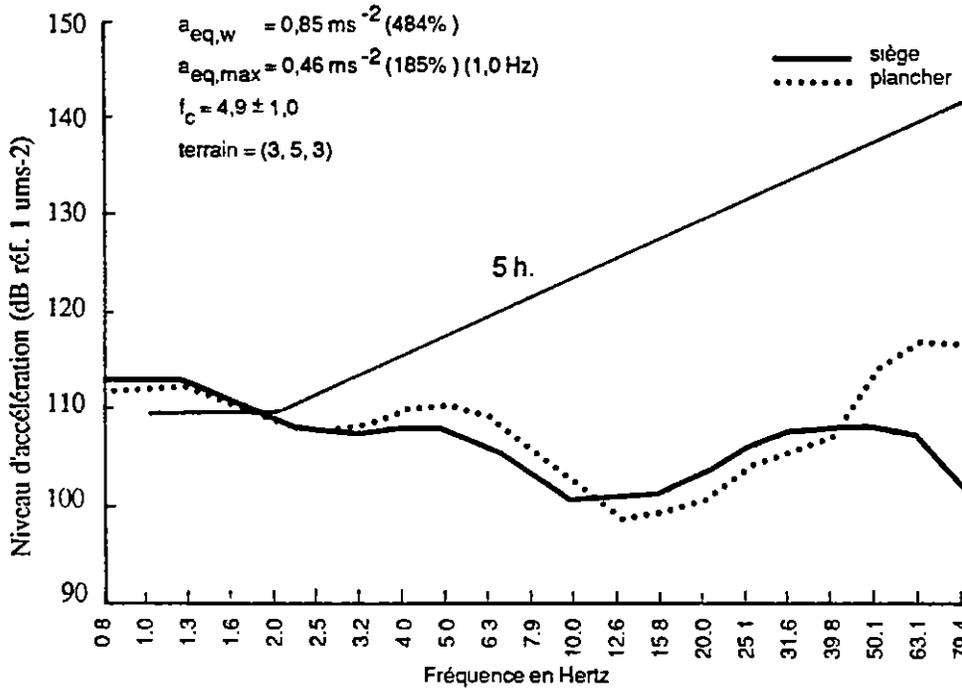


Figure 5 :
Spectre mesuré en tiers d'octave
selon l'axe longitudinal (x)

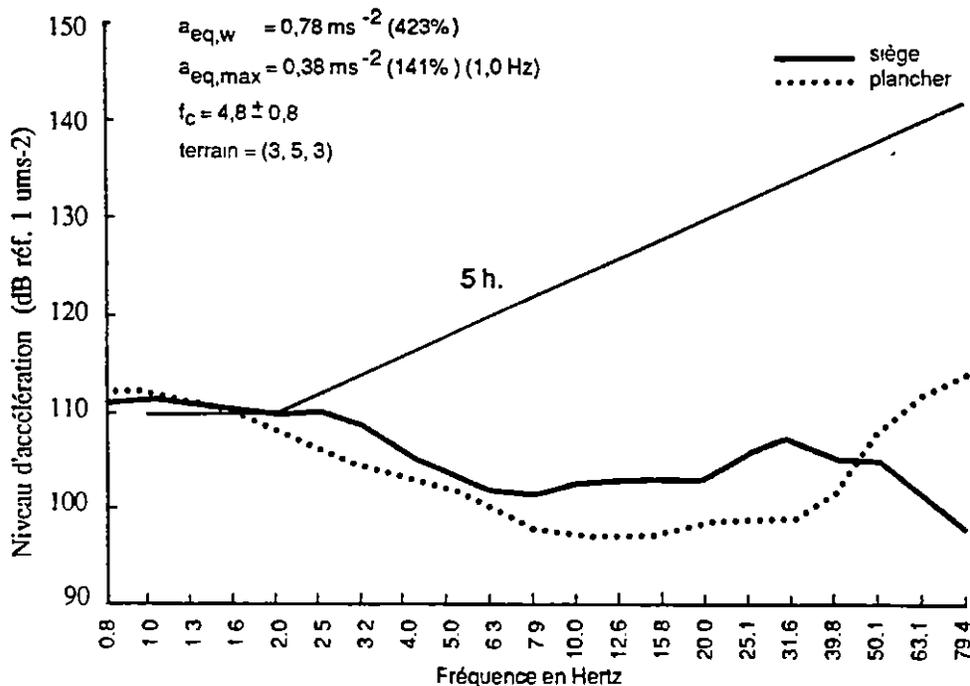


Tableau 2 :
Sommaire des résultats obtenus sur des débusqueuses munies d'un siège rigide

		axe-x	axe-y	axe-z
Méthode 1	$a_{eq,w}$ (ms^{-2})	0.65 - 0.97	0.72 - 1.02	0.66 - 1.24
	Dose d'exposition	322 - 597	372 - 642	190 - 513
Méthode 2	$a_{eq,max}$ (ms^{-2})	0.29 - 0.48 (1.0 Hz)	0.37 - 0.56 (1.0 Hz)	0.35 - 0.64 (2.5 Hz)
	Dose d'exposition	92 - 199	134 - 255	68 - 179
Vecteur somme	a (ms^{-2})			1.57 - 2.33

Figure 6 :
Chaîne d'instrumentation servant à la mesure du facteur de crête

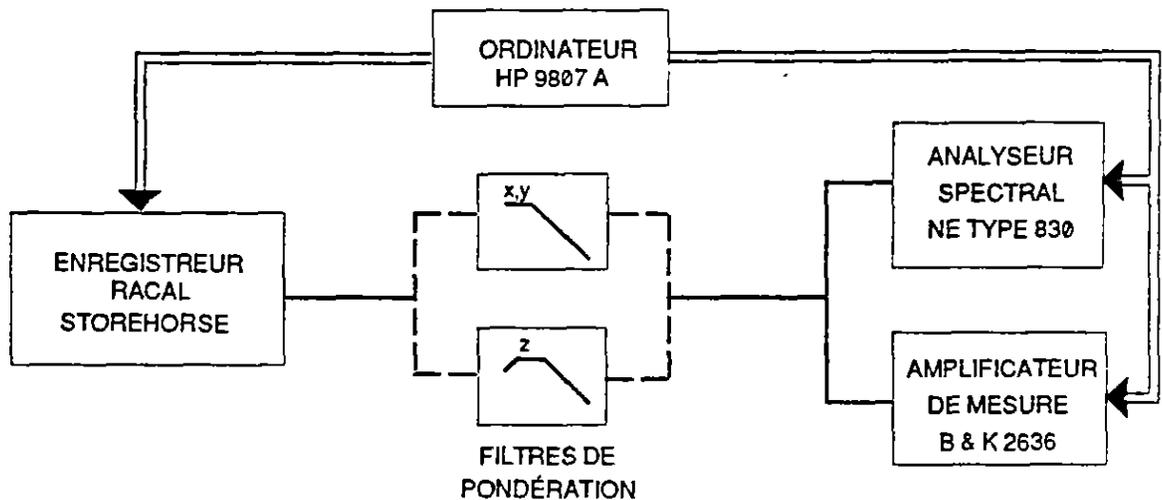


Tableau 3 :
Facteurs de crête mesurés sur les
débusqueuses

	FACTEUR DE CRÊTE		
	axe-x	axe-y	axe-z
Siège rigide	3.7 - 6.9	3.7 - 7.0	4.5 - 12.6
Siège à suspension verticale	3.8 - 6.0	3.8 - 6.0	5.2 - 9.0
Plancher	3.8 - 6.8	3.5 - 6.6	4.2 - 10.9

Figure 7 :
Courbe de transmissibilité pour un siège rigide

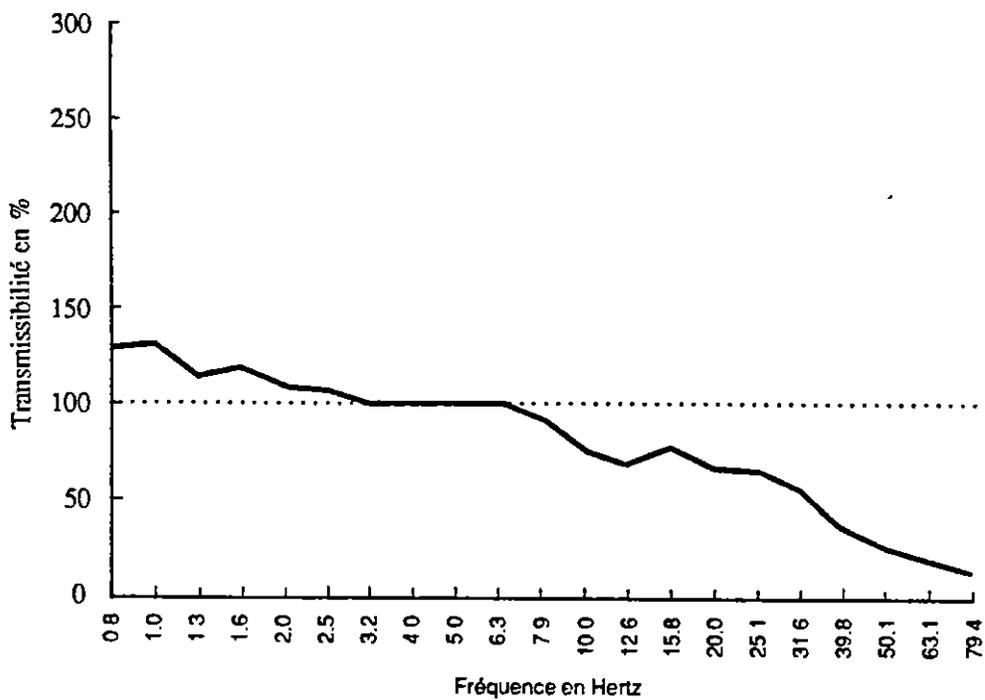


Figure 8 :
Courbe de transmissibilité pour un siège
à suspension

