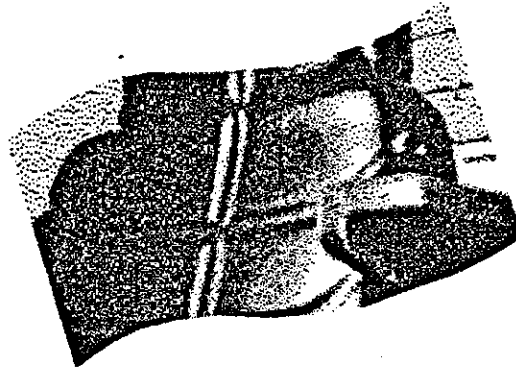


7 + RV
18 3 1

Évaluation de sièges suspendus adaptés au problème des vibrations dans les débusqueuses



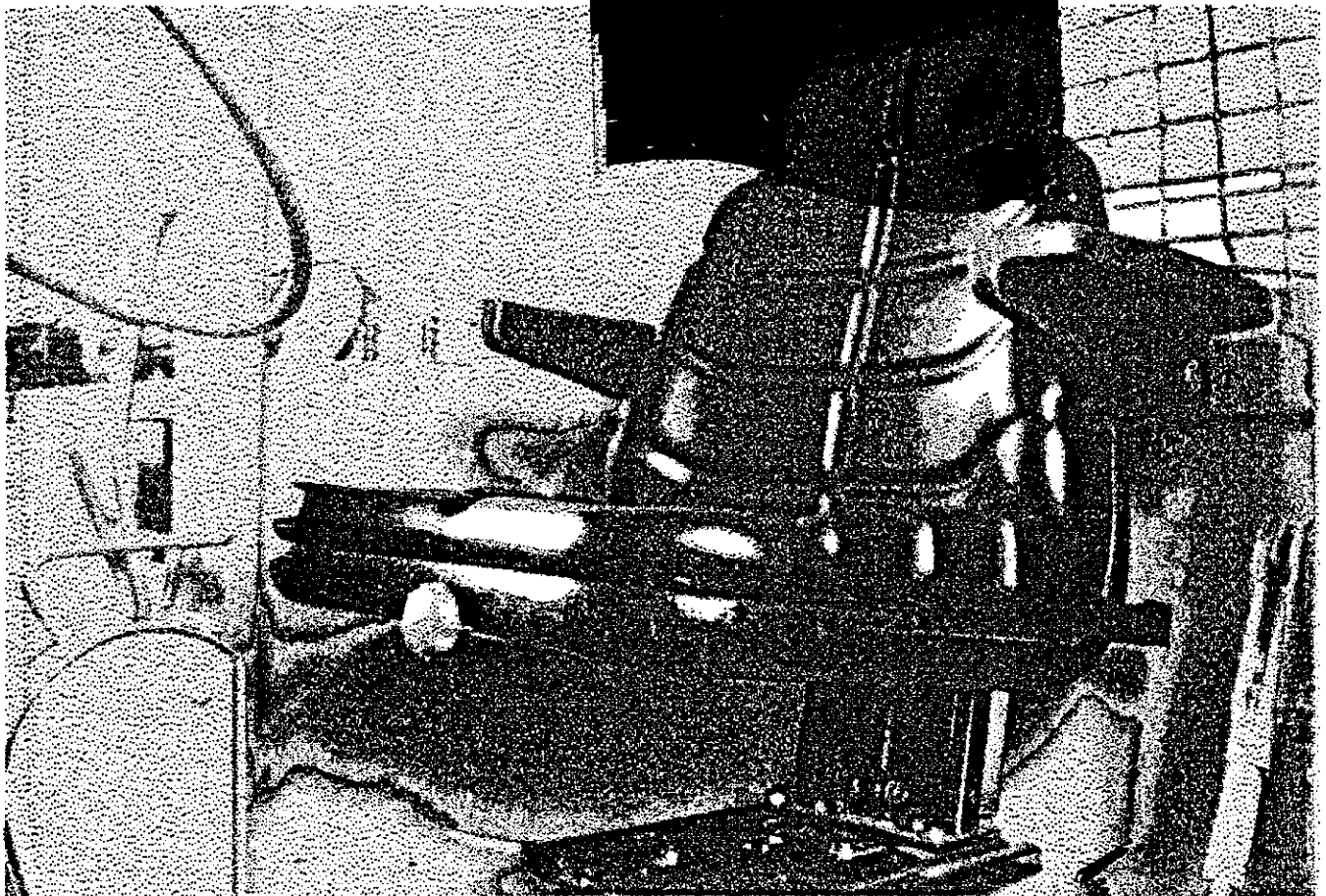
ÉTUDES ET RECHERCHES

Paul-Émile Boileau, Denis Turcot
et Henry Scory

Janvier 1990

R-039

RAPPORT



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,

**Évaluation
de sièges suspendus
adaptés au problème
des vibrations
dans les débusqueuses**

**Paul-Émile Boileau, Denis Turcot
et Henry Scory
Programme sécurité-ingénierie, IRSST**

**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

RAPPORT

Évaluation de sièges suspendus adaptés au problème des vibrations dans les débusqueuses

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE	i
TABLE DES MATIÈRES	1
LISTE DES TABLEAUX	2
LISTE DES FIGURES	2
1.0 INTRODUCTION	2
2.0 CRITÈRES DE SÉLECTION DES SIÈGES	2
3.0 DESCRIPTION DES SIÈGES CANDIDATS	3
4.0 MÉTHODOLOGIE	3
5.0 RÉSULTATS	4
5.1 <i>Exposition aux vibrations selon l'axe vertical</i>	4
5.2 <i>Transmissibilité associée aux sièges et à leur occupant</i>	5
5.3 <i>Comparaison de l'exposition aux vibrations avec les différents sièges</i>	5
6.0 CONCLUSION	5
RÉFÉRENCES	6

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Caractéristiques recommandées pour véhicules tout-terrain	7
Tableau 2	Caractéristiques des sièges candidats	8
Tableau 3	Exposition aux vibrations globales du corps en situations réelles de travail	9
Tableau 4	Caractéristiques de transmissibilité des vibrations par les sièges en situations réelles de travail..	10
Tableau 5	Influence des différents sièges sur l'exposition aux vibrations globales du corps pour une même amplitude d'excitation	10

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Description schématique du siège A	11
Figure 2	Description schématique du siège C	12
Figure 3	Schéma synoptique de la chaîne de mesure et d'analyse des vibrations	13
Figure 4	Courbes de transmissibilité associées au siège A et comparaison avec un siège non suspendu	14
Figure 5	Spectres en fréquences des vibrations enregistrées au châssis du véhicule et à l'interface siège-conducteur d'un siège non suspendu	15
Figure 6	Spectres en fréquence prévu pour le siège A lorsque l'excitation $a_{0,w}$ est $0,82 \text{ ms}^{-2}$	16

1.0 INTRODUCTION

Au Québec, l'utilisation de débusqueuses est très répandue dans l'entreprise forestière pour sortir les arbres abattus de la forêt. Ne possédant pas de suspension primaire, ces véhicules soumettent leurs conducteurs à des vibrations de basses fréquences de grande amplitude telle que démontrée par des mesures effectuées en milieu de travail¹. Ces vibrations sont d'autant plus accentuées que les pneus représentent les seuls mécanismes d'amortissement, les sièges n'étant généralement pas suspendus dans la plupart des modèles de débusqueuses utilisés.

Dans le but de réduire les risques potentiels liés à l'exposition aux vibrations^{2,3}, une évaluation de quatre modèles de sièges suspendus en direction verticale a été entreprise. Il s'agissait d'identifier celui ou ceux qui permettraient une diminution nette des niveaux de vibrations auxquelles sont actuellement soumis les conducteurs de débusqueuses. Des mesures de l'exposition aux vibrations globales du corps ont été effectuées sur des débusqueuses munies de ces sièges, permettant de retenir un des quatre modèles de sièges satisfaisant aux critères de sélection fixés.

Les essais ayant mené à l'évaluation des sièges sont décrits dans cette étude ainsi que les résultats concernant la transmissibilité vibratoire et l'exposition aux vibrations associée à chacun de ces sièges.

2.0 CRITÈRES DE SÉLECTION DES SIÈGES

Pour qu'un siège puisse s'adapter au poste de conducteur de débusqueuse, il doit rencontrer certaines exigences vibratoires et dimensionnelles basées sur les critères suivants :

- Le siège suspendu doit idéalement posséder une fréquence naturelle de moins de 1,75 Hz, de façon à atténuer la fréquence dominante du véhicule qui se situe dans la bande de fréquence de tiers d'octave centrée sur 2,5 Hz pour les vibrations selon l'axe z (verticales)¹.
- Le coefficient de transmissibilité de l'ensemble siège-conducteur doit être inférieur à 1,0 dans la bande de fréquence dominante se situant à 2,5 Hz.
- Le déplacement relatif du conducteur par rapport au plancher doit être maintenu au minimum, lorsque le siège est soumis à de fortes secousses. Ainsi, des arrêts élastiques doivent être incorporés pour que le déplacement relatif n'excède pas ± 50 mm par rapport à la position mi-course⁴.

Toutes les références sont inscrites à la page 6 du présent document.

- L'amortissement provoqué par un amortisseur de type hydraulique ou gazeux, ainsi que le frottement ne doivent pas être excessifs, de façon à produire l'atténuation escomptée des vibrations à des fréquences autres que celle naturelle du siège et de son occupant.
- Les dimensions du siège doivent être maintenues au minimum, compte tenu des dimensions limitées des cabines de débusqueuses. La hauteur du siège à mi-course ne devra pas excéder 160 mm, pour que les recommandations concernant les exigences ergonomiques (norme ISO 4253)⁵ puissent être respectées pour les modèles de débusqueuses les plus répandus au Québec (hauteur de la base de fixation : 365 mm; distance horizontale entre le point de référence du siège et les pédales : 680 mm).
- Le siège doit posséder un mécanisme de compensation du poids du conducteur ainsi qu'un ajustement en hauteur pour l'adapter au poids et à la taille des conducteurs, tout en maintenant les mêmes propriétés de la suspension. D'autres réglages désirables incluent un ajustement de la position avant-arrière, de l'angle d'inclinaison du dossier et de l'assise ainsi que la présence d'accoudoirs et d'un appui-tête.

Un sommaire des recommandations apparaît au *tableau 1*.

3.0 DESCRIPTION DES SIÈGES CANDIDATS

On assigne à chacun des sièges une cote de référence A, B, C, ou D. Chaque siège comprend des arrêts élastiques ou rigides pour limiter la course, un réglage avant-arrière ainsi qu'un réglage en hauteur. Tous, à l'exception du siège D, possèdent un réglage servant à ajuster l'angle d'inclinaison du dossier et du coussin. Les sièges A, B et C sont munis d'un amortisseur de type hydraulique, tandis que le siège D utilise un amortisseur gazeux. Une cinématique à ciseaux fait partie de la suspension des sièges B, C et D, tandis que le siège A possède une suspension située à l'arrière de la sellerie. Chaque siège comporte un mécanisme de compensation du poids.

Le siège A, représenté schématiquement à la *figure 1*, s'adapte particulièrement bien dans les véhicules dont les cabines sont de faibles dimensions. Un ressort hélicoïdal et un amortisseur hydraulique servent de support à la sellerie, dont le mouvement est guidé par des rails verticaux situés à l'arrière. Des arrêts en caoutchouc servent à limiter la course verticale en compression ainsi qu'en extension. Un bouton de réglage est utilisé pour fixer la raideur de la suspension selon le poids du conducteur.

Le siège B est muni d'un ressort pneumatique, d'un amortisseur hydraulique incliné et d'un mécanisme automatique de compensation du poids. Le ressort pneumatique procure une raideur variable, contrôlée par un accumulateur et une soupape pneumatique opérée par came. La compensation du poids est obtenue par ajustement automatique de la hauteur du siège à mi-course, peu importe le poids. La suspension comprend une cinématique à ciseaux comportant des arrêts en caoutchouc à la base.

Le siège C, représenté schématiquement à la *figure 2*, ne diffère du siège B que par la suspension qui comprend des ressorts hélicoïdaux, plutôt qu'un ressort pneumatique. La compensation du poids est effectuée par l'entremise d'un réglage manuel qui permet de raidir ou d'assouplir la suspension selon le poids du conducteur. Les sièges B et C peuvent être munis d'un support lombaire pneumatique intégré au dossier. Ce support comprend deux chambres gonflables indépendantes situées à la hauteur des vertèbres lombaires. De plus, un isolateur longitudinal (avant-arrière) peut être inséré entre la suspension du siège et le coussin pour ces deux sièges.

La suspension du siège D comprend des ressorts hélicoïdaux reliés à une barre de torsion. Un mécanisme comportant un cliquet est utilisé pour procurer une raideur variable. La compensation du poids est faite de façon manuelle. Le siège est muni d'un amortisseur gazeux incliné. Un sommaire des principales caractéristiques de ces sièges apparaît dans le *tableau 2*. Des données plus précises sur les caractéristiques statiques de ces sièges (raideur de la suspension et des arrêts élastiques, force de frottement, etc.) peuvent être retrouvées dans une publication du CONCAVE Research Centre⁶ qui traite d'essais effectués en laboratoire impliquant ces mêmes modèles de siège.

4.0 MÉTHODOLOGIE

Chacun des sièges est installé dans une débusqueuse et une période de familiarisation de quatre semaines est allouée au conducteur. Le siège D est installé dans le modèle Tree Farmer C6D, le siège A dans le Timberjack 230D et 240D, tandis que le siège B est installé dans le Caterpillar 518. Ce dernier siège a cependant dû être remplacé par le siège C, à cause de la trop grande course du siège B sous l'influence des vibrations et des chocs engendrés lors de la conduite.

Une enquête par questionnaire est effectuée auprès des conducteurs, suivant la période de familiarisation, de façon à recueillir les commentaires sur la performance et le confort des sièges et sur les moyens possibles de les améliorer.

Les mesures de l'exposition aux vibrations globales du corps sont effectuées conformément à la norme internationale ISO 2631/1⁷, alors que chaque débusqueuse se déplace sur un terrain typique en chantier forestier. Des terrains possédant des caractéristiques différentes sont utilisés par les différents véhicules, selon les sites assignés aux travailleurs. Chaque conducteur circule sur les terrains de façon continue pendant au moins cinq minutes, en tentant de maintenir la vitesse aussi constante que possible (environ 5 km/h).

Les mesures de vibrations sont effectuées à l'interface siège-conducteur à l'aide d'un accéléromètre triaxial ainsi qu'au châssis de la cabine pour obtenir le rapport de transmissibilité en direction verticale. Au niveau du siège, l'exposition aux vibrations est mesurée dans les directions verticale (z), longitudinale (x) et latérale (y) et les niveaux d'exposition sont comparés aux limites définies dans la norme ISO 2631/1.

Un système de télémesure est utilisé permettant l'enregistrement simultané de quatre canaux sur un enregistreur magnétique analogique, représentant les signaux d'accélération en fonction du temps. La réponse en fréquences du système de télémesure est linéaire à ± 1 dB (réf. 1 um s^{-2}) entre 0,8 et 100 Hz, avec une gamme dynamique d'environ 60 dB. Un analyseur de fréquences en bandes de tiers d'octave est utilisé pour produire les spectres en fréquences des vibrations entre 1 et 80 Hz pour chaque axe de mesure. Ces spectres sont comparés aux limites définies dans la norme ISO 2631/1 afin d'évaluer l'exposition aux vibrations tandis que le rapport de transmissibilité verticale du siège et de son occupant est obtenu en divisant le spectre mesuré au siège selon l'axe z par celui mesuré au châssis.

Les spectres en fréquences sont évalués à partir de signaux dont les segments sont de durée d'une minute. Une moyenne de ces spectres est ensuite effectuée. Pour chaque segment, le facteur de crête est obtenu en pondérant d'abord les signaux (filtres de pondération W_x et W_y dans la norme ISO 2631/1) et en mesurant la valeur crête et la valeur efficace d'accélération. Le rapport de ces deux quantités donne le facteur de crête. Un schéma synoptique de la chaîne de mesure et d'analyse des vibrations est présenté à la *figure 3*.

5.0 RÉSULTATS

5.1 Exposition aux vibrations selon l'axe vertical

Un sommaire des principales caractéristiques des spectres en bandes de fréquences de tiers d'octave des vibrations verticales enregistrées au siège des débusqueuses apparaît au *tableau 3*. Compte tenu des topographies de terrain différentes et des variations sur la vitesse de conduite, l'amplitude d'excitation peut varier de siège en siège. La transmissibilité effective d'accélération du siège (S.E.A.T.) représente le rapport du niveau d'accélération globale pondérée mesurée au siège, à celle mesurée au plancher selon l'axe z. Ce paramètre procure ainsi un indice de l'habileté du siège à atténuer l'énergie vibratoire la plus susceptible d'avoir un effet néfaste sur le corps humain. D'après les valeurs de S.E.A.T. rapportées, il apparaît que seuls les deux premiers sièges permettent une quelconque amélioration (S.E.A.T. inférieure à 1,0) tandis que le troisième se comporte vraisemblablement comme un siège non suspendu en ce qui a trait à l'atténuation globale des vibrations. Le siège D, quant à lui, amplifie l'énergie vibratoire dans son ensemble. Il faut cependant noter que le paramètre S.E.A.T. ne peut à lui seul permettre de juger efficacement des qualités d'atténuation d'un siège, puisqu'il ne procure aucune information sur les fréquences auxquelles le siège peut agir. Les courbes de transmissibilité procurent, quant à elles, cette information qui sera traitée dans la section suivante.

Les spectres en fréquences des vibrations sont comparés à la limite définie dans la norme ISO 2631/1 pour la capacité réduite par fatigue. Cette limite spécifie les niveaux de vibration à ne pas dépasser, à chaque bande de fréquence de tiers d'octave comprise entre 1,0 et 80 Hz, pour éviter que les vibrations constituent une nuisance pour le travailleur, pouvant interférer avec la conduite sécuritaire du véhicule. Les vibrations étant à bande large, c'est l'amplitude de la composante fréquentielle dominante qui est retenue pour comparaison avec cette limite, après avoir appliqué la pondération en fréquence appropriée (W_z). À partir de cette amplitude, on peut estimer la durée d'exposition quotidienne requise pour atteindre la limite à la capacité réduite par fatigue. Ces valeurs de durée permise d'exposition apparaissent au *tableau 3*, où l'on peut constater que sous la plupart des conditions d'opération, les sièges étudiés rencontrent la limite à la capacité réduite par fatigue pour une durée d'exposition quotidienne de cinq heures, qui représente la durée d'exposition quotidienne moyenne pour ce type de véhicule. Cependant, ces résultats ne permettent pas de comparer la performance de ces sièges par rapport à un siège non-suspendu, puisque la même source d'excitation (amplitude et fréquences) ne pouvait pas être maintenue pour l'ensemble des essais impliquant les sièges suspendus et les sièges non suspendus. Une approche, discutée dans les sections suivantes, a cependant pu être développée pour permettre une telle comparaison entre les sièges.

5.2 Transmissibilité associée aux sièges et à leur occupant

Les courbes de transmissibilité des vibrations verticales associées au siège A apparaissent à la *figure 4*, pour les deux types d'excitation ainsi que les caractéristiques des opérateurs participant aux essais. Ces courbes sont comparées à celle obtenue préalablement avec un siège non suspendu alors que le spectre en fréquence correspondant à l'excitation était tel que le niveau d'accélération globale pondérée $a_{g,w}$ était $0,82 \text{ ms}^{-2}$. Même si les courbes diffèrent sensiblement à cause des différentes amplitudes d'excitation, les deux courbes de transmissibilité caractérisant le siège démontrent une atténuation marquée des vibrations à 2,5 Hz, comparativement à un siège non suspendu. De plus, la fréquence de coupure se situe aux environs de 2,0 Hz.

Pour comparer les caractéristiques d'atténuation propre à chaque siège, la source d'excitation devrait idéalement être la même, avec une accélération globale pondérée de l'ordre de $0,82 \text{ ms}^{-2}$ qui correspond au niveau de vibration enregistré lors des essais avec des sièges non suspendus. Cependant, aucun contrôle ne pouvait être exercé sur la source d'excitation lors des essais terrain à cause des variations des topographies de terrain et des habitudes de conduite des différents travailleurs. Les courbes de transmissibilité (*figure 4*) obtenues pour le siège A pour des amplitudes d'excitation de 0,58 et $1,56 \text{ ms}^{-2}$ montrent cependant qu'il devrait être possible d'interpoler les valeurs de transmissibilité pour prédire quelle devrait être la transmissibilité pour une excitation intermédiaire de $0,82 \text{ ms}^{-2}$. Cette procédure a été appliquée à chacun des sièges et les caractéristiques en découlant apparaissent au *tableau 4*. Ces résultats indiquent qu'à l'exception du dernier siège, les sièges possèdent les caractéristiques requises pour atténuer les vibrations dans les débusqueuses. Le siège A, à lui seul, permet une atténuation nette d'environ 30 % à 40 % supérieure aux niveaux de vibration mesurés avec un siège non suspendu à la fréquence dominante du véhicule.

5.3 Comparaison de l'exposition aux vibrations avec les différents sièges

À partir des caractéristiques de transmissibilité des différents sièges et du spectre en fréquence des vibrations correspondant à l'excitation lorsque l'accélération globale pondérée $a_{g,w}$ est $0,82 \text{ ms}^{-2}$ (*figure 5*), le spectre en fréquence des vibrations verticales peut être estimé à l'interface siège-conducteur, permettant ainsi de comparer chaque siège dans des conditions où l'excitation serait la même. Le spectre estimé avec le siège A apparaît à la *figure 6*, où il est comparé au spectre obtenu avec un siège non suspendu et à la limite à la capacité réduite par fatigue définie dans la norme ISO 2631/1. On peut donc estimer la durée d'exposition

quotidienne permise pour chacun des sièges. Ces résultats apparaissent dans le *tableau 5* où l'on constate que le siège B permettrait la plus longue durée d'exposition, excédant de 6,5 heures la durée permise avec un siège non suspendu. À l'opposé, le siège D permettrait une durée plus courte d'exposition de 0,5 heure. Le siège A permettrait deux heures de plus, tandis que le siège C ajouterait 0,3 heure à la durée permise d'exposition.

Il apparaît, à première vue, que le siège B serait idéalement le mieux adapté aux débusqueuses. Cependant, la souplesse de sa suspension engendre des déplacements verticaux excessifs lorsque soumis aux vibrations et aux chocs rencontrés dans les débusqueuses, ce qui le rend inapte pour ce type de véhicule. Le siège A devient donc ainsi le meilleur choix, réduisant d'environ 25 % la dose d'exposition (rapport de la durée d'exposition réelle à la durée permise) par rapport à un siège non suspendu lorsque la durée quotidienne d'exposition est de cinq heures.

6.0 CONCLUSION

Une évaluation de quatre différents modèles de sièges à suspension verticale a permis l'identification d'un siège dont les caractéristiques fonctionnelles et dimensionnelles satisfont les exigences requises pour atténuer les vibrations dans les débusqueuses.

Dans des situations de conduite normale de la débusqueuse, l'amplitude des vibrations transmises au conducteur à la fréquence dominante du véhicule pourrait être de 30 à 40 % inférieure à l'amplitude mesurée en présence d'un siège non suspendu. Dans des conditions identiques de conduite, pour un même terrain, ces résultats se traduisent par une réduction de 25 % de la dose d'exposition mesurée en présence d'un siège non suspendu pour la direction verticale. Évidemment, la conduite de la débusqueuse à de plus grandes vitesses et sur des terrains plus accidentés risquerait de modifier le degré d'efficacité du siège. Bien que le siège possède les caractéristiques désirées pour atténuer les vibrations dominantes du véhicule, le siège ne pourrait prévenir la transmission de niveaux intenses de vibrations au conducteur, lorsque la vitesse est excessive et que le terrain est très accidenté.

Le siège A retenu dans cette étude s'est particulièrement bien prêté à l'installation dans les modèles de débusqueuses Timberjack 230 et 240, modèles les plus répandus dans les chantiers forestiers du Québec. Son installation dans d'autres modèles, tels les débusqueuses Tree Farmer C6, Caterpillar 518 et John Deere 540, devrait également être possible, tout en respectant les dimensions proposées dans les normes, pour l'aménagement du poste de conducteur assis.

Références citées

1. BOILEAU, Paul-Émile et SCORY, Henri, 1988. *Les lombalgies chez les conducteurs de débusqueuses: étude des vibrations appliquées au corps entier dans les chantiers forestiers du Québec*, Archives des maladies professionnelles, 49 (5) : 305-314.
2. DUPUIS, H. et ZERLETT, G. *The Effects of Whole-Body Vibration*, Springer-Verlag, 1986, 162 pp.
3. HELMKAMP, J.C., TALBOTT, E.O. et MARSH, G.M. *Whole Body Vibration - A Critical Review*, American Industrial Association Journal, 1984, vol. 45, n° 3, 162-167.
4. WEBB, R.D.G. et HOPE, P.A. *Ergonomics and Skidder Operations in Northern Ontario : A Preliminary Investigation*, Information Report DPC-X-15, Environnement Canada, Service canadien des forêts, 25 pp.
5. Norme internationale ISO 4253. *Tracteurs agricoles - Poste de conduite pour conducteur assis - Dimensions*, Première édition 1977-07-01.
6. RAKHEJA, S., SANKAR, S. et AFEWORK, Y. 1988. *Vibration Transmission Performance of Vertical Seat Suspension Systems*, CONCAVE Research Centre, Université Concordia, Montréal, Québec, 116 pp.
7. International Standard ISO 2631/1, 1985. *Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration - Part I: General Requirements*, 1985-05-15.

TABEAU 1: CARACTÉRISTIQUES RECOMMANDÉES POUR VÉHICULES TOUT-TERRAIN

CARACTÉRISTIQUES DU SIÈGE	RECOMMANDATIONS
DOSSIER	
• Largeur (mm)	400 - 500
• Hauteur (mm)	>260
• Inclinaison (Degrés)	95-110
COUSSIN	
• Largeur (mm)	>440
• Longueur (mm)	350 - 450
• Épaisseur (mm)	40 -100
• Inclinaison (Degrés)	3 -12
HAUTEUR AU POINT DE RÉFÉRENCE DU SIÈGE	140 - 180 *
COURSE VERTICALE (mm)	±50
RÉGLAGES	
• Poids (kg)	-
• Hauteur (mm)	<100
• Déplacement longitudinal (mm)	± 75 (minimum)
• Accoudoirs	Requis
• Appui-tête	Optionnel

* Dépendant de la distance horizontale entre le PRS et les pédales.

TABLEAU 2: CARACTÉRISTIQUES DES SIÈGES CANDIDATS

SIÈGE	TYPE DE SUSPENSION	CONSTRUCTION	COMPENSATION DU POIDS	COURSE	AUTRES RÉGLAGES
Siège A	Mécanique à l'arrière de la sellerie	Sellerie supportée sur ressort hélicoïdal et amortisseur hydraulique	Manuel	100 mm	<ul style="list-style-type: none"> • Déplacement longitudinal • Inclinaison du coussin et du dossier • Accoudoirs • Hauteur
Siège B	Pneumatique sous la sellerie	Cinématique à ciseaux, ressort pneumatique et amortisseur hydraulique incliné	Automatique	100 mm	<ul style="list-style-type: none"> • Hauteur • Déplacement longitudinal • Inclinaison du coussin et du dossier • Support lombaire
Siège C	Mécanique sous la sellerie	Cinématique à ciseaux, ressorts hélicoïdaux et amortisseur hydraulique	Manuel	75 mm	<ul style="list-style-type: none"> • Hauteur • Déplacement longitudinal • Inclinaison du coussin et du dossier • Support lombaire
Siège D	Mécanique sous la sellerie	Cinématique à ciseaux, barre de torsion, ressorts hélicoïdaux et amortisseur gazeux	Manuel	80 - 100 mm	<ul style="list-style-type: none"> • Déplacement longitudinal • Inclinaison du coussin et du dossier • Accoudoirs • Hauteur

TABEAU 3: EXPOSITION AUX VIBRATIONS GLOBALES DU CORPS EN SITUATIONS RÉELLES DE TRAVAIL (DIRECTION VERTICALE)

SIÈGE	AMPLITUDE GLOBALE PONDÉRÉE DE L'EXCITATION $a_{o,w}$ (ms^{-2})	MASSE DU CONDUCTEUR (kg)	S.E.A.T.	AMPLITUDE DE LA COMPOSANTE FRÉQUENTIELLE DOMINANTE (ms^{-2})	DURÉE D'EXPOSITION PERMISE POUR ATTEINDRE LA LIMITE À LA CAPACITÉ RÉDUITE PAR FATIGUE (h)
A	1,56	77	0,76	0,51	4,1
	0,58	102	0,79	0,23	14,2
B	0,96	64	0,62	0,31	8,8
	0,64	64	0,80	0,25	12,3
C	0,78	64	1,01	0,37	6,6
	0,73	64	1,00	0,33	7,9
D	0,82	65	1,13	0,46	4,7
	0,82	65	1,07	0,39	6,1
Non suspendu	0,82	61	1,01	0,42	5,4

TABLEAU 4: CARACTÉRISTIQUES DE TRANSMISSIBILITÉ DES VIBRATIONS PAR LES SIÈGES EN SITUATIONS RÉELLES DE TRAVAIL ($a_{0,w} = 0,82 \text{ ms}^{-2}$)

SIÈGE	FREQUENCE DE RÉSONANCE	TRANSMISSIBILITÉ À LA RÉSONANCE (Hz)	FREQUENCE DE COUPURE (Hz)	TRANSMISSIBILITÉ À 2,5 Hz
A	1,3	1,48	2,0 - 2,5	0,72
B	1,0 ou moins	1,80	1,6 - 2,0	0,42
C	1,3	1,80	2,0 - 2,5	0,82
D	-	-	3,2 - 4,0	1,13

TABLEAU 5: INFLUENCE DES DIFFÉRENTS SIÈGES SUR L'EXPOSITION AUX VIBRATIONS GLOBALES DU CORPS POUR UNE MÊME AMPLITUDE D'EXCITATION

SIÈGE	S.E.A.T.	AMPLITUDE DE LA COMPOSANTE FRÉQUENTIELLE DOMINANTE (ms^{-2})	DURÉE D'EXPOSITION QUOTIDIENNE POUR ATTEINDRE LA LIMITE PRESCRITE (h)	GAIN PRÉVU COMPARATIVEMENT À UN SIÈGE NON SUSPENDU (h)
A	0,80	0,34	7,4	+2,0
B	0,70	0,26	11,9	+6,5
C	0,96	0,40	5,7	+0,3
D	1,07	0,45	4,9	-0,5

*Limite à la capacité réduite par fatigue

$a_{0,w} = 0,82 \text{ ms}^{-2}$

FIGURE 1: DESCRIPTION SHÉMATIQUE DU SIÈGE A

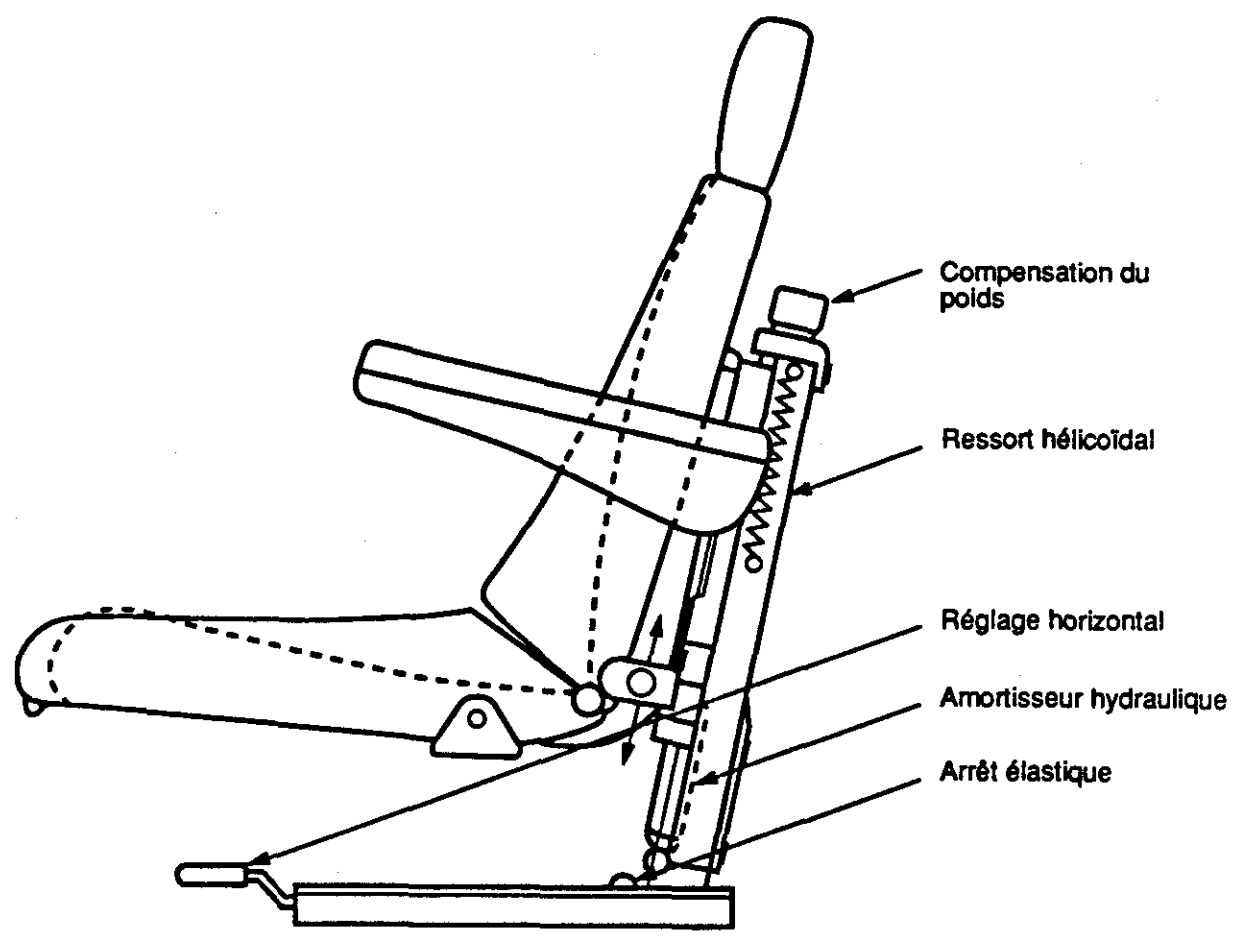


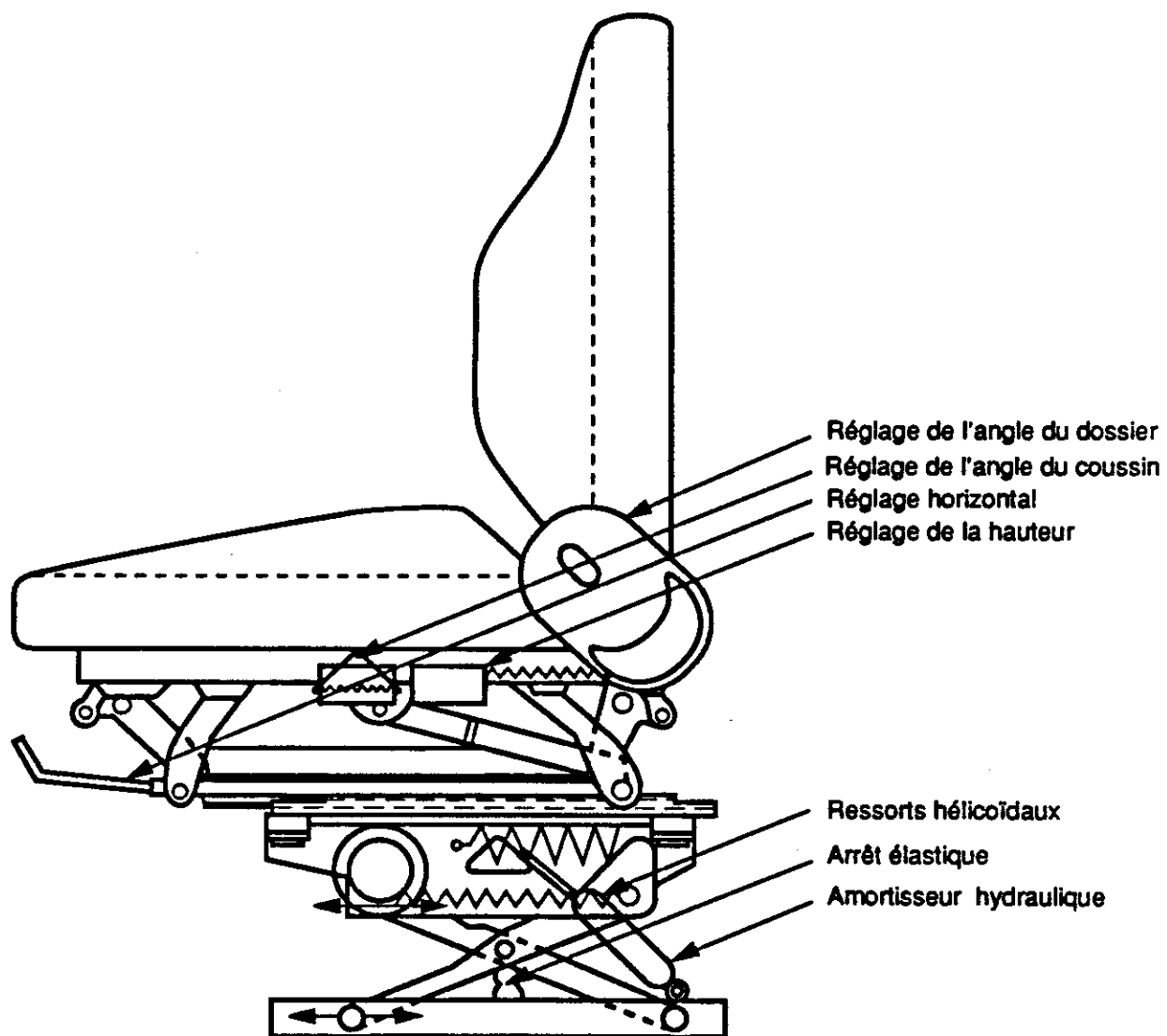
FIGURE 2: DESCRIPTION SHÉMATIQUE DU SIÈGE C

FIGURE 3: SHÉMA SYNOPTIQUE DE LA CHAÎNE DE MESURE ET D'ANALYSE DES VIBRATIONS

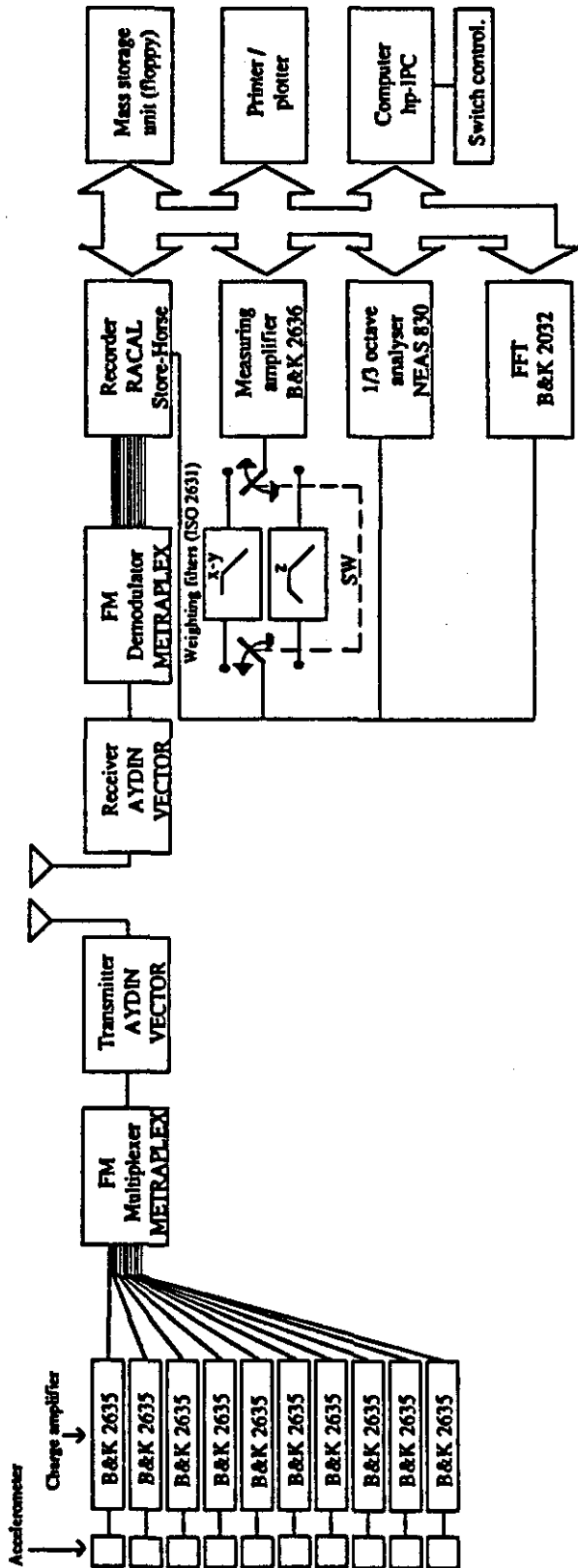


FIGURE 4: COURBES DE TRANSMISSIBILITÉ ASSOCIÉES AU SIÈGE A ET COMPARAISON AVEC UN SIÈGE NON SUSPENDU

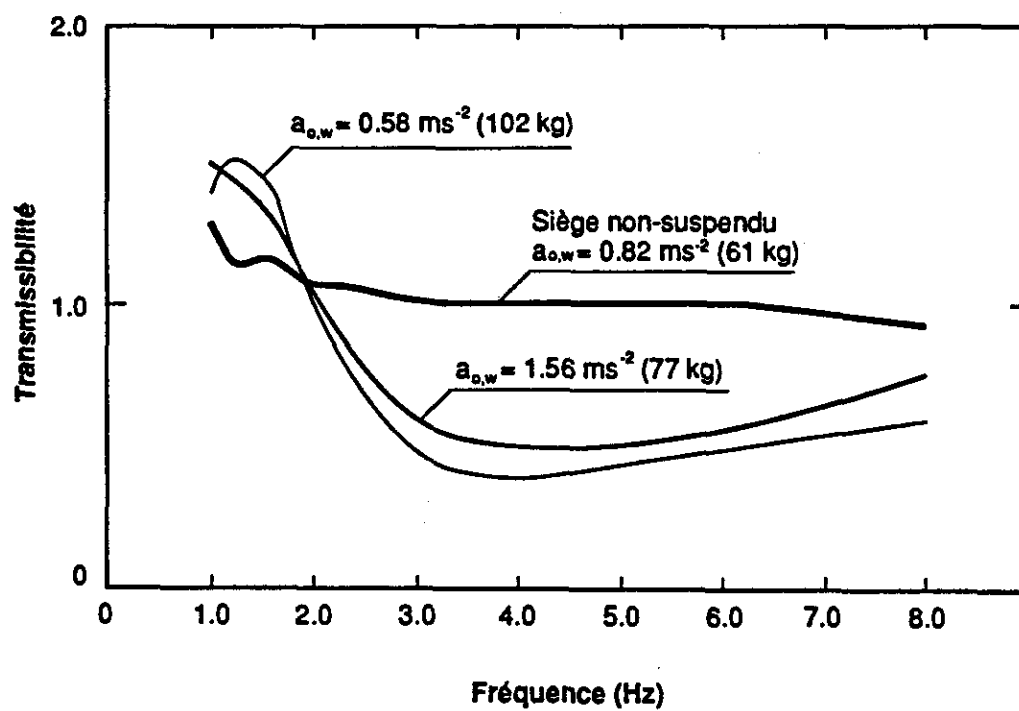


FIGURE 5: SPECTRES EN FRÉQUENCES DES VIBRATIONS ENREGISTRÉES AU CHASSIS DU VÉHICULE ET À L'INTERFACE SIÈGE-CONDUCTEUR D'UN SIÈGE NON SUSPENDU

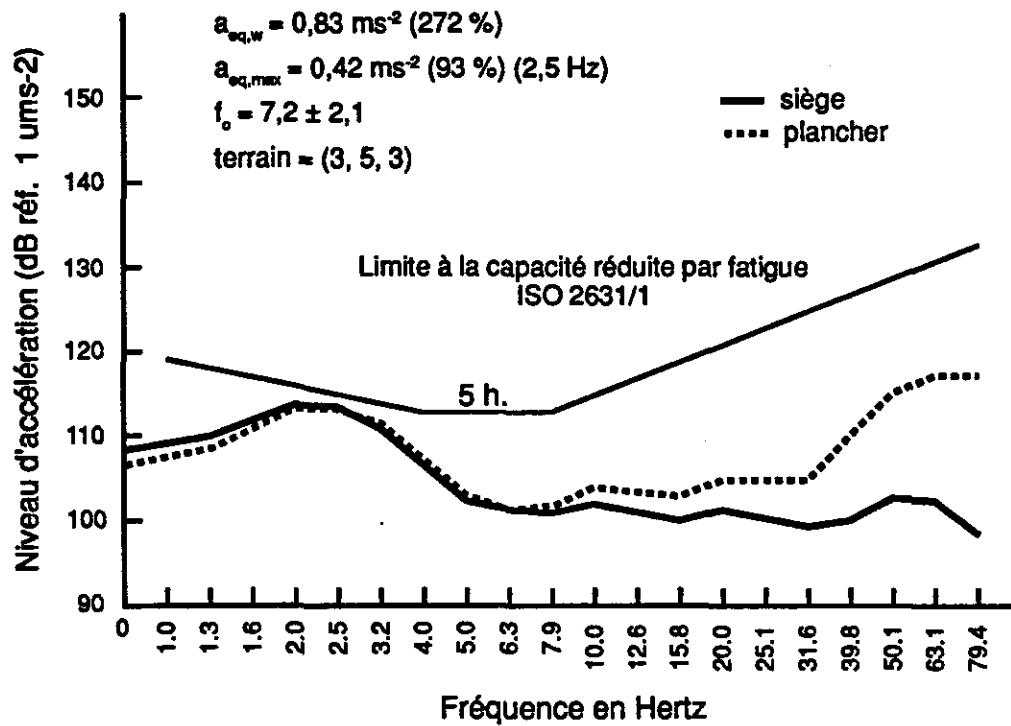


FIGURE 6: SPECTRE EN FRÉQUENCE PRÉVU POUR LE SIÈGE A LORSQUE L'EXCITATION $a_{0,w}$ EST $0,82 \text{ MS}^{-2}$

