



## Étude de faisabilité d'un siège à suspension latérale pour les débusqueuses

<p><b>Responsables :</b></p> <p>Denis Turcot, Paul-Emile Boileau, Programme sécurité-ingénierie, IRSST</p> <p><b>Facteur de risque :</b></p> <p>L'exposition des travailleurs aux vibrations globales du corps, et en particulier aux vibrations de type impulsionnel</p>	<p><b>Groupe de travailleurs concerné :</b></p> <p>Les travailleurs forestiers manœuvrant des débusqueuses</p>
---	--

### L'origine et le contexte

L'exposition aux vibrations globales du corps subies par les opérateurs de débusqueuses a été mesurée par une équipe de l'IRSST lors d'une analyse sur le terrain en 1986, qui démontrait que les niveaux d'exposition excédaient généralement les limites établies par la norme ISO 2631/1, en particulier dans le cas des vibrations latérales.

Les accélérations mesurées au niveau du châssis de la débusqueuse et du siège du conducteur sont du type impulsionnel, c'est-à-dire qu'elles peuvent comporter des chocs élevés. Le facteur de crête, qui rend compte de ce caractère impulsionnel, peut atteindre 12,5 dans le cas des vibrations verticales et 7 dans le cas des vibrations transversales. Ces dernières sont cependant celles qui causent le plus d'inconfort aux travailleurs.

Pour tenter de réduire ces vibrations, il a été convenu, pour des raisons économiques, d'envisager des solutions n'exigeant aucune modification majeure du véhicule lui-même; c'est pourquoi les efforts de recherche ont été dirigés dès le départ vers l'amélioration des sièges existants ou le design d'un nouveau siège.

Au moment de l'étude, il existait sur le marché des systèmes de suspension verticale permettant d'atténuer les vibrations transmises verticalement au conducteur du véhicule, mais il n'y avait pas de système passif agissant en direction latérale pour des véhicules à passager unique.

On a donc conçu un modèle physique simple de siège à suspension latérale, afin de vérifier la faisabilité d'un système d'amortissement pour les vibrations latérales. Ce système devait être utilisé en conjonction avec un siège à suspension verticale existant.

### L'objectif

Vérifier la faisabilité d'un mécanisme de suspension passive de siège qui réduirait les vibrations latérales affectant les conducteurs de débusqueuses.

### La démarche

Le modèle choisi est un système simple qui ne se déplace que dans une seule direction (latérale). Il consiste en une plate-forme pouvant se déplacer sur des supports linéaires entre deux paires de ressorts montés de façon concentrique sur ces supports. Un siège à suspension verticale devait par la suite être placé sur la plate-forme, et l'ensemble devait être installé dans les cabines de débusqueuses.

En substituant des valeurs numériques aux variables du modèle (masse de l'opérateur, du siège et de la plate-forme; rigidité des ressorts; coefficient d'amortissement visqueux; force de frottement de type Coulomb; rigidité des arrêts élastiques; etc.), le comportement d'un tel siège peut être simulé sur ordinateur, en fonction de signaux réels d'excitation tels qu'ils ont été enregistrés sur le terrain.

Ce faisant, la réponse du modèle mathématique du système peut donc être évaluée et optimisée en ajustant les différents paramètres du modèle physique.

### Les résultats

En fixant dans les équations des valeurs pour trois des quatre paramètres suivants: rigidité des ressorts, constante d'amortissement, force de frottement et rigidité des arrêts élastiques, on peut évaluer l'influence du quatrième paramètre sur la réponse globale du système. Ainsi, on a remarqué que c'est la force de frottement qui a le moins d'effet sur les niveaux de vibrations enregistrés au siège et sur la transmissibilité des vibrations du siège.

Pour sa part, l'augmentation de la constante d'amortissement a pour effet de diminuer la transmissibilité des vibrations du siège tout en causant une légère diminution de la résonance du système. Cela a comme conséquence d'augmenter le déplacement relatif du siège et de produire ainsi un effet contraire à celui qui est recherché. Cependant, l'analyse temporelle permet de constater d'importantes diminutions dans les niveaux instantanés de vibrations, c'est-à-dire dans les chocs,

lorsqu'on accroît l'amortissement; le facteur de crête peut dans certains cas être réduit de trois fois.

En ce qui concerne la rigidité des ressorts, les résultats montrent que son accroissement cause une augmentation de la transmissibilité du système et un déplacement de la fréquence de résonance du siège vers des fréquences supérieures; de plus, on note un faible accroissement des niveaux crêtes d'accélération. Par contre, en augmentant la rigidité des ressorts, on réduit le déplacement relatif de la suspension.

De la même manière, l'augmentation de la rigidité des arrêts élastiques provoque une réduction du déplacement du siège mais une augmentation des niveaux de vibrations. Si l'on fixe la rigidité des arrêts de façon à ramener le déplacement du siège à 15 cm de part et d'autre de l'axe central, ce qui demeure excessif, les niveaux efficaces d'accélération sont triplés dans certains cas.

Dans l'ensemble, les résultats des simulations révèlent que, pour maintenir les niveaux de vibrations transmises au siège en deçà des limites fixées par la norme ISO 2631/1, on devra déterminer les paramètres de façon à permettre des niveaux de vibrations significativement élevés à des fréquences inférieures à 0,9 Hz, fréquences pour lesquelles aucune limite n'est fixée, et que l'on soupçonne d'être associées au « mal des transports ». De plus, dans ces conditions, le déplacement latéral du siège dépasse dans la majorité des cas 10 cm de part et d'autre de l'axe central, ce qui nuit de façon importante à la stabilité d'opération du conducteur.

Par ailleurs, si l'on veut maintenir les niveaux de vibrations en deçà des niveaux enregistrés sur des sièges rigides pour des fréquences inférieures à 0,9 Hz, on doit fixer les paramètres de manière à amplifier les niveaux de vibration à des fréquences excédant 1 Hz. Une telle situation se traduit généralement par un non-respect des limites prévues à la norme, sur une gamme de fréquences pouvant s'étendre à quelques hertz; le déplacement relatif du siège peut cependant être mieux contrôlé.

Ces résultats remettent donc sérieusement en question l'utilisation d'un mécanisme à suspension passive pour réduire les vibrations latérales sur les débusqueuses. Au mieux, on en arrive à une situation comparable à celle qui existe déjà avec les sièges rigides, dépourvus de suspension, dont sont équipées plusieurs débusqueuses, et ce, sans gain appréciable sur les niveaux de vibrations latérales. L'incorporation aux débusqueuses d'un siège à suspension verticale (ce dernier étant toujours requis lorsqu'il y a des vibrations verticales) pourvu d'un mécanisme de suspension latérale, au détriment du siège rigide actuel, ne saurait donc être justifiée, d'autant plus qu'elle poserait une contrainte importante d'espace dans le volume réduit des cabines de débusqueuses.

## Les principales conclusions

Les résultats suggèrent que le mécanisme de suspension latérale ne saurait être efficace pour réduire l'exposition aux vibrations latérales sur les débusqueuses. En effet, l'atténuation des vibrations latérales, de faibles fréquences, exigerait des déplacements latéraux du siège assez importants pour être nuisibles à la conduite du véhicule.

L'étude du modèle mathématique ne permet pas de déterminer une combinaison de paramètres qui permettrait d'atténuer suffisamment les vibrations enregistrées sur des sièges rigides, tout en maintenant un déplacement latéral du siège compatible avec une conduite efficace du véhicule.

## Les prolongements de la recherche

Les résultats ne suggèrent pas la poursuite de l'étude de modèles mathématiques plus complexes pour concevoir un système de suspension latérale passive, tout système passif étant susceptible de reproduire le comportement observé dans le cadre de la présente étude.

Par ailleurs, l'atténuation des vibrations latérales au moyen d'un mécanisme de suspension active, si elle peut connaître plus de succès, implique des coûts considérables, et il n'est pas certain qu'on dispose de systèmes assez sûrs et robustes pour opérer dans l'environnement difficile des chantiers forestiers.

L'étude se poursuivra plutôt sur l'incorporation aux débusqueuses de sièges à suspension verticale pouvant accessoirement réduire les vibrations latérales. On travaillera notamment à améliorer l'atténuation des vibrations latérales en incorporant à ces sièges un coussin dont la composition et la consistance seront déterminées dans ce but.