

# Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes

## Identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

Damien Burlet-Vienney  
Sylvie Beaugrand  
Bertrand Galy  
Maud Gonella  
François Gauthier  
Élise Ledoux  
Isabelle Berger  
Isvieysys Armas Marrero  
Kariane Cusson Bertrand

RAPPORTS  
SCIENTIFIQUES

R-1179-fr



## NOS RECHERCHES travaillent pour vous !

**Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.**

### Mission

Dans l'esprit de la Loi sur la santé et la sécurité du travail (LSST) et de la Loi sur les accidents du travail et les maladies professionnelles (LATMP), la mission de l'IRSST est de :

Contribuer à la santé et à la sécurité des travailleuses et travailleurs par la recherche, l'expertise de ses laboratoires, ainsi que la diffusion et le transfert des connaissances, et ce, dans une perspective de prévention et de retour durables au travail.

### Pour en savoir plus

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement. [www.irsst.qc.ca](http://www.irsst.qc.ca)

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement :

- au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par l'Institut et la CNESST ([preventionautravail.com](http://preventionautravail.com))
- au bulletin électronique [InfoIRSST](#)

### Dépôt légal

Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2023  
ISBN 978-2-89797-263-9 (PDF)

© Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, 2023

IRSST - Service des communications  
505, boul. De Maisonneuve Ouest  
Montréal (Québec)  
H3A 3C2  
Téléphone : 514 288-1551  
[publications@irsst.qc.ca](mailto:publications@irsst.qc.ca)  
[www.irsst.qc.ca](http://www.irsst.qc.ca)

# Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes

## Identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

Damien Bulet-Vienney<sup>1</sup>, Sylvie Beaugrand<sup>1</sup>, Bertrand Galy<sup>1</sup>,  
Maud Gonella<sup>1</sup>, François Gauthier<sup>2</sup>, Élise Ledoux<sup>3</sup>, Isabelle Berger<sup>3</sup>,  
Isvieysys Armas Marrero<sup>3</sup>, Kariane Cusson Bertrand<sup>1</sup>

Les collaborateurs et la collaboratrice

Jérôme Boutin<sup>1</sup>, Pierre Drouin<sup>1</sup>, Marie Comeau<sup>1</sup>,  
Chun Hong Law<sup>1</sup>, Yovany Espindola<sup>2</sup>

<sup>1</sup> IRSST

<sup>2</sup> Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR)

<sup>3</sup> Université du Québec à Montréal (UQAM)

RAPPORTS  
SCIENTIFIQUES

R-1179-fr



### Avis de non-responsabilité

L'IRSST ne donne aucune garantie relative à l'exactitude, la fiabilité ou le caractère exhaustif de l'information contenue dans ce document. En aucun cas l'IRSST ne saurait être tenu responsable pour tout dommage corporel, moral ou matériel résultant de l'utilisation de cette information.

Notez que les contenus des documents sont protégés par les législations canadiennes applicables en matière de propriété intellectuelle.

Cette publication est disponible en version PDF sur le site Web de l'IRSST.



#### ÉVALUATION PAR DES PAIRS

Conformément aux politiques de l'IRSST, les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.



## REMERCIEMENTS

Tout d'abord, nous tenons à remercier tous les participants et tous les garages qui ont été rencontrés au cours de ce projet. Sans leur collaboration, leur disponibilité et leur ouverture, la réalisation de cette étude n'aurait pas été possible. Nous soulignons d'ailleurs leurs nombreuses suggestions pour améliorer la gestion des risques liée aux ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes. Nous tenons également à remercier la direction et les formateurs des centres de formation qui nous ont accueillis lors des expérimentations.

Nous tenons ensuite à souligner la contribution d'Auto Prévention et de ses conseillers ainsi que les membres du comité Maxime Fortier pour l'orientation de la recherche, le suivi des travaux et l'aide lors du recrutement des participants.

Enfin, l'équipe de recherche remercie l'IRSST pour le financement du projet et le soutien de son personnel tout au long de l'étude.

## SOMMAIRE

Cette recherche porte spécifiquement sur l'utilisation des ponts élévateurs de véhicules (PEV) hors terre à deux colonnes (HT2C). Les PEV HT2C sont utilisés par les techniciens automobiles lors de l'entretien et de la réparation des véhicules et les amènent à travailler sous ou à proximité d'une charge surélevée de plusieurs tonnes. La mort d'un jeune technicien en 2014 est à l'origine d'une concertation du secteur de la réparation automobile et de ces travaux de recherche. La chute d'un véhicule d'un PEV HT2C est le risque ciblé par cette étude.

De nombreux facteurs sont susceptibles de contribuer à la chute d'un véhicule d'un PEV HT2C. Lors de la préparation du projet, des facteurs d'ordre technique, organisationnel et humain ont été évoqués. Toutefois, les connaissances sur la contribution de ces facteurs à la qualité du levage ou encore celles sur les déterminants du travail étaient limitées. L'objectif de ce projet a donc été d'identifier et de catégoriser les principaux déterminants techniques de la stabilité du levage avec un PEV HT2C et les principaux déterminants du travail sous-jacents à l'adoption des méthodes de levage utilisées dans les garages.

Une approche pluridisciplinaire, ingénierie-ergonomie, a été choisie afin de répondre à une problématique liée à la fois au fonctionnement mécanique de l'équipement et à son utilisation. La méthodologie choisie a permis d'explorer plusieurs sources de données : essais de levage avec mesures, entretiens avec différents acteurs du secteur, observations terrain, documentation et tests de grilles d'inspection. Plus spécifiquement, le projet a été structuré autour de trois blocs :

- Bloc A (deux plans d'expérience complets) : mesurer et comparer la répartition des efforts induits dans les bras de levage et le glissement des patins selon différentes configurations afin d'identifier les facteurs les plus significatifs.
- Bloc B (sept entretiens préliminaires avec des acteurs clés du secteur, recrutement de cinq garages avec 108 situations de levage observées, 19 entretiens préliminaires et huit entretiens d'approfondissement) : documenter les modes opératoires liés à l'utilisation des PEV HT2C et identifier les déterminants de l'activité de levage fait par des techniciens.
- Bloc C (agrégation de sources de données issues des différents blocs) : formuler des critères de vérification qualitatifs et quantitatifs pour bonifier l'inspection périodique des PEV HT2C.

Bien que le projet ait été mené par blocs, une coconstruction et une mise en commun des résultats ont été effectuées tout au long du projet afin que chaque bloc alimente les autres.

L'analyse des plans d'expérience du bloc A a notamment permis de conclure que :

- Lors de certains essais avec le véhicule compact et le PEV le plus usé, une sous sollicitation d'un bras (< 50 kg) a été mesurée révélant un risque de pivotement du bras. Ce phénomène observé avec le PEV plus usé pointe notamment l'importance de l'état du PEV.
- Pour le véhicule de type camionnette, le chargement de la caisse et le recul par rapport aux colonnes ont conduit à des déséquilibres importants des forces vers les bras arrière (jusqu'à 82 % du total des moments générés). Ce sont des configurations à éviter.
- Les loquets antichute positionnés de manière asymétrique dans les colonnes mettent plus de charges sur les deux bras vis-à-vis des loquets. Cette configuration n'est pas recommandée.
- Le positionnement initial des patins est primordial puisque des glissements allant jusqu'à ¼ de la largeur du patin (> 50 mm) ont été mesurés lors des essais. Le blocage des bras n'a pas eu d'effet significatif sur les glissements mesurés.
- Les glissements mesurés ont été beaucoup plus importants pour les patins repliables en métal que les patins en caoutchouc. Le constat est le même pour les coups de masse latéraux par rapport aux poussées verticales dans le coffre.

La collecte de données du bloc B a permis d'apporter les éclairages suivants. L'utilisation des PEV au Québec s'inscrit dans un contexte caractérisé par des transformations importantes tant au niveau du marché des véhicules que du métier de technicien automobile. Au-delà de ces transformations, les techniciens sont déjà confrontés à une grande diversité de situations de levage dont certaines génèrent des difficultés pouvant s'expliquer par : 1) les caractéristiques et l'état des véhicules et de leurs points de levage (p. ex. : poids et largeur du véhicule, localisation et dégradation des points de levage, absence de points de levage alternatifs clairement identifiés) ; 2) les caractéristiques des ponts utilisés et de leur installation (p. ex. : zones d'atteinte des patins, possibilité limitée d'ajustement des patins, interférences des bras avec le véhicule, inclinaison du plancher) ; 3) le travail à effectuer sur le véhicule (p. ex. : interférence avec position des bras-patins, modification du centre de gravité, possibilité ou non de faire le travail sur un autre type pont) ; 4) le contexte (p. ex. : hiver/glace, période plus intense lors des changements de pneus, organisation du travail axée sur la performance). Les résultats montrent d'ailleurs de fréquentes inadéquations du couple « pont — véhicule à lever ». Ils révèlent aussi que l'apprentissage du levage sécuritaire se fait au fil du temps et que le soutien organisationnel joue un rôle important. Ainsi, les techniciens d'expérience reconnaissent les véhicules et leurs particularités, évaluent la situation, décident de comment les lever ou de ne pas les lever sur leur pont, font des compromis (position du véhicule ou des patins) et utilisent parfois des moyens « maison » (rondelles) pour pallier le manque de polyvalence de leur pont. Aussi, les procédures mises de l'avant par des organismes de prévention pour le levage comptent des étapes distinctes et universelles. Le processus réel est plutôt d'accomplir plusieurs

évaluations à la fois et des retours en arrière (repositionner le véhicule ou les patins) lorsque l'accès aux points de levage recommandés pose problème ou que la stabilité semble compromise. Finalement, le personnel encadrant peut jouer un rôle favorable notamment en refusant les véhicules trop lourds, trop rouillés et en impliquant les techniciens d'expérience dans le processus d'achat des ponts.

Les travaux du bloc C, quant à l'inspection des PEV HT2C, ont mené au développement d'une grille d'inspection spécifique aux PEV HT2C incluant 15 points d'inspection décomposés en 42 sous-points d'inspection et 74 critères d'inspection. Pour chaque critère d'inspection, une périodicité d'inspection a été établie au moyen d'un algorithme décisionnel sur la criticité.

La mise en commun de l'ensemble des résultats a permis de formuler des avenues de prévention à différents niveaux. Le premier niveau concerne les fabricants de véhicules et de PEV HT2C quant à la conception de leurs produits respectifs. Le deuxième niveau vise le législateur et plus particulièrement les exigences de formation et d'inspection. Le troisième niveau s'applique aux garages automobiles en tant qu'institution en lien avec les processus d'achat, d'installation et d'entretien des ponts, la sensibilisation des clients ainsi que l'organisation et la répartition du travail pour les cas les plus complexes. Le quatrième niveau s'adresse plus directement au personnel des garages, dont les techniciens et les superviseurs, concernant le contenu des formations sur la diversité des situations et aux conditions pour assurer la stabilité du levage.

# TABLE DES MATIÈRES

<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>1. ÉTAT DES CONNAISSANCES</b> .....	<b>8</b>
1.1 Utilisation des PEV dans les garages .....	8
1.2 Inspection.....	12
1.3 Contexte organisationnel.....	12
1.4 Parc automobile .....	14
<b>2. OBJECTIFS DE RECHERCHE ET STRUCTURE DE LA MÉTHODOLOGIE</b> .....	<b>15</b>
2.1 Objectifs .....	15
2.2 Vue d'ensemble de la méthodologie.....	16
<b>3. EXEMPLE DE LEVAGE D'UN VÉHICULE</b> .....	<b>18</b>
<b>4. BLOC A : PLANS D'EXPÉRIENCE SUR LA STABILITÉ DU LEVAGE AVEC UN PEV HT2C</b> .....	<b>22</b>
4.1 Rappel de l'objectif .....	22
4.2 Méthodologie.....	22
4.2.1 Dispositions générales .....	22
4.2.2 Plan d'expérience n° 1 : Répartition des efforts de levage.....	23
4.2.3 Plan d'expérience n° 2 : Glissement des patins.....	27
4.2.4 Essais complémentaires .....	29
4.3 Résultats : Répartition des efforts de levage (plan d'expérience n° 1) .....	30
4.3.1 Position du centre de gravité .....	30
4.3.2 Répartition des forces au niveau de patins.....	33
4.3.3 Répartition des moments de force dans les bras lorsque le PEV est soutenu par la pression hydraulique.....	39
4.3.4 Résumé des effets sur la répartition des efforts .....	41
4.4 Résultats : Glissement des patins (plan d'expérience n° 2) .....	44
4.4.1 Analyse statistique .....	44
4.4.2 Résumé des effets sur le glissement des patins.....	45
4.5 Discussions sur l'origine des deux accidents mortels .....	46

<b>5.</b>	<b>BLOC B : UTILISATION DES PEV HT2C DANS LES GARAGES .....</b>	<b>47</b>
5.1	Rappel de l'objectif .....	47
5.2	Méthodologie.....	47
5.2.1	Le technicien et la situation de levage dans leur contexte général .....	47
5.2.2	Entretiens avec des acteurs clés du secteur automobile .....	49
5.2.3	Collecte dans cinq garages .....	50
5.2.4	Analyses .....	54
5.3	Description sommaire des garages participants et diversité des situations de levage observées .....	57
5.3.1	Garages .....	57
5.3.2	Situations de levage.....	61
5.4	La planification du levage .....	63
5.4.1	Prendre en charge un nouveau véhicule et anticiper le levage.....	64
5.4.2	Décider de ne pas lever un véhicule sur son pont.....	64
5.4.3	En résumé .....	65
5.5	Le positionnement du véhicule au pont.....	66
5.5.1	S'enligner à son pont .....	67
5.5.2	Positionner le véhicule dans l'axe AV-AR par rapport aux colonnes.....	67
5.5.3	Centrer le véhicule latéralement entre les colonnes du pont .....	71
5.5.4	Repositionner le véhicule pour atteindre les points de levage et être satisfait de la position par rapport aux colonnes.....	72
5.5.5	En résumé .....	75
5.6	Le positionnement des patins .....	76
5.6.1	Repérer les points de levage, évaluer leur état et les obstacles à contourner.....	76
5.6.2	Choisir les patins et les ajustements en hauteur .....	82
5.6.3	Enligner et orienter les patins par rapport au point de levage.....	89
5.6.4	En résumé .....	99
5.7	Le levage final du véhicule, le travail sur le véhicule et la descente.....	100
5.7.1	Initier le levage - examiner et être à l'écoute .....	100
5.7.2	Tester la stabilité.....	101
5.7.3	Vérifier visuellement la position des patins et le véhicule durant le levage .....	102
5.7.4	Descendre le véhicule sur les loquets .....	102
5.7.5	Contrôler le ballant par l'ajout de chandelles.....	103

5.7.6	Accomplir le travail sur le véhicule et redescendre le véhicule .....	104
5.7.7	En résumé .....	106
5.8	Le levage de camionnettes et de fourgonnettes .....	106
5.8.1	Préoccupations .....	107
5.8.2	Principes qui guident les techniciens pour le levage de camionnettes et de fourgonnettes .....	108
5.8.3	En résumé .....	114
5.9	Les facteurs favorables et pistes d'améliorations selon le personnel des garages et les acteurs clés du secteur.....	114
5.9.1	Caractéristiques des véhicules favorisant le levage selon les techniciens.....	115
5.9.2	Pistes d'améliorations suggérées par les techniciens et les acteurs clés du secteur .....	116
<b>6.</b>	<b>BLOC C : DÉVELOPPEMENT D'UNE GRILLE D'INSPECTION POUR LES PEV HT2C.....</b>	<b>120</b>
6.1	Rappel de l'objectif .....	120
6.2	Méthodologie.....	120
6.2.1	Collecte de données .....	120
6.2.2	Établissement de la structure de la grille d'inspection .....	122
6.2.3	Construction de la grille d'inspection .....	122
6.2.4	Mise à l'essai de la grille sur le terrain.....	124
6.2.5	Détermination de la périodicité des critères d'inspection .....	124
6.3	Présentation générale de la grille d'inspection.....	126
6.4	Présentation des principaux critères d'inspection .....	129
6.4.1	Critères de la catégorie « A. Général » .....	129
6.4.2	Critères de la catégorie « B. Structure » .....	129
6.4.3	Critères de la catégorie « C. Bras de levage ».....	130
6.4.4	Critères de la catégorie « D. Essais fonctionnels à vide ».....	132
6.4.5	Critères de la catégorie « E. Composants électromécaniques, transmission puissance » .....	133
6.4.6	Critères de la catégorie « F. Essais fonctionnels en charge ».....	133
6.4.7	Critères d'inspection selon la périodicité .....	134
<b>7.</b>	<b>DISCUSSIONS.....</b>	<b>135</b>
7.1	Approche pluridisciplinaire.....	135

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

7.2	Avenues de prévention à divers niveaux .....	137
7.2.1	Retombées indirectes .....	138
7.2.2	Retombées directes – Garages.....	141
7.2.3	Retombées directes – Formation et partage d’expertise .....	147
7.3	Limites et poursuite des travaux .....	158
7.3.1	Portée et limites .....	159
7.3.2	Recommandations pour de futurs travaux de recherche .....	160
7.3.3	Valorisation des résultats .....	161
<b>CONCLUSION .....</b>		<b>162</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>		<b>165</b>
<b>ANNEXE A. COMPLÉMENT D’INFORMATION SUR LE BLOC A.....</b>		<b>172</b>
A.I.	Plan d’expérience n° 1 .....	172
A.I.I.	Méthodologie détaillée du plan d’expérience n° 1.....	172
A.I.II.	Résultats complémentaires pour le plan d’expérience n° 1. ....	180
A.II.	Plan d’expérience n° 2.....	189
A.II.I.	Méthodologie détaillée du plan d’expérience n° 2.....	189
A.II.II.	Résultats complémentaires pour le plan d’expérience n° 2 .....	193
A.III.	Essais de retrait de batterie sur les véhicules à motorisation électrique.....	198
A.III.I.	Objectif.....	198
A.III.II.	Méthodologie détaillée .....	199
A.III.III.	Résultats d’essais .....	201
A.III.IV.	Discussions .....	204
<b>ANNEXE B. COMPLÉMENT D’INFORMATION POUR LE BLOC B ET LES ENTRETIENS AVEC LES ACTEURS CLÉS CARACTÉRISTIQUES DES PONTS .....</b>		<b>207</b>
B.I.	Caractéristiques des ponts .....	207
B.II.	Situations de levage .....	207
<b>ANNEXE C. COMPLÉMENT D’INFORMATION POUR LE BLOC C SUR LE DÉVELOPPEMENT D’UNE GRILLE D’INSPECTION POUR LES PEV HT2C .....</b>		<b>211</b>
C.I.	Détails méthodologiques complémentaires .....	211
C.II.	Grille d’inspection complète développée lors de l’étude.....	212

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles



## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Description et analyse des deux accidents mortels plus récents impliquant un PEV HT2C au Québec.....	6
Tableau 2.	Principales normes internationales sur les PEV.....	9
Tableau 3.	Résistance minimale en rotation des systèmes de blocage des bras sur les PEV selon plusieurs normes.....	10
Tableau 4.	Mesures effectuées lors du plan d'expérience n° 1 pour chaque essai.....	24
Tableau 5.	Facteurs contrôlés au plan d'expérience n° 1.....	25
Tableau 6.	Valeurs calculées au plan d'expérience n° 1 par essai.....	26
Tableau 7.	Facteurs contrôlés au plan d'expérience n° 2.....	28
Tableau 8.	Description des essais complémentaires.....	30
Tableau 9.	Résumé de l'effet des variables testées sur la répartition des efforts dans les bras.....	43
Tableau 10.	Résumé de l'effet des variables testées sur le glissement des patins.....	46
Tableau 11.	Thèmes abordés lors des entretiens avec les acteurs clés du secteur automobile et des garages et avec les techniciens.....	49
Tableau 12.	Méthodes et étendue de la collecte de données dans les cinq garages.....	51
Tableau 13.	Méthodes de collecte pour documenter chaque situation de levage dans les garages.....	52
Tableau 14.	Thèmes abordés en entretien d'approfondissement.....	54
Tableau 15.	Variables d'observation analysées systématiquement pour chaque étape de l'activité de levage.....	56
Tableau 16.	Regroupement et caractéristiques des ponts et patins utilisés par les techniciens participants à l'étude.....	60
Tableau 17.	Répartition des 108 situations de levage par garage, technicien-pont et catégorie de véhicules.....	61
Tableau 18.	Sources d'information alimentant la planification du levage.....	64
Tableau 19.	Indication du fabricant du pont concernant la « position typique de repérage » du pneu AV-GA sur la cale en fonction de l'empattement du véhicule.....	68

Tableau 20.	Répartition des situations de levage selon les positions théoriques et réelles du véhicule par rapport à la cale au sol et des patins sur les points de levage (n=66 situations).....	69
Tableau 21.	Position des patins AV comparée aux points du guide ALI (2019), par catégorie de véhicule et type de pont .....	81
Tableau 22.	Hauteur des patins métalliques ou des rallonges, en arrière (AR) et en avant (AV) pour les 108 situations de levage.....	88
Tableau 23.	Hauteur des patins métalliques ou des rallonges AV utilisée pour lever les VUS, pour chaque type de pont.....	88
Tableau 24.	Utilisation de la vis pour les ajustements en hauteur des patins selon la catégorie de véhicule (concerne 25 des 108 situations de levage) .....	89
Tableau 25.	Nombre de situations ayant nécessité de repositionner le véhicule et/ou les patins, selon la catégorie de véhicules et le type de pont utilisé .....	98
Tableau 26.	Situations de levage avec pickups et fourgonnettes observées lors de l'étude.....	107
Tableau 27.	Position relative du CdG dans l'axe avant-arrière pour deux camionnettes avec chargement dans la caisse (issus d'un garage et des tests du bloc A)....	110
Tableau 28.	Caractéristiques des points de levage et des véhicules qui facilitent le levage et favorisent la stabilité selon les techniciens .....	116
Tableau 29.	Facteurs favorables et pistes d'amélioration suggérées par les acteurs clés du secteur (AC) et le personnel des garages (G) concernant la réglementation et l'organisation des garages.....	117
Tableau 30.	Facteurs favorables et pistes d'amélioration suggérées par les acteurs clés du secteur (AC) et le personnel des garages (G) concernant les ponts .....	118
Tableau 31.	Facteurs favorables et pistes d'amélioration suggérées par les acteurs clés du secteur (AC) et le personnel des garages (G) concernant la formation et l'évaluation des situations de levage.....	119
Tableau 32.	Résumé quantitatif du contenu de la grille d'inspection .....	128
Tableau 33.	Recommandations en lien avec l'adéquation globale des ponts HT2C .....	143
Tableau 34.	Recommandations en lien avec les bras des ponts HT2C.....	144
Tableau 35.	Recommandations en lien avec les patins de ponts HT2C .....	145
Tableau 36.	Comparaison des étapes de levage sécuritaire typiques proposées par des organismes de prévention et de formation avec les constats issus de l'observation de situations de levage (bloc B) et des tests au CFP (bloc A).....	149

Tableau 37.	Spécifications des PEV P1 et P2 et inspection .....	178
Tableau 38.	Caractéristiques des véhicules V1 et V2.....	179
Tableau 39.	Plage de localisation du centre de gravité pour les deux véhicules déchargés selon le centrage et la position AV-AR par rapport aux colonnes ...	180
Tableau 40.	Maximums et minimums du coefficient de variation de la force.....	182
Tableau 41.	Configurations ayant une force inférieure à 500 N dans un des patins .....	184
Tableau 42.	Maximums et minimums des forces horizontales issues de la flexion et de la torsion.....	185
Tableau 43.	Configurations par bloc Pont-Véhicule ayant les coefficients de variation du moment de force minimum et maximum .....	188
Tableau 44.	Comparaison des glissements moyens selon les facteurs contrôlables pour le patin 1.....	194
Tableau 45.	Comparaison des glissements moyens selon les facteurs contrôlables pour le patin 2.....	195
Tableau 46.	Glissements moyens des patins lors du dépôt et du levage immédiat selon trois facteurs.....	198
Tableau 47.	Spécifications du PEV HT2C utilisé à lors des tests avec les VE.....	199
Tableau 48.	Échantillon des six véhicules à motorisation électrique testés. ....	201
Tableau 49.	Forces mesurées aux patins pour VE1 avec et sans batterie .....	202
Tableau 50.	Déplacement du CdG lors du retrait de la batterie pour les six VE.....	204
Tableau 51.	Tableau comparatif des étapes suivies pour le retrait de la batterie pour les six VE testés.....	206
Tableau 52.	EPI mentionnés dans les procédures obtenues pour le risque électrique haute tension.....	206
Tableau 53.	Valeurs d'empattement, de largeur et de la masse des véhicules inclus dans l'échantillon de 108 situations de levage .....	208
Tableau 54.	Nombre de situations où le véhicule a été repositionné après avoir essayé de placer les bras-patins.....	209
Tableau 55.	Déterminants de l'ajustement des patins en hauteur .....	210
Tableau 56.	Mesures de jeu et d'inclinaison sur les ponts observés au bloc B.....	211
Tableau 57.	Grille d'inspection de sécurité pour les PEV HT2C développée lors de l'étude.....	213

Tableau 58. Application de l'algorithme décisionnel permettant d'établir les fréquences d'inspection des critères identifiés dans la grille ..... 233

## LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Principaux éléments constitutifs d'un PEV HT2C.....	2
Figure 2.	Contexte d'utilisation général d'un PEV HT2C évoqué lors de la préparation du projet. ....	11
Figure 3.	Vue d'ensemble de la méthodologie du projet et des interactions entre les différents blocs. ....	17
Figure 4.	VUS levé dans l'exemple, vue de dessous. ....	19
Figure 5.	Déroulement complet du levage d'un VUS. ....	20
Figure 6.	Codification des bras et repères utilisés lors des essais avec les PEV HT2C.....	23
Figure 7.	Vue d'ensemble d'une configuration de test pour le plan d'expérience n° 1. ....	23
Figure 8.	Patin, avec coussinet en caoutchouc, positionné décentré avec marques alignées avant d'exercer des poussées sur le véhicule.....	27
Figure 9.	Retrait de la batterie d'un des VE avec une table élévatrice motorisée. ....	29
Figure 10.	Position du centre de gravité selon l'avancée et le centrage pour le véhicule compact (V1) et la camionnette (V2).....	32
Figure 11.	Courbes d'acquisition des forces aux quatre patins pour un essai (3 temps : (a) lever – (b) immobilisation entre 2 niveaux de loquets – (c) dépôt sur les loquets). ....	34
Figure 12.	Distributions relatives des forces sur les diagonales avec le PEV soutenu par les loquets et par la pression hydraulique pour les quatre blocs Pont- Véhicule. ....	35
Figure 13.	Répartition des forces dans les patins selon les quatre blocs Pont- Véhicule. ....	36
Figure 14.	Répartition des moments de forces dans les quatre bras pour les quatre blocs Pont-Véhicule.....	41
Figure 15.	L'activité de levage située dans son contexte général. ....	48
Figure 16.	Entrer dans le garage et s'enligner à son pont.....	67
Figure 17.	Position du pneu AV-GA sur la butée avant de la cale.....	71
Figure 18.	Repositionnement manuel du véhicule. ....	72
Figure 19.	Position d'un VUS par rapport aux colonnes du pont et position des patins sur le véhicule dans cinq situations de levage. ....	74

Figure 20.	Points de levage AV internes utilisés dans le cas où les bras AV du pont sont trop longs et même entièrement rentrés.....	78
Figure 21.	Panneaux de plastique empêchant d'utiliser des points de levage internes.....	79
Figure 22.	Catégories de localisations des points de levage AV et AR théoriques du guide ALI et nombre de véhicules observés entrant dans chaque catégorie.....	80
Figure 23.	Enlèvement de la neige avec le pied. ....	82
Figure 24.	Évaluation visuelle et tactile des points de levage d'un véhicule rouillé. ....	82
Figure 25.	Hauteur du patin pour éviter le contact entre le renfort du bras et le marchepied.....	84
Figure 26.	Adaptateurs pour certaines camionnettes.....	84
Figure 27.	Légère inclinaison de la rallonge-patin lors de la mise en charge. ....	84
Figure 28.	Technicien retirant une rallonge de patin prise dans la rouille.....	85
Figure 29.	Exemple de points de levage internes et d'ajustements en hauteur des patins (vue depuis l'arrière du véhicule).....	85
Figure 30.	Ajout d'une rondelle de hockey et d'une planche sur le patin à plat. ....	86
Figure 31.	Points de levage de véhicules de luxe. ....	86
Figure 32.	Ajustement de la vis du patin. ....	89
Figure 33.	Positionnement grossier, avec les pieds, des patins repliables en métal et des bras du pont.....	90
Figure 34.	Pente du plancher et colonne surélevée - effet sur la hauteur des patins par rapport au sol. ....	90
Figure 35.	Techniques pour faire passer le bras/patin sous les véhicules.....	91
Figure 36.	Positions du technicien pour ajuster les patins AV et AR, par rapport aux colonnes du pont – deux stratégies. ....	92
Figure 37.	Exemples de recherche d'information visuelle et des postures associées. ....	93
Figure 38.	Marchepied - obstacle pour atteindre et voir les points de levage.....	94
Figure 39.	Information et évaluation tactiles pour placer les patins. ....	94
Figure 40.	Exemples de postures lors de positionnement des patins en utilisant uniquement le toucher. ....	95
Figure 41.	Patin rond. ....	96
Figure 42.	Un technicien explique les précautions à prendre pour placer le patin à proximité du catalyseur, en plus de la barre transversale qui fait obstacle.....	96

Figure 43.	Orientation des patins AV et AR en sens opposés.....	97
Figure 44.	Changement d'orientation de l'angle des patins modifiant la zone d'atteinte.....	97
Figure 45.	Exemples de tests de stabilité. ....	101
Figure 46.	Vérifications visuelles durant le levage. ....	102
Figure 47.	Utilisation de chandelles. ....	104
Figure 48.	Force latérale exercée pour déloger une roue. ....	105
Figure 49.	Position de travail sous ou en bordure du véhicule. ....	105
Figure 50.	(a) Attelage dans la caisse ; (b) Positionnement des patins de gauche ; (c) Présence d'obstacles empêchant de reculer le patin. ....	109
Figure 51.	Camionnette chargée, position des patins arrière plus reculée que le point recommandé (croix) pour avoir une meilleure base de sustentation. ....	111
Figure 52.	Illustration du porte-à-faux à l'arrière pour une camionnette allongée. ....	112
Figure 53.	(a) Mesure du jeu du bras en rotation au niveau du patin et le bras allongé au maximum – (b) Mesure de l'inclinaison entre les 2 bras avant. ....	121
Figure 54.	Algorithme décisionnel permettant d'établir les fréquences d'inspection des critères identifiés dans la grille. ....	127
Figure 55.	Aperçu de la grille d'inspection. ....	128
Figure 56.	Ancrage de colonnes (a) fissure superficielle sous un ancrage à surveiller dans le temps – (b) eau en stagnation, dégradation des ancrages possible dans le temps. ....	130
Figure 57.	Système de blocage de bras avec plusieurs dents brisées à la position angulaire la plus sollicitée lors d'un levage. ....	131
Figure 58.	Exemples de patins dégradés : (a) coussinet en caoutchouc manquant – (b) coussinet en caoutchouc marqué. ....	132
Figure 59.	Test de tension des câbles égalisateurs proposé dans la grille d'inspection pour établir la valeur d'état. ....	133
Figure 60.	Comparaison à l'échelle pour deux modèles de ponts de la zone de balayage au niveau de l'alésage pour l'installation des patins. ....	137
Figure 61.	Avenues de prévention à divers niveaux concernant l'utilisation des PEV HT2C.....	138
Figure 62.	Exemple de patin vissable, retirable et avec une zone d'accouplement basse sur la dernière section du bras. ....	145

Figure 63.	Utilisation d'un chariot placé sous les roues pour surélever et positionner précisément les véhicules électriques lors des essais. ....	146
Figure 64.	Patin carré modifié pour insérer une cellule de charge. ....	172
Figure 65.	Système d'acquisition des signaux issus des cellules de charge (patins A à D). ....	173
Figure 66.	Logiciel d'acquisition des signaux issus des cellules de charges. ....	174
Figure 67.	Cadre posé au sol pour le positionnement de la cible sous le point à mesurer. ....	175
Figure 68.	(a) Cible surmontée d'un laser vertical positionnée sous le point à mesurer (pivot du bras A) – (b) Laser vertical pointant le point à mesurer (axe d'un patin). ....	175
Figure 69.	Montage du télémètre, de la cible et du laser à nivellement automatique. ....	176
Figure 70.	Schématisation des angles mesurés au niveau des patins – (a) Bras, vue de côté, flexion – (b) Bras, vue de face (extrémité), torsion. ....	176
Figure 71.	Montage supportant les deux inclinomètres placés sous le patin D. ....	177
Figure 72.	Niveau numérique placé pour la mesure du tangage du véhicule. ....	177
Figure 73.	Véhicules utilisés lors des essais (a) V1 - compact – (b) V2 - camionnette. ....	178
Figure 74.	Marquage au sol au niveau du pneu avant-gauche pour la configuration P2V1C1A1 (vert) et P2V1C1A2 (jaune). ....	179
Figure 75.	Chargement de pierre dans la caisse arrière de V2. ....	179
Figure 76.	Facteurs et interactions ayant une influence statistiquement significative sur le coefficient de variation de la force. ....	181
Figure 77.	Distribution des résidus en fonction du coefficient de variation de la force prévue (haut gauche), de l'échantillon (bas gauche) et vérification des quantiles normaux (droite). ....	182
Figure 78.	Déséquilibre des forces aux patins selon le centrage (gauche/droite) et l'avancée (avant/arrière) pour les quatre blocs Pont-Véhicule. ....	183
Figure 79.	Représentation des angles de flexion $\alpha$ et de torsion $\beta$ du bras et du patin, ainsi que les forces induites au niveau d'un bras de levage $F_\alpha$ et $F_\beta$ . ....	184
Figure 80.	Facteurs et interactions ayant une influence statistiquement significative sur la somme des moments de force. ....	186
Figure 81.	Facteurs et interactions ayant une influence statistiquement significative sur le coefficient de variation du moment de force. ....	186



Figure 82.	Distribution des résidus en fonction de la somme des moments prévue (haut gauche), de l'échantillon (bas gauche) et de vérification des quantiles normaux (droite). .....	187
Figure 83.	Distribution des résidus en fonction du COV des moments de force prévu (haut gauche), de l'échantillon (bas gauche) et de vérification des quantiles normaux (droite). .....	187
Figure 84.	Déséquilibre des moments de force selon le centrage (gauche/droite) et l'avancée (avant/arrière) pour les quatre blocs Pont-Véhicule. ....	188
Figure 85.	(a) Montage de la cellule de charge pour les poussées verticales au coffre – (b) Application de la force verticale. ....	190
Figure 86.	(a) Montage de la cellule de charge pour les coups de masse au pneu arrière droit – (b) Application de la force au pneu arrière droit. ....	190
Figure 87.	(a) Patin carré recouvert de caoutchouc (Pa1) – (b) Patin repliable en métal. ....	191
Figure 88.	Patin Pa1 recouvert de graisse tout-usage. ....	191
Figure 89.	(a) Pa2 avec son point de pivot centré sur le point de levage – (b) Pa2 positionné avec le point de levage en bout de patin.....	192
Figure 90.	Dispositif de blocage du PEV P2, (a) débloqué – (b) bloqué.....	192
Figure 91.	Dispositif de blocage du PEV P3 - (a) débloqué – (b) bloqué.....	192
Figure 92.	Facteurs et interactions ayant une influence statistiquement significative sur le glissement total des patins. ....	193
Figure 93.	Distribution des résidus en fonction du glissement total prévu (haut gauche), de l'échantillon (bas gauche) et de vérification des quantiles normaux (droite). ....	194
Figure 94.	Accouplement entre le patin instrumenté et le bras du PEV. ....	200
Figure 95.	Emplacement des pneus, des patins et du CdG avec et sans batterie pour VE1 à VE6.....	203
Figure 96.	Table élévatrice qui reprend une partie du poids de VE1 lors du dépôt de la batterie. ....	205
Figure 97.	Zone d'atteinte près de la colonne pour les ponts de type Po1 et Po2.....	207
Figure 98.	Distribution de l'empatement et de la largeur des 108 véhicules levés, identification du type de pont utilisé et des situations pour lesquelles les bras AV du pont sont trop longs.....	208

## LISTE DES ACRONYMES, SIGLES ET ABRÉVIATIONS

Acronyme	Définition
AFNOR	Association française de normalisation
ALI	Automotive Lift Institute
ANSI	American National Standard Institute
AR	Arrière
ASP	Association sectorielle paritaire
AV	Avant
AVEQ	Association des véhicules électriques du Québec
BSI	British Standard Institute
CdG	Centre de gravité
CFP	Centre de formation professionnelle
CNESST	Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail
CNP	Classification nationale des professions
COV	Coefficient de variation
CSMO-Auto	Comité sectoriel de main-d'œuvre des services automobiles
DR	Droit(e)
GA	Gauche
HT2C	Hors terre à deux colonnes
INRS	Institut national de recherche et de sécurité
IRSST	Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail
PEV	Pont élévateur de véhicules
PNBV	Poids nominal brut du véhicule
Po	Catégorie de ponts utilisés par les techniciens des garages (Po1 à Po5)
RBI	Inspection basée sur la criticité ( <i>Risk-based inspection</i> )
RSST	Règlement sur la santé et la sécurité du travail
SAAQ	Société de l'assurance automobile du Québec
SST	Santé et sécurité du travail
VE	Véhicule électrique

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

<b>Acronyme</b>	<b>Définition</b>
VUS	Véhicule utilitaire sport
US EPA	United States Environmental Protection Agency

### **Variables contrôlées lors du plan d'expérience n° 1**

P1	PEV neuf
P2	PEV usé
P3-4	Autres PEV
V1	Véhicule compact
V2	Camionnette
A1	Positionnement le plus en arrière du véhicule par rapport au PEV
A2	Positionnement le plus en avant du véhicule par rapport au PEV
C1	Positionnement du véhicule centré par rapport au PEV
C2	Positionnement du véhicule décentré par rapport au PEV
W0	Véhicule sans chargement supplémentaire
W1	Véhicule avec chargement supplémentaire dans le coffre
L0	PEV levé et pas posé sur les loquets antichute (sur l'hydraulique)
L1	PEV levé et posé sur les loquets antichute

### **Variables contrôlées lors du plan d'expérience n° 2**

Pa1	Patin avec recouvrement en caoutchouc
Pa2	Patin repliable en métal
S0	Patin avec surface d'appui propre
S1	Patin avec surface d'appui souillée
D1	Appui centré sur le patin
D2	Appui décentré sur le patin
B0	Mécanisme de blocage des bras en pivotement pas enclenché
B1	Mécanisme de blocage des bras en pivotement enclenché
T1	Efforts appliqués sur le véhicule de type « impact latéral »
T2	Efforts appliqués sur le véhicule de type « poussée verticale dans le coffre »

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

Un technicien ayant participé à l'étude :

*Fait que je vois le dommage minimal, ma sécurité, pis après, le matériel je m'en [fous]. En voulant dire : « ça se répare ». [...] Ce n'est pas plus important que ma vie.*

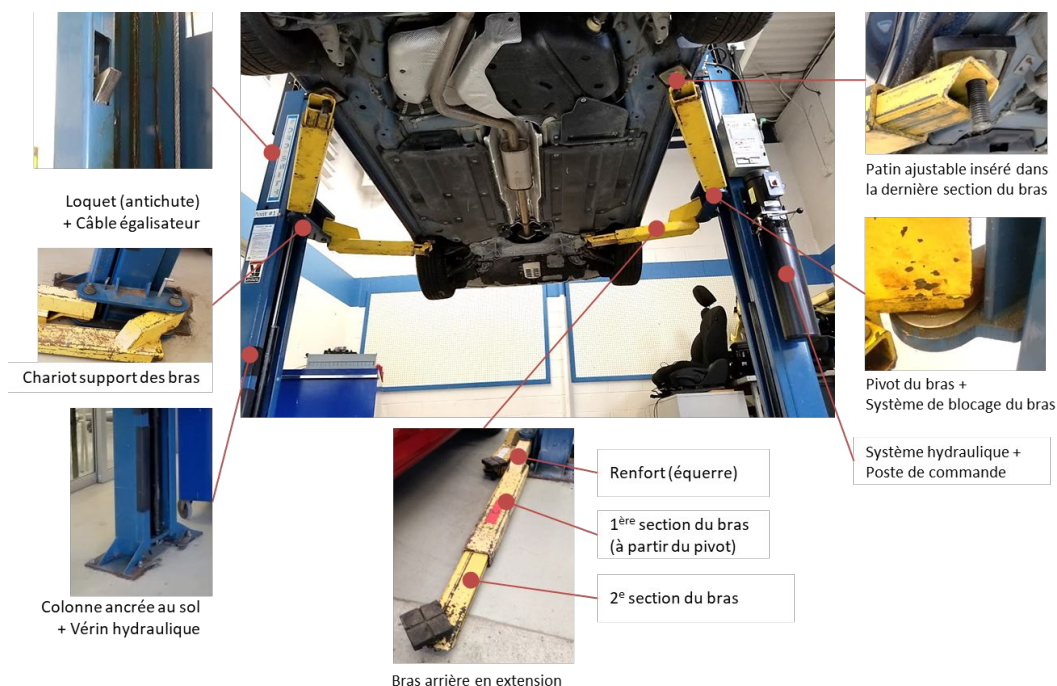
## INTRODUCTION

### Mise en contexte — Pont élévateur de véhicules et SST

Les ponts élévateurs de véhicules (PEV) sont des équipements utilisés lors de l'entretien et la réparation des véhicules. Il existe différents types de PEV pour s'adapter aux caractéristiques des véhicules et aux interventions à effectuer : 1, 2 ou 4 vérins ou colonnes pour le levage ; prise du véhicule sous le châssis ou sous les roues. L'association sectorielle paritaire (ASP) « Auto Prévention » estime à près de 30 000 le nombre de PEV installés dans les entreprises du secteur des services automobiles au Québec. À ce chiffre, on peut ajouter les PEV dans les centres de gestion des équipements roulants au provincial (estimés à 500 PEV), dans les ateliers municipaux, les centres de formation professionnelle, ainsi que les entreprises dont l'activité principale n'est pas l'entretien automobile (p. ex. Hydro-Québec). Le nombre de techniciens automobiles et de réparateurs de véhicules automobiles, de camions et d'autobus (classification nationale des professions [CNP] : 7321) est estimé à 28 230 au Québec en 2016 (Comité sectoriel de main-d'œuvre des services automobiles [CSMO-Auto], 2017).

Cette recherche porte spécifiquement sur les PEV hors terre à deux colonnes (HT2C). Ces PEV permettent un accès dégagé sous le véhicule grâce à une prise sous le châssis (figure 1). Lors de l'utilisation des PEV HT2C, les techniciens travaillent sous ou à proximité d'une charge surélevée de plusieurs tonnes. Le risque de chute du véhicule est la cible de cette étude.

**Figure 1. Principaux éléments constitutifs d'un PEV HT2C.**



Un PEV HT2C est constitué de deux colonnes ancrées dans le béton dans lesquelles un chariot se déplace verticalement, mû par un vérin hydraulique. La synchronisation des deux chariots est assurée par un système de câbles et de poulies (c.-à-d. câbles égalisateurs). Un loquet antichute placé dans chaque colonne permet de bloquer mécaniquement les chariots aux 15 cm de levée environ. Chacun des chariots supporte deux bras télescopiques qui peuvent être bloqués en rotation par un système placé par exemple au niveau du pivot. Chaque bras est constitué de deux à trois sections et est muni d'un patin ajustable en hauteur pour faire le contact avec les points de levage sous le véhicule. Les PEV HT2C peuvent être symétriques avec les bras avant et arrière de même longueur et les colonnes placées vis-à-vis. Ce sont généralement des ponts de plus grande capacité (> 5 443 kg [12 000 lb]) pour les plus grands véhicules (p. ex. fourgonnettes). Les PEV HT2C peuvent également être asymétriques avec des bras avant plus courts qu'en arrière et les colonnes placées avec un angle d'environ 30° vers l'arrière (/ \) pour faciliter l'accès dans le véhicule, la colonne faisant moins obstacle à l'ouverture de la porte. Toutefois, les colonnes sont parfois placées vis-à-vis comme à la figure 1. La majorité des ponts HT2C de plus petite capacité (< 5 443 kg [12 000 lb]) sont asymétriques. Les ponts qui ont été observés dans les garages lors de l'étude sont des ponts asymétriques de 4 082 kg (9 000 lb) à 4 990 kg (11 000 lb). Selon nos observations, ce type de ponts HT2C est le plus communément utilisé dans les garages automobiles du Québec, même si certains ponts HT2C symétriques de plus grande capacité sont parfois disponibles. Plus de détails sur les caractéristiques des ponts observés sont disponibles au tableau 16.

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

Selon les acteurs clés du secteur (section 5.2.2), l'utilisation des PEV au Québec s'inscrit dans un contexte caractérisé par des transformations importantes dans le secteur automobile. Ces transformations impliquent actuellement des phases transitoires, tant au niveau du marché des véhicules que du métier de technicien automobile qui évoluent parallèlement. Trois types de transition en cours auront plus particulièrement un effet sur le travail et la santé et la sécurité des techniciens dans les garages :

- **Une transition commerciale** : Malgré les enjeux écologiques actuels, les véhicules offerts et achetés sur le marché nord-américain sont de plus en plus imposants. 77 % des véhicules neufs vendus au Québec en 2021 ont été des véhicules utilitaires sport (VUS) et multisegments (57 %), des camionnettes (16 %) ou des fourgonnettes (4 %). L'engouement pour les VUS et les multisegments au détriment des voitures compactes est notable depuis 2014 (Statistique Canada, 2022). Selon les acteurs clés du secteur, ce type de véhicules plus lourds, plus grands et avec un centre de gravité décalé vers l'arrière, est en général plus complexe à soulever à l'aide des ponts HT2C que les modèles dits compacts. Cette évolution du marché vers une inflation dans la taille des modèles ne favorise pas non plus l'adéquation (en termes de capacité, de configuration des bras et des patins, etc.) entre les véhicules à soulever et les ponts achetés par le passé et toujours opérationnels dans les garages. Les acteurs du milieu anticipent que cet engouement des consommateurs nord-américains pour les plus gros véhicules va perdurer, y compris pour les modèles électriques.
- **Une transition technologique** : Les modèles de véhicules hybrides et électriques sont de plus en plus présents sur les routes, et par le fait même dans les garages ; les véhicules électriques<sup>1</sup> (VE) sont en nette progression dans les ventes au Québec avec 9 % des ventes en 2021 pour un peu moins de 2 % des véhicules en circulation dans la province fin 2021 (Association des véhicules électriques du Québec [AVEQ], 2022 ; Statistique Canada, 2022). Le marché pour les VUS et les camionnettes électriques semble également décoller si on se fie aux nouveautés attendues en fin 2021 (AVEQ, 2022 ; Lefrançois, 2021) et au nombre d'immatriculations de VUS et de multisegments électriques neufs. Ces derniers ont dépassé pour la première fois les véhicules compacts électriques au Québec en 2021 (Statistique Canada, 2022). Ces nouvelles technologies modifient les repères des techniciens automobiles et la façon dont ils peuvent soulever les véhicules. Un VE est en général un peu plus lourd que le modèle équivalent à essence et possède des caractéristiques différentes (p. ex. : poids et position de la batterie).
- **Une transition professionnelle** : Le travail de techniciens automobiles consiste, succinctement, en un travail de diagnostic, de résolutions de problèmes et d'interventions sur un véhicule. Auparavant, il s'agissait d'une activité où les interventions et les réparations impliquaient beaucoup de travail manuel. Les véhicules récents comportent de plus en plus de composantes électroniques et sont souvent qualifiés « d'ordinateurs roulants ». Ainsi, on constate désormais une

---

<sup>1</sup> Dans ce rapport, le terme VE inclut les véhicules entièrement électriques et les véhicules hybrides rechargeables en adéquation avec l'AVEQ.

évolution vers un travail combinant toujours d'importants aspects manuels, mais aussi de plus en plus de compétences liées à l'utilisation des nouvelles technologies.

Rappelons finalement le contexte de pénurie de main-d'œuvre qui touchait le secteur des garages lors de l'étude. Le diagnostic sectoriel de l'industrie automobile réalisé par le CSMO-Auto (2017, p.113-114) indique que le poste de technicien automobile fait partie des postes les plus difficiles à pourvoir et que la surcharge de travail est une des conséquences importantes rencontrées lorsqu'un poste est vacant ou prend un certain temps avant d'être pourvu.

### **Réglementation et statistiques d'accidents**

L'utilisation et l'entretien des PEV sont réglementés au Québec à titre d'appareils de levage par l'intermédiaire de la section XXIII §2 du *Règlement en santé et en sécurité du travail* (RSST, RLRQ, c. S-2.1, r. 13). L'article 245 définit notamment les conditions d'utilisation des appareils de levage<sup>2</sup>. La norme américaine de l'Automotive Lift Institute (ALI) « Standard for Automotive Lifts – Safety requirements for operation, inspection and maintenance » est la norme de référence en Amérique du Nord sur l'utilisation de ce type d'équipement (American National Standard Institute [ANSI] et ALI, 2020). Cette norme n'est pas d'application obligatoire au Québec. Les fabricants de ponts peuvent donc mettre en marché des ponts au Québec sans se soumettre à un processus de certification spécifique. Sur le même thème, les acteurs clés du secteur ont souligné que les entreprises d'installation et de maintenance ne sont régies par aucune obligation spécifique en termes de certification dans le RSST. Également, contrairement à l'utilisation d'autres équipements de levage, comme les ponts roulants ou les chariots élévateurs, les utilisateurs de ponts élévateurs ne sont pas tenus de posséder une accréditation ou de formation spécifique. Finalement, il n'existe pas au Québec de réglementation sur l'état général d'un véhicule pouvant exiger son retrait de la route. Cela signifie que des véhicules dans toutes les conditions peuvent arriver dans un garage.

Concernant les lésions professionnelles avec perte de temps indemnisée au Québec, il n'est pas possible d'extraire automatiquement les cas liés aux PEV de la base de données de la Commission des normes de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST).

---

<sup>2</sup> 245. « Conditions d'utilisation : Tout appareil de levage doit être utilisé, entretenu et réparé de manière à ce que son emploi ne compromette pas la santé, la sécurité ou l'intégrité physique des travailleurs. À cette fin, un tel appareil doit : 1° être vérifié avant qu'il ne soit utilisé pour la première fois ; [...] 4° ne pas être utilisé lorsqu'on y effectue des travaux de réparation ou d'entretien ; 5° être inspecté et entretenu conformément aux instructions du fabricant ou à des normes offrant une sécurité équivalente ; 6° lorsque l'une de ses pièces est réparée, réusinée ou remplacée, offrir relativement à cette pièce une sécurité équivalente à celle de la pièce d'origine ; 7° ne pas être modifié pour augmenter sa charge nominale ou pour servir à une autre utilisation sans une attestation signée par un ingénieur ou une attestation écrite du fabricant suivant laquelle la modification est sécuritaire » (RLRQ, c. S-2.1, r. 13).

Toutefois, si l'on considère les élévateurs et les vérins en milieu industriel<sup>3</sup>, il y a eu en moyenne annuellement au Québec sur la période de 2008 à 2014, 70 lésions avec perte de temps indemnisée, 8 700 jours indemnisés, et plus de 1 M\$ de débours (Boucher, 2018).

Afin d'obtenir des données spécifiques sur les accidents liés à l'utilisation et l'entretien des PEV, d'autres sources ont été consultées : 1) les rapports d'enquête d'accidents graves et mortels publiés par la CNESST sur la période 1980-2020 (CNESST, 2021) ; 2) les rapports d'intervention d'inspecteurs de la CNESST pour des accidents de moindre envergure ou des passés-proches entre 2012 et 2016 ; 3) des rapports de coroner pour des accidents mortels non enquêtés par la CNESST ; 4) des cas issus de la presse écrite rapportés par des conseillers d'Auto Prévention. Ce travail approfondi a permis de compiler 25 situations accidentelles au Québec sur la période impliquant l'utilisation ou l'entretien d'un PEV, incluant 10 décès et 14 blessés. Les 10 travailleurs décédés étaient des techniciens automobiles. Les deux principaux types d'accidents mortels ont été la chute du PEV en charge en tant que telle (p. ex. PEV hydraulique et entretien déficient du cylindre) et plus récemment la chute du véhicule du PEV en hauteur (p. ex. PEV où on utilise des bras pivotants pour lever le véhicule sous le châssis). C'est cette dernière situation qui est spécifiquement visée lors de cette étude avec les PEV HT2C. Le tableau 1 décrit les deux plus récents accidents mortels au Québec impliquant la chute d'un véhicule d'un PEV HT2C. Ces deux accidents ont eu lieu avec des PEV HT2C symétriques et des véhicules de type camionnette et fourgonnette. Les causes énoncées dans les rapports d'enquête pour la chute d'un véhicule du PEV sont à la fois liées à une méthode de levage inappropriée et à un entretien déficient des bras pivotants et des accessoires.

---

<sup>3</sup> Lésions (i) reconnues et acceptées par la CNESST, (ii) dont l'agent causal de la lésion ou l'agent causal secondaire est 34 600 Élévateurs, n. p. ; 34 620 Monte-charges ; 34 630 Élévateurs électriques ; 34 640 Élévateurs hydrauliques ; 34 650 Élévateurs à commande manuelle ; 34 690 Élévateurs, n. c.a. ; 34 700 Vérins, n. p. ; 34 710 Vérins hydrauliques ; 34 720 Vérins mécaniques ; 34 730 Vérins pneumatiques ; 34 790 Vérins, n. c.a. et (iii) dont le code de profession (CCDP) débute par 8 ou 9.



**Tableau 1. Description et analyse des deux accidents mortels plus récents impliquant un PEV HT2C au Québec**

	<b>Accident de 2014 (EN-004053*)</b>	<b>Accident de 2018 (EN-004218*)</b>
<b>Description</b>	Une minifourgonnette tombe alors que 2 techniciens procèdent à une inspection.	Un véhicule tombe alors qu'un technicien procède au changement d'huile.
<b>Taille du garage</b>	3 baies	4 baies
<b>PEV HT2C</b>	Symétrique, 4 082 kg (9 000 lb). Marque : Snap-On. Modèle : EERL337A. Année : 2003	Symétrique, 4 082 kg (9 000 lb). Marque : Rotary. Modèle : SPO-09. Année : 1995
<b>Usure du PEV</b>	Acheté usé. Pas de registre d'inspection.	Acheté neuf. Pas de registre d'inspection.
<b>Type de véhicule</b>	Fourgonnette : Honda Odyssey LX (1 940 kg).	Camionnette : GMC Sierra 2500, (2 800 kg).
<b>Chargement</b>	Pas de chargement dans le coffre.	Pas de chargement dans le coffre.
<b>Type de patins</b>	Patins repliables en métal. Placés aux points recommandés. Inclinaison : 7 à 15° pour le patin avant-gauche, 3 à 7° pour les autres.	Patins repliables en métal. Positionnement des patins non connus. Aucune mention sur l'état et le jeu dans les patins.
<b>Positionnement</b>		
<b>État</b>		
<b>Activité de travail</b>	Levée complétée, phase statique. Inspection visuelle. Pas d'action sur le véhicule.	Levée complétée, phase statique. Dévisse le boulon du réservoir. Forces faibles.
<b>Bras en cause</b>	Avant-gauche.	Arrières possiblement arrière-droit.
<b>Position du véhicule</b>	Décalé sur la droite d'après la longueur des bras.	Avancée et centrage non connu.
<b>Loquet antichute</b>	Utilisation non déterminée. Fonctionnel.	Utilisation non déterminée. Fonctionnel.
<b>Souillure</b>	Pas mention de rouille ou de graisse.	Pas mention de rouille ou de graisse.
<b>Blocage des bras</b>	Blocage des bras enclenché lors de l'accident. Deux dents en contact seulement. Jeu important à cause de l'usure des dents et de déformation, acier avec impuretés.	Enclenchement du blocage, pas systématique. Engagement des dents d'engrenage difficile. Dispositif à l'arrière-droit non fonctionnel.
<b>Synthèse des causes énoncées</b>	1. Jeu/Inclinaison des patins, génèrent des forces latérales. 2. Jeu important dans les dispositifs de blocage des bras. 3. Intégrité des dispositifs de blocage non satisfaisante.	1. Ouverture inopinée des bras de levage arrière. 2. Altération des dispositifs de blocage des bras. 3. Formation déficiente sur l'utilisation du PEV.

\* numéro du rapport d'enquête d'accident de la CNESST (cote)

### **Besoin de recherche, cadre de l'étude**

L'objectif premier du technicien automobile est de réparer ou d'entretenir les véhicules. Le PEV est un outil de travail pour y parvenir. Les accidents présentés au tableau 1 illustrent que l'utilisation des PEV présente des risques et que les causes des accidents sont souvent multifactorielles (c.-à-d. état, entretien et utilisation du PEV). Suite à l'accident mortel de 2014 et afin d'engager une action concertée, l'association sectorielle paritaire Auto Prévention a créé en 2016 le groupe de travail *Maxime Fortier* (nommé en mémoire du jeune technicien décédé) réunissant des représentants d'employeurs et de travailleurs, des firmes d'entretien et d'installation spécialisées, du milieu de l'enseignement, de la CNESST et de l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST).

En 2017, à la demande du comité de travail, un sondage en ligne auprès des entreprises du secteur des services automobiles a été mené par Auto Prévention afin de mieux cerner les besoins en matière de prévention pour les PEV. Au total, 124 répondants se sont exprimés, principalement des directeurs de service ou des propriétaires de garage en mécanique automobile. Cette collecte de données a permis de constater que (Auto Prévention, communication personnelle, 19 septembre 2017) :

- IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

- Les accidents répertoriés ne sont que la partie visible du problème puisque 14 % des établissements ont mentionné la chute d'un véhicule installé sur un PEV au cours des dix dernières années sans qu'il y ait eu de blessure. Pour les PEV HT2C, on dénombre une chute de véhicule sur 1 % des PEV déclarés dans le sondage.
- En moyenne, chaque établissement répondant compte plus de huit PEV. Les PEV HT2C sont les plus présents avec environ 70 % du parc et une présence dans près de 90 % des ateliers.
- La méthode de levage semble particulièrement critique pour les PEV HT2C : mauvaise utilisation du système antichute, difficulté à évaluer la position du CdG du véhicule, positionnement inadéquat des patins sous le châssis, système de blocage des bras pas utilisé ou en mauvais état. Le cadre de référence (prescriptif) sur lequel se baser existe, mais aucun retour d'expérience sur son application et les déterminants du travail n'a été mené (cf. chapitre 1).
- L'état du PEV est un élément significatif lors des incidents pour tous les modèles de PEV.

À la lecture des résultats, le groupe de travail a fait une demande de recherche à l'IRSST centrée sur l'utilisation sécuritaire des PEV HT2C et le risque de chute de véhicule. Cela se justifie devant : (i) l'importance relative de ce type de PEV dans les garages de nos jours ; (ii) les accidents récents répertoriés ; (iii) le fait que la méthode de levage utilisée pour ce type de PEV a un effet important sur la sécurité de l'utilisateur. Le présent projet de recherche s'appuie sur une approche systémique des situations de travail et tient compte des transformations du secteur automobile et du métier de technicien automobile pour mieux comprendre les déterminants techniques de la stabilité des véhicules sur les PEV et les déterminants du travail qui influenceront l'utilisation sécuritaire des PEV.

### **Structure du rapport**

Ce rapport est divisé en 8 chapitres, suivis de la conclusion. Le présent chapitre, l'introduction, cadre la problématique de santé et sécurité du travail concernant l'utilisation des PEV HT2C. Le chapitre 1 présente un bref état des connaissances disponible sur le sujet. Le chapitre 2 détaille les objectifs de la recherche ainsi que la démarche méthodologique globale du projet. Le chapitre 3 présente un exemple de levage afin d'introduire l'activité de travail ciblée dans le rapport. Les chapitres 4 à 6 résument la méthodologie et les résultats pour chacun des trois blocs de l'étude à savoir : les expérimentations, la collecte de données sur le terrain et le développement d'une grille d'inspection. Le chapitre 7 est une discussion mettant en commun les résultats des différents blocs et suggérant des pistes d'action ciblées sur l'utilisation et l'entretien des PEV HT2C. Finalement, plusieurs annexes incluent des compléments d'information sur la méthodologie et les résultats de chaque bloc.

# 1. ÉTAT DES CONNAISSANCES

Un état des connaissances sur les PEV utilisés dans les garages a été effectué lors de la phase préparatoire du projet. Cette recherche a été effectuée par mots-clés sur des bases de données telles que COMPENDEX et PUBMED à partir de 1988. Les documents ciblés étaient des normes, des règlements, des articles scientifiques et de valorisation et des guides techniques. Compte tenu du peu de connaissances scientifiques recensées, des points de vue d'experts tirés d'entretiens réalisés auprès d'acteurs clés du secteur (section 5.2.2) sont intégrés dans ce chapitre pour compléter le portrait.

## 1.1 Utilisation des PEV dans les garages

De manière générale, les travailleurs dans les garages automobiles sont exposés à divers risques chimiques et physiques (Bejan *et al.*, 2011). La poussière et les fumées, la manutention, le bruit et les vibrations, l'huile de moteur usagée et les produits chimiques sont parmi les dangers les plus fréquemment cités par les travailleurs dans plusieurs études sur le terrain (Thumbi *et al.*, 2019 ; Vyas *et al.*, 2011). Selon plusieurs études internationales, la formation en santé et sécurité du travail (SST) est un point à améliorer dans les garages (Akple *et al.*, 2013, 2014 ; Kambris *et al.*, 2019 ; Ogbe et Karki, 2006).

Concernant la littérature spécifique aux PEV, le constat est qu'elle est avant tout prescriptive (c.-à-d. ce qui est prescrit pour l'utilisation et l'entretien d'un PEV). Les principaux documents disponibles sont :

- des guides de bonnes pratiques (p. ex. : Auto Prévention, 2020 ; Charrette, 2011, 2014, 2015 ; Picard, 2004 ; Valladeau et Lupin, 2017 ; Vehicle service pros, 2013; WorkSafe BC, 2008),
- des normes de conception, d'entretien et d'utilisation (tableau 2) (ANSI et ALI, 2020 ; Association française de normalisation [AFNOR], 2011 ; Standards Australia, Standards New Zealand [Standards AS/NZ], 1996a, 1996b ; The British Standard Institute [BSI], 2010, 2014),
- quelques articles scientifiques en lien avec les pictogrammes de sécurité pour les PEV (Eberhard et Green, 1989 ; Williams, Green et Paelke, 1991) et le blocage des bras pivotants (Barnett et Glaubert, 2009 ; Woody et Mc Donald, 2015).
- un document synthèse rédigé par le ministère de l'Éducation du Québec en 1995 qui décrit les tâches que les techniciens devraient accomplir (tâches et opérations) et qui dresse la liste des exigences pertinentes (Ministère de l'Éducation, 1995).

**Tableau 2. Principales normes internationales sur les PEV**

Norme	Pays	Portée
ANSI/ALI ALOIM, 2020. Standard for Automotive Lifts—Safety requirements for operation, inspection and maintenance (ANSI et ALI, 2020, 2008)	USA	Utilisation, entretien
BS 7980, 2014. Vehicle lifts—Installation, maintenance, thorough examination and safe use—Code of practice (BSI, 2014)	R-U	
AS/NZS 2550.9, 1996. Cranes—Safe use Part 9 : Vehicle hoists (Standards AS/NZ, 1996a)	Australie	
AS/NZS 1418.9, 1996. Cranes (including hoists and winches) Part 9 : vehicle hoists (Standards AS/NZ, 1996b)	Australie	Conception
NF EN 1493, 2011 / BS EN 1493, 2010. Élévateurs de véhicules (AFNOR, 2011 ; BSI, 2010)	Europe	

Ces documents fournissent notamment les précautions et les étapes à respecter lors d'un levage avec un PEV. Par exemple, la méthode de levage sécuritaire recommandée par Auto Prévention (2014, 2021) pour les PEV HT2C inclut les étapes suivantes :

1. Respecter la capacité du PEV : ne pas dépasser la limite indiquée sur la plaque signalétique.
2. Libérer l'aire prévue pour le véhicule : s'assurer qu'aucun bras pivotant ou aucun objet ne se trouve dans le passage du véhicule.
3. Positionner le véhicule selon son CdG : évaluer la position du CdG et respecter les recommandations du fabricant du PEV pour le positionnement du véhicule.
4. Choisir les patins et vérifier leur état : utiliser des patins qui offrent un contact ferme avec le véhicule.
5. Repérer les points de levage sous le véhicule : si les points de levage ne sont pas indiqués sous le véhicule, consulter les manuels de référence.
6. Vérifier l'état des points de levage : vérifier l'absence de dommages, d'antirouille, de glace, de saletés susceptibles de causer un glissement du véhicule. Nettoyer au besoin.
7. Verrouiller les bras pivotants : enclencher manuellement les dispositifs de verrouillage des bras ou vérifier leur enclenchement automatique. Vérifier leur résistance.
8. Vérifier la stabilité du véhicule : une fois le véhicule soulevé d'environ 30 cm du sol, vérifier sa stabilité par une poussée latérale.
9. Demeurer aux commandes lors du levage : connaître le mode d'opération du PEV et surveiller le levage.
10. S'assurer que l'antichute (loquets de verrouillage automatique lors de la levée) est fonctionnel : lors du levage, écouter l'enclenchement simultané des loquets de verrouillage à tous les 15 cm environ.
11. Utiliser des chandelles lors du retrait de composants lourds sur le véhicule.

Ainsi, malgré le nombre important de passés-proches, aucune recherche sur l'utilisation réelle des PEV et les modes opératoires réellement utilisés ne semble disponible. Les seuls éléments spécifiques disponibles dans la littérature scientifique portent sur le blocage des bras pivotants. Barnett et Glaubert (2009) ont modélisé le comportement structurel des PEV HT2C sous charge en fonction du blocage de la rotation des bras. Selon cette étude théorique, une fois bloqués, les bras constituent un système structurel robuste aux forces horizontales. Au contraire, si les bras sont libres de pivoter, leur comportement structurel est radicalement transformé. Cette étude renforce donc l'importance du système de blocage des bras pivotants. Woody et McDonald (2015) soulèvent toutefois un problème concernant la conception de ces systèmes de blocage des bras. Selon leurs essais, la plupart des systèmes de blocage disponibles sur le marché britannique ne répondent pas aux exigences de la norme BS EN 1493 (BSI, 2010) quant à la résistance minimale de ces dispositifs (tableau 3). D'ailleurs, la fonction de ces systèmes de blocage de bras ne semble pas être la même aux États-Unis et dans les autres normes, si on se fie au tableau 3. Dans la norme ANSI et ALI (2008), on indique une résistance minimale en rotation de 667 N (150 lb) appliquée au point le plus défavorable, et ce, principalement pour que les bras ne bougent pas entre leur positionnement sous le véhicule et leur mise en contact avec le châssis du véhicule lors du levage. Dans les autres normes, on indique un pourcentage de la capacité maximale du PEV dans le but de résister à la composante horizontale des efforts induits par le poids du véhicule soulevé. À noter que le critère quantitatif relatif à la résistance des systèmes de blocage n'est plus présent dans la version 2020 de la norme ANSI et ALI.

**Tableau 3. Résistance minimale en rotation des systèmes de blocage des bras sur les PEV selon plusieurs normes**

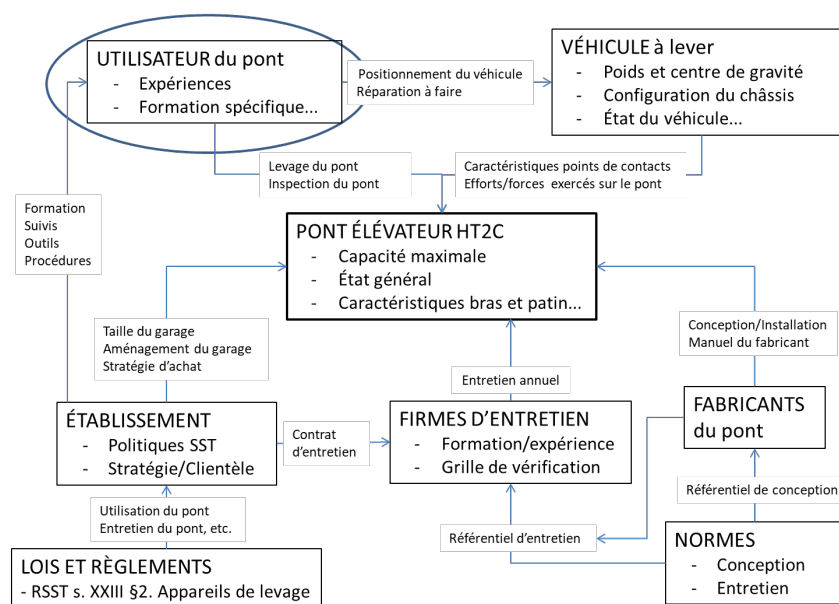
<b>Norme</b>	<b>Critère de résistance des systèmes de blocage des bras pivotants</b> (force appliquée au point le plus défavorable, c'est-à-dire à l'extrémité du bras entièrement déployé)
ANSI et ALI (2008)	150 lb (667 N)
Standards AS/NZ (1996b)	2 % de la capacité du PEV. Jamais inférieure à 750 N
BSI (2010)	Sans déformation
	4,5 % de la capacité du PEV. Jamais inférieure à 1500 N

Les acteurs clés rencontrés (section 5.2.2) ont permis d'aller plus loin en évoquant de nombreux autres facteurs susceptibles de contribuer au risque de chute du véhicule et de blessures soient : le véhicule (poids, CdG, état, configuration du châssis), le type de PEV HT2C (capacité, aménagement, état général, patins, systèmes de blocage des bras), le positionnement du véhicule par rapport au PEV, la qualité des points de contact (p. ex : état et positionnement du patin, présence de glace, d'antirouille), le type de réparation effectuée (p. ex. : modification du CdG, poussée dynamique sur le véhicule, ouverture nécessaire des portes, fréquence des montées/descentes), l'aménagement (p. ex. espace pour circuler autour du PEV) et le contexte organisationnel et l'organisation du travail (p. ex. : entretien des PEV, achalandage/temps alloué, formation, expérience et répartition des tâches). Ainsi, les acteurs clés semblent bien au fait des difficultés ou des particularités susceptibles de

complexifier l'utilisation d'un PEV. Parmi celles-ci, les défis liés à l'évaluation du CdG des véhicules apparaissent comme l'un des points saillants, d'autant plus dans les situations où s'ajoute un chargement important ou dans le cadre de certains travaux pouvant déstabiliser un véhicule soulevé (effets sur le CdG). Certaines problématiques liées à la conception des ponts eux-mêmes ont aussi été mentionnées. La configuration des bras et leur adéquation parfois difficile avec le dimensionnement des véhicules et l'emplacement de leurs points de levage, ou la réalisation de certains travaux nécessitant l'accès à l'intérieur du véhicule en cours de levage alors que les colonnes du pont obstruent cet accès, sont aussi des préoccupations connues de certains acteurs. D'autres difficultés connues, celles-là davantage associées à certains types de véhicules ou à leur état, viennent complexifier le travail de préparation au levage telles que les véhicules de dimensions atypiques, les véhicules très corrodés au niveau des points de levage et les véhicules modifiés (p. ex. châssis très bas) ou avec des ajouts d'équipements (p. ex. marchepieds). Les véhicules plus luxueux, dont le dessous peut être recouvert de plastique, sont aussi reconnus pour donner du fil à retordre aux techniciens qui dans ces situations sont d'autant plus soucieux de ne pas abîmer les véhicules. Bref, ces situations compliquent l'accès aux points de levage identifiés par les fabricants qui apparaît central dans le souci de stabiliser un véhicule sur ses points d'appui pour un levage sécuritaire.

Cette première cartographie des éléments pouvant contribuer au risque de chute du véhicule souligne l'importance d'adopter une approche systémique pour comprendre les déterminants techniques et du travail de l'utilisation d'un PEV HT2C. La figure 2 synthétise sommairement le contexte d'utilisation d'un PEV HT2C évoqué lors de la préparation du projet.

**Figure 2. Contexte d'utilisation général d'un PEV HT2C évoqué lors de la préparation du projet.**



**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

## 1.2 Inspection

Concernant l'inspection périodique des PEV, les normes fournissent généralement en annexe une liste de points à vérifier (p. ex. ANSI et ALI, 2008). Des listes de vérification sont également disponibles dans les guides techniques (p. ex. Auto Prévention, 2020) et auprès des entreprises d'inspection annuelle. Lors de l'inspection périodique (p. ex. : journalier, hebdomadaire), les éléments à vérifier sont notamment le fonctionnement général du PEV, le blocage des bras de levage en rotation, l'état des patins, les dispositifs antichute et les câbles égalisateurs. Sur le terrain, les acteurs clés rencontrés rapportent des inspections préventives très rapides et concises ainsi que des rapports d'inspection ne comprenant qu'un niveau de détail minimal avec peu de recommandations d'action préventive à mettre en place. Dans certains cas extrêmes, certains garages auraient recours à l'inspection et à la réparation des ponts uniquement lorsque des bris ou des dysfonctionnements seraient constatés. De plus, il semble y avoir une perception assez répandue que la précarité de certains petits garages poserait obstacle à l'entretien et l'inspection adéquats des ponts, ou à en condamner l'utilisation lorsque des dysfonctionnements seraient constatés.

Une comparaison des principales grilles obtenues a été effectuée (cf. chapitre 6). Toutefois, lorsqu'on parcourt les critères de vérification proposés dans les grilles, on s'aperçoit qu'ils sont pour la plupart subjectifs (p. ex. : vérifier le jeu dans les bras ; vérifier usure et affaissement des bras). Devant le manque de précision de ces critères, deux personnes responsables de l'inspection pourraient être amenées à porter des jugements contraires sur l'état d'un PEV. Par exemple, lors de l'accident mortel de 2014, le jeu dans le bras de levage était-il acceptable ? La subjectivité de certains critères pourrait être réduite en statuant sur des balises. Concernant le jeu des bras pivotants, la norme BS 7980 (BSI, 2014) offre un élément de réponse en mentionnant que le jeu lorsque les bras sont pleinement déployés ne doit pas dépasser le diamètre du patin (si circulaire) ou la grandeur du plus petit côté du patin. Ce critère n'a pas de fondement scientifique au sens strict, mais est plutôt basé sur le bon sens par rapport au fonctionnement d'un PEV HT2C. Ainsi, un retour d'expérience terrain combiné à une revue exhaustive de la littérature et des grilles existantes a été utilisé dans cette étude pour formuler un certain nombre de critères de vérification quantitatifs pour l'inspection périodique des PEV HT2C et fournir l'information nécessaire pour bonifier les grilles existantes.

## 1.3 Contexte organisationnel

Selon les acteurs clés rencontrés, le secteur de la mécanique automobile est caractérisé par une grande diversité d'entreprises, tant en termes de tailles que de statut, de clientèle cible, de modes de gestion, de syndicalisation, de rémunération, des ressources humaines et d'organisation des services et du travail. La culture d'entreprise en matière de santé et sécurité des travailleurs et le partage des responsabilités à cet égard entre employeurs et employés n'apparaissent pas non plus uniformes d'un milieu à l'autre. Chacune de ces

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

dimensions représente tout autant d'éléments pouvant influencer le quotidien des travailleurs et les situations de levage des véhicules, en termes de types de véhicules à soulever, de leur état, de l'adéquation et de l'état des ponts à disposition, de la marge de manœuvre des techniciens pour refuser de lever un véhicule lorsqu'ils le jugent non sécuritaire, etc.

L'exploration de la littérature sur le contexte organisationnel des garages de mécanique automobile, importante pour comprendre pourquoi et comment les PEV sont utilisés n'a permis de compiler que peu d'écrits spécifiques à la problématique. Par exemple, Molinier (2003) a réalisé une investigation auprès de l'encadrement d'un service de mécaniciens d'autobus sur les incidences du progrès technique sur le travail des mécaniciens. Cette étude révèle notamment l'importance du collectif de travail, des stratégies d'anticipation et de planification du travail ainsi que la satisfaction par rapport au travail réalisé (valorisation et reconnaissance). Kornig et Verdier (2008) ont étudié les capacités d'appropriation de démarches de prévention des risques professionnels par de très petites entreprises de la réparation automobile. Selon Verdier (2010), par-delà leur diversité, ces petits employeurs rencontrent de grandes difficultés à mettre en œuvre une démarche organisée de prévention des risques, la tendance étant de faire reposer la prévention sur les choix des individus et leur comportement. Or, cet auteur aborde la question de la formation des jeunes salariés et souligne que cette main-d'œuvre « est particulièrement exposée aux aléas des ajustements récurrents et toujours difficiles entre temps et charge de travail, au besoin en sollicitant des comportements dont on sait pourtant le danger ». Des raisons de coûts peuvent aussi amener un propriétaire d'une très petite entreprise à ne pas suivre toutes les prescriptions du test requis lors de la mise en service d'un nouveau PEV (Kornig et Verdier, 2008). Par ailleurs, pour pouvoir réaliser des choix en faveur de la prévention, les conditions de formation des nouveaux travailleurs et la transmission des savoir-faire de prudence apparaissent importantes (Verdier, 2010). Cela paraît d'autant plus pertinent dans le contexte de pénurie de main-d'œuvre que vit actuellement le Québec, et qui touche le secteur des garages particulièrement lors de l'effervescente saison des changements de pneus (Dubé, 2018). Pour combler leurs besoins, des entreprises accueillent des stagiaires qui apprendront en quelques jours à poser des pneus et donc à utiliser les PEV sous forte contrainte de temps. Ces quelques études montrent donc la pertinence de bien considérer le contexte et les déterminants de l'activité qui conditionnent la façon d'utiliser et d'inspecter les PEV. On peut noter qu'aucune étude n'aborde directement les modes opératoires et les déterminants de l'activité de travail des techniciens en lien avec l'utilisation des PEV HT2C.



## 1.4 Parc automobile

Selon la Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ, 2021), il y avait au Québec 5,4 millions d'automobiles ou de camions légers autorisés<sup>4</sup> à circuler en date du 31 décembre 2020. Les transitions commerciales et technologiques vers les véhicules de plus gros gabarit et électriques ont été évoquées en Introduction (p. 3). Il est à noter que « la terminologie employée pour décrire les types de véhicules ne fait consensus ni au sein de l'industrie, ni au sein des administrations gouvernementales, tant au Canada qu'ailleurs dans le monde. Ce constat relève du fait que l'offre de véhicule s'est considérablement transformée et diversifiée au fil des années » (Morency *et al.*, 2021). Ce fait est par exemple visible avec la terminologie utilisée par la SAAQ ci-dessus (automobile et camion léger) et celle utilisée par Statistique Canada (cf. Introduction, p. 3). Dans la suite de ce rapport, la catégorisation des véhicules utilisée est la suivante : **compact** (inclus/synonyme : petite voiture, sportive compacte), **berline** (inclus/synonyme : intermédiaire), **VUS** (inclus/synonyme : multisegment), **camionnette** (inclus/synonyme : pickup) et **fourgonnette** (inclus/synonyme : minifourgonnette, van, utilitaire). Ce choix s'est basé sur un regroupement des catégories proposées par la United States Environmental Protection Agency (US EPA) qui utilise le volume intérieur du véhicule (*Classes of Comparable Automobiles*, 2015). En effet, les dimensions extérieures des véhicules étaient un critère pertinent par rapport au levage avec un pont HT2C (plus que la consommation d'essence par exemple). En plus de la catégorisation proposée par la US EPA, les percentiles d'empattement, de largeur et de poids des 108 véhicules observés au bloc B ont été utilisés pour valider les regroupements de véhicules proposés (tableau 53 et figure 98 à l'annexe B.II).

---

<sup>4</sup> Automobile : véhicule routier de 3 000 kg ou moins dont la fonction principale est le transport de passagers et dont la construction n'est pas sur un châssis de camion. Camion léger : véhicule routier de 4 000 kg ou moins de type fourgonnette, camionnette ou véhicule tout usage (4x4) (SAAQ, 2021 ; Morency *et al.*, 2021)

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

## 2. OBJECTIFS DE RECHERCHE ET STRUCTURE DE LA MÉTHODOLOGIE

### 2.1 Objectifs

De nombreux facteurs susceptibles de contribuer au risque de chute du véhicule d'un PEV HT2C ont été évoqués par le groupe de travail *Maxime Fortier* et lors de la préparation du projet (section 1.1). Il s'agit de facteurs d'ordre technique (p. ex. : poids et CdG du véhicule, état des points de levage), organisationnel et humain (p. ex. : aménagement de l'espace de travail, entretien des PEV, formation des techniciens, temps alloué). Or, les connaissances sur l'effet de ces facteurs sur la qualité du levage ou encore les déterminants du travail sont limitées (chapitre 1).

L'objectif de cette étude est donc d'identifier et de catégoriser les principaux déterminants techniques de la stabilité du levage avec un PEV HT2C et les principaux déterminants du travail sous-jacents à l'adoption des méthodes de levage utilisées dans les garages. Les résultats obtenus permettent de cibler des pistes d'action pour favoriser une utilisation sécuritaire des PEV HT2C dans les garages. Une approche pluridisciplinaire<sup>5</sup> et de coconstruction ingénierie-ergonomie a été choisie afin de répondre à une problématique liée à la fois au fonctionnement mécanique de l'équipement et à son utilisation réelle (cf. section 2.2).

Les objectifs spécifiques de la recherche, en lien avec la méthodologie pluridisciplinaire, sont :

1. Mesurer et comparer les forces et les moments induits dans les bras de levage ainsi que le déplacement des patins sur un PEV HT2C asymétrique selon différentes configurations de levage afin d'identifier les variables qui ont un effet significatif sur la stabilité du levage.
2. Documenter les modes opératoires liés à l'utilisation des PEV HT2C et identifier les déterminants de l'activité de travail des techniciens.
3. Formuler des critères de vérification qualitatifs et quantitatifs pour l'inspection périodique des PEV HT2C afin de bonifier les grilles existantes.

---

<sup>5</sup> Qui concerne quelques disciplines plus ou moins voisines ou quelques spécialités distinctes qui sont exploitées parallèlement, sans lien nécessaire entre elles (Office québécois de la langue française, 2009).

## 2.2 Vue d'ensemble de la méthodologie

Afin de répondre aux objectifs et à l'approche pluridisciplinaire du projet, la méthodologie choisie explore différents types de sources de données (c.-à-d. entretiens, mesures et plans d'expérience, observations terrain, etc.). La méthodologie a ainsi été structurée en plusieurs « blocs » comme présenté à la figure 3. Des ingénieurs spécialistes en sécurité des machines et des ergonomes spécialistes de l'analyse de l'activité ont participé à chacun des blocs afin d'obtenir des données complémentaires et de mutuellement enrichir leur méthodologie de collecte d'information. La figure 3 illustre d'ailleurs comment chaque bloc a alimenté les phases subséquentes de l'étude.

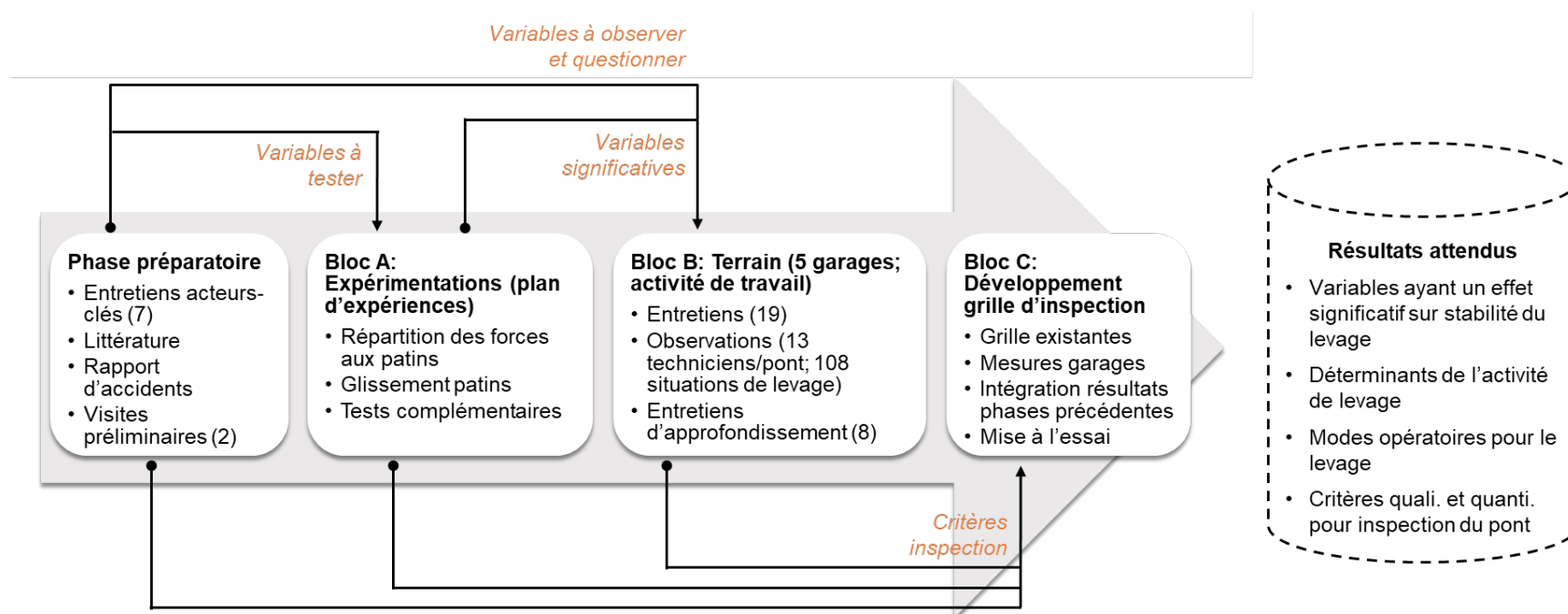
La méthodologie proposée comprend donc :

1. Une phase préparatoire permettant de dresser un premier portrait de l'utilisation des PEV et de leur inspection. Ce travail a permis d'alimenter le bloc A pour les variables à tester, le bloc B pour les variables à questionner ou observer et le bloc « Inspection » pour les critères d'inspection.
2. Un bloc d'expérimentations, nommé bloc A, afin de répondre à l'objectif 1. Les connaissances obtenues lors de ce bloc ont alimenté la préparation des travaux du bloc B avec les variables les plus significatives sur la stabilité du levage et les éléments à prioriser lors de l'inspection.
3. Un bloc « terrain » dans cinq garages, nommé bloc B, pour répondre à l'objectif 2. Ce bloc a également alimenté le bloc inspection.
4. Un bloc spécifique sur l'inspection des PEV, nommé bloc C, pour répondre à l'objectif 3. Ce bloc a été alimenté par toutes les précédentes phases du projet.

Afin de faciliter la lecture du rapport, chaque bloc a fait l'objet d'un chapitre incluant la méthodologie spécifique pour le bloc. La méthodologie du bloc A est donc disponible à la section 4.2, celle du bloc B à la section 5.2 et celle du bloc C à la section 6.2. La méthodologie de la phase préparatoire avec les entretiens avec les acteurs clés est disponible avec celle du bloc B. La littérature et les accidents ont été abordés dans les chapitres précédents. Des compléments méthodologiques pour chaque bloc sont également disponibles en annexes.

Finalement, quelle que soit la phase de l'étude, tous les participants ont pris part à cette recherche sur une base volontaire et non rémunérée. Afin de les informer adéquatement, un formulaire d'information et de consentement spécifique à chaque phase et approuvé par les comités d'éthique de l'IRSST, de l'Université du Québec à Montréal et de l'Université du Québec à Trois-Rivières a été présenté et signé avant chaque rencontre.

Figure 3. Vue d'ensemble de la méthodologie du projet et des interactions entre les différents blocs.



IRSST ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

### 3. EXEMPLE DE LEVAGE D'UN VÉHICULE

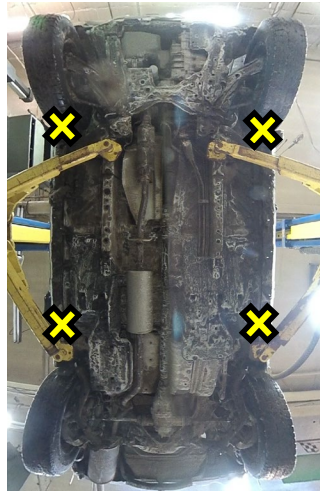
Cette section illustre le déroulement complet, mais schématique, du levage d'un véhicule afin d'introduire l'activité de travail qui sera présentée de façon détaillée au chapitre 5. Cet exemple, qui fait partie des 108 situations de levage observées lors de l'étude, a été placé plus tôt dans le rapport afin de permettre au lecteur de mieux visualiser l'utilisation d'un PEV HT2C. L'exemple à la figure 5<sup>6</sup> permet de distinguer et de comprendre l'enchaînement des étapes de : 1) planification (encadré bleu pâle ; section 5.4) ; 2) positionnement du véhicule (encadrés bleus foncés ; section 5.5) ; 3) positionnement des patins (encadrés verts ; section 5.6) et les difficultés associées (encadrés orange) ; 4) levage du véhicule (encadrés rouges ; section 5.7), 5) travaux effectués sur le véhicule (encadrés mauves ; section 5.7.6) et 6) descente du véhicule (encadrés rouges), retrait des bras du pont (encadrés verts) et sortie du véhicule (encadrés bleus) (section 5.7.6). Cet exemple permet aussi d'illustrer des façons de faire pour évaluer la position des points de levage et le bon placement des patins. Il met en lumière les choix et les actions prises pour compenser les problèmes d'atteinte des points de levage. Par ailleurs, la situation choisie ne couvre pas tous les enjeux liés au levage (p. ex. : choix de la hauteur des patins, orientation des patins, équilibre du véhicule, etc.) pour ne pas complexifier l'exemple. Ces points seront abordés spécifiquement au chapitre 5.


L'exemple détaillé à la figure 5 a été observé dans un petit garage en hiver (neige fondue au plancher). Le véhicule levé est un modèle de VUS observé à cinq reprises, dans trois garages de l'étude. Le travail à faire sur le véhicule est un changement d'amortisseur. Les patins disponibles sur le pont n'ont pas de butée et l'orientation du patin n'a pas à être précise. Lorsque nécessaire, l'ajustement des patins en hauteur s'effectue en utilisant des rallonges. Au final, les patins arrière ont été mis par le technicien sur les points de levage proposés par le guide ALI (2019) (indiqués par des croix jaunes) tandis que les patins avant ont été positionnés sur le châssis plus au centre du véhicule (figure 4).

---

<sup>6</sup> Dans la figure et la suite du rapport, AV est utilisé pour Avant, AR pour Arrière, GA pour Gauche et DR pour Droite.

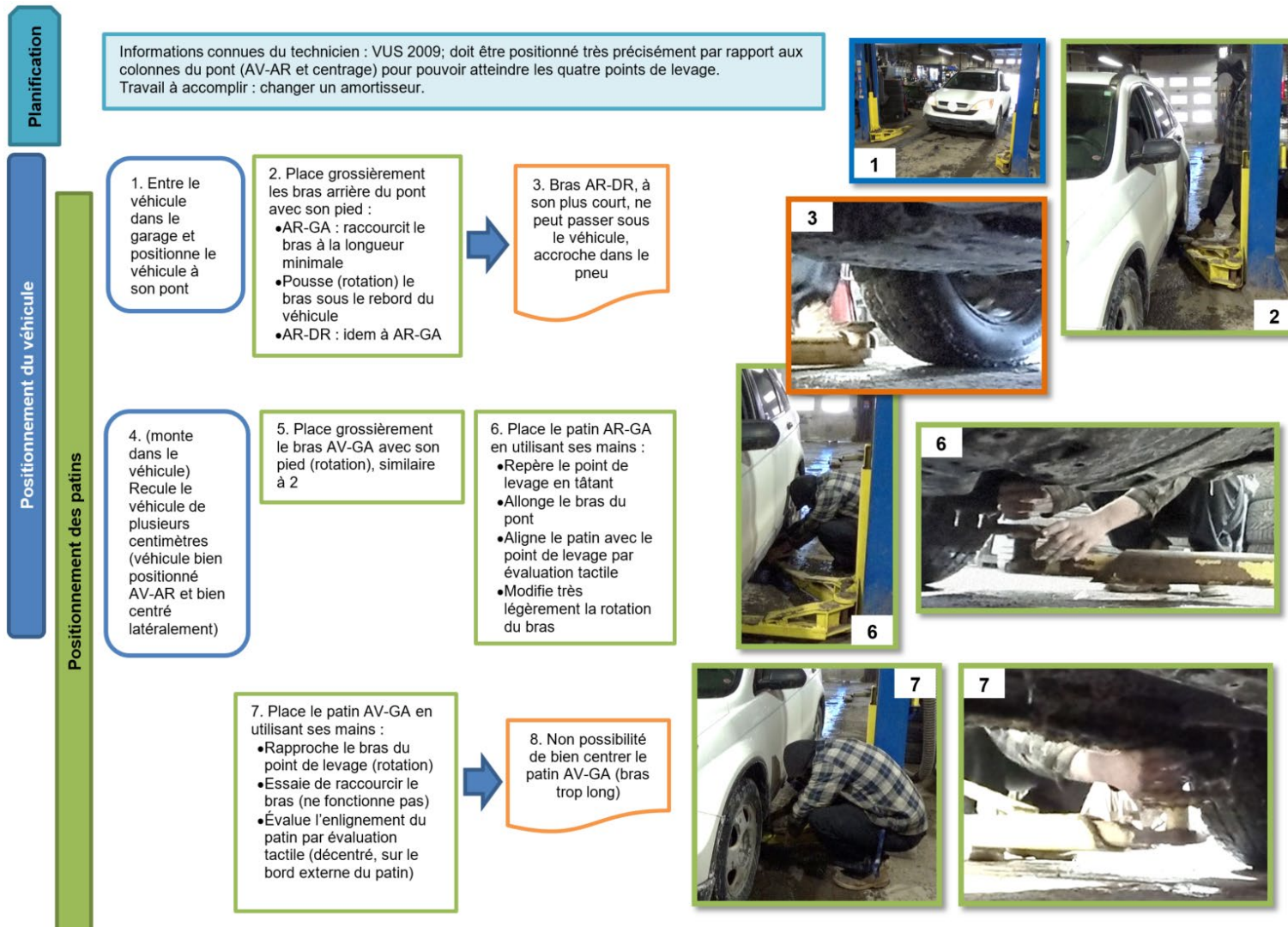
**Figure 4. VUS levé dans l'exemple, vue de dessous.**



 points de levage recommandés par le guide ALI

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

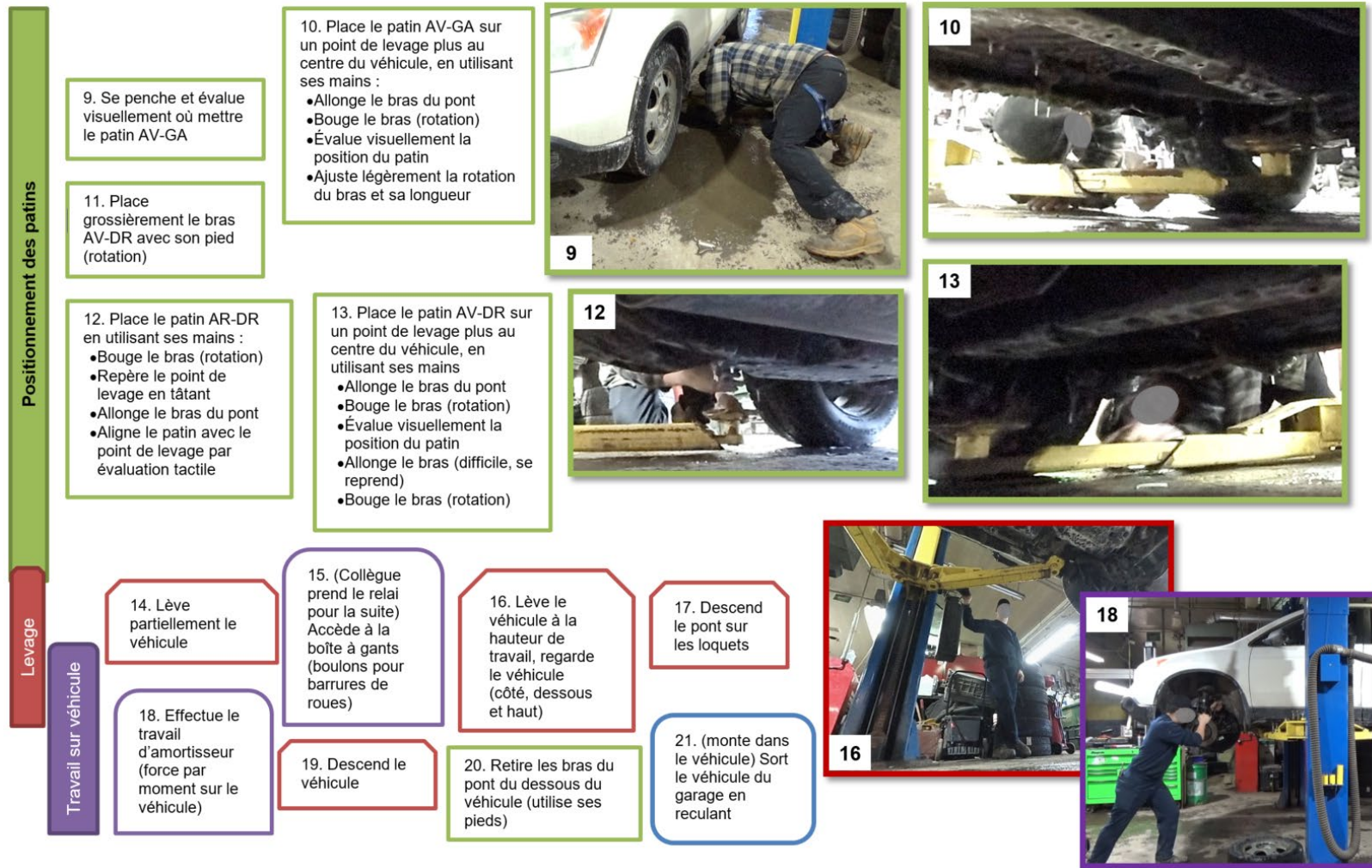
Figure 5. Déroulement complet du levage d'un VUS.



IRSST ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles



(Suite figure 5.)



IRSST ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles



## 4. BLOC A : PLANS D'EXPÉRIENCE SUR LA STABILITÉ DU LEVAGE AVEC UN PEV HT2C

### 4.1 Rappel de l'objectif

Le bloc A vise, à l'aide d'instruments de mesure et de plans d'expérience, à identifier et à hiérarchiser des variables/configurations qui ont un effet significatif sur la stabilité du levage avec un PEV HT2C. Deux problématiques sont ciblées dans ce bloc en termes de stabilité : 1) la répartition des forces et des moments induits dans les quatre bras du PEV et 2) le glissement des patins suite à des poussées horizontales et verticales sur le véhicule. Pour établir des relations de cause à effet par l'expérimentation, une planification rigoureuse a été nécessaire (Linder, 2005). Chaque problématique fait donc l'objet d'un plan d'expérience spécifique (sections 4.2.2 et 4.2.3) et de quelques essais complémentaires (section 4.2.4).

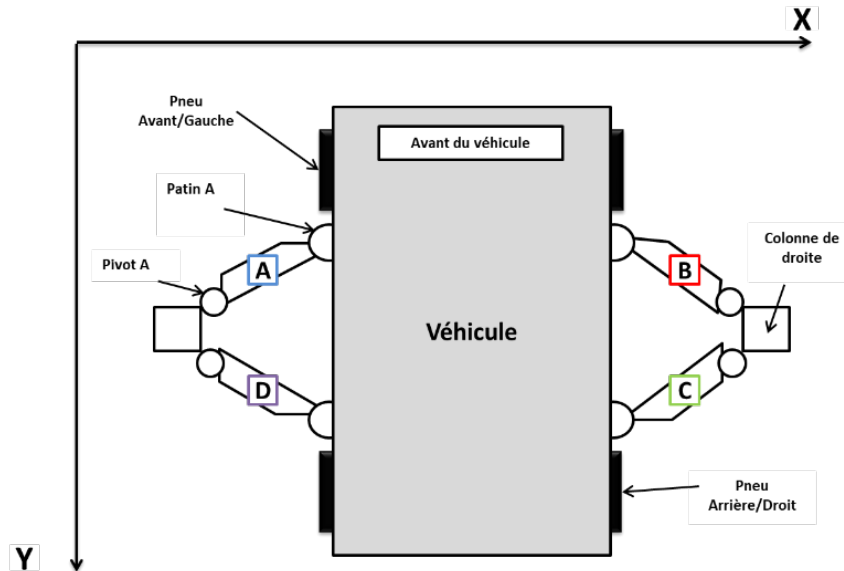
### 4.2 Méthodologie

#### 4.2.1 Dispositions générales

Les expérimentations ont eu lieu dans un centre de formation professionnelle (CFP) lors de l'été 2019 (excepté celles sur les VE qui ont eu lieu à l'automne 2021). L'équipe de recherche a été accompagnée par un des enseignants afin de valider les configurations de levage. Des PEV HT2C asymétriques (bras avant plus courts que ceux en arrière) et des véhicules ont été mis à disposition pour l'ensemble des essais. Des photos et des vidéos 360° ont été prises pour documenter les essais.

La figure 1 illustre les principales composantes d'un PEV HT2C. La figure 6 schématise, en vue de dessus, un PEV HT2C avec un véhicule engagé afin d'illustrer les repères et la codification utilisés. Le bras A est le bras avant-gauche (AV-GA). La codification se fait ensuite dans le sens horaire que ce soit pour le pivot du bras, le patin associé ou encore le pneu du véhicule. Enfin, l'axe des x est dans le sens de la largeur du véhicule alors que l'axe y dans le sens de la longueur (empattement).

**Figure 6. Codification des bras et repères utilisés lors des essais avec les PEV HT2C.**



#### 4.2.2 Plan d'expérience n° 1 : Répartition des efforts de levage

Cette section résume pour le plan d'expérience n° 1 : (i) les mesures effectuées et l'instrumentation utilisée ; (ii) les variables contrôlées ; (iii) la planification des essais et l'analyse des résultats. Pour le lecteur intéressé, plus de détails sur la méthodologie sont disponibles en annexe A.I.I. La figure 7 illustre une vue d'ensemble sous le véhicule lors d'un test avec les patins instrumentés branchés, le cadre de mesure en profilés au sol et la caméra 360° au milieu du cadre.

**Figure 7. Vue d'ensemble d'une configuration de test pour le plan d'expérience n° 1.**



**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

#### 4.2.2.1 Mesures

Le but du plan d'expérience n° 1 était de mesurer les forces et les moments de force au niveau des quatre patins selon les différentes configurations ciblées. Les mesures pour répondre à cet objectif sont décrites au tableau 4. On retrouve trois types de mesures :

- La force normale (perpendiculaire) aux patins par l'intermédiaire de cellules de charge.
- La position des pivots des bras, des patins et de deux pneus du véhicule dans un repère orthonormé afin de calculer la longueur des bras et la position du véhicule par rapport aux colonnes.
- L'inclinaison du véhicule et des patins en complément d'information afin de calculer les composantes des forces.

Ainsi, pour chaque essai, un total de 26 mesures étaient effectuées en plus de la position des pivots dans le nouveau repère à chaque changement de PEV (tableau 4). Des explications sur l'instrumentation utilisée et le protocole expérimental sont disponibles en annexe A.I.I (figure 64 à figure 72).

**Tableau 4. Mesures effectuées lors du plan d'expérience n° 1 pour chaque essai**

Type de mesure	N <sup>bre</sup>	Description de la mesure
Force normale aux patins	4	1 mesure par patin avec la cellule de charge.
Position des patins	8	Distances en x et en y par rapport au point de référence pour les 4 patins
Position des pivots	8	Distances en x et en y par rapport au point de référence pour les pivots des 4 bras. Ces mesures restent valides pour un bloc d'essais, tant que le montage n'est pas déplacé.
Position du véhicule	4	Distances en x et en y par rapport au point de référence pour 2 pneus du véhicule (idéalement en diagonale).
Inclinaison aux patins	8	Angles de flexion et torsion pour les 4 patins. L'axe du bras est pris comme axe de référence.
Inclinaison du véhicule	2	Angles de roulis (gauche/droite) et de tangage (avant/arrière) du véhicule levé.

#### 4.2.2.2 Facteurs contrôlés

Les facteurs contrôlés au plan d'expérience n° 1 étaient l'usure du PEV, le type de véhicule, sa position, son chargement et l'utilisation des loquets (antichute). Il s'agissait lors des discussions en préparation du projet (c.-à-d. comité de travail *Maxime Fortier*, phase préparatoire) des facteurs les plus susceptibles d'avoir une influence sur la répartition des efforts dans les bras. Les six facteurs de deux niveaux sont résumés au tableau 5. Chaque facteur est décrit plus en détail et illustré en annexe A.I.I (figure 73 à figure 75 ; tableau 37 et tableau 38).

**Tableau 5. Facteurs contrôlés au plan d'expérience n° 1**

Facteur contrôlé	Type	Niveaux/code	Description
Usure du PEV (P)	Nominal	P1 : PEV neuf	3 175 kg (7 000 lb). Asymétrique avec colonnes droites. P1 : Peu utilisé / P2 : Utilisé
		P2 : PEV usé	
Type de véhicule (V)	Nominal	V1 : Compact	Véhicule 2 portes (1 256 kg)
		V2 : Camionnette	Allongé, caisse de chargement (2 436 kg)
Avancée du véhicule (A)	Continu	A1 : Arrière	Véhicule le plus en arrière possible
		A2 : Avant	Véhicule le plus en avant possible
Centrage du véhicule (C)	Continu	C1 : Centré	Véhicule centré entre les colonnes
		C2 : Décentré	Véhicule le plus à droite possible
Chargement du coffre (W)	Continu	W0 : À vide	Coffre pas chargé
		W1 : Chargé	216 kg au-dessus de l'essieu arrière
Utilisation des loquets (L)	Nominal	L0 : Pas loquets	PEV sur l'hydraulique (entre 2 loquets)
		L1 : Loquets	PEV posé sur les loquets antichute

Le type de patin et la barrure des bras en rotation n'étaient pas des facteurs contrôlés dans ce plan d'expérience puisque les mesures de forces étaient prises en phase statique et qu'aucune poussée n'était appliquée sur le véhicule. Ces facteurs ont été inclus dans le plan d'expérience n° 2 sur le glissement des patins. Le technicien qui positionne le véhicule et la position exacte du patin sous le châssis n'étaient pas non plus des variables contrôlées. Le protocole expérimental utilisé a toutefois uniformisé les pratiques. Les points de levage choisis étaient ceux recommandés par le formateur et le fabricant du véhicule. Les patins ont été mis à une hauteur moyenne entre le point le plus bas et le plus haut.

#### 4.2.2.3 Planification des essais et analyse statistique

Le plan expérimental n° 1 comprend six facteurs à deux niveaux ( $2^6$ ). Les principes utilisés pour la planification du plan d'expérience ont été les suivants (Alexis et Alexis, 1999 ; Carignan, 2018 ; Dagnélie, 2012 ; Linder, 2005) :

- Réplique des essais : reprendre tous les essais afin d'améliorer la précision de l'effet et de mesurer l'erreur expérimentale globale. Une réplique a ainsi été incluse dans le plan.
- Répétition des mesures : prendre plusieurs mesures lors du même essai (sans le modifier). Les mesures de force se sont faites en continu, une moyenne sur un laps d'une seconde a été calculée une fois le levage stabilisé.
- Randomisation des essais : utiliser un ordre aléatoire pour les tests. Les variables P et V ont été considérées comme des blocs (non randomisées), puisqu'il était difficile de changer de PEV et de véhicule à chaque essai pour des raisons logistiques. Les autres variables ont été randomisées dans la mesure du possible.

Au final, le plan d'expérience choisi a été un plan factoriel complet ( $2^6$ ) avec réplique. Le nombre d'essais a été de 128 (c.-à-d.  $2^6 \times 2$ ) ou encore 8 blocs « pont-véhicule » de 16 essais. Il a fallu compter une journée de prétest pour valider le protocole expérimental et une demi-journée par bloc pour un total de cinq jours de collecte de données au CFP.

Le tableau 6 résume les calculs qui ont été effectués avec les mesures prises lors des essais. Les indicateurs utilisés à la fois pour les forces et les moments induits sont : (i) les maxima et les minima selon les configurations ; (ii) le coefficient de variation (COV)<sup>7</sup> entre les quatre bras ; (iii) le déséquilibre sous forme de ratio entre les bras avant et arrière, les bras à gauche et à droite et les bras en diagonale. Le ratio de déséquilibre a été retravaillé afin de le placer dans un repère où 0 signifie qu'il n'y a pas de déséquilibre (ratio de 1) et qu'un déséquilibre à gauche et en arrière soit négatif. Un COV élevé indique qu'il y a une mauvaise répartition de la force ou des moments dans les quatre bras. Par conséquent, un des bras risque d'être sous- ou sursollicité. Une sous sollicitation peut libérer le bras du véhicule momentanément et permettre sa rotation, sa sursollicitation peut entraîner l'usure prématurée. Alors que le COV permet d'avoir une vue d'ensemble sur la répartition dans les bras, le déséquilibre permet d'avoir une représentation physique du phénomène. Il précise la direction de l'instabilité. Plus la valeur du déséquilibre est élevée, plus la configuration est potentiellement instable.

La validation et la correction des données obtenues ont été effectuées en utilisant à la fois la réplique des essais et des calculs logiques. Par exemple, la somme des forces mesurées comparée au poids du véhicule a permis de valider les forces.

**Tableau 6. Valeurs calculées au plan d'expérience n° 1 par essai**

Mesure/valeur combinée	Valeur calculée par essai
Positions pivots ; Positions patins	Longueur des 4 bras
Forces patins ; Longueurs bras	Moment de force pour les 4 bras
Forces patins ; Angles patins	Composantes de la force par patins
Positions pivots ; Positions pneus	Position du CdG du véhicule par rapport aux colonnes Angles d'engagement du véhicule dans le PEV
Forces patins ; Positions patins	Barycentre du véhicule
Forces patins	Ratio Force_dans_bras/Capacité_bras ; COV des 4 forces ; Déséquilibre avec les ratios : $\frac{\sum F_{bras\_avant}}{\sum F_{bras\_arrière}}$ ; $\frac{\sum F_{bras\_gauche}}{\sum F_{bras\_arrière}}$ ; $\frac{\sum F_{bras\_diagonale1}}{\sum F_{bras\_diagonale2}}$
Moments aux patins	$\sum$ Moments ; COV 4 moments ; Déséquilibre avec les ratios $\frac{\sum M_{bras\_avant}}{\sum M_{bras\_arrière}}$ ; $\frac{\sum M_{bras\_gauche}}{\sum M_{bras\_arrière}}$ ; $\frac{\sum M_{bras\_diagonale1}}{\sum M_{bras\_diagonale2}}$

$\sum$  signifie somme

L'analyse des données a été faite dans un premier temps avec une approche qualitative en représentant graphiquement par configuration les différents indices calculés (c.-à-d. COV, déséquilibre, répartition des forces et moments par bras). Par la suite, des analyses de variance (modèle linéaire) ont été effectuées avec le logiciel JMP® (SAS, 2019) pour valider le modèle et les interactions avec une influence statistiquement significative sur une mesure. Les analyses de variance ont été faites sur le COV des forces, la somme des moments et le

<sup>7</sup> Le COV, également nommé écart-type relatif, est une mesure de dispersion relative. Le coefficient de variation est défini comme le rapport entre l'écart-type et la moyenne (Coefficient de variation, s.d.).

COV des moments. Les analyses de variance ont été basées sur les étapes suivantes (Carignan, 2018 ; Dagnelie, 2012) : 1) évaluer l'importance des effets avec un modèle initial, 2) raffiner le modèle en éliminant les effets négligeables, 3) valider le modèle (homogénéité, linéarité, indépendance et normalité des résidus) et 4) interpréter et communiquer les résultats.

#### 4.2.3 Plan d'expérience n° 2 : Glissement des patins

Cette section résume pour le plan d'expérience n° 2 : (i) les mesures visées et l'instrumentation ; (ii) les variables contrôlées ; (iii) la planification des essais et l'analyse des résultats. Pour le lecteur intéressé, plus de détails sur la méthodologie sont disponibles en annexe A.II.I. La figure 8 illustre un patin avec coussinet en caoutchouc positionné décentré.

**Figure 8. Patin, avec coussinet en caoutchouc, positionné décentré avec marques alignées avant d'exercer des poussées sur le véhicule.**



##### 4.2.3.1 Mesures

Le but du plan d'expérience n° 2 était de mesurer le glissement des quatre patins par rapport au véhicule lorsqu'on applique des poussées sur le véhicule selon les différentes configurations ciblées par le plan d'expérience. Deux types de poussées ont été inclus au plan d'expérience : (i) des poussées verticales au niveau du coffre ; (ii) des impacts latéraux au niveau du pneu arrière-droit. Ce plan d'expérience nécessitait deux types de mesures : (i) le glissement de chaque patin ; (ii) la force appliquée sur le véhicule afin de pouvoir contrôler ce facteur. Le glissement des patins a été mesuré à l'aide de repères tracés avant l'essai sur les patins et le châssis du véhicule. La mesure des forces appliquée a été effectuée en utilisant une cellule de charge. Des explications sur l'instrumentation et le protocole expérimental sont disponibles en annexe A.II.I (figure 85 et figure 86).

#### 4.2.3.2 Facteurs contrôlés

Les facteurs contrôlés au plan d'expérience n° 2 comptaient le type de patin, la souillure du patin, la position du patin, le blocage des bras et le type de poussée. Il s'agissait lors des discussions en préparation du projet (c.-à-d. comité de travail *Maxime Fortier*, phase préparatoire) des facteurs les plus susceptibles d'avoir une influence sur le glissement des patins. Les cinq facteurs de deux niveaux sont résumés au tableau 7. Plus de détails sur ces facteurs sont décrits en annexe A.II.1 (figure 87 à figure 91).

Les essais ont été effectués selon la configuration la plus sécuritaire afin de ne pas endommager les PEV et le véhicule. Les essais ont donc été réalisés avec le véhicule compact (V1) non chargé (W0) dans la position recommandée (CdG aligné avec les colonnes). Les points de levage choisis étaient ceux recommandés par le formateur.

**Tableau 7. Facteurs contrôlés au plan d'expérience n° 2**

Facteur contrôlé	Type	Niveaux	Description
Type de patins (Pa)	Nominal	Pa1 : Caoutchouc	Patin carré recouvert de caoutchouc
		Pa2 : Métal	Patin repliable en métal
Souillure des patins (S)	Nominal	S0 : Propre	Patin nettoyé avec du dégraissant
		S1 : Souillé	Patin recouvert de graisse tout-usage
Position des patins (D)	Nominal	D1 : Appui centré	Point d'appui centré sur le patin
		D2 : Appui décentré	Point d'appui décalé au bord du patin
Blocage des bras (B)	Nominal	B0 : Pas bloqué	4 dispositifs de blocage pas enclenchés
		B1 : Bloqué	4 dispositifs de blocage enclenchés
Type de poussée (T)	Nominal	T1 : Impact latéral	Coups de masse sur le pneu arrière-droit
		T2 : Poussée coffre	Poussées verticales au bord du coffre

#### 4.2.3.3 Planification des essais et analyse statistique

Le plan expérimental n° 2 comprend cinq facteurs à deux niveaux ( $2^5$ ). Comme pour le plan d'expérience n° 1, une réplique des essais a été effectuée ainsi qu'une randomisation partielle des essais. Le type de patin et la souillure des patins ont été considérés comme des blocs pour des raisons logistiques. Au final, un plan factoriel complet ( $2^5$ ) avec réplique a été réalisé. Le nombre d'essais a donc été de 64 (c.-à-d.  $2^5 \times 2$ ) ou encore 8 blocs « type de patin-souillure » de 8 essais ( $2^3$ ). Quatre journées au CFP ont été nécessaires pour compléter ce plan d'expérience incluant une journée de prétest pour valider l'instrumentation et les types de poussées.

Le déplacement total de chaque patin a été déterminé puis agrégé par type de variable. Les configurations qui généraient le maximum de glissement ont été identifiées. L'analyse de ce plan d'expérience a été qualitative en utilisant des indices tels que le glissement maximal et moyen des patins. Par la suite, une analyse de variance (modèle linéaire) a été effectuée avec le logiciel JMP® (SAS, 2019) sur le glissement total des patins (c.-à-d. la somme des

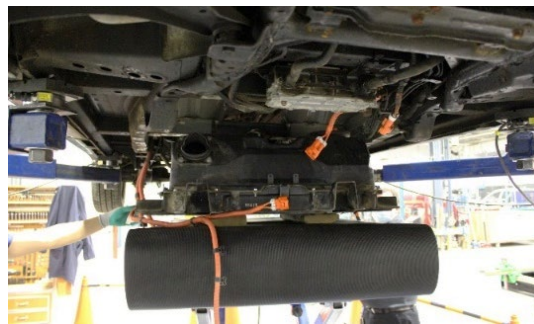
glissements pour les quatre patins pour un essai) selon les mêmes étapes que pour le plan d'expérience n° 1 (section 4.2.2.3).

#### 4.2.4 Essais complémentaires

Finalement, deux jours ont été consacrés à des essais complémentaires au CFP puis trois jours à une école des métiers spécifiquement sur les VE. Ces essais résumés au tableau 8 ont permis : (i) d'étendre les plans d'expérience prévus ; (ii) d'alimenter la réflexion sur des phénomènes observés lors des essais ; (iii) de tester des pratiques non recommandées. L'analyse de ces tests a été qualitative et les constats ont été intégrés à l'analyse des deux plans d'expérience.

Les tests sur les VE (figure 9) ont été spécifiquement détaillés à l'annexe A.III puisque ce type de véhicules sera de plus en plus présent sur nos routes tout en ayant des caractéristiques mécaniques différentes (p. ex. poids et position de la batterie et des moteurs électriques).

**Figure 9. Retrait de la batterie d'un des VE avec une table élévatrice motorisée.**





**Tableau 8. Description des essais complémentaires**

Thématique	Type d'essais
<b>Essais réalisés au CFP à l'été 2019</b>	
Répartition des forces au niveau des patins	Mesures des forces aux patins sur la pression hydraulique (L0) et sur les loquets (L1) avec un PEV (P4) de 3 175 kg (7 000 lb) qui a un système de loquets symétriques dans les colonnes contrairement à P1 et P2. Configuration : P4V1C1A2W0.
	Mesures des forces aux patins en enlevant le poids du groupe propulseur (environ 310 kg) avec un cric. Configuration : P4V1C1A2W0.
	Mesures des forces aux patins en ajustant la hauteur des patins : (i) 4 patins en contact en même temps avec le véhicule ; (ii) 2 patins arrière font contact en premier ; (iii) 2 patins de droite font contact en premier. Configuration : P2V2C2A1W1.
Glissements des patins	Mesures des glissements des patins avec V1 chargé. Configurations : P3V1S0D1B0T1 et P3V1S0D2B0T2.
	Mesures des glissements des patins avec l'essieu arrière de V1 accoté sur un cric. Configuration : P3V1S0D2(B0/B1)T1.
	Mesures des glissements des patins avec V2 et Pa2. Configurations : P3V2S0D1B0(T1/T2)(W0/W1).
	Mesures de glissement des patins avec une poussée de type avant/arrière et les patins Pa2 relevés dans le même sens. Configuration : P3V2S0D1B1.
Pratiques non recommandées	Mesure de la force au patin en levant le véhicule avec un seul bras. Configuration : P2V2C2A1W1.
	Mesure du déplacement des patins suite au dépôt du véhicule et des bras au sol et à la reprise du véhicule sans réajustement. Configurations : (P2/P3)V1S0D1(B0/B1) et P3V2S0D1B0(W1) avec répliques.
<b>Essais réalisés à l'école des métiers à l'automne 2021</b>	
Répartition des forces au niveau des patins	Mesures des forces aux patins avec et sans la batterie de puissance pour six véhicules électriques (5 véhicules rechargeables à batterie, et 1 véhicule hybride rechargeable) (annexe A.III).

### 4.3 Résultats : Répartition des efforts de levage (plan d'expérience n° 1)

Les résultats dans cette section incluent la position du CdG des véhicules lors des essais (section 4.3.1), la répartition des forces au niveau des patins (section 4.3.2), la répartition des moments de forces dans les bras (section 4.3.3) et une synthèse (section 4.3.4). Pour les figures avec quatre graphes, chaque graphe présente un bloc « Pont-Véhicule ». Des résultats supplémentaires sont disponibles en annexe A.I.II.II.

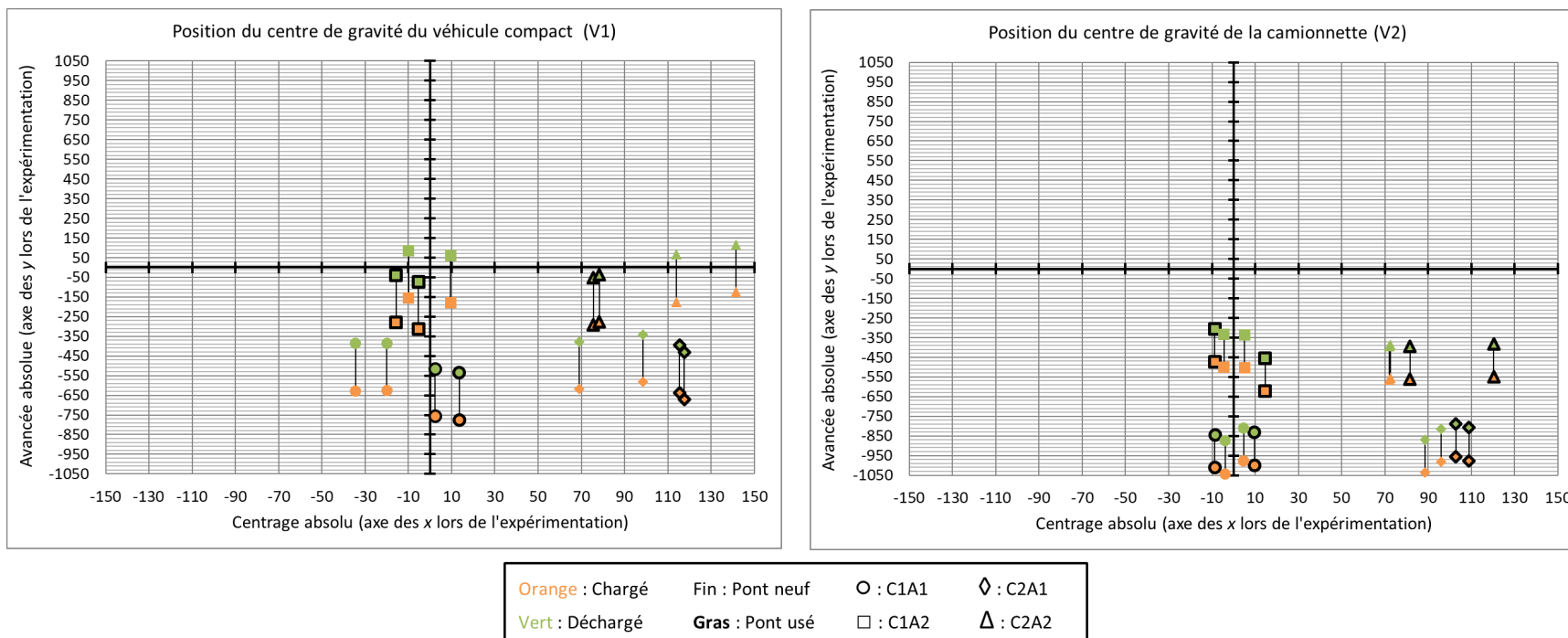
#### 4.3.1 Position du centre de gravité

Afin de procéder à l'analyse statistique du plan d'expérience n° 1, il a fallu déterminer la position du CdG des véhicules à chacun des essais. Ce calcul était nécessaire pour les variables de centrage (C) et d'avancée (A) du véhicule. Pour simplifier les calculs de la position du CdG, il a été considéré que la voiture était parfaitement parallèle aux colonnes du PEV. Compte tenu de l'ordre de grandeur dans la précision du positionnement du véhicule pour deux configurations équivalentes, cette simplification a été considérée comme acceptable après vérification (plus de détails sur ce point sont disponibles à l'annexe A.I.II.I). La figure 10 représente les positions du CdG pour tous les essais du plan d'expérience n° 1. L'origine du repère est le centre entre les deux colonnes du PEV. Il est important de noter

que les échelles pour le centrage et l'avancée sont différentes pour des questions de lisibilité. Le lien entre la configuration chargée et déchargée pour une même position a été représenté.

Globalement, le CdG de la camionnette était plus reculé que celui du véhicule compact par rapport aux colonnes de l'ordre de 400 mm. Cela s'explique par le fait que V2 est allongé et que son CdG est plus reculé. L'amplitude maximale du décentrage entre C1 et C2 a été de 178 mm pour V1 (-34 à +144) et de 129 mm pour V2 (-9 à +120). L'amplitude maximale pour l'avancée entre A1 et A2 a été de 650 mm pour V1 (-534 à +116) et de 1 181 mm pour V2 (-875 à -306). Les différences s'expliquent par la grandeur des véhicules et les limites physiques du PEV. D'autres explications sur cette figure sont disponibles au tableau 39 en annexe.

**Figure 10. Position du centre de gravité selon l'avancée et le centrage pour le véhicule compact (V1) et la camionnette (V2).**



**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

### **4.3.2 Répartition des forces au niveau de patins**

Cette section comprend cinq sous-sections avec en premier lieu l'analyse statistique de la répartition des forces avec le COV comme indicateur (section 4.3.2.1). Les deux PEV utilisés pour le plan d'expérience n° 1 ont des loquets placés de manière asymétrique sur les colonnes. Les conséquences de cette particularité ont été présentées dans une deuxième sous-section (section 4.3.2.2). Par la suite, les résultats présentés ne concernent que les essais où les bras étaient soutenus par la pression hydraulique. Ceci permettra d'appliquer les résultats obtenus à une plus grande diversité de PEV, car ils sont similaires à ceux obtenus pour les PEV équipés de loquets placés symétriquement. Les résultats présentés sont la répartition et le déséquilibre des forces dans les quatre bras (sections 4.3.2.3), les cas de dépassement de la capacité des bras ou de sous sollicitation (section 4.3.2.4) et la quantification des forces horizontales dans les patins (section 4.3.2.5).

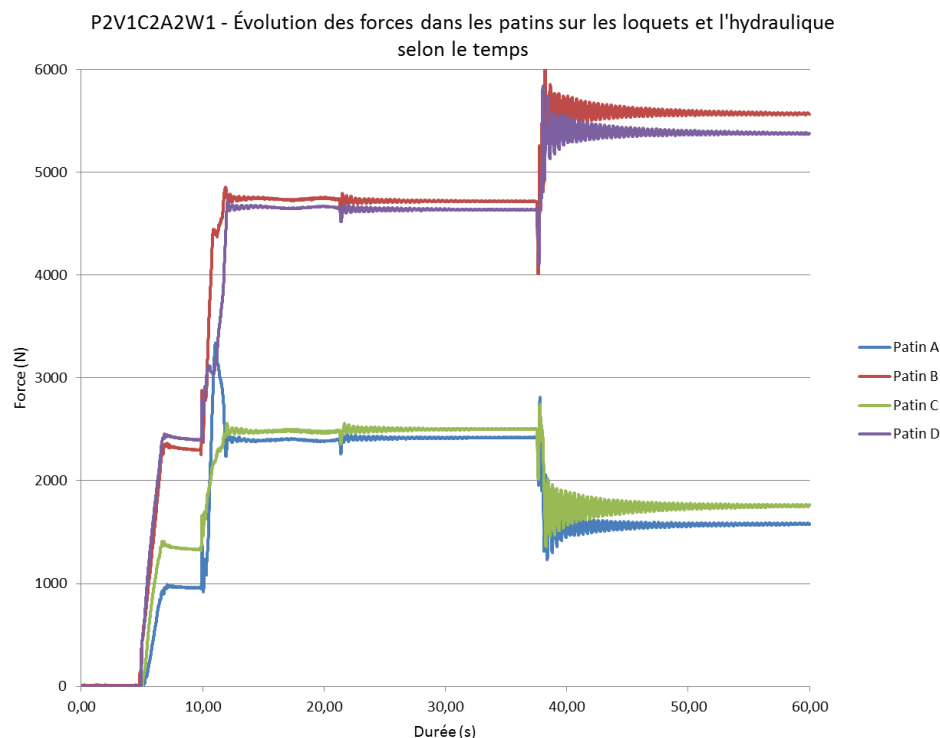
#### **4.3.2.1 Analyse statistique de la répartition des forces**

L'analyse statistique avec le logiciel JMP® (SAS, 2019) a été effectuée pour identifier les facteurs ainsi que leurs interactions qui ont un effet statistiquement significatif sur le COV des forces aux quatre patins. L'interaction « véhicule\*chargement » a l'influence la plus importante, suivi de l'interaction « pont\*véhicule » et des « loquets ». Ces éléments sont discutés dans les sous-sections suivantes. L'analyse des résidus indique que les facteurs non contrôlables, les effets de blocs lors des tests et les facteurs inconnus qui n'auraient pas été considérés lors de l'analyse n'ont pas affecté la validité de cette dernière. D'autres détails sont présentés en annexe A.I.II.II (figure 76 et figure 77).

#### **4.3.2.2 Influence des loquets (L) sur la répartition des forces**

Durant les essais, l'enregistrement des forces débutait dès le lever du véhicule. Lors du levage, les bras du PEV sont soutenus par la pression hydraulique. Par la suite, la pression hydraulique est relâchée et les bras sont descendus pour s'appuyer sur les loquets antichute. Un exemple de courbes d'acquisition avec ces trois phases est présenté à la figure 11. Sur les enregistrements, on remarque un écart significatif entre les forces mesurées aux patins lorsque le PEV est soutenu par la pression hydraulique et par les loquets. Les forces exercées sur les patins B et D (en diagonale) sont plus grandes lorsque le PEV est sur les loquets alors que celles sur les patins A et C (l'autre diagonale) diminuent. L'augmentation de la force est observée aux patins qui se trouvent du côté où les loquets sont installés sur les colonnes du PEV (B et D) (figure 1, loquets positionnés sur la face arrière pour la colonne de gauche et face avant pour la colonne de droite). Ainsi, la figure 12 illustre la distribution des forces sur les diagonales AC et BD avec le PEV soutenu par les loquets et par la pression hydraulique, et ce pour les quatre blocs Pont-Véhicule.

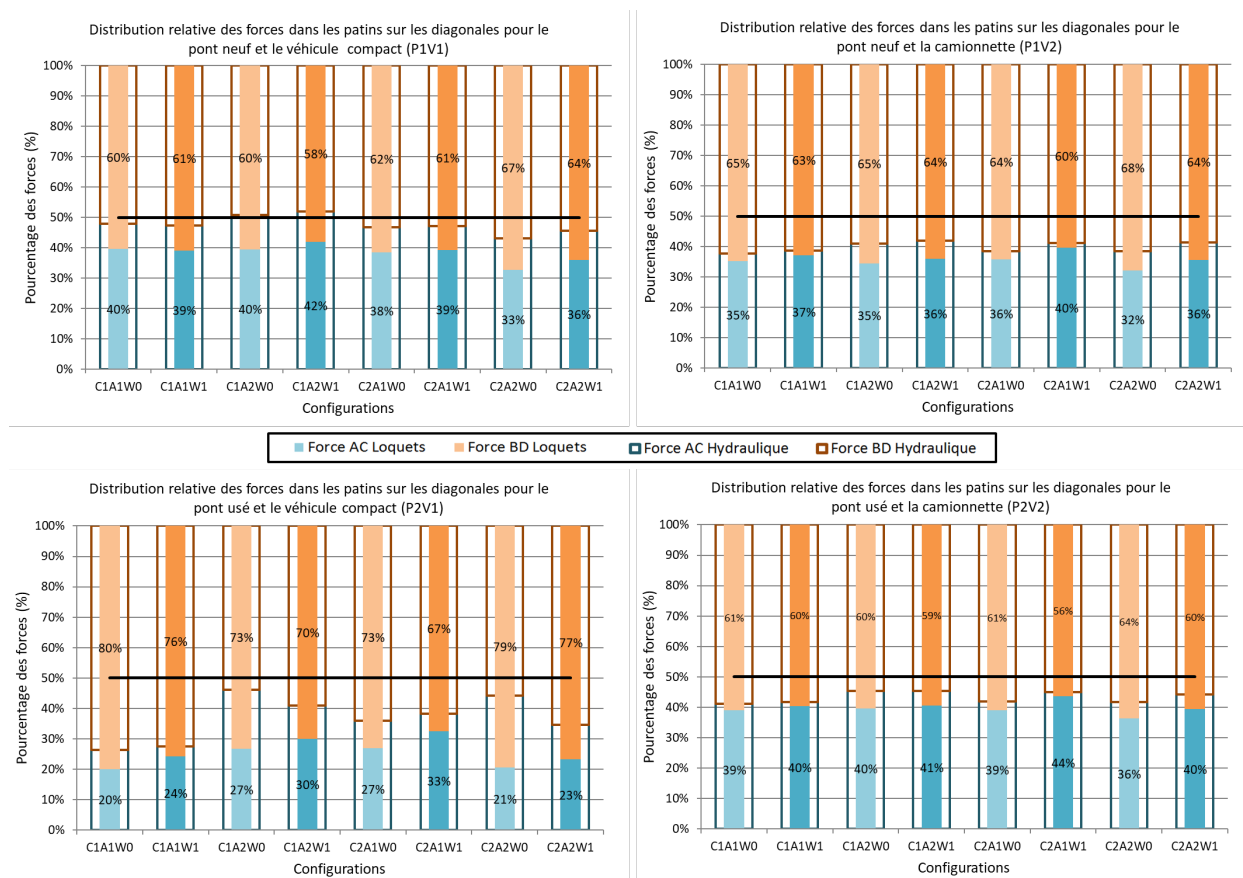
**Figure 11. Courbes d'acquisition des forces aux quatre patins pour un essai (3 temps : (a) lever – (b) immobilisation entre 2 niveaux de loquets – (c) dépôt sur les loquets).**



Dans tous les cas de figure, une meilleure répartition des forces sur les diagonales est observée avec le PEV soutenu par la pression hydraulique plutôt qu'avec les loquets. L'écart par diagonale entre les deux configurations (L0/L1) est de l'ordre des 600-700 N pour V1 et de 400-500 N pour V2.

Afin de confirmer que ces augmentations dans la diagonale BD sont dues à l'emplacement asymétrique des loquets, un essai complémentaire a été effectué sur un PEV HT2C équivalent (P4 ; asymétrique, capacité de 3 175 kg [7 000 lb]) mais avec des loquets symétriques (c.-à-d. un loquet sur la face externe des colonnes). Pour la configuration P4V1C1A2W0, la répartition des forces dans les diagonales a été quasiment identique pour les configurations L0 et L1 (pourcentage d'écart de 1 %). Ce résultat tend à démontrer que la variation des forces entre L0 et L1 est due à la position asymétrique des loquets et explique l'apparition du facteur « loquets » comme variable significative lors de l'analyse de variance sur le COV des quatre forces aux patins.

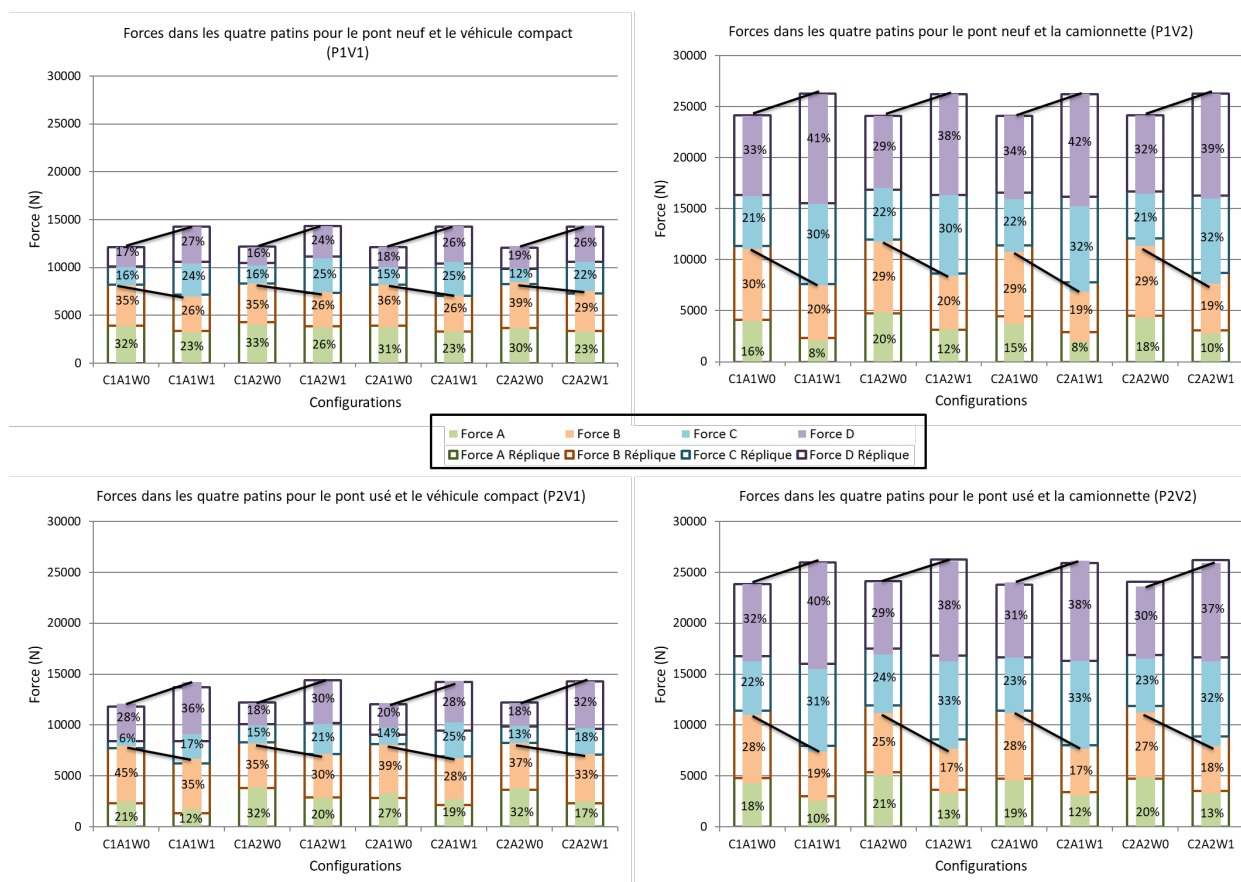
**Figure 12. Distributions relatives des forces sur les diagonales avec le PEV soutenu par les loquets et par la pression hydraulique pour les quatre blocs Pont-Véhicule.**



#### 4.3.2.3 Répartition des forces au niveau des patins lorsque les bras sont soutenus par la pression hydraulique

En se concentrant sur les configurations L0 afin de ne pas tenir compte de l'effet des loquets qui semble spécifique au modèle de PEV utilisé lors des essais, la figure 13 illustre la répartition des forces dans les quatre bras pour les quatre blocs « Pont-Véhicule ».

**Figure 13. Répartition des forces dans les patins selon les quatre blocs Pont-Véhicule.**



Il est intéressant de noter que les essais « répliques » (notés R dans le texte ; histogrammes vides dans la figure) sont très similaires aux essais originaux (notés O ; histogrammes pleins). Les traits noirs à la figure 13 permettent d'illustrer l'influence du chargement (W1) sur la répartition des forces dans les quatre bras. On observe l'augmentation des forces dans les bras arrière en valeur absolue et en pourcentage ainsi que la diminution en valeur absolue et en pourcentage dans les bras avant. La position du véhicule (combinaison C et A) a peu d'incidence sur la répartition des forces puisque la position des patins par rapport au CdG du véhicule est similaire, quelle que soit la position du véhicule. La figure 78 en annexe offre d'ailleurs une représentation visuelle des déséquilibres des forces en « gauche/droite » et « avant/arrière ».

Pour tous les essais effectués avec V1 déchargé (W0), la somme des forces en avant (A+B) est supérieure à la somme des forces en arrière (C+D). Cette répartition inégale avant-arrière s'explique par le fait que le CdG est vers l'avant du véhicule et aussi par la position des points de levage. En général, les essais faits sur le PEV neuf (P1) avec V1 ont des forces

réparties symétriquement de gauche à droite. Lorsque V1 est chargé (W1) et installé sur P1, les forces sont partagées pratiquement de manière égale dans les quatre patins. Ainsi, le COV minimal du bloc P1V1 s'obtient quand V1 est chargé, soit 3,7 % pour P1V1C1A2W1L00 (tableau 40, en annexe A.I.II.II). Le maximum s'obtient quand V1 est déchargé, soit 40,6 % pour P1V1C2A2W0L00 (tableau 40, en annexe A.I.II.II). Cela peut paraître contre-intuitif a priori, mais le fait de charger le coffre de V1 déplace la CdG vers l'arrière et tend à mieux répartir les forces dans les bras.

En analysant la distribution des forces pour le PEV usé (P2) avec V1 et sans chargement, une sous sollicitation du bras C est détectée. En effet, celui-ci est particulièrement moins chargé que tous les autres bras en supportant de 6 à 15 % de la somme des forces totales. Ce phénomène est possiblement causé par une usure plus importante du bras C par rapport aux autres bras (tableau 37) et par le fait que le CdG de V1 est en avant lorsque le véhicule est déchargé. Lorsque V1 est chargé et placé sur P2, les forces en avant diminuent, mais les forces ne se répartissent pas également comme pour P1. La diagonale BD supporte plus de poids que la diagonale AC, soit en moyenne 63 % de la somme totale des forces (configurations P2V1L0W1). Là encore, l'usure du bras C peut expliquer ces résultats. Le minimum et le maximum du COV ont des valeurs plus grandes (moins bonne répartition) pour P2V1 que P1V1 (tableau 40, en annexe A.I.II.II).

Contrairement à V1, la répartition des forces pour V2 est similaire pour les deux PEV. Le poids supérieur et le CdG reculé de V2 semblent diminuer l'effet de l'usure. Peu importe si V2 est chargé ou non, la somme des forces en arrière est toujours supérieure à la somme des forces en avant. Par conséquent, les COV sont plus élevés lorsque V2 est chargé, car on accentue le recul du CdG. Le minimum et le maximum du COV pour P1V2 sont 16,3 % et 52,1 % pour respectivement P1V2C1A2W0L00 et P1V2C2A1W1L00. Pour P2V2, les COV minimal et maximal sont 9,3 % et 46,7 % pour P2V2C1A2W0L0R et P2V2C1A1W1L00 respectivement (tableau 40). Les COV de P2V2 sont inférieurs à ceux de P1V2, car ses forces sont légèrement mieux réparties en diagonale.

Ces résultats expliquent l'apparition des interactions « Véhicule\*Chargement » et « Pont\*Véhicule » comme variables significatives lors de l'analyse de variance sur le COV des quatre forces aux patins.

#### **4.3.2.4 Dépassement de la capacité du bras et configuration avec force inférieure à 500 N**

Les PEV étant adaptés pour les véhicules testés, aucune somme des forces n'a dépassé la capacité maximale des PEV soit 3 175 kg (7 000 lb ; 31 138 N) (figure 13). Toutefois, il était précisé sur les PEV que la capacité maximale de chaque bras était de 794 kg (1 750 lb ; 7 784 N) (c.-à-d. 3 175 kg/4). Aucune indication sur la longueur du bras associée à cette valeur n'était précisée. Cette capacité maximale par bras a été dépassée dans environ un



tiers de tous les essais (44/128). Tous les essais réalisés avec la camionnette chargée (V2W1) ont dépassé 794 kg pour un bras, et ce, principalement au bras D. En moyenne, la force mesurée au patin D pour V2W1 était de 132 % de la capacité maximale annoncée. Certaines configurations déchargées (V2W0) ont aussi dépassé la capacité maximale d'un bras. En moyenne, la force mesurée au patin D pour V2W0 était de 98 % de la capacité maximale annoncée. Le bras D était généralement le plus sollicité pour V2, car il y a plus de poids en arrière pour ce véhicule et le bras D se trouve du côté de la diagonale la plus chargée. Toutes les configurations avec V1 ont respecté la capacité maximale des bras. En moyenne, la force mesurée au patin du bras le plus chargé était de 64 % de la capacité maximale pour V1W0 et 58 % pour V1W1. Le dépassement de la capacité d'un bras peut conduire à une usure prématurée de celui-ci.

À l'opposé, pour certaines configurations, la force mesurée sur l'un des bras était inférieure à 500 N avec un minimum de 270 N (équivalent à 27,5 kg ou 60,7 lb). Dans tous les cas, il s'agit du véhicule compact non chargé et reposant sur les loquets (V1, W0, L1) (tableau 41 en annexe). Le danger dans ce cas-ci est que le bras faiblement sollicité puisse être libre de pivoter vers l'extérieur du PEV, faute de contact avec la voiture et de dispositifs de blocage des bras bien entretenus.

Finalement, tel qu'illustré à la figure 11, on constate des variations sous forme d'oscillations dans les forces aux patins lorsqu'on passe d'une phase statique à dynamique ou inversement que ce soit en montée ou en descente. Par exemple, pour le patin B dans le cas P2V2C2A1W1 (camionnette chargée reculée), une oscillation de la force d'une amplitude de 5 000 N a été mesurée lors du dépôt du pont sur les loquets antichute. Ces phases d'oscillations transitoires sont certainement un moment critique dans le fonctionnement du pont et la stabilité du levage (p. ex. le contact changeant des patins avec le point de levage).

#### **4.3.2.5 Forces horizontales dans les patins**

La force mesurée dans les cellules de charge est celle qui est perpendiculaire à la surface du patin. Afin de déterminer les efforts horizontaux induits dans les bras, la force verticale a dû être projetée dans le plan horizontal des bras en utilisant les angles en torsion et en flexion mesurés au niveau des patins lors des essais (figure 70 et figure 79 en annexe). Le véhicule V2 étant plus lourd, les forces horizontales maximales ont été enregistrées pour ce véhicule aux bras B et C (tableau 42 en annexe). La plage maximale de la force horizontale issue de la flexion va de -771 N à +197 N. Elle va de -311 N à +394 N pour la force horizontale issue de la torsion. Dans les deux directions les plus à risque pour la chute d'un véhicule (c.-à-d. l'entrée du bras et son pivotement vers l'extérieur), les valeurs maximales absolues sont donc 771 N et 394 N. Ces valeurs maximales ont été obtenues sur le PEV P2 (usé). À titre de comparaison, la norme ALI (2008) demandait que le système de blocage des bras en rotation résiste à une force de 150 lb (667 N) appliquée à l'extrémité du bras en pleine extension. Il s'agit de la norme la moins restrictive sur ce point (tableau 3).

### **4.3.3 Répartition des moments de force dans les bras lorsque le PEV est soutenu par la pression hydraulique**

L'analyse sur les moments de force permet de prendre en compte la longueur des bras (bras de levier) dans l'analyse et donc la position des patins par rapport aux colonnes. Les moments de force traduisent le couple transmis aux supports des bras. Cette section comprend deux sous-sections avec l'analyse statistique (section 4.3.3.1) puis la présentation graphique des résultats (section 4.3.3.2) concernant la répartition des moments de force dans les quatre bras.

#### **4.3.3.1 Analyse statistique des moments de force**

Deux analyses statistiques ont été effectuées sur le logiciel JMP® (SAS, 2019) concernant les moments de force afin de déterminer les facteurs ainsi que leurs interactions qui auraient eu un effet statistiquement significatif sur a) la somme et b) le coefficient de variation des moments de force. L'analyse statistique complète est détaillée en annexe A.I.II.III.

##### **a) Somme des moments (quantité de moments)**

Le modèle linéaire créé par JMP® (SAS, 2019) pour la somme des moments dans les quatre bras explique 99 % de la variation de l'indice. Le « véhicule », l'« avancée », l'interaction « véhicule\*avancée » et le « chargement » sont les quatre effets les plus importants (figure 80 en annexe). La question du poids et de la longueur des bras semble logiquement ressortir.

##### **b) COV des quatre moments de force**

Le modèle linéaire créé par JMP® (SAS, 2019) pour le COV des quatre moments de force explique 81 % de la variation de l'indice. L'interaction « pont\*véhicule », les « loquets », le « chargement » et l'« avancée » sont les quatre effets les plus importants (figure 81 en annexe). Ces points sont discutés dans les sections suivantes. Une analyse des résidus a été complétée et indique que les facteurs non contrôlables, les effets de blocs lors de tests et les facteurs inconnus qui n'auraient pas été considérés lors des analyses n'ont pas affecté la validité de cette dernière (figure 82 et figure 83 en annexe).

#### **4.3.3.2 Répartition des moments de force dans les bras**

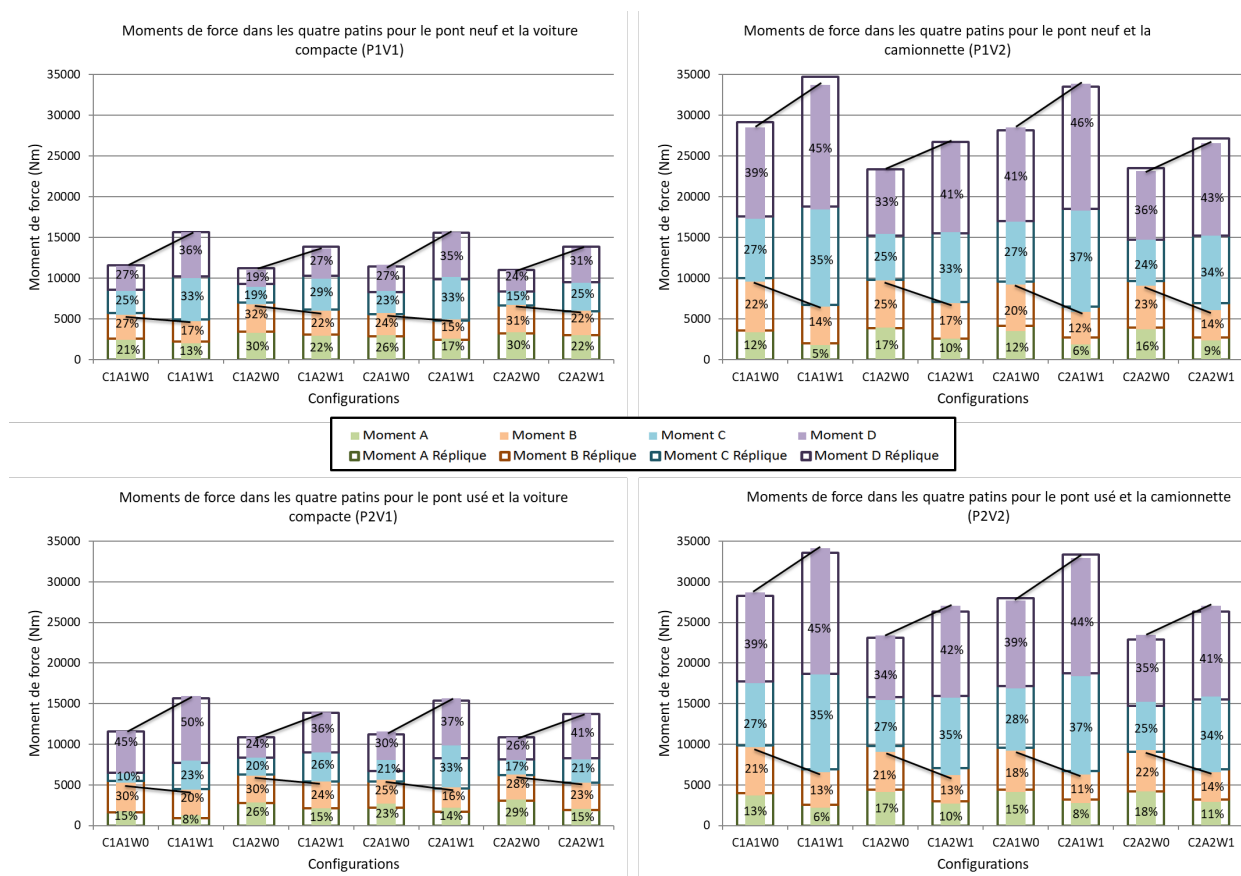
L'analyse des moments de force dans les bras vient en complément d'information de la section 4.3.2.3 sur la répartition des forces aux patins. Cette section permet d'ajouter l'influence de la position du véhicule par rapport aux colonnes du pont à la répartition des forces puisque le moment est le produit entre la force appliquée et la longueur du bras.

La figure 14 permet de visualiser la distribution des moments de force dans les quatre bras pour l'ensemble des configurations testées. Les résultats sont présentés pour les quatre blocs « Pont-Véhicule ». Les répliques des essais sont présentées dans la même figure de

même que l'évolution des moments sur les bras arrière C et D entre les configurations W0 et W1 (sans et avec chargement). Il est intéressant de noter que les essais « répliques » (histogrammes vides dans la figure) sont très similaires aux essais originaux (histogrammes pleins dans la figure). La figure 84 en annexe offre une représentation visuelle des déséquilibres.

Tout d'abord, la figure 14 montre que la somme des moments se situe entre 12 000 et 16 000 N.m pour le véhicule V1 et entre 23 000 et 34 000 N.m pour V2. Le type de véhicule et son poids sont le premier facteur à prendre en compte dans la quantité de moments créée, qui varie ici du simple au double. Dans la même logique, le chargement (W1) augmente la somme des moments. Le fait d'ajouter du poids au niveau de l'essieu arrière augmente considérablement la quantité de moments sur les bras arrière tout en diminuant légèrement celle en avant puisque les forces en A et B diminuent à cause du déplacement du CdG vers l'arrière. Ce constat est lié à celui fait pour les forces. D'après la figure 14, la somme des moments semble également influencée pour l'avancée du véhicule (A). En effet, quels que soient le PEV et le véhicule, les configurations reculées (A1) créent plus de moments que les mêmes configurations PVCW avancées (A2). Si l'on compare la position reculée (A1) à la position avancée (A2), la quantité de moments sur les bras avant reste la même alors que celle sur les bras arrière augmente. Cela est dû à la géométrie de l'ensemble et au fait que la longueur des bras avant varie peu entre A1 et A2 comparativement à celle des bras arrière. Enfin, la figure 14 et la figure 84 en annexe démontrent que le centrage ne semble pas avoir d'effet sur la somme des moments. Ces constats sur l'influence du type de véhicule (V), du chargement (W) et de l'avancée (A) quant à la somme des moments sont en adéquation avec les résultats de l'analyse de variance présentée à la section 4.3.3.1.

**Figure 14. Répartition des moments de forces dans les quatre bras pour les quatre blocs Pont-Véhicule.**



L'analyse de la répartition des moments a fait ressortir dans un premier temps les mêmes phénomènes que pour l'analyse des forces. Toutefois, l'avancée du véhicule est un autre facteur important pour la répartition des moments. Le recul du véhicule a tendance à générer un déséquilibre vers l'arrière. Par ailleurs, le centrage n'a que peu d'influence sur la répartition des moments. Ces résultats sont cohérents avec l'analyse de variance. Le facteur « loquet » apparaît également dans l'analyse de variance en lien avec les résultats sur la répartition des forces à la section 4.3.2.2.

#### 4.3.4 Résumé des effets sur la répartition des efforts

L'objectif du plan d'expérience n° 1 était de déterminer les facteurs qui influençaient la répartition des efforts dans les quatre bras du PEV. Suite à l'analyse de variance et de la représentation graphique des résultats, il a été conclu que les facteurs influençant de manière significative la répartition des forces aux patins sont : (i) l'interaction « chargement\*véhicule » ; (ii) l'interaction « Pont\*Véhicule » ; (iii) l'utilisation des « loquets »

antichute. En effet, le chargement pour le V1 tend à mieux répartir les forces dans les quatre bras, ce qui n'est pas le cas pour V2. Cela est dû à la position initiale du CdG. Par ailleurs, les résultats pour V1 ne sont pas identiques pour P1 et P2 alors qu'ils le sont pour V2. Le poids moindre de V1 semble permettre l'apparition de différents phénomènes dus aux jeux dans les bras du PEV P2 plus usé. Enfin, spécifiquement pour le type de PEV utilisé lors des essais, les loquets antichute positionnés de manière asymétrique tendent à mettre plus de charges sur les deux bras vis-à-vis des loquets (B et D). Concernant la répartition des moments, l'analyse de variance et la représentation graphique des résultats ont permis de constater l'influence de la position reculée des véhicules en plus des facteurs énoncés pour la répartition des forces. Le recul du véhicule a tendance à faire augmenter les moments sur les bras arrière ainsi que la somme des moments, tout comme le chargement dans le coffre. Le centrage du véhicule par rapport aux colonnes du PEV n'est pas un facteur significatif.

D'un point de vue pratique, plusieurs phénomènes sont à prendre en compte en lien avec la répartition des efforts dans les bras (tableau 9) :

- La sous sollicitation d'un bras : certaines configurations avec le véhicule compact (V1) ont mené à des efforts inférieurs à 500 N ou encore 1 000 N.m sur un bras (p. ex. P2V1W0), valeurs bien inférieures à la plupart des efforts mesurés. Le danger d'un bras faiblement sollicité est qu'il puisse être libre de pivoter vers l'extérieur du PEV, faute de contact avec la voiture et de dispositifs de blocage des bras bien entretenus. Ce résultat est un rappel pour les propriétaires de PEV HT2C de l'attention à porter à l'inspection et la maintenance du mécanisme de blocage du bras. Ces systèmes permettent d'éviter des mouvements non désirés s'ils sont bien conçus et entretenus. La plupart des mécanismes de blocage sur le marché n'atteignent pas les prescriptions de la norme BS EN 1493 en termes de forces auxquelles ils doivent résister (Woody et McDonald, 2015). De plus, la norme BS 7980 (BSI, 2014) recommande que le jeu au niveau des patins n'excède pas le diamètre du patin (où la plus petite dimension d'un patin rectangulaire), lorsque les bras sont en extension complète.
- La surcharge d'un bras : à l'inverse, les essais avec la camionnette chargée (V2W1) ont mené à une surcharge d'un bras par rapport au maximum affiché sur le PEV. Cette surcharge a atteint un maximum de 143 % (11 155 N) de la capacité maximale du bras pour le modèle de pont utilisé. Même déchargée (V2W0), la force moyenne mesurée au patin D était de 98 % de la capacité maximale annoncée. La camionnette a généré des moments cumulatifs dans les quatre bras allant jusqu'à 34 000 N.m, alors que le maximum pour V1 était de 16 000 N.m. Le type de véhicule est le facteur le plus significatif pour la surcharge. Le chargement et la position reculée le sont aussi. La problématique associée à la surcharge d'un bras est sa dégradation prématurée ainsi que celle de son chariot support, du patin et de sa fixation. En conséquence, la position du véhicule et son chargement doivent être des points de vigilance, en particulier pour les véhicules de type camionnette. Une position avancée et une marge de sécurité pour la capacité de levage du PEV HT2C par rapport au poids du véhicule (p. ex. PEV HT2C symétrique) devraient être considérées pour les camionnettes.

- Les oscillations : les phases transitoires (p. ex. descente du pont sur les loquets antichute) génèrent des oscillations parfois importantes avec des variations de plusieurs milliers de newtons dans les patins. Il s'agit d'un moment critique dans le fonctionnement du pont et la stabilité du levage.
- L'usure du PEV : pour le véhicule compact (V1), les résultats relatifs à la répartition des efforts ont varié significativement selon le PEV. Cela démontre qu'un PEV usé, même s'il est bien entretenu, peut avoir un comportement légèrement différent dans certains cas. Le problème qui s'est produit lors des essais est la sous sollicitation d'un bras. L'usure et les jeux dans le bras C et le chariot support des bras peuvent expliquer ce phénomène. Le PEV peut alors « travailler » différemment. Les jeux excessifs dans le bras et le support du bras (chariot) doivent donc être contrôlés.

**Tableau 9. Résumé de l'effet des variables testées sur la répartition des efforts dans les bras**

Variable	Effet	Détail de l'effet	Conséquence
Chargement coffre *Véhicule	Oui	Le chargement dans le coffre fait reculer le CdG du véhicule. Cela a un effet bénéfique sur la répartition des efforts dans les bras pour les véhicules de type « compact » et un effet négatif pour les véhicules de type camionnette. Les forces engagées avec les véhicules de type « camionnette » chargés peuvent entraîner des surcharges.	Éviter le chargement du coffre et la position reculée notamment pour les camionnettes : sursollicitation bras arrière, moins bonne répartition des efforts, oscillations lors des phases transitoires
Avancée véhicule	Oui	Le recul du véhicule a tendance à générer un déséquilibre des moments vers l'arrière puisque les bras arrière doivent être allongés contrairement à ceux en avant.	Éviter les loquets antichute asymétriques : sursollicitation bras côté loquet, moins bonne répartition des efforts
Loquet antichute	Oui	Des loquets antichute asymétriques (placés sur la face avant ou arrière de la colonne) ont tendance à surcharger les bras des côtés des loquets. Les loquets symétriques n'influencent pas la répartition des efforts dans les bras.	Éviter une configuration avec un angle de tangage important : sursollicitation bras côté le plus bas, moins bonne répartition des efforts
Hauteur patin	Oui	Un décalage significatif entre les côtés gauche et droit en termes de hauteur des patins a eu un effet sur la répartition des forces. Les deux bras du côté où les patins sont plus bas sont plus sollicités. L'ajustement de la hauteur des patins avant et arrière a eu moins d'impact.	Importance de l'état du PEV sur la répartition des efforts dans certaines configurations
Usure PEV *Véhicule	Oui	Le PEV avec le bras le plus incliné avec le véhicule le plus léger (compact) a conduit à une sous sollicitation du bras en question et donc une moins bonne répartition des efforts dans les bras que la configuration équivalente avec l'autre PEV. Cela démontre qu'un PEV usé peut avoir un comportement légèrement différent dans certains cas. Ces effets n'ont pas été observés avec le véhicule lourd.	
Inclinaison bras-patin	Oui	L'inclinaison au niveau des patins entraîne la présence de forces horizontales qui tendent à faire rentrer le bras (max. 771 N) et de forces horizontales qui tendent à faire pivoter le bras vers l'extérieur (max. 394 N).	
Centrage du véhicule	Non	Le centrage/décentrage a peu d'influence sur la répartition des efforts dans les bras.	
Retrait batterie VE	Non	Le retrait de la batterie de véhicules électriques ne modifie pas significativement la répartition des forces sur les quatre patins. Lors des tests le CdG se déplace de -50 à +200 mm dans l'axe avant-arrière et reste loin des limites du quadrilatère de sustentation.	

- La hauteur des patins : testé lors d'essais complémentaires et expliqué en annexe A.I.II.II, l'ajustement de la hauteur des patins a eu un effet sur la répartition des forces lorsqu'il y avait un décalage significatif entre les deux côtés (gauche/droite). Le véhicule alors penché d'un côté (c.-à-d. roulis) sollicitait davantage les deux bras du côté où les patins étaient plus bas (au-delà de la charge permise). L'ajustement de la hauteur des patins avant et arrière a eu moins d'effet sur la répartition des forces. Ainsi, l'inclinaison du véhicule sur le côté, qu'il soit dû à l'ajustement de la hauteur des patins ou à un décalage entre la hauteur des bras, est un paramètre à vérifier lors du levage du véhicule.
- Les forces horizontales : à titre indicatif, lors des essais, la valeur maximale de la force horizontale qui tend à raccourcir le bras en faisant coulisser les sections télescopiques a été de 771 N. Pour le pivotement du bras vers l'extérieur, la force maximale a été de 394 N. Il s'agit des deux directions les plus à risque pour la chute d'un véhicule. Ce sont des valeurs en conditions statiques obtenues pour la camionnette sur le PEV utilisé P2. Le système de blocage des bras en rotation peut contribuer à contrer la force de pivotement, toutefois pour que les systèmes de blocage soient efficaces, ils doivent être entretenus pour limiter les jeux et assurer la résistance minimale requise.
- Le retrait de la batterie pour les véhicules électriques (ou hybride rechargeable) : testé lors d'essais complémentaires et détaillé en annexe A.III, le retrait de la batterie n'a pas eu d'effet significatif sur la répartition des forces dans les patins. Dépendamment des véhicules, du poids et de la position de la batterie électrique, de l'emplacement du moteur électrique, de la présence (ou non) d'un moteur thermique, la position du CdG reculait d'au plus 50 mm ou avançait d'au plus 200 mm, et ne se déplaçait pas sur l'axe gauche-droite. Le déplacement du CdG est donc du même ordre de grandeur que pour un véhicule thermique de même taille, avec coffre chargé ou non.

#### 4.4 Résultats : Glissement des patins (plan d'expérience n° 2)

Dans la section qui suit, les résultats du plan d'expérience n° 2 sur le glissement des patins sont présentés. Pour rappel, les facteurs testés étaient le type de patin (Pa), la souillure des patins (S), la position des patins (D), le blocage des bras (B) et le type de poussées (T). L'analyse est plutôt qualitative (sommées des glissements ou des moyennes par type de facteur : tableau 44 et tableau 45 en annexe). En effet, les mesures obtenues lors des répliques n'étaient pas nécessairement similaires à celles des essais originaux malgré des conditions expérimentales contrôlées. Ces différences démontrent que les phénomènes sous-jacents au glissement des patins sont difficiles à contrôler. Les résultats détaillés et leur analyse sont présentés en annexe A.II.II.

##### 4.4.1 Analyse statistique

L'analyse statistique a été effectuée afin d'identifier les facteurs ainsi que leurs interactions qui auraient eu un effet statistiquement significatif sur le glissement total des patins (c.-à-d. la somme des glissements des quatre patins). Le type de patins, le type de poussées de même

que leur interaction mutuelle ont le plus d'impact sur le glissement total (figure 92 en annexe). Ces résultats sont expliqués dans la sous-section suivante. Le modèle linéaire créé par JMP® (SAS, 2019) explique 83 % de la variation de l'indice. Une analyse des résidus a été complétée et indique que les facteurs non contrôlables, les effets de blocs lors des tests et les facteurs inconnus qui n'auraient pas été considérés lors de l'analyse n'ont pas affecté la validité de cette dernière (figure 93 en annexe).

#### 4.4.2 Résumé des effets sur le glissement des patins

Avant de faire les essais, il était pressenti que les configurations générant le plus de glissement seraient Pa2S1(D1/D2)B0T1 (patins repliables en métal, souillés, bras débloqués, coups de masse latéraux). Suite aux essais, cette intuition a été en bonne partie confirmée puisque les configurations ayant eu le plus grand glissement pour un des quatre patins sont Pa2S1D1B0T1 avec 28,8 mm au patin D et Pa2S1D2B1T1 avec 28,3 mm au patin C. En général, pour Pa1, les glissements étaient très faibles, le maximum atteint a été de 3 mm sur le patin C pour la configuration S0D2B0T2. Pour le Pa2, les glissements sont allés de 0 à 29 mm.

Suite à l'analyse de variance et des différents glissements par patins, il a été conclu que les facteurs influençant de manière significative le glissement des patins sont : (i) le type de patins ; (ii) le type de force ; (iii) l'interaction entre ces deux facteurs. La souillure peut augmenter le glissement des patins repliables en métal, mais son impact est plus faible que les trois facteurs cités précédemment. Les effets du blocage des bras et de la position des patins sont statistiquement non significatifs. De plus, le type de contact entre le point de levage et le patin semble avoir une influence significative pour Pa1. En effet, une surface plate est plus susceptible de mener à des glissements que le rebord mince d'une voiture à cause de la déformation du caoutchouc.

D'un point de vue pratique, il est important de retenir les points suivants (tableau 10) :

- Le positionnement initial du patin est un élément de sécurité primordial, puisque des glissements de patin ont été observés dans de nombreuses configurations et jusqu'à un quart de la largeur du patin.
- Les glissements observés sont beaucoup plus faibles pour les patins en caoutchouc que les patins repliables en métal dans les conditions expérimentales utilisées.
- Le type de force appliquée a un effet significatif, les coups de masse latéraux ayant fait glisser davantage les patins que les poussées verticales dans le coffre.
- Le blocage des bras n'affecte pas significativement le glissement des patins selon l'analyse de variance. En effet, les jeux dans les bras représentent un angle allant de 6° à 9° selon les mesures effectuées.
- La souillure des patins influence le glissement mesuré pour les patins repliables seulement.



- Finalement, en ce qui concerne le dépôt au sol et la remontée immédiate du véhicule sans réajustement des patins, des déplacements du patin allant jusqu'à 32 mm ont été observés avec la camionnette. Il s'agit déjà d'une pratique non recommandée.

**Tableau 10. Résumé de l'effet des variables testées sur le glissement des patins**

Variable	Effet	Détail de l'effet	Conséquence
Type patin	Oui	Glissements observés beaucoup plus faibles pour les patins en caoutchouc que les patins repliables en métal dans les conditions expérimentales.	Glissement : Patins repliables métal > Patins caoutchouc utilisés
Type poussées	Oui	Les coups de masse latéraux font glisser davantage les patins que les poussées verticales dans le coffre.	Glissement : Coups latéraux > Poussées verticales
Souillure* Type patin	Oui	La présence de graisse sur le patin influence le glissement mesuré, mais uniquement pour les patins repliables en métal.	Glissement : Souillure métal > Métal propre
Position des patins	Non	Le positionnement initial du patin n'a pas influencé les glissements mesurés. Toutefois, il s'agit d'un élément de sécurité primordial.	
Blocage bras	Non	Le blocage des bras n'affecte pas significativement le glissement des deux types de patins testés selon l'analyse de variance, possiblement à cause des jeux dans les dispositifs.	

#### 4.5 Discussions sur l'origine des deux accidents mortels

Le tableau 1 détaille les résultats des enquêtes suite aux accidents mortels de 2014 et 2018 sur un PEV HT2C. Les deux rapports d'enquête consacrent une partie importante de leurs conclusions à l'intégrité des dispositifs de blocage des bras. Sans remettre en cause ces conclusions et l'importance des dispositifs de blocage des bras, il apparaît suite aux tests que des défauts dans ces dispositifs n'offrent pas une explication suffisante aux processus accidentels observés. Une défaillance dans le blocage des bras n'explique pas la mise en mouvement initiale du véhicule ou du bras. D'après les résultats de ce chapitre, la mise en mouvement des bras lors de ces accidents pourrait plutôt s'expliquer par un glissement du patin à cause d'une combinaison des facteurs suivants :

1. Le positionnement du patin déficient (contact sur le bout du patin). En effet, un appui en bout de patin induit deux phénomènes : (a) cette configuration va chercher les jeux présents dans le patin et fait en sorte que l'appui est incliné. Cela conduit à la présence d'efforts horizontaux plus importants comme c'est le cas pour l'accident en 2014 ; (b) le moindre glissement du patin suite à un effort extérieur ou des oscillations peut entraîner le décrochage du patin. Il n'y a pas de marge de sécurité.
2. Le revêtement des patins. D'après les tests, les patins repliables en métal offrent plus de glissement que les patins recouverts de caoutchouc « mou ». Cela s'explique par les coefficients de frottement. Ainsi, la conception du patin et son revêtement ont une influence sur la probabilité de chute du véhicule.
3. Un patin qui n'est pas en appui. D'après les tests, un bras peut être faiblement sollicité sous certaines conditions. Il devient plus facilement déplaçable en particulier avec les jeux présents dans les dispositifs de blocage des bras mal entretenus. Ainsi, pour revenir sur les dispositifs de blocage, il ne s'agit pas que d'une question de résistance à une force, mais aussi du contrôle des jeux dans ces dispositifs. Ce point est abordé dans la grille d'inspection développée au chapitre 6.

## 5. BLOC B : UTILISATION DES PEV HT2C DANS LES GARAGES

### 5.1 Rappel de l'objectif

Ce volet de l'étude vise à comprendre le travail de levage des véhicules tel que réalisé par les techniciens automobiles dans différentes situations. Plus précisément, l'objectif est de mettre en lumière les modes opératoires et les déterminants de l'activité de levage. Dans un premier temps, la méthodologie de collecte de données et d'analyse est décrite (section 5.2). Ensuite, la section 5.3 décrit sommairement les garages participants et les situations de levage. Les résultats sont ensuite présentés en suivant les étapes principales de levage des véhicules, de la planification jusqu'à la descente du véhicule (sections 5.4 à 5.7). Puisque les accidents mortels et les incidents vécus dans les garages concernent principalement les gros et longs véhicules, une section des résultats jumelant les résultats des blocs A et B y est consacrée (section 5.8). Finalement, la section 5.9 résume le point de vue des acteurs clés du secteur et du personnel des garages sur les pistes d'amélioration possible pour favoriser un levage sécuritaire.

### 5.2 Méthodologie

#### 5.2.1 Le technicien et la situation de levage dans leur contexte général

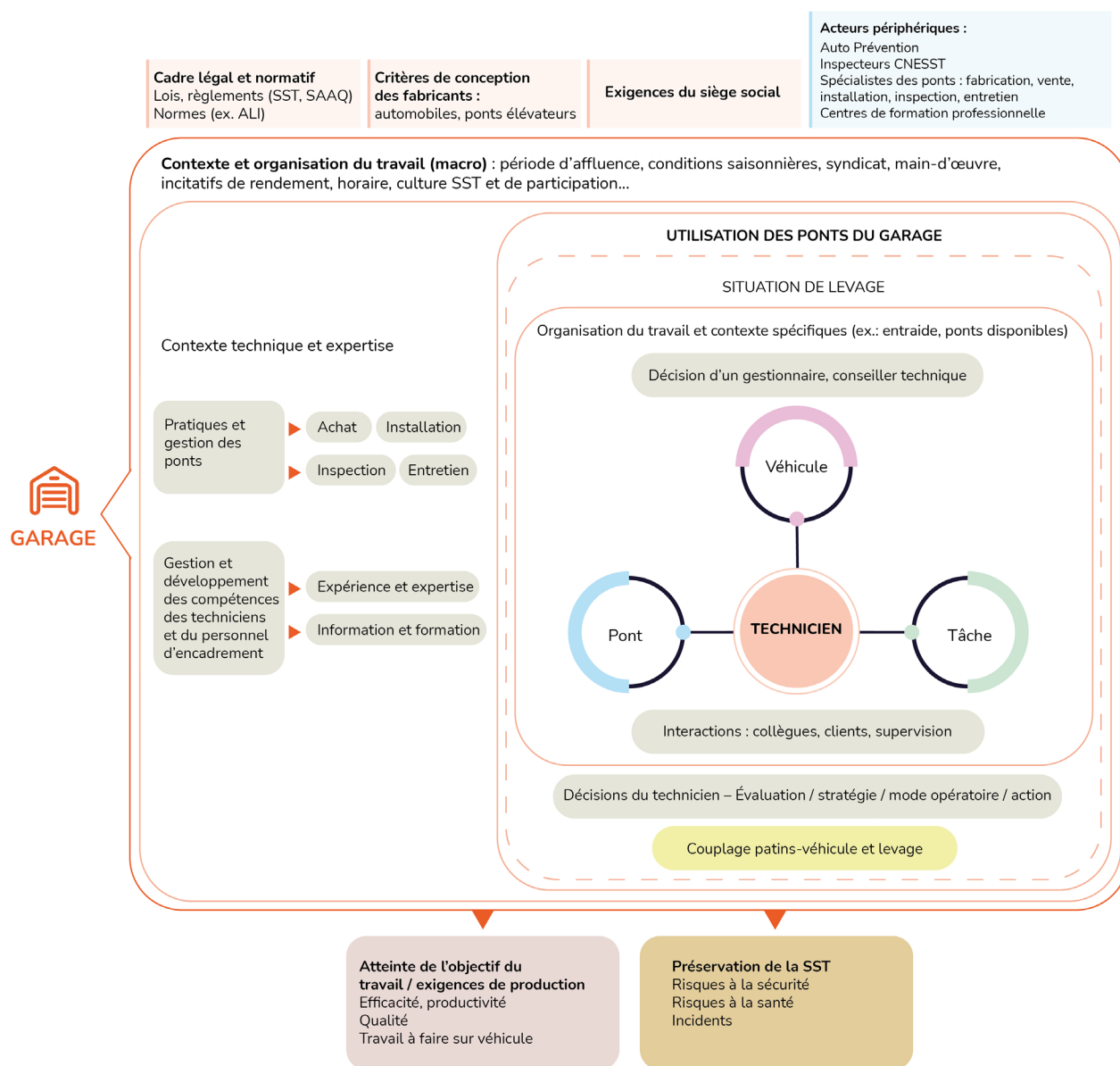
Le volet de l'étude visant la compréhension des situations de levage dans les garages a pour base la phase préparatoire et le bloc B, comme décrit à la figure 3 de la section portant sur la méthodologie générale du projet. Le cadre de référence pour la collecte de données dans les garages et auprès des acteurs du secteur automobile s'appuie sur le modèle de production sociale de la SST de Baril-Gingras, Bellemare et Brun (2007) adapté pour cette étude. L'activité réelle de travail lors de l'utilisation des PEV HT2C, mais aussi le contexte organisationnel et les liens avec des acteurs externes (p. ex. : fournisseurs, siège social) ont notamment été documentés. Une méthodologie mixte a été utilisée lors de la phase de collecte de données sur le terrain basée sur des outils classiques à la démarche ergonomique (St-Vincent *et al.*, 2011).

Une représentation préliminaire du système dans lequel évoluent les techniciens a été élaborée en début de projet (figure 2) et a été consolidée et enrichie grâce aux résultats obtenus par la collecte de données sur le terrain. La figure 15 situe l'activité de levage réalisée par le technicien dans une situation-x constituée en premier lieu par le PEV, le véhicule et les tâches à accomplir. L'activité du technicien est aussi influencée par des décisions prises en amont par exemple dans l'attribution du travail et aussi par le contexte spécifique du moment (p. ex. : hiver, manque de personnel, période de changement de pneus). La situation vécue dépend également du contexte plus général propre au garage (p. ex. : choix et entretien des ponts, formation et expertise du personnel, gestion de la

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

production et de la SST). Le contexte légal ou normatif, les choix de conception, les exigences du siège social et le soutien d'acteurs concernés par l'utilisation, l'entretien ou l'achat des ponts influencent à leur tour la façon d'aborder la sécurité des ponts élévateurs dans les garages. Dans ce large contexte et face à la situation de travail, le technicien peut interagir avec des collègues, des clients, du personnel d'encadrement et devra décider, en ayant en tête plusieurs objectifs (p. ex. : production, qualité, sécurité, santé), comment il effectuera le levage. Son expérience et ses connaissances favoriseront l'atteinte de ces objectifs compte tenu du contexte ou l'amèneront à décider de ne pas procéder au levage.

**Figure 15. L'activité de levage située dans son contexte général.**



**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

La collecte de données s'appuie sur l'expertise développée par trois grands groupes d'acteurs : 1) des acteurs clés du secteur automobile ayant des activités en lien avec l'utilisation des ponts élévateurs ; 2) le personnel de cinq garages assurant des fonctions de direction ou d'encadrement pour l'utilisation des ponts HT2C ; 3) les techniciens de ces mêmes garages utilisant les ponts.

### 5.2.2 Entretien avec des acteurs clés du secteur automobile

Afin d'établir un portrait général sur l'utilisation des ponts élévateurs HT2C dans le secteur automobile (Introduction [Mise en contexte — Pont élévateur de véhicules et SST] et chapitre 1), sept entretiens ont été réalisés auprès d'acteurs du milieu : installateur de ponts, fabricant de ponts, formateurs en centre de formation professionnelle (n=2), représentant des travailleurs, inspecteur du travail, conseiller Auto Prévention. Les thématiques présentées au tableau 11 ont été explorées. Le contenu des entretiens a été adapté selon l'acteur rencontré notamment en approfondissant les questions plus près de son expertise. Ces entretiens avaient une durée d'une heure à une heure trente. Elles ont été enregistrées et leur contenu retranscrit.

**Tableau 11. Thèmes abordés lors des entretiens avec les acteurs clés du secteur automobile et des garages et avec les techniciens**

Thème	Acteur clés du secteur	Acteur clés des garages	Technicien
Parcours professionnels, fonctions	x	x	x
Marché des ponts élévateurs (p. ex. : modèles courants, leurs avantages, normes de construction)	x		
Achat des ponts (p. ex. : formulation des besoins, place de la SST, personnes impliquées, démarche)	x	x	x
Implantation des ponts dans les garages (plan d'implantation physique et organisationnelle)	x	x	
Historique du garage et organisation de la SST en général		x	
Organisation du travail générale dans le garage		x	
Formation et information sur l'utilisation des ponts (p. ex. : qui donne les formations, quand, contenu, modalités d'enseignement)	x	x	x
Répartition du travail selon les techniciens, selon les ponts		x	x
Utilisation des ponts dans les garages (mode d'utilisation, défis/difficultés d'utilisation)	x	x	x
Risques de chutes/incidents de véhicule en bas d'un pont (p. ex. : récit d'incident, facteurs contributifs, moyen d'évaluation de la stabilité)	x	x	x
Réduction des risques liés à la chute d'un véhicule (p. ex. : moyens techniques et organisationnels pour réduire les risques, ressources disponibles)	x	x	x
Inspection et entretien des ponts HT2C (p. ex. : fréquence, principaux problèmes de maintenance, moyens fournis pour inspecter, compétences requises, effectué par qui)	x	x	x

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

## 5.2.3 Collecte dans cinq garages

### 5.2.3.1 Plan de collecte de données

Les entretiens avec les acteurs clés du secteur ont permis d'établir les critères pour sélectionner les garages participants. La taille des garages (nombre de portes), le fait d'être un concessionnaire ou un garage de mécanique générale, la présence ou non d'un syndicat figuraient parmi les variables susceptibles d'influencer, par exemple, l'organisation générale du travail, le nombre ou l'état des ponts, le rôle des techniciens, le type de véhicule et de réparation à effectuer. Un échantillon de cinq garages a été visé afin d'avoir une diversité de contexte et de situations tout en étant réaliste du point de vue du temps de collecte de données et d'analyse. Le recrutement des garages et des participants a été réalisé en respect des exigences de l'éthique de la recherche.

Le plan de collecte de données a été construit de façon à obtenir une diversité de contextes organisationnels et saisonniers (p. ex. : différents garages, période de changement de pneu<sup>8</sup> ou non, conditions hivernales ou non), une diversité technique (p. ex. : types de ponts, aménagements) et d'expertises (p. ex. : plusieurs techniciens et personnel des garages). On distingue quatre méthodes de collecte utilisées :

1. Des entretiens avec des acteurs clés du garage (p. ex. contrôleur d'atelier).
2. Des entretiens préliminaires avec les techniciens participants.
3. Des observations (vidéos) du levage de véhicule effectué par les techniciens participants.
4. Des entretiens d'approfondissement avec les techniciens participants.

Le tableau 12 détaille le nombre de participants pour chaque étape et le nombre de jours d'observation par technicien. Tant les observations que les entretiens ont été réalisés par deux ergonomes, mais lorsque le contexte s'y prêtait (p. ex. nombre de techniciens à filmer), la collecte a parfois été réalisée par trois ergonomes ou par un seul.

---

<sup>8</sup> Depuis 2019, les automobiles circulant au Québec doivent obligatoirement être chaussées de pneus d'hiver du 1<sup>er</sup> décembre au 15 mars inclusivement. Dans les garages, les périodes de changement de pneus s'étendent généralement d'octobre à début décembre et de fin mars à la fin mai. Ces périodes sont considérées comme intensives (particulièrement celle d'automne) et exigent de nombreuses montées et descentes de véhicules.

**Tableau 12. Méthodes et étendue de la collecte de données dans les cinq garages**

Garage	Entretien préliminaire (nombre de participants, n=19)		Observation <sup>1</sup> (nombre jours/technicien <sup>2</sup> )		Entretien d'approfondissement techniciens (n=8 <sup>5</sup> )
	Acteurs clés du garage (n=7)	Techniciens (n=12)	Période pneus	Hors période pneus	
1	3	3	2	2	3
2	1	3	2	-	3
3	1	2	-	2	-
4	1	2	-	2 <sup>3</sup>	2
5	1	2	-	2 <sup>4</sup>	-

1. La planification initiale prévoyait deux jours de collecte en période de changement de pneus et deux jours hors de cette période, dans chaque garage. Au printemps 2020, vu l'impossibilité de poursuivre la collecte sur le terrain en raison de la COVID-19, l'équipe de recherche a conclu que les 108 situations de levage variées déjà filmées permettraient d'atteindre les objectifs de la recherche et il a été décidé de clore la phase d'observation.
2. 13 techniciens observés : ceux rencontrés en entretiens préliminaires + 1 technicien dans le garage 5.
3. Un technicien était présent une seule journée.
4. Les techniciens de ce garage utilisent un seul et même pont HT2C ; les techniciens des autres garages ont chacun leur pont.
5. Quatre techniciens ont changé d'emploi entre la phase d'observations et les entretiens d'approfondissement.

### 5.2.3.1 Entretiens avec les acteurs clés des garages et les techniciens

Au total, sept entretiens semi-dirigés individuels d'une durée d'une à deux heures ont été réalisés avec des acteurs clés dans les garages soit : directeur de service, gérant, propriétaire, contrôleur d'atelier, représentant des travailleurs. Ces personnes ont été identifiées en fonction de la taille et de l'organisation du garage. Ces entretiens ont été enregistrés et retranscrits. Les thèmes couverts sont présentés au tableau 11.

Des entretiens semi-dirigés individuels, d'une durée d'une heure à une heure trente, ont aussi été réalisés avec deux ou trois techniciens par garage, pour un total de douze techniciens. Ces entretiens abordaient plusieurs thèmes déjà couverts avec les acteurs clés des garages (tableau 11), mais accordaient plus de temps pour explorer les situations d'utilisation des ponts élévateurs, le vécu et la perception quant aux risques de chutes de véhicules et les déterminants techniques et organisationnels pouvant moduler ces risques ou rendre le levage plus ou moins facile.

### 5.2.3.2 Observations, vidéos et mesures pour chaque situation de levage

Des journées d'observations systématiques ont ensuite été réalisées du début du quart de travail jusqu'à la fin. Toutes les situations de levage impliquant les techniciens participants ont été filmées à l'aide d'une caméra à la main et d'une caméra 360° placée entre les colonnes du pont, sous le véhicule. Au total, douze jours d'observation sur le terrain ont été réalisés représentant *12 jours X technicien* en période de pneus et *15 jours X technicien* hors période de pneus (les trois techniciens du garage-5 sont comptés comme un seul, car ils travaillaient sur un seul et même pont). Des conditions hivernales (neige) ont été observées

dans trois garages. En tout, 108 situations de levage ont été retenues pour les analyses. Pour chaque véhicule levé, le modèle, l'année de fabrication, le travail à faire sur le véhicule et quelques mesures étaient notés (tableau 13).

**Tableau 13. Méthodes de collecte pour documenter chaque situation de levage dans les garages**

Type d'outil de collecte utilisé	Matériel recueilli pour documenter les situations de levage
Observations ouvertes	Déroulement général du levage : difficultés, spécificités Outils ou aides utilisés pour le levage Travail de mécanique réalisé sur le véhicule
Photos ou notes	Marque, modèle, année de fabrication du véhicule (informations sur bon de travail ou numéro d'identification du véhicule) Description de la tâche à faire sur le véhicule (bon de travail ou explication du technicien) Pont utilisé
Mesures	Dégagement vertical entre le sol et le dessous du véhicule près des roues avant et arrière (espace pour glisser les patins et pour voir sous le véhicule), distance horizontale entre le centre du point de contact des patins sur le véhicule et le rebord extérieur du véhicule (éloignement du patin sous le véhicule), distance horizontale entre la portière du véhicule et la colonne du pont (à droite et à gauche ; pour évaluer le centrage du véhicule)
Vidéos	Enregistrement continu (de l'entrée du véhicule dans le garage jusqu'à la fin du levage) par caméra 360° placée au sol entre les colonnes du pont afin de voir sous le véhicule. Enregistrement continu (de l'entrée du véhicule dans le garage jusqu'à la fin du levage) par caméra « régulière » tenue en main, pour suivre l'activité des techniciens. Image de la position des patins sur le véhicule. Extraits de l'activité de travail faite sur le véhicule (p. ex. : réparation, inspection).

Pour fins d'illustration, la localisation du CdG d'un véhicule long et lourd a été déterminée en utilisant une balance à roues et en faisant quelques mesures pour connaître l'empattement et la position des patins.

### 5.2.3.3 Caractéristiques des ponts utilisés

Au moment où les ergonomes conduisaient des entretiens d'approfondissement, les ingénieurs du projet ont profité de la libération des ponts pour tester leur grille d'inspection, mais aussi pour prendre des mesures de certaines dimensions du pont identifiées comme déterminants de l'activité de levage notamment la longueur des sections des bras et l'écartement des colonnes (tableau 16 et tableau 56).

### 5.2.3.4 Entretiens d'approfondissement avec les techniciens

De nombreux visionnements des vidéos ont été réalisés pour des fins d'analyse systématique (section 5.2.4.2) et pour identifier les déterminants des situations de levage et les modes opératoires. Les entretiens d'approfondissement visaient à pousser plus loin cette compréhension et vérifier les conclusions tirées des analyses. Ces entretiens se basaient sur du matériel visuel (c.-à-d. vidéos et photos) spécifiquement sélectionné pour chacun des huit techniciens participants. L'entretien individuel, d'une durée d'une heure à une heure et demie, était audio-enregistré et une caméra vidéo filmait l'écran de l'ordinateur servant au

visionnement des vidéos afin de faire le lien entre les commentaires du technicien et sa propre activité qu'il visionnait. Le contenu des entretiens a été retranscrit. L'entretien d'approfondissement comptait quatre étapes :

1. Visionnement (vidéos des caméras 360° et régulières) de quelques situations de levage présélectionnées et explicitation (voir détails ci-après). Lorsque le temps le permettait, quatre situations de levage étaient montrées et discutées : trois présentant certaines difficultés et une plus aisée.
2. Présentation, interprétation-discussion du schéma ALI (2019) d'une camionnette (véhicule souvent identifié comme posant problème).
3. Classement de tous les véhicules levés par le technicien selon la difficulté pour procéder au levage et/ou les risques à la stabilité. Le technicien avait en main les photos des véhicules levés (une feuille par véhicule, montrant une vue extérieure et du dessous du véhicule avec l'emplacement des patins). Le technicien était libre de choisir le nombre de piles pour le classement et était invité à commenter ses choix.
4. Améliorations souhaitées pour la sécurité et pour faciliter l'utilisation des ponts.

Au début de la rencontre, le technicien était invité à commenter les situations de levage montrées (étape-1), notamment en ce qui concerne les thèmes indiqués sur une feuille qui lui était remise (tableau 14). L'ergonome laissait d'abord le technicien s'exprimer librement et posait ensuite des questions spécifiques sur ces thèmes afin de préciser les facteurs guidant le choix des modes opératoires, les repères, les critères et les aides à la décision (p. ex. : informations recherchées visuellement ou tactilement, indices pour juger de la stabilité, différence en contexte hivernal).



**Tableau 14. Thèmes abordés en entretien d’approfondissement**

<p><b>Positionnement du véhicule</b>                  Positionnement avant-arrière par rapport aux colonnes                  Centrage du véhicule au milieu du pont                  Aide au positionnement (collègue) ; cale<sup>9</sup> au sol pour le pneu AV-GA                  Précision requise pour certains véhicules</p>
<p><b>Points de levage et positionnement des patins</b>                  Repérage des points de levage sous les véhicules                  Évaluation de l'état des points de levage                  Compatibilité entre les points de levage et les patins                  Obstacle près des points de levage ; précision du positionnement des patins                  Comment choisir d'autres points en cas de problèmes ou de rouille</p>
<p><b>Rallonges des patins</b>                  Choix de la hauteur des rallonges : versatilité versus spécificité pour certains véhicules</p>
<p><b>Camionnettes et véhicules atypiques</b>                  Poids du véhicule vs capacité du pont                  Centre de gravité / stabilité avant-arrière                  Utilisation des chandelles</p>
<p><b>Tests de stabilité</b>                  Quand et pourquoi tester                  Emplacement et sens de la force</p>
<p><b>Descente du pont sur les loquets</b>                  Incidents                  Avantages et inconvénients de descendre sur les loquets</p>

## 5.2.4 Analyses

Les méthodologies d’analyses sont présentées ici de façon linéaire, cependant des allers-retours entre les analyses de chaque source de données ont été réalisés pour compléter les informations et approfondir certains sujets / thématiques et réaliser les synthèses. Des mécanismes ont été mis en place pour assurer la triangulation des données : 1) utilisation de différentes méthodes (c.-à-d. observations, entretiens, entretien d’approfondissement, mesures) ; 2) collecte auprès de différentes sources (c.-à-d. acteurs différents, lieux et durées) ; 3) implication de différents observateurs dans la collecte de données (c.-à-d. plusieurs ergonomes et ingénieurs) pour documenter une même situation et pour atteindre une saturation des informations recueillies (Laperrière, 1997 ; Stake, 1994).

### 5.2.4.1 Analyse des entretiens

La classification des informations recueillies par entretiens (c.-à-d. acteurs clés du secteur automobile, acteurs clés des garages, entretiens préliminaires avec les techniciens) a été réalisée par thèmes en utilisant le logiciel NVivo® (QSR International, 2018). Concernant les entretiens d’approfondissement, un ergonome a relu et visionné de nouveau chaque

---

<sup>9</sup> Cale au sol : plaque métallique fixée au sol servant de repère pour guider le positionnement du véhicule pour certains ponts. Le pneu AV-GA est soit placé sur la plaque, derrière ou devant celle-ci.

entretien et a classé l'information recueillie par thèmes. Le logiciel NVivo® a aussi été utilisé afin d'extraire systématiquement, par mots-clés, des informations sur des sujets précis (p. ex. : rouille, inspection).

#### **5.2.4.2 Analyse des situations de levage**

Les résultats des tests du bloc A, les analyses des entretiens et les observations en temps réel ont permis d'identifier des variables d'intérêt à considérer dans l'analyse systématique de vidéos du levage des véhicules. Certaines variables ont été ajoutées afin de pouvoir discuter des modes opératoires adoptés par les techniciens par rapport à ce qui est enseigné dans les formations.

L'activité de levage débute à partir du moment où le véhicule entre dans le garage et est amené au pont pour y être stationné, jusqu'au moment où le technicien finalise le levage du véhicule pour ensuite se consacrer au travail sur celui-ci (chapitre 3). Le développement de la grille d'analyse est le fruit de plusieurs itérations afin de peaufiner les critères des observables et d'éliminer les variables trop difficiles à observer (p. ex. : manque de résolution des vidéos, critère trop peu précis ou non observable dans toutes les situations). Une trentaine de situations ont été analysées pour stabiliser la grille et finaliser l'élaboration d'un guide d'analyse définissant les variables (tableau 15) et les critères objectivables. Les 108 situations de levage ont ensuite été systématiquement analysées en visionnant les vidéos issues des deux caméras. Des images représentatives des différentes étapes du travail et justifiant les codes attribués ont été extraites à l'aide du logiciel GOM Player® (GOM & Company, 2003). Les codes étaient notés dans une grille papier et des commentaires étaient ajoutés lorsque pertinents, pour chaque étape du levage du véhicule (1-positionnement du véhicule, 2-positionnement des patins, 3-levage du véhicule). Les codes ont ensuite été saisis dans une base de données Excel® (Microsoft Corporation, 2016) où chaque ligne correspond à une situation de levage et chaque colonne à une variable analysée. L'entrée des codes a été vérifiée systématiquement.

Un total de 72 variables d'observation a été documenté pour chacune des 108 situations de levage de véhicules observées. Un test de reproductibilité interjuges a été réalisé pour dix situations de levage. Pour chaque étape de l'activité de levage (p. ex. : positionnement du véhicule, positionnement des patins, levage), la concordance globale des codages est de 94 % ou plus.

**Tableau 15. Variables d'observation analysées systématiquement pour chaque étape de l'activité de levage**

<p><b>Positionnement du véhicule au pont</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vision pour se stationner au pont (p. ex. tête hors de la fenêtre)</li> <li>- Aide d'un collègue pour positionner le véhicule</li> <li>- Repositionnement du véhicule après avoir essayé de mettre les patins</li> <li>- Position finale du véhicule (AV-AR) par rapport à la cale au sol (pour certains ponts)</li> <li>- Manutention du contenu du coffre ou de l'habitacle (déchargement)</li> <li>- Commentaires, description générale, stratégie, incident, intérêt pour entretiens d'approfondissement</li> </ul>
<p><b>Positionnement des patins</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- État des surfaces de levage (p. ex. glace)*</li> <li>- Préparation de la surface de levage (p. ex. enlever glace)*</li> <li>- Repositionnement d'un patin avant de faire un essai de levage (p. ex. place le patin-A, puis place le B et revient ajuster le patin-A)</li> <li>- Repositionnement d'un patin après avoir fait un essai de levage (p. ex. lève partiellement le véhicule et le redescend pour ajuster la position d'un patin)</li> <li>- Utilisation d'un coussin pour le genou</li> <li>- Posture corporelle pour placer le patin (p. ex. tête près du sol)*</li> <li>- Sens utilisés pour évaluer le point de levage et s'assurer de la bonne position du patin (p. ex. : vision, toucher, les deux)*</li> <li>- Membres inférieurs ou supérieurs utilisés pour la manipulation du bras et patin (p. ex. : pied, main-doigts, les deux)*</li> <li>- Changement du type de patins*</li> <li>- Changement de rallonge de patin*</li> <li>- Hauteur de la rallonge de patin*</li> <li>- Vissage/dévisage du patin (utilise ou non la vis)*</li> <li>- Ajout d'un bloc de bois ou d'une rondelle sur le patin*</li> <li>- Patin passe difficilement sous véhicule (le patin accroche sous le véhicule)* <ul style="list-style-type: none"> <li>o Soulèvement du véhicule pour placer le patin*</li> </ul> </li> <li>- Durée d'installation des patins</li> <li>- Position finale des patins par rapport aux points de levage du guide ALI*</li> <li>- Bras du pont trop long pour rejoindre les points de levage du guide ALI*</li> <li>- Commentaires, description générale, stratégie, incident, intérêt pour entretiens d'approfondissement</li> </ul>
<p><b>Levage final du véhicule</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Activité parallèle durant le levage final du véhicule</li> <li>- Test de stabilité <ul style="list-style-type: none"> <li>o Point d'application de la force (AV-AR)</li> <li>o Point d'application de la force (GA-DR)</li> <li>o Axe d'application de la force (vertical, composé, horizontal)</li> </ul> </li> <li>- Descente du pont sur les loquets</li> <li>- Ajout de chandelles</li> <li>- Commentaires, description générale, stratégie, incident, intérêt pour entretiens d'approfondissement</li> </ul>

\* Variable devant être évaluée pour chacun des quatre patins.

Pour chaque situation de levage, le code du garage et du technicien effectuant le levage était inscrit dans la base de données. Les informations complémentaires qui ont été ajoutées sont : le pont utilisé, la catégorie de véhicule et les caractéristiques du véhicule (c.-à-d. empattement, largeur sans le rétroviseur, présence d'un marchepied, code du guide ALI sur le type de châssis, emplacement des points de levage théorique du guide ALI (2019)) et les mesures prises sur le terrain (p. ex. distance entre colonne de gauche et côté gauche du véhicule, idem pour côté droit). De nombreuses analyses par tableaux croisés ont été réalisées afin de faire ressortir des portraits plus globaux, notamment selon le garage, les techniciens, les types de ponts utilisés et les catégories de véhicules. La base de données a été utilisée pour trier les situations de levage et retourner visionner les vidéos de certains

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

regroupements afin d'identifier les points communs (p. ex. les véhicules qui ont dû être repositionnés après avoir essayé de mettre les patins) et préparer les entretiens d'approfondissement.

### **5.3 Description sommaire des garages participants et diversité des situations de levage observées**

#### **5.3.1 Garages**

Afin de respecter l'engagement à la confidentialité, la description des garages est sommaire et ne permet pas l'identification des participants par cumul de caractéristiques.

##### **5.3.1.1 Description sommaire des caractéristiques de l'organisation**

Des cinq garages participants, on compte un concessionnaire et quatre garages de réparation générale qui traitent une diversité de modèles de véhicules. Les cinq garages sont associés à quatre « enseignes » différentes. Le nombre de PEV HT2C reflète la grosseur des garages : le plus petit garage compte 1 PEV HT2C et quelques ponts à vérins hydrauliques, deux garages possèdent de cinq à dix PEV HT2C, un garage en compte de 10 à 15 et le plus gros garage compte plus de 20 PEV HT2C. Un seul garage est syndiqué.

Une journée de travail s'organise à partir de rendez-vous planifiés, mais aussi d'urgences qui s'ajoutent (p. ex. remorqueuses qui arrivent). Les clients vont normalement parler à un conseiller technique qui va émettre un bon de travail. L'attribution du travail se fait en tenant compte des compétences acquises par les techniciens, par exemple : travaux de base (huile, pneus), mécanique générale (freins, silencieux, suspension), mécanique spécialisée (moteur, transmission), travaux électroniques et électriques. L'espace disponible dans la baie pour la grosseur du véhicule (p. ex. des camionnettes longues ne rentrent pas partout), la capacité du pont, le positionnement du pont dans le garage (p. ex. pont fait face à un mur et il est impossible d'entrer ou sortir un véhicule si le pont situé en arrière est déjà occupé) et la durée des travaux sont aussi des facteurs considérés pour répartir le travail. L'attribution du travail peut être faite de façon automatisée à l'aide d'un système dans lequel les spécialités des techniciens et les priorités attribuées par le contrôleur d'atelier sont entrées. Néanmoins, le conseiller technique ou le gestionnaire répartissait le travail dans quatre des garages.

La durée des travaux est établie selon des standards. La présence du client sur place est toutefois synonyme de priorité et de travail sans perte de temps. La rémunération des techniciens se fait sur une base horaire. Dans un des garages s'ajoutait aussi un pourcentage selon le rendement individuel. Dans un autre garage, une prime de fin d'année était donnée à tous selon le bilan obtenu.

Dans trois garages, chaque technicien travaillait à « son » pont. Dans certains cas, lorsque le pont d'un collègue était libre, le technicien pouvait l'utiliser s'il convenait mieux pour faire le travail ou encore pour laisser un véhicule levé en attendant l'acceptation des travaux par le client ou les pièces commandées. Dans un garage, les techniciens travaillaient minimalement avec deux ponts et ce nombre pouvait augmenter si le technicien était appelé à travailler seul au garage. Finalement, dans le garage ne possédant qu'un PEV HT2C, tous les techniciens pouvaient être appelés à utiliser ce pont.

Dans les garages de l'étude, les personnes rencontrées ont mentionné que le personnel à l'emploi était stable (roulement de personnel limité<sup>10</sup>), mais que le nombre de techniciens présents variait selon la période de l'année. Lors de la saison des pneus, des hommes de service peuvent s'ajouter et tout le personnel permanent sera présent.

### 5.3.1.2 Ponts

Pour fins d'analyse des situations de travail, les différents PEV HT2C utilisés par les techniciens ont été regroupés en cinq catégories (Po1 à Po5) en se basant sur la similarité de leurs caractéristiques d'utilisation : nombre de sections de bras, type de patins et d'ajustement en hauteur et orientation des colonnes. La capacité des ponts varie de 4 082 à 4 990 kg (9 000 à 11 000 lb). Le tableau 16 décrit les caractéristiques des regroupements de ponts effectués ainsi que des patins utilisés lors des observations :

- Les types Po1 et Po2 font référence à des ponts munis de patins repliables en métal fixés au bras. La différence majeure entre ces deux catégories se situe dans le fait que les patins avant (AV) pour Po2 peuvent être placés à plat sur la section précédente du bras comme illustré sur les photos. Cette différence a un impact sur les zones d'atteinte potentielles du patin (figure 97 à l'annexe B.I). Des interrelations existent entre les différents paramètres d'ajustement de ces ponts (tableau 55 à l'annexe B.II). Par exemple, la modification de l'ajustement en hauteur du patin amène à modifier l'orientation du patin et peut exiger de revoir la longueur et la rotation du bras.
- Les ponts Po3 et Po5 ont trois sections de bras en avant avec une longueur minimale de bras plus courte comparativement aux autres ponts. Aussi, contrairement aux catégories Po1 à Po3, les catégories Po4 et Po5 font référence à des ponts avec des colonnes placées droites plutôt qu'en angle (p. ex. l'angle permettrait une plus grande ouverture des portes du véhicule).
- Les patins pour Po3, Po4 et Po5 ont un coussinet en caoutchouc comme surface de contact, toutefois la dureté des coussinets n'est pas identique. Aussi, les patins sont simplement insérés dans l'alésage du bras et peuvent être ajustés en hauteur par des


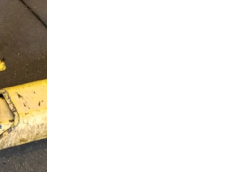




---

<sup>10</sup> Cependant, durant la collecte sur le terrain, qui s'est déroulée durant la période de Covid-19, quatre techniciens participants ont changé d'emploi.

rallonges. La hauteur des patins de Po3 et Po5 est également ajustable de manière plus fine avec une vis.

- Le patin rond de Po3 est le seul patin de l'échantillon à ne pas avoir de rebords ou de butées. Le patin de Po5, les patins rectangulaires de Po3 et la rallonge-adaptateur de Po1 (pour camionnettes) ont des butées marquées, un profil en forme de U et sont adaptés à l'installation sur longerons. Le patin Po5 convient également à des points de levage situés au pourtour du véhicule.

**Tableau 16. Regroupement et caractéristiques des ponts et patins utilisés par les techniciens participants à l'étude**

Type de pont	Po1		Po2	Po3		Po4	Po5	
Capacité (kg)	4 082 (3x)	[4 536 1x]	4 536	4 536		4 990	4 536	
Capacité (lb)	9 000 (3x)	[10 000 1x]	10 000	10 000		11 000	10 000	
N section bras AV	2		2	3		2	3	
N section bras AR	2		2	2		2	3	
Position colonnes	En angle		En angle	En angle		Droite	Droite	
Barrures des bras	Demi-engrenage		Demi-engrenage	Demi-engrenage		Demi-engrenage	Demi-engrenage	
Distance colonnes (moy.) (mm)	2 720	[2 715]	2 727	2 735		2920	2 910	
L. min bras AV (mm)	625	[655]	640	570		800	515	
L. max bras AV (mm)	940	[945]	940	1 120		1 250	1 090	
L. min bras AR (mm)	1 090	[1 105]	1 050	890		1 080	960	
L. max bras AR (mm)	1 445	[1 455]	1 455	1 485		1 580	1 540	
Patins	Description	En métal - repliable		En métal - repliable	Coussinet rond	Rectangulaire	Carré avec coussinet	Carré avec coussinet
	Surface de contact	Métal			Caoutchouc	Caoutchouc	Caoutchouc	Caoutchouc
	Rebord/Butées	Butées (4 coins à plat, 2 côtés pour les <i>flips</i> )			Non	Butées	Rebords	Butées
	Fixation	Fixé			Interchangeable		Interchangeable	Interchangeable
	Ajustement hauteur	2 <i>flips</i> , 3 hauteurs + rallonge-adaptateur (camionnettes)			Vis + Rallonges	Vis (certains modèles) + Rallonges	Rallonges (4-5)	Vis + Rallonges
	Dimensions	110x240 mm			127 mm Ø	140x90 mm 180x90 mm	140x140 mm	100x100 mm (approx.)
	À plat sur le bras	Non		AV : Oui ; AR : Non	N/A	N/A	N/A	N/A
Photos								

N/A : Non applicable

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

### 5.3.2 Situations de levage

Au cours des observations dans les garages, 108 situations de levage filmées ont pu être analysées. Le tableau 17 indique la répartition des situations selon le garage, le technicien, le type de pont utilisé et la catégorie de véhicule levé (c.-à-d. compact, berline, VUS, camionnette et fourgonnette ; section 1.4).

**Tableau 17. Répartition des 108 situations de levage par garage, technicien-pont et catégorie de véhicules**

Garage Technicien – Type de pont	Catégorie de véhicule						Total
	Compact	Berline	VUS	Camionnette	Fourgonnette	n.d.	
<b>G1</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>5</b>			<b>39</b>
Tech1 – Po3	2	2	1	2			7
Tech2 – Po1, Po3*	4	6	4	1			15
Tech3 – Po1	4	4	7	2			17
<b>G2</b>	<b>18</b>		<b>9</b>	<b>1</b>	<b>2</b>		<b>30</b>
Tech4 – Po2	10		2	1			13
Tech5 – Po5	6		2				8
Tech6 – Po5	2		5		2		9
<b>G3</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>6</b>			<b>1</b>	<b>16</b>
Tech7 – Po4	1	4	2				7
Tech8 – Po4	2	2	4			1	8
<b>G4</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>6</b>				<b>14</b>
Tech10 – Po1			2				2
Tech9 – Po1	3	5	4				12
<b>G5</b>	<b>3</b>		<b>5</b>		<b>1</b>		<b>9</b>
Tech11, 12 ou 13† – Po4	3		5		1		9
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>23</b>	<b>38</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>108</b>

n.d. Non déterminé

\* utilise une seule fois Po3 lors du levage d'une camionnette

† entraide entre les trois techniciens pour le levage, plusieurs combinaisons possibles.

#### 5.3.2.1 Techniciens participants

La plupart des techniciens de l'étude ont obtenu leur carte de compétence en faisant un diplôme d'études professionnelles ; mais deux techniciens ayant plus de 20 années d'expérience et un technicien formé en Europe n'ont pas cette formation en milieu scolaire québécois. L'ancienneté des techniciens dans les garages varie de 1 à 33 ans.

Plusieurs techniciens ont expliqué qu'ils n'effectuent plus les levages de véhicules de la même façon qu'à leurs débuts dans le métier. Ce qui leur semble aujourd'hui évident pour assurer leur sécurité a été acquis au fil du temps. De plus, avoir été témoin ou avoir soi-

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles



même vécu la chute ou la quasi-chute d'un véhicule a semblé un point déterminant dans leur prise de conscience de certains facteurs de risque.

### **5.3.2.2 Véhicules levés**

Selon le tableau 17, plus du tiers (35 %) des véhicules levés sont des VUS et presque autant sont des véhicules compacts (34 %). Moins de 10 % sont des camionnettes (6 %) ou des fourgonnettes (3 %) et finalement 21 % sont dans la catégorie des berlines. L'échantillon obtenu se compare au parc de véhicules en circulation au Québec en 2020 (52 % d'automobiles [compacts et berlines] et 48 % de camions légers [VUS, camionnettes et fourgonnettes]) (SAAQ, 2021).

L'empattement et la largeur des véhicules sont très diversifiés tels que le montrent le tableau 53 et la figure 98 à l'annexe B.II (p. ex. : empattement minimum et maximum (2 300 mm et 4 016 mm)). On distingue 62 modèles de véhicules, fabriqués par des compagnies variées (p. ex. : Audi, Cadillac, Chevrolet, Fiat, Ford, GMC, Honda, Jeep, Kia, Mazda, Nissan, Toyota, Volvo, Volkswagen). Toutes les camionnettes et fourgonnettes sont construites sur cadre ainsi que 24 % des VUS. Les autres véhicules sont monocoques. Les véhicules sont construits selon 39 types de châssis identifiés dans le guide ALI (2019). Ils ont été fabriqués entre 1998 et 2020 inclusivement et la médiane se situe à l'année 2015. Vingt-trois modèles de véhicules ont été levés plus d'une fois, dont sept dans plus d'un garage et neuf par plusieurs techniciens d'un même garage.

### **5.3.2.3 Tâches réalisées**

L'objet de la recherche n'était pas d'étudier en détail le travail effectué sur les véhicules. Cependant, le type de tâches effectuées peut parfois affecter la façon de faire le levage du véhicule, sa stabilité, l'exercice de forces sur le véhicule, la position du technicien par rapport au véhicule. Les tâches les plus fréquemment réalisées sur les véhicules observés ont été : changement de pneus, changement d'huile, inspection, changement ou entretien des freins. D'autres tâches concernaient le système de démarrage, la batterie, le filtre à air, les lumières, le clapet de réservoir d'essence, etc. Toutefois, aucune des situations ne comptait un changement de pièces très lourdes, comme un moteur ou une transmission, qui aurait pu affecter significativement la position du CdG.

### **5.3.2.4 Incidents de chute de véhicule vécus, personnellement ou comme témoin, en cours de carrière**

Des techniciens de quatre garages et du personnel encadrant leur travail ont mentionné avoir été témoins d'une chute de véhicule au cours de leur carrière (c.-à-d. dans le garage actuel ou un autre garage). Deux techniciens ont eux-mêmes vécu, en début de carrière, un événement où un patin a glissé, mais dans un cas cela s'est produit avec un pont à vérin hydraulique. Le point en commun des incidents survenus sur des ponts HT2C est que le

véhicule levé était une camionnette ou une fourgonnette dont l'arrière a basculé. Plusieurs mentionnent que le véhicule comptait une charge dans la caisse ou que le véhicule était lourd/long/volumineux (p. ex. roues doubles ou 12 pieds (3,7 m) de long). Des facteurs relatifs au contact entre les patins et le véhicule ont également été mentionnés (individuellement ou combinés) : patins sans butées, patin métallique mis en porte-à-faux, patin mal placé ou placé trop près du bord (courbe), surface du patin rendue glissante par l'antirouille. Trois personnes relatent que des forces ont été exercées sur le véhicule : débloquer une roue avec une barre de force, brasser un peu le véhicule par exemple durant un changement d'huile, descendre le véhicule (pont en phase de descente). L'inexpérience est aussi un facteur souligné par certains. Dans deux garages, des changements auraient été apportés suite à ces incidents, comme l'achat de ponts dédiés aux gros véhicules ou l'exigence de tester la stabilité du véhicule levé.

Ces informations sont cohérentes avec la description des accidents mortels au tableau 1 et la discussion sur l'origine de ces accidents à la suite des tests du bloc A (section 4.5). Cette discussion pointe le fait que, au-delà du système de blocage des bras ciblé dans les rapports d'enquête, le décrochage d'un patin semble dû à une combinaison de facteurs comme le positionnement déficient du patin (en porte-à-faux, au bord), le revêtement du patin plus propice aux glissements et une force d'appui déficiente à un point de levage. Les véhicules lourds/longs/volumineux et les forces exercées sur le véhicule semblent également d'autres facteurs à considérer selon les témoignages recueillis.

Les sections suivantes du rapport abordent les situations de levage pour en comprendre les principaux déterminants. Pour simplifier, les sections abordent le travail par phases, bien que le travail ne peut se résumer à une succession linéaire d'étapes : planification du levage, positionnement du véhicule, positionnement des patins, levage du véhicule, travail sur le véhicule.

## 5.4 La planification du levage

Cette section aborde le fait que les techniciens commencent à anticiper le levage d'un véhicule dès la réception de leur bon de travail et que leur décision de lever ou non le véhicule à leur pont s'appuie sur plusieurs évaluations.

### 5.4.1 Prendre en charge un nouveau véhicule et anticiper le levage

Dès la prise en charge d'un nouveau véhicule, les techniciens anticipent comment ils s'y prendront pour le lever. Pour cela, ils utilisent différentes sources d'informations, comme le bon de travail<sup>11</sup>, l'aspect du véhicule stationné à l'extérieur, le comportement dynamique du véhicule lors d'un test sur route ou simplement lorsqu'ils le rentrent dans le garage (tableau 18). Puisqu'ils font face à une grande diversité de véhicules, l'expérience et la mémoire des spécificités des véhicules prennent une place importante dans cette anticipation :

*[ici] c'est comme une boîte de chocolats, vous savez pas sur quoi vous allez tomber.*

*Ce véhicule-là par rapport à l'autre avant, le véhicule de l'extérieur a l'air très similaire, sauf qu'en dessous, la configuration est complètement différente.*

**Tableau 18. Sources d'information alimentant la planification du levage**

Étape et information disponible ou recherchée
Obtenir un bon de travail et discuter avec le contrôleur ou gérant : <ul style="list-style-type: none"><li>- Client (connu ou non ?)</li><li>- Modèle de véhicule, année</li><li>- Travaux à effectuer</li><li>- Durée anticipée des travaux (client en attente sur place ?)</li><li>- Note de l'aviseur (p. ex. camionnette de 16' de long)</li></ul>
Aller chercher le véhicule dans le stationnement pour le stationner à son pont : <ul style="list-style-type: none"><li>- État du véhicule : rouille apparente, présence glace/neige</li><li>- Particularité du véhicule : coffre de toit, chargement, marchepied</li><li>- Comportement dynamique du véhicule : freinage, virage, réactions de la suspension</li></ul>

Dans le cas des camionnettes lourdes ou chargées, d'autres sources d'informations sont parfois utilisées : vérifier le contenu de la caisse de la camionnette, s'informer du poids du chargement auprès du propriétaire de la camionnette, regarder le poids maximal permis de la camionnette par rapport à la capacité du pont.

### 5.4.2 Décider de ne pas lever un véhicule sur son pont

Des techniciens affirment ne pas lever le véhicule s'ils ne se sentent pas en sécurité. La décision du technicien de lever ou non un véhicule sur son pont repose sur son expérience, son évaluation du risque et le contexte du garage favorable à son choix (p. ex. : disponibilités d'autres ponts et type de gestion) :

*Avec l'expérience, tu sais ce qui se lève et tu sais ce qui ne se lève pas.*

---

<sup>11</sup> Document d'identification du client, du véhicule et précisant notamment le problème ou le travail à faire sur le véhicule.

La corrosion, la masse et la configuration des camionnettes sont les principales raisons amenant les techniciens à ne pas soulever un véhicule à leur pont. Les problèmes se présentent notamment avec les grosses camionnettes (p. ex. à roues doubles), les camionnettes/fourgonnettes chargées (p. ex. de plombier), les véhicules modifiés (p. ex. pelle à neige) :

*Des fois, on a des contracteurs qui arrivaient avec des pickups, puis la boîte il y a plein d'outils, pis tout ça. Ça peut rajouter un petit paquet de livres. Fait que quand on a un camion on sait qu'il est chargé, on va le mettre directement sur la rampe, on les met même pas sur les lifts, on ne prend pas de chance.*

L'aviseur technique ou le gérant peut décider de refuser de faire faire le travail sachant l'état du véhicule ou sa masse/son chargement. La décision du technicien de ne pas lever un véhicule peut être prise rapidement, dès les premiers constats sur les caractéristiques du véhicule, ou s'imposer suite à différentes évaluations allant jusqu'à une tentative de levage.

Parmi toutes les situations observées, une a été jugée limite par le technicien. Il s'agissait d'une camionnette comportant un coffre métallique fixé à la caisse et une sellette d'attelage (*fifth wheel*) située à l'arrière de la caisse. Le technicien hésitait entre faire le travail au sol ou lever le véhicule. Après beaucoup d'évaluation et de tentatives pour équilibrer la camionnette ainsi que des discussions avec le contrôleur, le technicien a levé le véhicule, mis une chandelle et effectué les travaux (section 5.8 sur gros véhicules) :

*Sont quand même adéquats tu sais [nos ponts], ils les lèvent, le poids, il y a pas de problème. C'est juste que souvent ça n'en prend pas gros, la ligne est mince avant que ça soit plus adéquat pour le lever ton camion. Le gars il s'est installé une boîte à outils en stainless dans sa boîte, fait que je sais pas combien de centaines de livres d'outils pis déjà là, tu viens de changer la stabilité du camion sur ton lift.*

Par ailleurs, dans quatre situations observées, les techniciens ont souligné que le véhicule était très rouillé. Dans des cas limites, les véhicules pourraient être amenés sur la rampe pour un changement d'huile (mais impossible pour les changements de pneus), ou levés au cric en essayant de trouver un autre point de levage. Dans le cas de véhicules trop rouillés, le client sera avisé, le véhicule ne devrait plus rouler et devrait être remorqué.

### **5.4.3 En résumé**

Les techniciens ayant de l'expérience sont en mesure d'anticiper comment se fera le levage des véhicules qu'ils connaissent bien. Cependant, plusieurs facteurs peuvent venir moduler la possibilité de faire le levage (p. ex. : chargement du véhicule, rouille), et ils doivent alors évaluer la situation pour décider si oui ou non ils lèveront le véhicule à leur pont et quelles alternatives sont possibles. Dans les exemples relatés par les techniciens, la gestion appuie leur décision, mais des ponts mieux adaptés au levage ne sont pas toujours disponibles.

## 5.5 Le positionnement du véhicule au pont

Les observations et les témoignages des techniciens montrent que ceux-ci font appel à leur expérience antérieure de levage du véhicule avec leur pont pour positionner le véhicule. L'équilibre AV-AR est une préoccupation importante des techniciens, particulièrement pour les gros véhicules (section 5.8). Dans certaines situations impliquant des véhicules de petit et moyen empattement, des compromis doivent être faits entre rejoindre les points de levage prescrits et positionner le véhicule par rapport aux colonnes comme attendu. Le positionnement du véhicule dépend non seulement de la localisation de son CdG par rapport aux colonnes du pont, mais aussi de la localisation des points de levage du véhicule et la plage d'atteinte des bras-patins du pont utilisé. La rouille amène à choisir des points de levage alternatifs et cela peut nécessiter de repositionner le véhicule. Ainsi, positionner le véhicule peut être fait en une seule fois bien assurée, mais aussi en plusieurs tentatives après avoir essayé de positionner les patins, ou en étant assisté d'un collègue qui place grossièrement les patins et guide le technicien au volant du véhicule. La position par rapport aux colonnes affecte également la possibilité d'ouvrir la portière pour sortir et rentrer au besoin. Bref, le positionnement du véhicule est une étape cruciale, mobilisant le savoir-faire et nécessite de l'observation, de l'analyse et des prises de décision menant parfois à des compromis.

Cette section apporte plus de précisions sur le sujet et décortique les particularités du positionnement de certains véhicules en tenant compte de la spécificité des ponts.

### 5.5.1 S'enligner à son pont

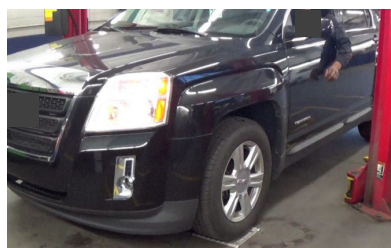
Le véhicule stationné à l'extérieur est entré dans le garage par le technicien, sauf exception. L'entrée dans le garage et l'enlignement au pont se font avec plus ou moins de facilité selon le positionnement du pont, par exemple : la proximité d'un mur, la largeur de l'allée de circulation, l'enlignement du pont avec la porte d'entrée (p. ex. : en ligne droite, à angle de 90° ou plus), la proximité d'une allée piétonne, l'accès conditionnel à la libération du pont situé juste derrière. Les véhicules de plus grand empattement nécessitent généralement plus de manœuvres pour s'enligner sur le pont, il peut parfois être nécessaire de rentrer le véhicule en reculant.

Pour s'enligner à leur pont, les techniciens regardent par la fenêtre ouverte ou gardent la tête dans l'habitacle et, dans quelques cas, ils ouvrent la portière pour mieux voir (figure 16).

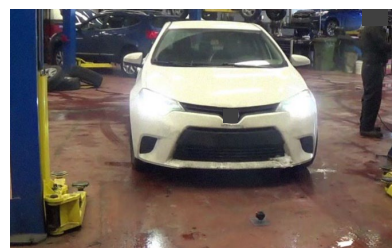
**Figure 16. Entrer dans le garage et s'enligner à son pont.**



Technicien ouvre la porte et sort la tête pour regarder au sol (pont avec cale ; véhicule compact).



Technicien sort la tête du véhicule pour regarder au sol (pont avec cale ; VUS).



Technicien a la tête dans l'habitacle. (pont sans cale ; véhicule compact).

### 5.5.2 Positionner le véhicule dans l'axe AV-AR par rapport aux colonnes

Six des 13 techniciens participant à l'étude utilisaient un pont pourvu d'une cale au sol. Au total, 66 levages sur 108 ont été réalisés avec ce type de pont.

La cale au sol est très utilisée par les techniciens pour les aider à « s'enligner ». Deux techniciens estiment qu'elle est bonne pour environ 70 % à 90 % des véhicules. Mais utiliser la cale ne garantit pas que le positionnement permettra d'atteindre les points de levage ou de répartir le poids du véhicule avec satisfaction. Des repères visuels sont aussi utilisés :

*Je m'arrête directement sur ma plaque, pis là je m'en vais checker voir si je peux placer les pattes, s'il faut que je l'avance, je l'avance, s'il faut que je le recule, je le recule. Mais visuellement, moi, je me sers de mes deux poteaux pour m'enligner. Tu sais dans le fond, la plaque, c'est juste pour me dire : Oh ! T'es rendu. Mais à part de ça, sinon tu sais, j'essaie de m'enligner, mes deux poteaux en face de ma porte de conducteur. J'essaie d'être le plus centré pour que le poids soit le mieux réparti possible.*

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

La cale au sol comporte une butée avant et arrière, ce qui permet de repérer facilement quand le pneu AV-GA se loge sur la cale, « en le sentant dans le volant », en regardant ou en entendant un « clouc ». Dans le cas de véhicules larges, la plaque au sol n'est pas visible et un technicien indique se centrer avec les colonnes du pont en utilisant comme repères les miroirs et la cabine, puis vérifier sa position en sortant du véhicule.

Les indications fournies par le fabricant de ponts pour placer les véhicules dans l'axe AV-AR sont assez simples à comprendre. Elles font référence à l'empattement du véhicule pour déterminer où immobiliser le pneu AV-GA par rapport à la cale (tableau 19).

**Tableau 19. Indication du fabricant du pont concernant la « position typique de repérage » du pneu AV-GA sur la cale en fonction de l'empattement du véhicule**

Empattement du véhicule		Position du pneu AV-GA par rapport à la cale au sol	
	(mm)	(po)	
Court	< 2 667 mm	< 105 po	Derrière la cale (on ne passe pas la cale)
Intermédiaire	≥ 2 667 mm et ≤ 3 226 mm	≥ 105 po et ≤ 127 po	Sur la cale
Long	> 3 226 mm	> 127 po	En avant de la cale (on passe la cale)

Au tableau 20, les 66 situations de levage ont été classées en tenant compte de la position théorique attendue pour le véhicule (derrière, sur ou en avant de la cale), puis selon la position réelle du véhicule (idem ou non à la position théorique) et finalement selon l'emplacement réel des quatre patins respectant ou non l'emplacement suggéré par le guide ALI (2019).

**Tableau 20. Répartition des situations de levage selon les positions théoriques et réelles du véhicule par rapport à la cale au sol et des patins sur les points de levage (n=66 situations)**

Position théorique du pneu AV-GA	Catégorie de véhicule	1. Position théorique et réelle par rapport à la cale sont les mêmes		2. Position théorique et réelle par rapport à la cale sont différentes	
		A. Quatre patins placés aux points de levage théoriques	B. Au moins un patin non placé sur point de levage théorique	A. Quatre patins placés aux points de levage théoriques	B. Au moins un patin non mis sur point de levage théorique
<b>Derrière la cale</b> n=29*	Compact	2	1	13	1
	Berline	---	---	3	1
	VUS	---	1	4	3
	Total partiel	2 (7 %)	2 (7 %)	20 (69 %)	5 (17 %)
<b>Sur la cale</b> n=31	Compact	2	3	---	---
	Berline	9	4	---	---
	VUS	5	6	1	---
	Camionnette	---	---	---	1
	Total partiel	15 (48 %)	14 (45 %)	1 (3 %)	1 (3 %)
<b>En avant de la cale</b> n=5	Camionnette	4	1	---	---
	Total partiel	4 (80 %)	1 (20 %)	---	---
<b>Total général*n=66</b>		<b>21 (32 %)</b>	<b>17 (26 %)</b>	<b>21 (32 %)</b>	<b>6 (9 %)</b>

\*30 cas où la position théorique était derrière la cale, mais une situation où la position réelle sur la plaque n'était pas visible ; le total ne donne pas 100 %.

Vingt-neuf des 66 véhicules levés étaient de court empattement et impliquaient donc un positionnement théorique derrière la cale (c.-à-d. on ne passe pas la cale). Or, seulement quatre de ces véhicules ont été placés comme le recommande le fabricant du pont ; la plupart ont été placés sur la cale, un véhicule était placé sur la butée avant et un autre devant la cale (tableau 20). Pour les véhicules d'empattement intermédiaire, la presque totalité a été positionnée sur la cale, comme suggéré. Les camionnettes ou véhicules de long empattement ont été placés comme requis, en avant de la cale (passé la cale). Par ailleurs, une camionnette a été positionnée de cette façon alors que son plus faible empattement suggérerait plutôt de stationner sur la cale.

Il apparaît assez clairement que le critère de l'empattement et de la cale n'est pas utilisé ou ne peut pas être utilisé pour une très grande proportion de véhicules courts (25/29). Aussi, dans l'ensemble, une forte proportion des VUS levés (15/20) ne satisfait pas à la double recommandation de positionnement sur la cale et sur les points de levage (100 % des VUS de court empattement (positionnement théorique derrière la cale)) :

*C'est pour ça que je replace mon véhicule pour être bien centré, pour que les pattes arrivent exactement où ce [qu'il y a] mes trous, dans mon rocker [pli de tôle dans le bas de caisse]. Mon véhicule était trop avancé, c'est pour ça que j'arrivais pas égal donc...*

**IRSSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles



Néanmoins, pour l'ensemble des véhicules, seulement cinq cas (moins de 8 %) ne répondaient ni à la recommandation de positionnement du véhicule ni à celle de la position des patins : un véhicule très rouillé, un autre âgé de 12 ans possiblement corrodé (modèle peu fréquemment levé), un même modèle de VUS levé deux fois et une camionnette. Fait à noter, un technicien disposant d'un pont plus récent et plus polyvalent (p. ex. : longueur des bras, type de patin) de type Po3 a placé les sept véhicules (deux compacts, deux berlines, un VUS et deux camionnettes) en suivant les deux recommandations.

Bien que 80 % des plus longs véhicules aient été placés selon les recommandations du fabricant de ponts (cale) et du fabricant de véhicules (points de levage), les techniciens ont souvent passé un temps appréciable à évaluer comment bien placer le véhicule et les patins pour obtenir un bon équilibre AV-AR. De plus, la distance choisie entre le pneu et le devant de la cale peut varier en fonction des caractéristiques des camionnettes/fourgonnettes, de leur chargement, de la localisation des points de levage et des caractéristiques du pont (longueur bras-patin). Or le fabricant de ponts n'apporte pas de nuance à cet égard.

Les limousines ou corbillards (non observés) qui ont des points de levage éloignés exigent un positionnement AV-AR et GA-DR du véhicule très précis ; la cale n'est pas un repère utilisable dans ce cas selon un technicien. Le positionnement se fait par essai et erreur et prend du temps.

La cale peut s'avérer parfois une nuisance lorsque le positionnement AV-AR doit être très précis. Il a été constaté dans deux situations de levage que le pneu du véhicule a été placé au-dessus de la butée de la cale et dans un cas le pneu est retombé aussitôt vers l'avant (figure 17). Un technicien explique que si la voiture est manuelle et que le pneu doit reposer en équilibre sur le rebord de la cale, il doit appliquer le frein à main ou mettre une vitesse pour que le véhicule reste en place. Dans le cas d'un véhicule automatique, le fait de mettre la boîte de vitesse sur « park » et de relâcher le frein fait bouger le véhicule ce qui pose problème lorsque le pneu doit être placé précisément. Il faut alors demander à un collègue d'appuyer sur le frein ou de retenir le véhicule le temps de placer les patins et de monter légèrement le pont.

**Figure 17. Position du pneu AV-GA sur la butée avant de la cale.**



Pour les ponts n'ayant pas de cale au sol, des procédures d'utilisation notamment utilisées au CFP du bloc A suggèrent des repères d'alignement du siège du conducteur par rapport à la colonne du pont. Le repère varie selon que le véhicule est à traction (légèrement en avant du siège du conducteur, sous le volant) ou à propulsion/camionnette (sous le siège du conducteur). D'autres procédures/formations indiquent simplement d'évaluer la position du CdG et de respecter les recommandations du fabricant du pont. Toutefois, les techniciens n'ont pas accès à l'information concernant la localisation du CdG et les garages ne disposent pas des moyens pour en faire une évaluation précise.

À défaut d'avoir une cale à son pont, un technicien ne participant pas à l'étude utilisait un bout de bois au sol pour se guider. Mais des techniciens disent se repérer en enlignant le milieu de la porte du conducteur et la colonne du pont. Cela s'appliquerait à 90 % des véhicules.

L'analyse des situations de levage et les propos des techniciens montrent qu'il y a dépendance entre la position AV-AR, les dimensions du véhicule et les possibilités d'atteindre les points de levage et ce, que le pont comporte ou non une cale au sol :

*[pour les véhicules non connus ou levés il y a longtemps et oubliés] Ça va être du essai/erreur [...] J'y vais avec mettons, ce que je ferais d'habitude ça serait la moitié de la porte-conducteur comme d'habitude. Là je vérifie en dessous, ok, là va falloir... là j'ajusterais, avance un petit peu la voiture, recule un petit peu la voiture.*

### **5.5.3 Centrer le véhicule latéralement entre les colonnes du pont**

Les véhicules de petit empattement et/ou larges et dont les points de levage sont situés en périphérie sont plus susceptibles de générer des difficultés de positionnement du véhicule particulièrement lorsque les bras du pont sont longs (c.-à-d. distance minimale d'atteinte est grande). Dans ces cas, le centrage latéral entre les colonnes devient une variable importante.

Des techniciens mentionnent que le centrage des véhicules larges est particulièrement important pour atteindre les points de levage des deux côtés. La cale est un repère fixe, considéré comme peu utile pour les véhicules larges puisqu'un côté du véhicule sera toujours à la même distance de la colonne de gauche du pont et les points de levage ne pourront être atteints.

#### **5.5.4 Repositionner le véhicule pour atteindre les points de levage et être satisfait de la position par rapport aux colonnes**

Dans 25 situations observées (sur 108), le véhicule a dû être repositionné après avoir essayé de placer les bras-patins (tableau 54 en annexe B.II). Aucun repositionnement de véhicule n'a été nécessaire pour les berlines. Dans huit situations, le véhicule a été repositionné à deux reprises, presque toujours pour des VUS et des camionnettes. Deux des trois fourgonnettes ont été repositionnées une fois. Pour les véhicules de très petit empattement, il peut être nécessaire de bouger successivement le véhicule pour faire passer les bras AV et AR entre les pneus ; le repère habituel de position par rapport à la colonne ne peut s'appliquer dans ce cas selon les techniciens.

Les techniciens choisissent de replacer le véhicule en démarrant le moteur et en montant dans le véhicule, souvent en laissant la porte ouverte. Un technicien utilise une autre stratégie en éteignant le moteur. Il laisse le véhicule sur le neutre et ajuste la position du véhicule manuellement depuis l'extérieur, en poussant sur les pneus ou sur la carrosserie (figure 18). L'avantage de cette méthode est de permettre de petits ajustements rapides et précis pour glisser les bras-patins sous le véhicule. De plus, laisser le véhicule au neutre est utile pour faire une inspection du roulement des roues sur le véhicule levé, c'est « un deux pour un ». Cette pratique a été observée quatre fois sur de petits véhicules, mais ce technicien dit également s'en servir pour des véhicules plus lourds.

**Figure 18.    Repositionnement manuel du véhicule.**



Afin de positionner le véhicule et du même coup tester l'atteinte des points de levage, les techniciens font parfois appel à leurs collègues. Dans huit des 25 situations où le véhicule a été repositionné, un collègue aidait, dont six fois dans un même garage (pont Po4) où cette pratique semble assez habituelle :

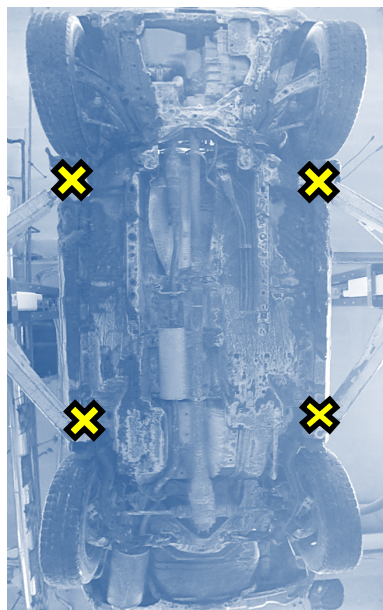
*En général, ce qu'il fait, il envoie une patte en dessous du véhicule. Il regarde, si je suis trop loin ou trop proche. Puis il me dit que ça soit d'un bord ou de l'autre avance, recule.*

#### **5.5.4.1 L'exemple d'un VUS**

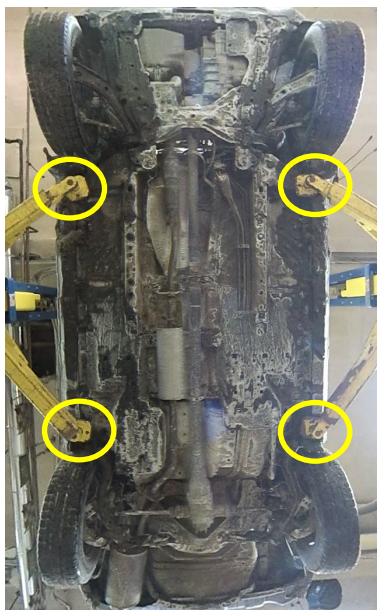
L'exemple suivant illustre une combinaison de facteurs rendant difficiles le positionnement du véhicule et l'atteinte des points de levage. Cinq VUS du même modèle ont été levés dans trois garages différents et ont nécessité un repositionnement du véhicule. Deux garages avaient des ponts de type Po4 et un garage, de type Po1 comportant une cale au sol. L'empattement du véhicule est de 2 620 mm et sa largeur 1 820 mm. En se fiant au fabricant du pont comportant une cale, le véhicule fait partie de la catégorie de plus petit empattement et il est suggéré de positionner le pneu AV-GA derrière la cale.

Les photos de la figure 19 montrent la diversité du positionnement du véhicule et des patins pour ce VUS selon les divers cas. La première photo montre la position théorique des points de levage selon le guide ALI (2019). Pour les cas A et B, les patins ont été placés selon la prescription. Dans ces deux cas, le véhicule est légèrement plus avancé par rapport aux colonnes que dans le cas C et nettement plus que dans les cas D (à noter que les perspectives données par la caméra 360° pourraient biaiser cette interprétation).

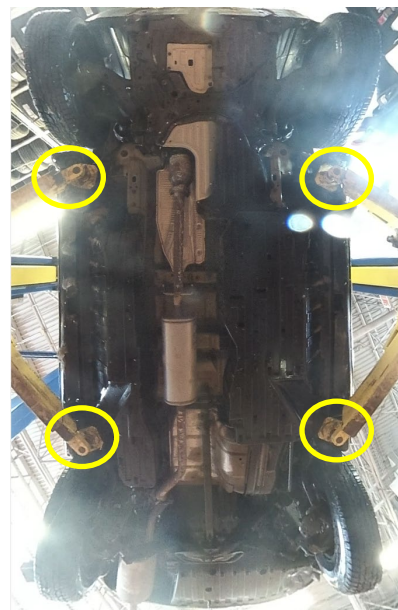
**Figure 19. Position d'un VUS par rapport aux colonnes du pont et position des patins sur le véhicule dans cinq situations de levage.**



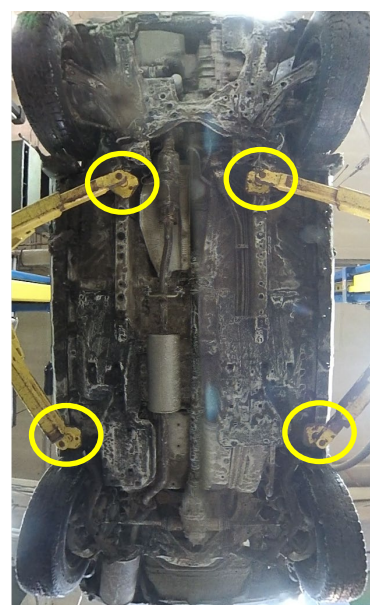
Position théorique des points de levage selon ALI (X jaunes)



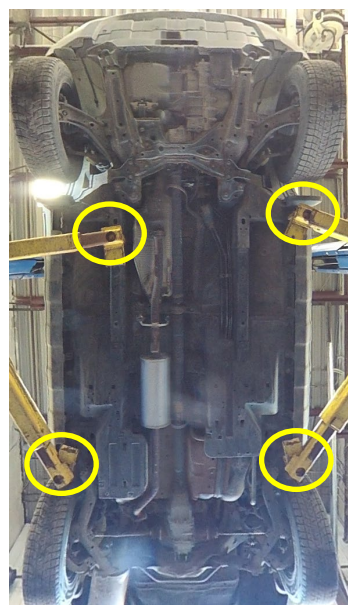
A. Pont de type Po4, sans cale



B. Pont de type Po4, sans cale



C. Pont de type Po4, sans cale



D. Pont de type Po1 avec cale (deux VUS ont été levés de façon identique)

Dans le cas du pont avec cale (D), pour une des deux situations observées, le technicien place d'abord le véhicule devant la cale, mais ne peut glisser le bras-patin AR-DR sous le véhicule à cause du bras trop long. Il recule ensuite le véhicule sur la cale, mais cette fois le bras-patin AV-DR est trop long pour atteindre le point de levage. Il choisit alors de placer ce

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

patin plus au centre du véhicule. Dans le cas C, le technicien a d'abord essayé de rejoindre le point de levage AV-GA prescrit, mais n'a pas pu le faire. Il a donc choisi un point plus au centre du véhicule, ce qu'il a ensuite aussi fait à l'AV-DR de l'autre côté. Pour des questions d'efficacité, lorsque le positionnement du véhicule doit être vraiment très précis, comme c'est le cas pour le VUS de cet exemple, des techniciens indiquent choisir d'autres points de levage que ceux prescrits afin d'éviter de repositionner plusieurs fois le véhicule. Cet exemple montre que les techniciens font des choix suivant les possibilités définies par le véhicule et le contexte qui leur est propre, notamment le type de pont qu'ils utilisent. Il n'y a donc pas de solution unique pour lever un véhicule.

### 5.5.5 En résumé

Les techniciens ne disposent pas d'information sur la localisation du CdG des véhicules. Lorsque présente, la cale au sol donne un repère apprécié pour le positionnement du véhicule, mais elle n'est pas utile dans tous les cas. Elle peut aussi parfois nuire au positionnement précis AV-AR et ne pas être un bon indicateur du centrage latéral GA-DR. Des repères d'enlignement de la portière et des colonnes servent au positionnement des véhicules.

Certaines combinaisons de ponts (étendue de la zone d'atteinte des bras) et de véhicules (empattement, largeur, position des points de levage) exigent une grande précision dans le positionnement du véhicule pour pouvoir atteindre les points de levage recommandés. Cela peut exiger de repositionner le véhicule à une ou deux reprises après avoir tenté de placer les patins. L'aide de collègues est aussi apportée dans quelques cas. Les véhicules longs et lourds sont souvent plus difficiles à positionner (section 5.8).

Les caractéristiques des ponts conditionnent les possibilités de faire le levage. Un même véhicule peut être levé de façons variées selon les contraintes présentes et les choix faits par les techniciens.

À partir des observations et des propos recueillis auprès des techniciens, le positionnement du véhicule au pont pourrait se résumer ainsi :

- Suivre les recommandations avec les repères de cale au sol ou de portière par rapport aux colonnes.
- Essayer d'atteindre les points de levage (avec ou sans un collègue).
- Repositionner le véhicule de façon à atteindre les points de levage, mais la position du véhicule diffère de celle recommandée.
- S'il n'est pas possible d'atteindre les points de levage (pont avec bras trop longs) ou lorsque le positionnement doit être très précis : choisir d'autres points de levage. Le véhicule est alors souvent positionné comme recommandé dans l'axe AV-AR.



## 5.6 Le positionnement des patins

Comme mentionné précédemment, l'identification des points de levage débute dès la réception du bon de travail et se poursuit lors du positionnement du véhicule et peut exiger des itérations. Les observations révèlent que les techniciens effectuent plusieurs évaluations en parallèle qui détermineront le type de patin à utiliser, la hauteur du patin, mais aussi quelles précautions particulières prendre pour ne pas abîmer le véhicule (p. ex. : plastique, marchepied, ligne d'air climatisé), s'assurer de la stabilité, éviter des risques électriques, être efficaces et voir à leur santé (c.-à-d. posture de travail). À des fins de simplification, le texte qui suit décrit de façon distincte les différentes étapes et les paramètres pris en compte lors du positionnement des patins.

### 5.6.1 Repérer les points de levage, évaluer leur état et les obstacles à contourner

#### 5.6.1.1 Connaître les points de levage et les repérer

Les techniciens ont un large répertoire de véhicules en tête. Certains précisent qu'ils connaissent le modèle, mais aussi les différences entre les années de fabrication. Cependant, il arrive parfois qu'il y ait incertitude sur la position des patins pour des modèles moins fréquemment levés, comme c'est le cas d'un technicien de concessionnaire qui inspecte des véhicules d'occasion.

Les points de levage au cric sont souvent facilement repérables en bordure du véhicule et dans quelques rares cas indiqués par des flèches sur le bas de caisse.

Pour ce qui est des autres points de levage se trouvant sous le véhicule, aucune indication explicite n'a été observée pour les identifier précisément. Il faut donc pouvoir reconnaître les structures solides appropriées de celles qui ne conviennent pas pour placer les patins.

#### 5.6.1.2 Chercher l'information sur les points de levage lorsqu'on est incertain

Les techniciens rencontrés en entretien d'approfondissement affirment ne pas consulter les schémas montrant les points de levage spécifiques pour les ponts (p. ex. guide ALI (2019)) ou alors le faire exceptionnellement par exemple lorsqu'un tout nouveau modèle de véhicule est mis sur le marché. Un technicien mentionne qu'il n'était pas au courant de l'existence de tels schémas. Au surplus, l'interprétation des schémas ALI n'est pas toujours claire selon les techniciens et même selon l'équipe de recherche.

Chez le concessionnaire, les schémas fournis par les fabricants des véhicules sont plus explicites et plus faciles à comprendre que les schémas du guide ALI (2019). Des techniciens expliquent que certains schémas indiquent des points de levage alternatifs. Mais ces différentes options ne semblent pas la norme.

En cas de doute sur les points de levage, certains évoquent la possibilité de faire des recherches sur Internet, de consulter le manuel du propriétaire du véhicule ou de consulter leurs collègues.

### **5.6.1.3 Choisir les points de levage pour assurer une plus grande base de sustentation - les points de levage sur le pourtour du véhicule**

Un des principes très souvent mentionnés par les techniciens est d'aller chercher les points de levage le plus loin possible, particulièrement dans l'axe AV-AR, en prenant soin d'éviter d'être trop près du bord de l'appui ou d'une courbe sur laquelle le patin pourrait glisser (section 5.8.2.2).

À l'exception des véhicules lourds et volumineux, les points de levage situés sur le pourtour du véhicule sont également souvent ceux dédiés au cric. Ils sont donc très souvent les mieux placés, dans les deux axes, pour définir le plus grand quadrilatère de sustentation. Leur utilisation est privilégiée par les techniciens :

*Si on va sur des châssis monocoques qui est 90 % des véhicules de nos jours [...], il y a toujours l'extérieur en premier, ça marche pas, on s'en va plus au centre.*

Pour certains véhicules, les points de levage pour le cric sont utilisés alors qu'il existe des points distincts pour lever avec un pont. Les points plus internes proposés sur le schéma du guide ALI ne sont pas identifiés sur le véhicule et constituent des options moins avantageuses et moins stables selon deux techniciens :

*Sur un véhicule comme ça c'est très rare [qu'on va chercher aussi loin vers l'intérieur]. Je ne pourrais pas vous dire honnêtement [pourquoi les points de levage sont là]. Les rockers, s'ils sont solides, on va se mettre dessus, il n'y a aucun problème. Le véhicule est stable, le risque est faible.*

### **5.6.1.4 Choisir des points de levage plus à l'intérieur ou alternatifs**

En général, des points de levage alternatifs sont choisis quand ceux en bordure du véhicule sont rouillés, détériorés, difficilement ou pas du tout accessibles (figure 20). Une autre raison évoquée est que le patin ne pourra pas être centré ou qu'il risque d'endommager le véhicule, ou encore qu'il pourrait nuire au travail à faire (p. ex. lignes de freins ou d'essence qui longent le châssis près des points de levage) :

*Le plus important, c'est que j'essaie de ne pas endommager qu'est-ce qui est visuel, bien sûr, pis j'essaie de ne rien endommager en dessous, le moins possible. Mais là, il faut commencer à blâmer les manufacturiers et non moi. [Rires].*



Deux techniciens mentionnent qu'en allant chercher un point de levage plus interne, si le patin ne vient qu'à glisser, le véhicule tombera sur le bras. Comme celui-ci est barré une fois levé, il ne devrait pas pivoter ; la situation est donc assez sécuritaire selon eux.

Les techniciens observent et évaluent les points de levage potentiels en utilisant différents critères, par exemple :

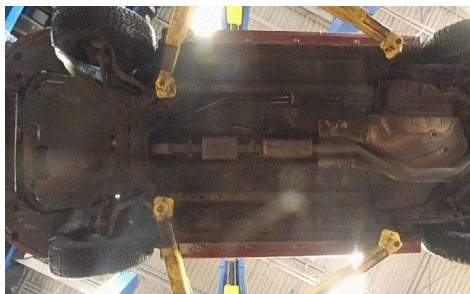
- fait partie du châssis,
- est solide,
- surface plane,
- tous les points de levage au même niveau,
- sans risque d'endommager les éléments adjacents,
- pas situés trop près d'une courbe,
- placés symétriquement (préférence pour certains techniciens).

Des précautions particulières doivent être prises pour les véhicules hybrides et électriques. Lorsque des points de levage internes sont utilisés, il faut éviter de toucher la batterie et le câble ou les connexions haute tension généralement identifiés en orange.

La possibilité de trouver un appui interne est parfois limitée par la présence de panneaux de plastique couvrant le dessous du véhicule (figure 21). Les systèmes d'information sur les véhicules et les schémas ne révèlent pas ce qu'il y a sous le plastique, il faut donc « que tu le trouves par toi-même ».

Quand des points internes sont choisis, les patins GA et DR sont presque toujours placés symétriquement. On compte cinq exceptions, dont un véhicule rouillé levé avec un pont Po2 et quatre véhicules levés avec des ponts Po1. Par ailleurs, les bagues de suspension ne sont pas des points de levage utilisés ou considérés adéquats par différents techniciens, et n'ont été utilisées que dans deux situations : un véhicule très rouillé et une camionnette chargée afin d'allonger la base de sustentation.

**Figure 20. Points de levage AV internes utilisés dans le cas où les bras AV du pont sont trop longs et même entièrement rentrés.**



**Figure 21. Panneaux de plastique empêchant d'utiliser des points de levage internes.**



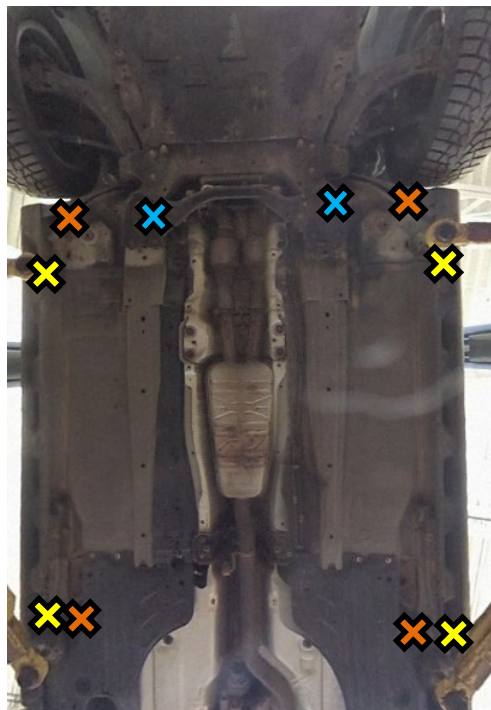
#### **5.6.1.5 La position des points de levage du guide ALI et des patins dans les 108 situations de levage**

Les points de levage indiqués dans le guide ALI (2019) pour les véhicules levés se situent presque toujours vis-à-vis des pneus dans l'axe GA-DR et, dans quelques cas, un peu plus externes très près du bord du véhicule (en tout 85/108 soit 79 %) (figure 22). Les points de levage « ALI » plus internes concernent l'ensemble des camionnettes et fourgonnettes, mais aussi 29 % des VUS et plus rarement les berlines et les compacts (4 %, 8 %). Dans 71 % (77/108) des situations, les deux patins AV ont été placés aux points du guide ALI, et dans 90 % pour les patins arrière. Le tableau 21 compare la position réelle des patins AV par rapport à la recommandation du guide ALI (2019) selon la catégorie de véhicule et le type de pont utilisé ; les patins peuvent avoir été placés à l'emplacement théorique, plus vers l'extérieur ou plus vers l'intérieur. Il ressort que les patins ont été mis sur les points recommandés dans le guide ALI dans des proportions d'au moins 82 % des levages avec les ponts Po2, Po3 et Po5. Ce ratio tombe à 60 % et 64 % pour les ponts de type Po1 et Po4.

Il convient de rappeler que le nombre et les modèles de véhicules levés ne sont pas les mêmes pour chaque pont, ce qui exige d'être prudent dans la comparaison des résultats. Cependant, les patins AV ont été plus souvent mis à l'intérieur pour les ponts Po1 (15/45= 33 %) et Po4 (5/25 = 20 %). L'analyse des vidéos montre que dans 20 des 21 situations pour lesquelles les points choisis sont plus internes, les bras avant sont trop longs pour atteindre les points de levage ou seraient à la limite (exigerait une position précise du véhicule, notamment le centrage latéral) (figure 98, en annexe). À cela s'ajoute un véhicule très rouillé pour lequel il a fallu trouver des points de levage alternatifs. Pour la moitié de ces 21 situations, un ou plusieurs indices de difficulté suivants étaient présents : le véhicule était plus avancé que recommandé par rapport à la cale au sol (donc pourtant plus favorable pour atteindre les points de levage AV ; n=5 ;), le véhicule a dû être repositionné après que le technicien ait essayé de mettre les patins (n=5), un ou plusieurs patins ont été réajustés

avant (n=7) ou après (n=2) un essai de levage. Cela révèle une certaine complexité pour réussir à mettre les patins.

**Figure 22. Catégories de localisations des points de levage AV et AR théoriques du guide ALI et nombre de véhicules observés entrant dans chaque catégorie.**



	<p><b>Point externe</b> (non illustré ; près de la limite externe du pneu)  AV = 4/108  AR = 4/108</p>
✘	<p><b>Point vis-à-vis le pneu</b>  AV = 81/108  AR = 82/108  Note : 2 véhicules ont plusieurs points de levage et ont été considérés dans cette catégorie</p>
✘	<p><b>Point interne-1</b> (près de la limite interne du pneu)  AV = 7/108  AR = 10/108</p>
✘	<p><b>Point interne-2</b> (vers le centre du véhicule, correspond souvent aux longerons)  AV = 16/108  AR = 12/108 (non illustré)</p>

Inversement, lorsque possible, les techniciens vont chercher des points de levage plus en périphérie alors que les points de levage du guide ALI sont plus internes. Cela s'est produit pour trois VUS levés avec le pont Po5 et un avec Po1, et pour trois véhicules de différentes catégories levés avec le pont Po4.

L'ensemble de ces constats concorde avec les commentaires des techniciens indiquant que les ponts Po1 permettent difficilement, pour certains véhicules, d'atteindre les points de levage AV lorsqu'ils se situent en périphérie. D'autre part, les techniciens travaillant aux ponts Po5, ayant la meilleure plage d'atteinte, sont davantage en mesure d'utiliser les points de levage en périphérie du véhicule, ce qu'ils confirment aussi privilégier (figure 60).

**Tableau 21. Position des patins AV comparée aux points du guide ALI (2019), par catégorie de véhicule et type de pont**

Catégorie de véhicule et type de pont	Position des patins AV versus point de levage du guide ALI				
	Idem	Différente (pour 1 ou 2 patins)			Total général
		+ externe	+ interne	Autre*	
<b>Compact</b>	<b>31</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>37</b>
Po1	8		3		11
Po2	9		1		10
Po3	2				2
Po4	4	1		1	6
Po5	8				8
<b>Berline</b>	<b>14</b>	<b>1</b>	<b>8</b>		<b>23</b>
Po1	9		6		15
Po3	2				2
Po4	3	1	2		6
<b>VUS</b>	<b>23</b>	<b>5<sup>†</sup></b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>38</b>
Po1	8	2 <sup>†</sup>	6	1	17
Po2	2				2
Po3	1				1
Po4	8		3		11
Po5	4	3			7
<b>Camionnette</b>	<b>6</b>				<b>6</b>
Po1	2				2
Po2	1				1
Po3	3				3
<b>Fourgonnette</b>	<b>2</b>	<b>1</b>			<b>3</b>
Po4		1			1
Po5	2				2
<b>(vide)</b>	<b>1</b>				<b>1</b>
Po4	1				1
<b>Total général</b>	<b>77</b>	<b>8<sup>†</sup></b>	<b>21</b>	<b>2</b>	<b>108</b>

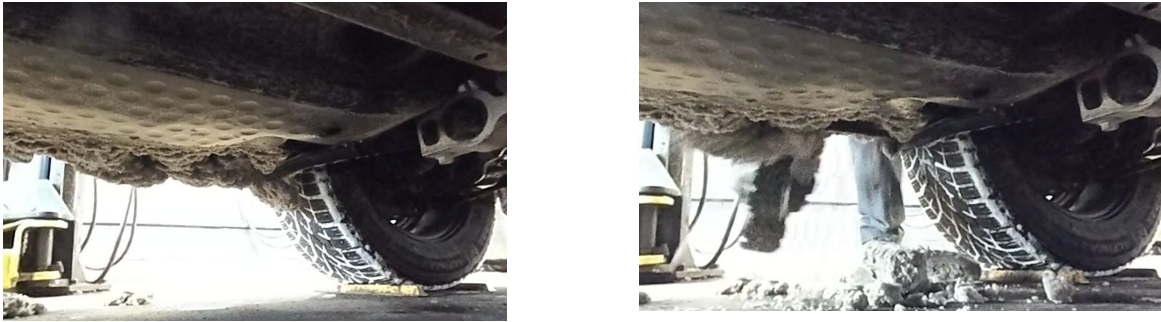
\*Autre : patins placés latéralement selon les points du guide ALI, mais un peu plus vers l'avant ou l'arrière du véhicule.

† Dans une situation, un patin AV a été placé plus vers l'intérieur que le point du guide ALI alors que l'autre a été placé plus à l'extérieur. Cette situation a été comptabilisée comme + externe.

### 5.6.1.6 Enlever la glace et la neige et évaluer l'état des points de levage

Pour pouvoir mettre les patins directement sur le métal et éviter tout glissement, les techniciens détachent les accumulations de neige en les frappant de leur pied (figure 23) et enlèvent des résidus avec leurs mains. Ils disent aussi attendre quelques minutes pour que les blocs se détachent d'eux-mêmes ou encore arroser le véhicule lorsqu'il est trop glacé. La glace et la neige s'amoncellent surtout en arrière des roues AV.

**Figure 23. Enlèvement de la neige avec le pied.**



Les techniciens évaluent l'état des surfaces de levage, particulièrement pour les véhicules rouillés. La figure 24 donne l'exemple d'un technicien qui regarde l'état du bas de caisse et vérifie tactilement la solidité des surfaces pour choisir comment placer les patins et positionner le véhicule.

**Figure 24. Évaluation visuelle et tactile des points de levage d'un véhicule rouillé.**



### **5.6.2 Choisir les patins et les ajustements en hauteur**

Les ponts utilisés dans cette étude se distinguent notamment par le type de patins et les possibilités d'ajustement en hauteur. Des changements de patins n'ont été constatés que dans un garage pour soulever de gros véhicules sur des ponts Po1 et Po3 (figure 26, figure 27). Par contre, la hauteur des patins a été modifiée plus fréquemment et pour différentes raisons, comme le détaillent les sous-sections suivantes.

- IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

### 5.6.2.1 Équilibrer le véhicule et faire des choix stratégiques pour l'ajustement en hauteur des patins

Pour assurer leur sécurité, les techniciens veillent à ce que le véhicule soit bien droit (horizontal). La hauteur des patins est choisie en conséquence :

*Moi, je suis vraiment mal à l'aise de travailler sur le véhicule quand il est dénivelé. Parce que, même si... un faible dénivellement peut être acceptable, mais je suis pas à l'aise. Je me sens pas assez sécuritaire avec cette structure. Surtout avec le camion, quand je le soulève.*

Le choix de la hauteur des patins est souvent motivé par le besoin de contourner un obstacle pour ne pas abîmer le véhicule avec le bras du pont (p. ex. à cause du renfort en équerre, figure 25). Outre cette considération de qualité, les techniciens ont abordé les avantages ou inconvénients pour la stabilité, mais aussi l'efficacité du positionnement des patins, la préservation de leur santé et la facilité pour faire le travail sur le véhicule comme le présente le tableau 55 en annexe.

Par exemple, des techniciens développent des stratégies d'ajustement avec la vis du patin pour être efficaces :

*Je garde une hauteur normale. Qui est comme à peu près la moitié. Je garde une hauteur raisonnable. Pour être capable, tu sais admettons que j'ai une autre voiture après, j'ajuste pas à partir de trop haut ou de trop bas. C'est plus pour être plus efficace sur toutes les voitures.*

Lorsque possible, ils évitent d'utiliser des patins hauts (figure 26). Les hautes rallonges sont fréquemment requises avec les gros véhicules dont l'équilibre est déjà souvent un enjeu. Des techniciens sont d'avis que cela ajoute un jeu, que ça chambranle (figure 26 et figure 27). Rien d'inquiétant pour les uns, mais d'autres craignent les effets sur la stabilité :

*Je n'aime pas ça quand on utilise ça (rallonges hautes). Il y a un petit peu de jeu dans le trou du bras et il y a un petit peu de jeu dans ton patin que tu vas mettre en haut. Fait que là, du jeu plus du jeu, ça fait beaucoup de jeu. À chaque patte, tu as une tour de Pise qui peut bouger d'un bord pis de l'autre un peu.*

Par ailleurs, l'utilisation des rallonges de patins, ou le changement de patins, requiert d'abord d'aller chercher ces accessoires et ensuite de faire le tour du véhicule pour remplacer ceux qui sont déjà en place ce qui exige plus de déplacements et plus de temps. La rouille peut rendre difficile le retrait des rallonges comme cela a été constaté dans un garage (figure 28).

Concernant la posture pour travailler efficacement sous le véhicule levé, deux techniciens disent préférer mettre les patins métalliques à la hauteur moyenne puisque ça leur permet de gagner quelques pouces de dégagement supplémentaire au-dessus de la position du loquet.



**Figure 25. Hauteur du patin pour éviter le contact entre le renfort du bras et le marchepied.**



**Figure 26. Adaptateurs pour certaines camionnettes.**



**Figure 27. Légère inclinaison de la rallonge-patin lors de la mise en charge.**



**IRSST** ■ Utilisation des ponts éleveurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

**Figure 28. Technicien retirant une rallonge de patin prise dans la rouille.**



Parfois, les points de levage sur le véhicule ne sont pas tous à la même hauteur, dû à la configuration du châssis. Ajuster la hauteur des patins est alors plus facile avec des patins vissables.

L'exemple de la figure 29 illustre plusieurs considérations à prendre en compte pour placer les patins sur des points de levage alternatifs qui ne sont pas tous au même niveau. Il s'agit d'un cas où la longueur des bras pose des défis pour atteindre les points de levage en périphérie. D'abord, le technicien doit s'assurer de pouvoir bien « niveler » le véhicule (c.-à-d. assurer qu'il sera horizontal). Il choisit donc des points de levage de hauteur compatible avec les trois ajustements disponibles des patins. Les patins AV sont réglés à la hauteur moyenne et orientés en pointant vers l'intérieur du véhicule alors que ceux AR sont plutôt mis à plat. Le technicien explique que la proximité du réservoir d'essence à l'arrière exige de s'assurer du très bon état des structures où le patin prendra appui et aussi que les patins n'accrocheront rien de fragile.

**Figure 29. Exemple de points de levage internes et d'ajustements en hauteur des patins (vue depuis l'arrière du véhicule).**



Dans les garages utilisant des ponts avec des patins repliables en métal, mais aussi ceux avec des patins n'ayant pas d'ajustement en hauteur, des rondelles de hockey ou planches sont parfois utilisées pour compenser la différence de hauteur entre le point de levage



alternatif choisi (plus interne) et les autres points situés en périphérie du véhicule ou encore pour éviter que le dessus du bras, ou son renfort, abîme le bord ou le dessous du véhicule (figure 30). La rondelle comporte aussi l'avantage d'avoir une surface plus petite que le patin métallique mis à plat lorsqu'il y a des obstacles.

*[utilisation d'une planche] Ça ne va pas endommager le véhicule. Fait que là, c'est surtout la hauteur et la stabilité. Je n'aime pas ça avoir un véhicule croché.*

**Figure 30. Ajout d'une rondelle de hockey et d'une planche sur le patin à plat.**



**Figure 31. Points de levage de véhicules de luxe.**



Ainsi, lorsque les trois seules options de hauteur offertes par les patins métalliques ne conviennent pas pour bien équilibrer le véhicule sans l'abîmer, deux options se présentent : 1) accepter qu'il y ait une petite inclinaison ; 2) ajouter une planche ou rondelle de hockey sur le patin placé à plat. Un technicien ayant choisi la première option explique qu'il aurait préféré disposer d'un pont avec patins vissables et qu'il a placé les patins de façon à ce que la petite inclinaison soit vers l'arrière et non vers l'avant pour tenir compte du poids du moteur.

L'utilisation de ces rehausses est une pratique non idéale que déconseille un technicien, puisque cela modifie la friction entre les surfaces. En outre, les observations ont révélé qu'une rondelle utilisée présentait des fissures :

*[à propos de l'ajout d'une planche sur les patins pour compenser la hauteur] Côté stabilité, si on a à manoeuvrer, genre démonter une transmission, ou un moteur, le véhicule est pas stable. Il peut glisser à tout moment. Parce que la patte, la friction se fait entre un intermédiaire et le véhicule. C'est pas recommandé.*

- IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

Par ailleurs, des véhicules de luxe européens ont des points de levage de plastique qui dépassent les bas de caisse pour les rendre accessibles (figure 31). Il arrive fréquemment qu'un de ces points de levage soit cassé ou manquant, ce qui pose problème pour placer le patin puisque l'espace est insuffisant pour mettre le patin sans abîmer le plastique de bas de caisse. Les techniciens ajustent alors dans certains cas la hauteur avec une rondelle ou du bois pour assurer la stabilité du véhicule :

*Il faut essayer de faire avec des « pucks » ou mettre un morceau de bois pour essayer de compenser. Fait qu'on essaie tout le temps d'endommager le moins possible le véhicule, bien sûr, puis, après faire avec qu'est-ce qu'on a.*

Ce type d'appui est creux en son centre (figure 31). Le manufacturier prévoit une pièce mâle sur le cric qui s'insère au centre du point de levage. Ce genre d'embout ne semble pas exister, ou tout du moins être connu, pour le levage sur les PEV HT2C.

### **5.6.2.2 Choisir la hauteur des patins – 108 situations de levage**

Comme mentionné, l'ajustement en hauteur des patins des ponts Po1 et Po2 ne requiert que de basculer une des deux sections du patin. Les patins des ponts Po3 et Po5 ont une vis d'ajustement en hauteur et peuvent être installés sur des rallonges de différentes tailles (tableau 16). Quant au pont Po4, la seule façon d'ajuster la hauteur du patin est de changer de rallonge.

Le tableau 22 présente la hauteur des patins métalliques (Po1, Po2) ou des rallonges (Po3, Po4, Po5) choisie pour lever les véhicules. À l'exception d'un véhicule très rouillé, tous les modèles compacts et les berlines ont été levés en utilisant, à l'avant comme à l'arrière, des patins bas (patin repliable en métal à plat ou aucune rallonge) ; c'est le cas également pour environ la moitié des VUS. Les rallonges ou patins de hauteur moyenne ont été utilisés presque exclusivement pour le levage des VUS, alors que les patins hauts, ou adaptateurs spéciaux hauts et larges, l'ont surtout été pour les camionnettes et les fourgonnettes. On compte en tout six situations où la hauteur des patins AV et AR n'était pas la même, dont quatre situations où des patins ont été mis ailleurs que sur les points de levage proposés par le guide ALI.

Pour les VUS, l'utilisation des rallonges est rare pour le pont Po4 au contraire des ponts Po1 où le patin a très fréquemment été ajusté à la hauteur moyenne (tableau 23). Outre les particularités des véhicules levés, d'autres facteurs peuvent intervenir dans ce choix, notamment la facilité pour changer la hauteur du patin (p. ex. patin repliable en métal versus changement complet de rallonge).

**Tableau 22. Hauteur des patins métalliques ou des rallonges, en arrière (AR) et en avant (AV) pour les 108 situations de levage**

Catégorie véhicule - Hauteur rallonge patin AR-GA	Hauteur rallonge patin AV-GA				Total général
	bas	moy	haut	Adapt. camionnette <sup>1</sup>	
<b>Compact</b>	<b>37</b>				<b>37</b>
bas	36				36
moy	1				1
<b>Berline</b>	<b>23</b>				<b>23</b>
bas	23				23
<b>VUS</b>	<b>20</b>	<b>16</b>	<b>2</b>		<b>38</b>
bas	18	1			19
moy	2	15			17
haut			2		2
<b>Camionnette</b>		<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>6</b>
haut		1	3		4
Adapt. camionnette <sup>1</sup>				2	2
<b>Fourgonnette</b>	<b>2</b>		<b>1</b>		<b>3</b>
bas	1				1
moy	1				1
haut			1		1
<b>(ND)</b>	<b>1</b>				<b>1</b>
bas	1				1
<b>Total général</b>	<b>83</b>	<b>17</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>108</b>

<sup>1</sup> adaptateur spécifique aux camionnettes dont les longerons sont larges

**Tableau 23. Hauteur des patins métalliques ou des rallonges AV utilisée pour lever les VUS, pour chaque type de pont**

Catégorie véhicule – Type de pont	Hauteur			Total général
	bas	moy	haut	
<b>VUS</b>	<b>20</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>38</b>
Po1	4	12	1	17
Po2		1	1	2
Po3	1			1
Po4	10	1		11
Po5	5	2		7

Concernant les patins avec vis, la hauteur d'au moins un patin a été rectifiée pour 15 des 25 véhicules levés (60 %) avec les ponts Po3 et Po5 (tableau 24, figure 32). Ces réajustements dépendent des caractéristiques du véhicule en cours de levage et de celles du véhicule précédent. Ces résultats démontrent à la fois l'utilité de ce type d'ajustement et le fait qu'il est possible de ne pas réajuster la hauteur des patins pour chaque véhicule. L'utilisation de la vis permet l'ajustement précis de la hauteur, en continu.

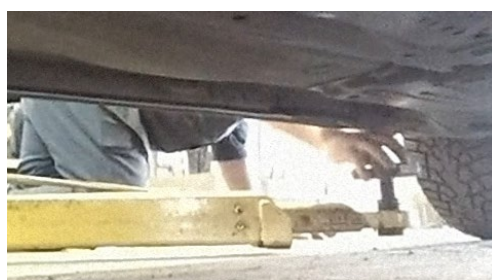
**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

**Tableau 24. Utilisation de la vis pour les ajustements en hauteur des patins selon la catégorie de véhicule (concerne 25 des 108 situations de levage)**

Catégorie véhicule	Ajustement de la vis sur « x » patins					Total
	0*	1	2	3	4	
Compact	6		1	2	1	10
Berline			1		1	2
VUS	4	1	1		2	8
Camionnette			3			3
Fourgonnette				2		2
<b>Total général</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>25</b>

\* 0= ajustement sur aucun patin ; 1 = ajustement sur un patin ; ...

**Figure 32. Ajustement de la vis du patin.**



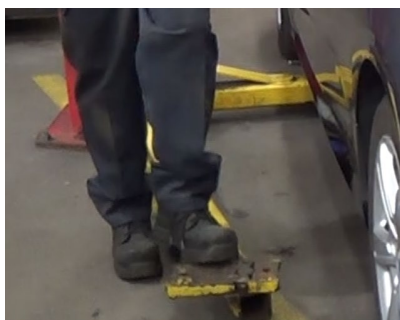
### 5.6.3 Enligner et orienter les patins par rapport au point de levage

Cette section décrit comment les techniciens s'y prennent pour ajuster la position des bras et des patins, notamment du point de vue postural, des efforts à produire et des sens qu'ils utilisent (c.-à-d. vision, toucher).

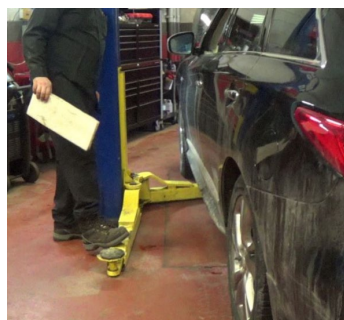
#### 5.6.3.1 Glisser les bras du pont sous le véhicule

La plupart des techniciens utilisent leur pied pour glisser les bras du pont sous véhicule, puis complètent les ajustements manuellement (voir section 5.6.3.2). Il arrive parfois que le technicien ajuste la hauteur et la rotation des patins métalliques et la longueur des bras du pont avec le pied (figure 33). Le changement de patin et l'ajout de rallonge se font normalement avant de placer les bras du pont sous le véhicule.

**Figure 33. Positionnement grossier, avec les pieds, des patins repliables en métal et des bras du pont.**



Ajustement de la longueur du bras et rotation du patin



Poussée du bras du pont sous le véhicule avec le pied

#### **5.6.3.1.1 Soulever le véhicule pour faire passer le bras-patin**

Quatorze situations observées (13 %) présentent une difficulté en lien avec le dégagement vertical sous le véhicule pour faire passer les bras-patins. Ces problèmes surviennent surtout avec des ponts installés sur un plancher incliné qui nécessite le rehaussement d'une colonne pour que les deux colonnes soient à la même hauteur (figure 34). Ils concernent aussi le positionnement des patins sur des véhicules de faible dégagement. Les crevaisons et la présence d'obstacles sous le véhicule, comme des boulons de fixation des sièges ou le système d'échappement, sont d'autres situations qui peuvent nuire au passage du bras-patin. Gonfler les pneus peut aider lorsque leur pression est faible. Comme le montrent les photos de la figure 35, les techniciens utilisent diverses techniques pour arriver à faire passer les patins sous le véhicule.

À l'inverse, dans un garage, le dessous de certains bras frotte au sol lorsqu'ils sont dans la position de repli.

**Figure 34. Pente du plancher et colonne surélevée - effet sur la hauteur des patins par rapport au sol.**



**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

**Figure 35. Techniques pour faire passer le bras/patin sous les véhicules.**



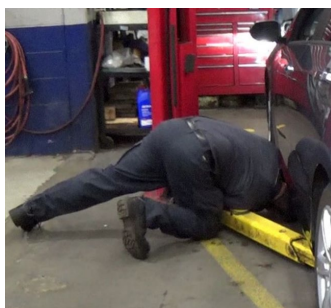
### 5.6.3.2 Se placer pour voir, toucher, manipuler

Les techniciens prennent ensuite position près du véhicule pour placer les patins sous les points de levage. Deux stratégies sont utilisées, selon les préférences des techniciens, le pont et les véhicules à lever (figure 36) : 1) se placer en arrière près de la colonne pour ajuster les patins avant et arrière sans se déplacer (même côté) ; 2) changer de place pour se rapprocher de chaque point de levage.

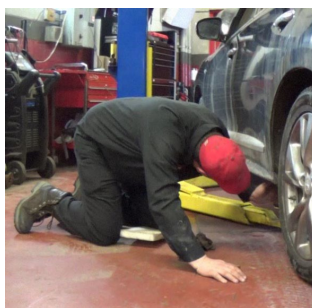
La première stratégie est utilisée par certains techniciens travaillant à des ponts dont les colonnes sont en angle (Po1, Po3) et pour des véhicules n'ayant pas un grand empattement. Elle comporte l'avantage, selon un technicien, d'éviter de devoir se relever et se déplacer et a un bénéfice sur les efforts à déployer. Mais, il ajoute qu'il vaut mieux se déplacer dans certains cas pour bien voir et s'assurer de la stabilité par exemple pour les véhicules lourds et longs et quand le patin doit être bien centré sur le châssis. Pour un autre technicien, c'est une question d'habitude, d'efficacité et de préservation du dos, notamment parce que ça lui permet de pousser sur le bras plutôt que de le tirer et cela ménage les efforts surtout durant la période des pneus. De l'emplacement arrière, la vision sur l'ensemble du véhicule est bonne, les bras se manipulent bien, le bras avant du pont étant plus court. Mais, de cette position, faire pivoter le bras AV pour rejoindre le point de levage et enligner correctement le patin (longueur du bras, orientation du patin) sans toucher aux obstacles fragiles (p. ex. : plastique, tuyaux) exige de la coordination et de la pratique.



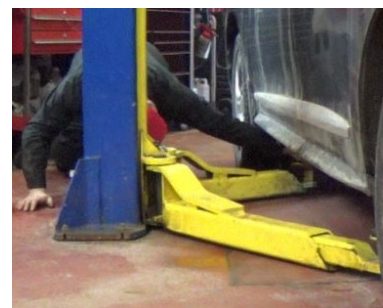
**Figure 36. Positions du technicien pour ajuster les patins AV et AR, par rapport aux colonnes du pont – deux stratégies.**



1. Ajuster les patins AR et AV en restant en position arrière



2a. Ajuster le patin AR



2b. Ajuster le patin AV

Les techniciens semblent avoir chacun leur préférence sur la façon de chercher l'information et de s'assurer de bien placer les patins. Plus de la moitié utilisent à la fois la vision et le toucher, quatre surtout la vision et deux utilisent fréquemment le toucher. Dans seulement trois situations de levage, des patins ont été placés sans que l'analyse des vidéos révèle d'indice de vérification tactile ou visuelle. Mais les points de levage des véhicules concernés se situent en périphérie et les techniciens étaient peut-être en mesure de bien voir même si on ne pouvait détecter leur regard sous le véhicule avec la caméra 360° (critère d'évaluation). Un technicien mentionne que pour les compacts et berlines les points de levage sont presque à l'extérieur du véhicule. Il n'a juste qu'à glisser le bras-patin et regarder en dessous, sans besoin de se plier en deux et d'aller chercher loin sous le véhicule.

La figure 37 présente quelques exemples d'exploration visuelle pour évaluer les points de levage (p. ex. : forme, position, proximité d'éléments à contourner, rouille) ou le positionnement du patin. La faible hauteur de dégagement sous le véhicule, l'éloignement du point de levage, la présence d'obstacles à la vision comme les bas de caisse en plastique ou les marchepieds (figure 38) compliquent le positionnement des patins et génèrent des postures souvent plus contraignantes. Des mesures prises montrent que la médiane du dégagement en hauteur entre le sol et le dessous du véhicule près des roues AV est de 22 cm, mais ce dégagement peut être aussi peu que 15 cm. La médiane de la distance horizontale entre le bord du véhicule (incluant le marchepied) et le lieu de contact du patin avec le point de levage est de 17 cm, mais cette distance allait jusqu'à 54 cm dans un cas. Les postures sont donc souvent à ras le sol (p. ex. : étendu, penché, à genou) et la tête plus basse que le dessous du véhicule (on compte 73 % des situations où au moins deux patins ont été placés dans cette posture).

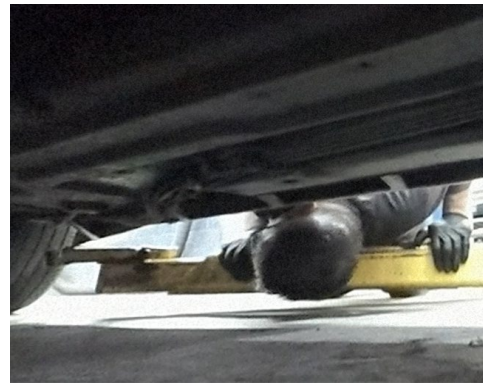
L'utilisation d'un coussin pour le genou n'est pas généralisée, quatre techniciens en utilisent une partie du temps, dont un qui souligne sa grande utilité durant la période intense des changements de pneus. Un technicien utilise un chiffon qu'il place sous son genou. Le coussin protège le genou et évite de se salir. La période de changements de pneus s'avère aussi exigeante pour le dos :

*Au début, quand j'ai commencé dans le métier je le mettais pas [coussin] : « bah, c'est pas grave, c'est pas grave ». Ça fait quelques années, [...] le mal est fait il est trop tard*

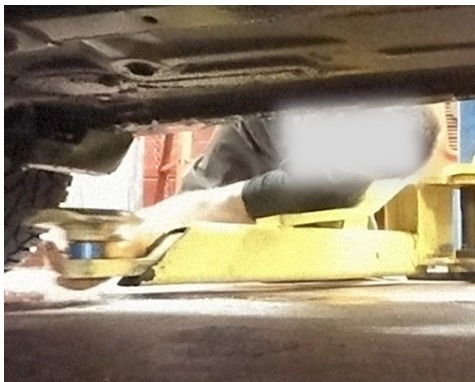
**Figure 37. Exemples de recherche d'information visuelle et des postures associées.**



Évaluer, aligner – présence de plastique cachant le point de levage



Repérer, évaluer la qualité de la surface d'un véhicule rouillé



Placer les patins dans une situation ne présentant pas de difficulté particulière

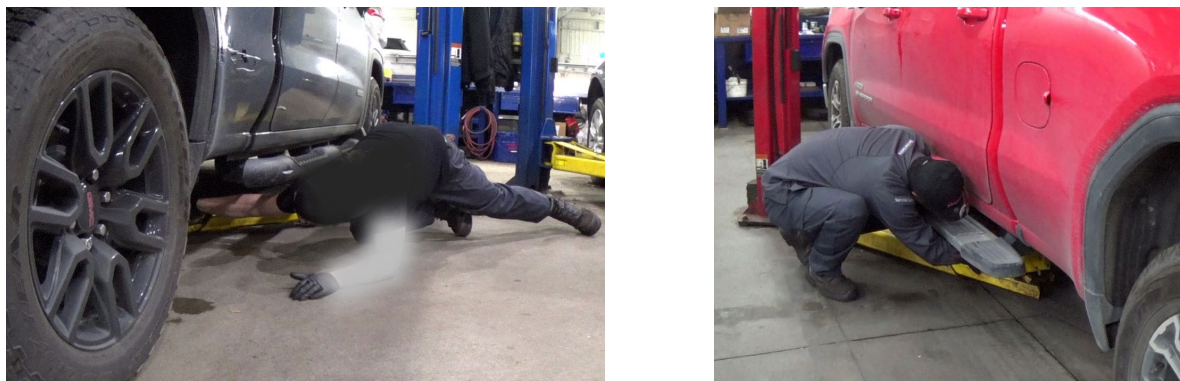


Véhicule ayant peu de dégagement en hauteur et présence d'eau au sol

- IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles



**Figure 38. Marchepied - obstacle pour atteindre et voir les points de levage.**



Comme mentionné, plusieurs utilisent à la fois le toucher et la vision pour placer les patins. Cela peut être fait de façon simultanée ou séquentielle. Le toucher permet de repérer les points de levage, aligner le patin et estimer l'espace entre sa surface et le point de levage (figure 39) :

*Si ma main elle couvre la surface du patin, si je lève ma main vis-à-vis, ben je peux voir où ce que ma patte va aller accoter sur le châssis.*

Quand un grand espace sépare le dessus du patin du point de levage, un technicien souligne utiliser la vision et le toucher pour s'assurer de bien centrer le patin. Le toucher est aussi utile pour évaluer l'état des points de levage lorsqu'il y a présence de rouille ou vérifier la solidité d'une surface ou d'un matériau (présence de plastique). En hiver, un technicien dit utiliser davantage l'évaluation visuelle puisqu'il risque de se mouiller et se salir en utilisant le toucher.

**Figure 39. Information et évaluation tactiles pour placer les patins.**



Repérer, évaluer le point de levage



Aligner le patin avec le point de levage et évaluer l'espace entre les deux

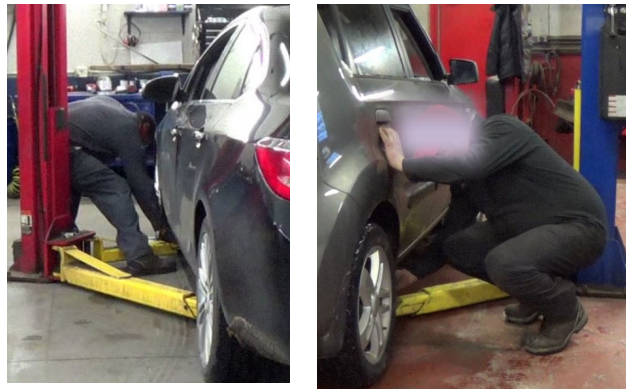
**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

Dans les cas où seul le toucher est utilisé pour placer le patin, des techniciens expliquent que c'est parce qu'ils connaissent très bien les véhicules. Sinon, la vision est aussi utilisée :

*Mais vu que je connais les pattes par cœur, j'ai même pas pris de coussins. Je sais qu'avec ma main, je vais toucher le cadrage en dessous. Je suis capable d'aller trouver le point avec ma main. Donc, je le sais, je mets ma main ici, je sais que le point est là, je passe ma main, je le sens pis... je soulève. Mais côté... si jamais quelqu'un c'était la première fois qu'il le faisait, il devrait aller éclairer avec une lampe d'atelier.*

Lorsque seul le toucher est utilisé, les techniciens ne mettent généralement pas le genou au sol et leur tête est au niveau du milieu de la portière (figure 40).

**Figure 40. Exemples de postures lors de positionnement des patins en utilisant uniquement le toucher.**



### 5.6.3.3 Centrer le patin sur le point de levage - Ajuster la rotation du bras, la longueur du bras, la hauteur et l'orientation du patin

Les techniciens ont pour principe de centrer le plus possible le patin sur le point de levage. Pour les patins ayant des petites butées, elles doivent se situer de part et d'autre de la surface et même si ces butées sont peu hautes pour les patins repliables en métal, elles sont considérées comme une sécurité. La grande surface d'appui des patins repliables en métal placés à plat requiert moins de précision et il faut un écart plus grand de positionnement avant de considérer qu'ils sont mal installés. Ainsi, pour les modèles de véhicules levés souvent et dont les points de levage sont sur le bord extérieur, placer les patins en métal à plat est rapide, mais exige tout de même de faire une vérification visuelle et un test de stabilité selon un technicien :

*Fait qu'un peu, peut-être pas instinctivement, mais comme par habitude je sais presque exactement où mettre les pattes en dessous de la voiture. Il est rendu qu'à c't'heure par habitude, je fais le tour de la voiture, j'y vais juste avec mon pied puis je me penche toujours en dessous pareil pour – ok, il est bien enligné, ok c'est beau – je*

*mets les pattes vite vite en dessous puis je lève. (...) Je donne tout le temps des coups sur la voiture (teste la stabilité). – Est-elle stable ? Ok, c'est beau.*

Quant au patin rond dont l'ensemble du coussinet n'est pas supporté solidement (figure 41), un technicien précise que lorsqu'il n'est pas possible de le centrer, il faut s'assurer qu'au moins 50 % de la partie métallique soit sur le point de contact, sinon cela devient risqué.

**Figure 41. Patin rond.**



Par ailleurs, comme mentionné, différents obstacles peuvent exiger une précision pour placer les patins. Par exemple, un technicien dit qu'il a à peine 1 cm de jeu pour placer son patin sans abîmer le plastique. Le plastique une fois plié risque de garder sa nouvelle forme et le froid le rend encore plus fragile. Des composants autres, comme les lignes d'air climatisé, le réservoir ou la ligne d'essence, le catalyseur, les garde-boue sont parfois très près des points de levage et l'espace suffit à peine pour placer le patin (p. ex. figure 42).

**Figure 42. Un technicien explique les précautions à prendre pour placer le patin à proximité du catalyseur, en plus de la barre transversale qui fait obstacle.**



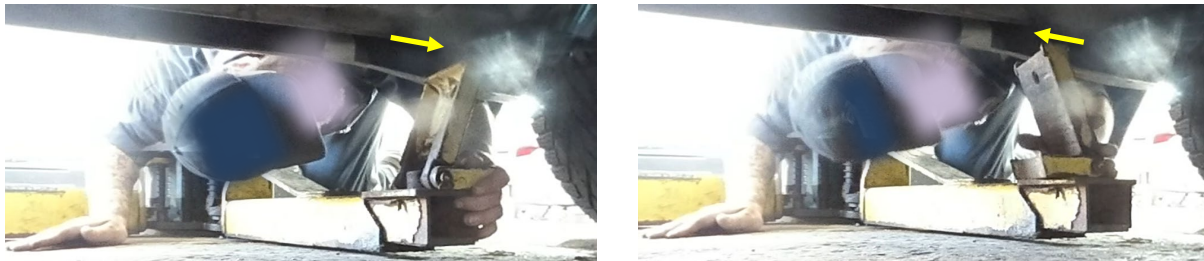
Pour arriver à bien placer le patin dans l'espace disponible, les techniciens doivent jouer avec quatre paramètres principaux : 1) la rotation du bras, 2) la longueur du bras, 3) la hauteur du patin et 4) l'orientation du patin. Selon les caractéristiques du pont et des patins, certains paramètres peuvent être interdépendants, rendre plus complexe le positionnement des patins et exiger plus de manipulations. Ainsi, les ponts de type Po1 et Po2 ont des patins repliables en métal qui permettent aisément de choisir trois hauteurs différentes (à plat, moyenne,

haute), mais qui nécessitent du même coup de porter attention à l'orientation patin. Avec ces patins, les techniciens veillent à orienter les patins AV et AR dans des directions opposées pour renforcer la stabilité si des forces sont exercées sur le véhicule (figure 43). Aussi, pour ces ponts, une modification dans le choix de la hauteur du patin ou de son orientation peut exiger de modifier la longueur et l'orientation du bras du pont (figure 44).

**Figure 43. Orientation des patins AV et AR en sens opposés.**



**Figure 44. Changement d'orientation de l'angle des patins modifiant la zone d'atteinte.**



Dans le cas des ponts Po3, Po4 et Po5, l'ajustement en hauteur n'influence en rien les autres ajustements. Leurs patins symétriques avec ou sans butées peuvent être orientés, lorsque nécessaire, sans devoir toucher aux autres paramètres. Leur positionnement est plus simple.

#### **5.6.3.4 Réajuster la position ou la hauteur des patins**

Plusieurs situations amènent à revoir la position d'un patin déjà placé. Parfois, il s'agit d'un petit réajustement et d'autres fois, le technicien change de point de levage, l'orientation du patin ou sa hauteur, joue avec la longueur du bras et sa rotation. Les techniciens rectifient la position des patins, au fur et à mesure qu'ils le jugent nécessaire par exemple, s'ils se rendent compte qu'ils ne pourront pas atteindre tous les points de levage tout en protégeant l'intégrité du véhicule. Sinon, ils lèvent le véhicule à une certaine hauteur et poursuivent leur évaluation comme expliqué dans la section 5.7.



Certains véhicules génèrent une série de changements : repositionnement du véhicule à une ou plusieurs reprises, repositionnement des patins avant d'essayer de lever le véhicule, repositionnement des patins après avoir levé partiellement ou totalement le véhicule. Le tableau 25 dénombre, pour les différentes catégories de véhicules et de ponts, les situations où le véhicule et/ou les patins ont été replacés. Cinquante-neuf pour cent des véhicules ont été levés sans rectifier le positionnement du véhicule ni des patins. Ce pourcentage est d'au moins 68 % pour les compacts et les berlines, mais de 47 % pour les VUS et de seulement 22 % pour les camionnettes et fourgonnettes. Le levage de plus gros véhicules paraît donc plus difficile, car il nécessite de reprendre un ou plusieurs ajustements. On compte 31 % (34/108) des situations pour lesquelles les techniciens replacent au moins un patin que ce soit avant ou après avoir essayé de lever le véhicule.

**Tableau 25. Nombre de situations ayant nécessité de repositionner le véhicule et/ou les patins, selon la catégorie de véhicules et le type de pont utilisé**

Catégorie de véhicule/Pont	Repositionnement du véhicule et/ou des patins								n.d.‡	Total général
	Véhicule repositionné Patin(s) repositionné(s)†				Véhicule non repositionné Patin(s) repositionné(s)†					
	A+P	P	A	non	A+P	P	A	non		
<b>Compact</b>	<b>1</b>		<b>3</b>	<b>3</b>		<b>1</b>	<b>3</b>	<b>25</b>	<b>1</b>	<b>37</b>
Po1			1				1	9		11
Po2	1							8	1	10
Po3								2		2
Po4			1	1			2	2		6
Po5			1	2		1		4		8
<b>Berline</b>					<b>1</b>		<b>2</b>	<b>19</b>	<b>1</b>	<b>23</b>
Po1					1		2	11	1	15
Po3								2		2
Po4								6		6
<b>VUS</b>	<b>1</b>		<b>10</b>	<b>3</b>		<b>3</b>	<b>3</b>	<b>18</b>		<b>38</b>
Po1			3			1	3	10		17
Po2			1					1		2
Po3						1				1
Po4	1		6	2				2		11
Po5				1		1		5		7
<b>Camionnette</b>	<b>1</b>	<b>1</b>				<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>		<b>6</b>
Po1							1	1		2
Po2	1									1
Po3		1				2				3
<b>Fourgonnette</b>				<b>2</b>				<b>1</b>		<b>3</b>
Po4				1						1
Po5				1				1		2
<b>(vide)</b>						<b>1</b>				<b>1</b>
Po4						1				1
<b>Total général</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>64</b>	<b>2</b>	<b>108</b>

† Légende : A= au moins un patin a été remplacé avant que le technicien essaie de lever le véhicule, P = au moins un patin a été remplacé après que le technicien ait essayé de lever le véhicule.

‡ n.d. : non disponible

#### 5.6.4 En résumé

Le positionnement des patins exige la connaissance et la reconnaissance de points de levage solides, le souci de ne pas endommager le véhicule et d'obtenir une bonne stabilité. Mais cela se fait également en faisant des choix en faveur de l'efficacité (éviter le repositionnement du véhicule) et du maintien de la santé (postures). Les techniciens cherchent généralement à obtenir un rectangle de sustentation le plus grand possible pour assurer la stabilité et préfèrent les points de levage se situant en périphérie du véhicule (excluant les gros véhicules). Les schémas du guide ALI (2019) ne sont pas consultés, parfois difficiles à interpréter et ne fournissent pas d'autres options par exemple lorsqu'il y a des problèmes de rouille. Les possibilités d'utiliser les points de levage dépendent de plusieurs facteurs notamment de la zone d'atteinte des bras du pont, de la configuration des patins, de l'état du véhicule. Des obstacles nuisent au positionnement des patins : marchepied, plastique, structures fragiles des véhicules, hauteur insuffisante entre le sol et le dessous du véhicule (patin ne passe pas sous véhicule). Pour certains ponts, l'ajustement des patins en hauteur se fait par incréments qui ne conviennent pas toujours aux besoins. En conséquence de toutes ces considérations, les patins ne sont pas toujours mis aux points de levage suggérés par le guide ALI ou des moyens « maison » sont utilisés pour pallier l'inadéquation entre le pont et le véhicule à lever (p. ex. utilisation de rondelles de hockey). Certains ponts ont des caractéristiques plus favorables pour réaliser le couplage entre les patins et les points de levage (voir discussions 7.2.2.2). Les techniciens s'assurent de la position des patins par vérification visuelle et/ou tactile. Ils effectuent le positionnement des patins dans des postures contraignantes. Dans 31 % des situations de levage, au moins un patin a été remplacé suite à une évaluation du technicien, que ce soit avant d'effectuer le levage ou après avoir tenté de lever le véhicule.

## 5.7 Le levage final du véhicule, le travail sur le véhicule et la descente

### 5.7.1 Initier le levage - examiner et être à l'écoute

En amorçant le levage du véhicule, les techniciens sont à l'affût de problèmes et peuvent déjà détecter, visuellement ou par les bruits qu'ils entendent, que les patins ou le véhicule ne sont pas placés de façon satisfaisante :

*Si je ne suis pas bien placé, je vais le voir. Quand il va lever, il y a des chances, tu sais, que je le vois, que je le vois déjà chambranlant par terre. Ou, des fois, oui, tu places ta patte. D'un coup, oups ! Tu l'entends se déplacer. Un bruit qui se déplace. Des fois il fait juste se placer à la bonne position.*

Plusieurs vérifications peuvent être faites à cette étape :

- emplacement des patins et du centrage du patin,
- verticalité des hautes rallonges lors de la mise en charge des patins,
- intégrité du véhicule (p. ex. bras appuie sur le plastique ou marchepied ; rouille),

*C'est sûr, quand qu'on lève un véhicule pis on entend quelque chose qui craque on arrête là, on sait pas. C'est déjà arrivé que, on s'est placé sur un rocker pis on n'a pas vu que le rocker il était en train de pourrir à cause de X raisons ; neige, sel, peu importe. Il était tout bien beau sauf qu'il était en train de pourrir de l'intérieur pis sa patte se trouve un peu renfoncée,*

- inclinaison AV-AR des plus gros véhicules,
- jeu entre un patin et un point d'appui.

Si l'installation ou l'équilibre ne conviennent pas, il faut réajuster les patins ou la position du véhicule comme décrit à la section précédente, en redescendant le véhicule. Pour réajuster la position des patins, le pont a été complètement abaissé au sol plus de la moitié (7/12) des fois (c.-à-d. que le système de blocage des bras n'était plus engagé).

La démarche de vérification systématique des patins, en faisant le tour complet du véhicule levé partiellement, n'est pas une pratique courante, elle est plutôt appliquée à des situations présentant des incertitudes ou des risques jugés plus élevés comme :

- le levage d'un véhicule très rouillé,
- lorsqu'il y a un espace assez grand entre le patin et le dessous du véhicule,
- pour de gros véhicules,
- pour des véhicules moins familiers,
- par crainte d'accrocher par exemple une ligne de climatisation ou pour vérifier si un contact avec le plastique aurait pu déplacer le patin.

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

### 5.7.2 Tester la stabilité

Une des raisons évoquées pour tester la stabilité est de s'assurer que le véhicule sera stable lorsque le travail doit se faire sous le véhicule, par exemple pour poser des marchepieds ou effectuer une tâche qui pourrait secouer le véhicule comme dévisser des boulons récalcitrants. Ce test est jugé particulièrement important pour les gros véhicules (p. ex. : gros VUS, camionnette, fourgonnette), les véhicules pour lesquels les patins sont rapprochés dans l'axe AV-AR et les véhicules nécessitant des patins hauts. Concernant l'application de la force pour faire le test, la plupart disent faire une poussée verticale en avant ou en arrière du véhicule. Deux techniciens expliquent avoir pour principe de pousser à l'endroit qui risque de créer le plus de ballonnement et que cela est en arrière pour les véhicules longs. Les techniciens n'attribuent pas la même importance aux tests pour les plus petits véhicules ou encore pour ceux considérés « faciles ».

Tester la stabilité est une habitude pour certains ou l'est devenue suite à la chute d'un gros véhicule dans un garage. Les observations montrent que cela est appliqué de façon variable selon le garage, le technicien ou les caractéristiques des véhicules levés. Ainsi, on trouve un garage où tous les véhicules levés ont été testés, un autre où aucun ne l'a été et trois autres où cela est variable. Dans l'ensemble, ce test a été effectué lors de 57 levages sur 108 (53 %). Le test a été effectué 7/9 fois pour les fourgonnettes et camionnettes. Presque tous les tests ont été faits avec une poussée à forte composante verticale, un seul technicien a parfois exercé une poussée latérale après avoir exercé des poussées verticales. Le point d'application observé est le plus souvent à l'avant du véhicule pour les compacts, à l'avant ou à l'arrière pour les berlines et VUS, et plus souvent à l'arrière pour les camionnettes et fourgonnettes. La force est appliquée sur un pneu, la carrosserie ou le pare-chocs (figure 45).

**Figure 45. Exemples de tests de stabilité.**



Lors du test, les techniciens sont à l'affût d'indices révélant un problème de stabilité :

*Si les pattes devraient glisser, ils vont glisser en arrière, sur cette configuration-là. Donc je vais tester en avant ou en arrière, pour essayer de le remuer, faire un petit peu de*

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles



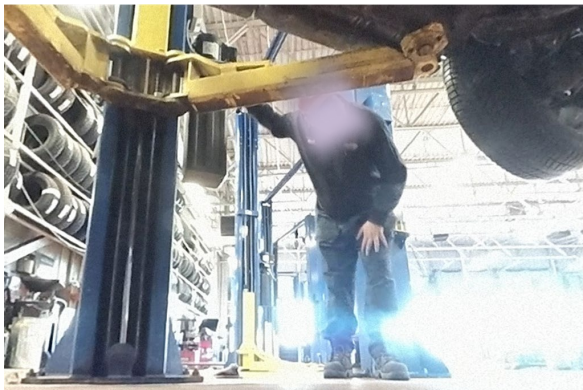
*berçage, parce que si ça berce, je vois que les pattes ne bougent pas, et si elles bougent pas à deux pieds du sol, elles vont pas bouger plus que ça. Ça c'est mon « sentiment » de sécurité.*

Pour les gros véhicules, en voyant que l'arrière ne revient pas à son niveau initial, un technicien déduit qu'il y a trop de poids en arrière et pourrait par exemple avancer le véhicule pour mieux l'équilibrer. Pour les ponts avec des patins vissables, un indice sonore (« toc, toc, toc ») ou un ballotement indiquent qu'il y a un jeu sur un des patins. Le véhicule est alors redescendu pour rétablir l'équilibre entre les patins.

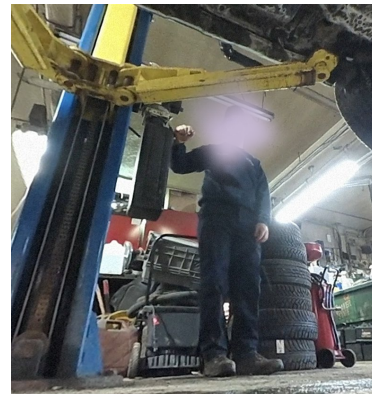
### 5.7.3 Vérifier visuellement la position des patins et le véhicule durant le levage

Des techniciens mentionnent vérifier la position de patins durant le levage (figure 46). Cette vérification est importante selon eux lors du levage de camionnettes avec un pont comportant des patins repliables en métal qui ne sont pas de largeur et de hauteur idéales. Le levage est aussi l'occasion de commencer l'inspection sous le véhicule comme la recherche de coulisses d'huile ou la vérification de l'état du pneu AV. Le dégagement entre le haut du véhicule et la barre de fin de course en hauteur est aussi vérifié visuellement (figure 46).

**Figure 46. Vérifications visuelles durant le levage.**



Vérification de la position des patins



Vérification du dégagement entre le haut du véhicule et la barre transversale de fin de course en hauteur du pont

### 5.7.4 Descendre le véhicule sur les loquets

Descendre le véhicule sur les loquets antichute évite de laisser le pont reposer sur la pression hydraulique et qu'en cas de fuite hydraulique, le véhicule ne redescende de manière inopinée jusqu'au prochain loquet. Cette pratique est utile selon des techniciens, et particulièrement importante lors du levage de gros véhicules ou de l'exécution de travaux de plus longue durée. Aussi, le véhicule devrait être descendu sur les loquets antichute lors de

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

l'utilisation de chandelles pour éviter, dans l'éventualité d'une défaillance du système hydraulique, que la chandelle supporte le véhicule qui descend.

Sur les 108 situations de levage, le véhicule a été descendu sur les loquets 63 % du temps. Ce taux est variable selon le technicien (p. ex. dans un même garage, de 0 % pour un technicien à 92 % pour un autre) et le garage (de 22 % à 88 % selon le garage). Il y a peu de variation selon le type de véhicule, mais cela n'a été fait que pour un peu plus de la moitié des levages des gros véhicules (compacts, berline, VUS : 61 à 65 % ; camionnettes et fourgonnettes : (5/9) 56 %).

### **5.7.5 Contrôler le ballant par l'ajout de chandelles**

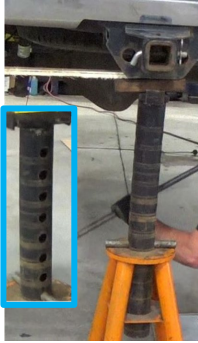
Les chandelles sont principalement utilisées pour éviter le balancement des camionnettes plus longues et lourdes ou même les gros VUS notamment lorsque le travail risque de brasser le véhicule. Les techniciens mentionnent surtout l'importance d'en mettre une en arrière :

*Y a des véhicules aussi qu'on soulève avec le lift, avec la capacité du lift est correct, mais le mouvement de berçage qu'un véhicule fait dessus, on est obligé de mettre des stands [chandelles]. Des stands longs, en arrière pour s'assurer que le véhicule va pas [...]. Parce que c'est l'effet de balancement qui va faire que les pattes vont carrément soit glisser ou pas, même s'il y a des butées (aux patins).*

Le nombre et l'emplacement de chandelles dépendent aussi du travail à faire sur le véhicule. Un technicien dit ajouter plus d'appuis s'il doit enlever un moteur. Pour contrebalancer le retrait d'une grosse pièce à l'avant, il mettra une chandelle à l'arrière et vice versa. En utilisant les chandelles, les techniciens d'un garage se disent à l'aise de pouvoir faire n'importe quelle tâche sous un véhicule. Dans un autre garage, il a été constaté qu'un technicien était peu confiant de se trouver sous un gros véhicule, difficile à équilibrer, dont le ballant était limité par une chandelle.

L'utilisation des chandelles pour la stabilité a été observée dans deux garages lors du levage de trois très gros véhicules (figure 47). Dans deux cas, la chandelle a été placée à l'arrière du véhicule et centrée et dans le troisième, deux chandelles ont été placées en diagonale, ce qui serait la règle à suivre dans ce garage lors du levage de véhicules lourds. Deux types de chandelles ont été utilisées : chandelles avec ajustement en hauteur par incrément (goujon inséré dans des trous espacés) et l'autre à ajustement continu par vis. Dans le premier cas, l'ajustement n'étant pas précis, le technicien a dû ajouter des cales de bois (un gros bloc et une petite cale) pour combler l'espace restant sans soulever le véhicule. Or, le travail effectué par la suite sur le véhicule a fait balancer très légèrement le véhicule et une cale est tombée.

**Figure 47. Utilisation de chandelles.**



Chandelle avec ajustement par incrément. Compensation de l'ajustement en hauteur avec 2 cales



Chandelle avec ajustement par vis



Chandelles à ajustement par vis, installées à l'avant et à l'arrière, en diagonale

### **5.7.6 Accomplir le travail sur le véhicule et redescendre le véhicule**

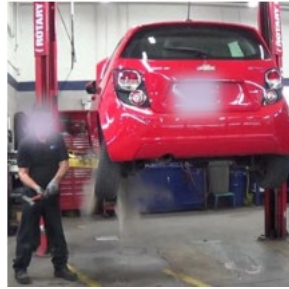
Comme expliqué dans la méthodologie, cette phase de l'activité n'a pas été filmée de façon continue ni analysée de façon systématique. Mais diverses observations ont été faites et des commentaires ont été recueillis auprès des techniciens.

#### **5.7.6.1 Exercer des forces sur le véhicule et position de travail**

Des forces exercées sur les véhicules ont été observées, comme : des coups de masse sur les roues (figure 48), du dévissage de boulons récalcitrants (*tie-rod*) sous le véhicule et l'utilisation de grosses barres de métal pour dégager des éléments. Le travail exige parfois le coup de main d'un collègue. Des efforts peuvent être exercés alors qu'au moins un technicien se trouve sous le véhicule. Le changement d'un amortisseur ou d'un différentiel demande l'utilisation de chandelle pour pousser sur les pièces du véhicule par en dessous. Un technicien dit veiller à ne pas trop pousser et surveiller comment l'auto « réagit » lorsqu'il lève la chandelle.

Le temps passé à travailler directement sous le véhicule varie évidemment selon les tâches à faire. Certaines tâches sont effectuées alors que le technicien se tient à proximité du véhicule, la tête souvent sous le bord du véhicule, mais le corps à l'extérieur, comme pour les changements de frein ou d'amortisseur. La figure 49 montre des exemples de ces postures.

**Figure 48. Force latérale exercée pour déloger une roue.**



**Figure 49. Position de travail sous ou en bordure du véhicule.**



#### **5.7.6.2 Redescendre le véhicule et sortir le véhicule de l'emplacement du pont**

Lors de la descente du véhicule, un risque à la sécurité a été mentionné s'il y a oubli de retirer la chandelle. La présence de la chandelle pourrait faire basculer le véhicule. Aussi, à cette étape, des problèmes de tension dans les câbles égalisateurs du pont peuvent faire incliner le véhicule dans l'axe GA-DR :

*Sur un véhicule plus lourd, vu qu'il y a plus de tensions sur les câbles ou quoi que ce soit, de temps en temps on va arriver pis il y a un loquet qui va engager. Pis on va décider d'arrêter là. On va venir pour accoter, pis l'autre loquet il a pas eu le temps de passer, fait que là le véhicule va descendre un peu plus comme ça. C'est pour ça que c'est important le moins on joue avec lever ou baisser le véhicule, garder un œil sur le véhicule, comme ça on peut s'arrêter pis replacer.*

Par ailleurs, dans un garage, le technicien a dû réajuster la tension du câble permettant de retirer les loquets lors de la descente du pont, pendant que le véhicule était levé. À ce sujet le technicien précise :

- IRSST** ■ Utilisation des ponts éleveurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

*Mais en termes de manipulation, avec le minimum d'expérience, on est capable de faire descendre le véhicule sur le lift sans danger.*

Dans les récits d'incidents exposés à la section 5.3.2.4, un évènement s'est produit à l'étape de descente d'une camionnette. L'arrière du véhicule a glissé d'un côté et aurait pu occasionner des conséquences graves.

Une fois le véhicule au sol, les techniciens rabattent les bras à côté des colonnes afin de libérer le passage pour sortir le véhicule. Un technicien a souligné que lorsque le boîtier de commande du pont se situe du côté conducteur, il est plus facile d'oublier de rabattre les bras du côté passager et cela peut créer le risque de reculer sur les bras.

#### **5.7.7 En résumé**

Au moment de lever le véhicule, les techniciens continuent de rechercher ou d'être attentifs aux indices (p. ex. : visuels, sonores) qui pourraient révéler un problème d'emplacement des patins ou de position du véhicule. Au besoin, ils redescendent le véhicule et effectuent des correctifs. Le levage est aussi le moment de constater plus largement l'état du véhicule. Le test de stabilité est jugé particulièrement important pour les gros véhicules, mais son application est très variable selon les techniciens et les garages. Dans l'ensemble, il a été fait dans 53 % des situations de levage observées et la force appliquée sur le véhicule était à forte composante verticale. De la même façon, descendre le véhicule sur les loquets est jugée utile, surtout pour les gros véhicules. L'application est là encore variable selon les techniciens et les garages, mais représente globalement 63 % des observations. Les chandelles sont utilisées dans certains garages pour contrôler le ballant des plus gros véhicules ; les chandelles à ajustement à vis permettent de mieux assurer le soutien que celles avec des ajustements par incréments. Les techniciens exercent des forces sur le véhicule lorsqu'ils travaillent sur le véhicule levé ; ils peuvent alors se trouver sous le véhicule ou en périphérie de celui-ci. Lors de la descente du véhicule, des problèmes de câbles pour actionner les loquets font partie des aléas que les techniciens apprennent à maîtriser.

### **5.8 Le levage de camionnettes et de fourgonnettes**

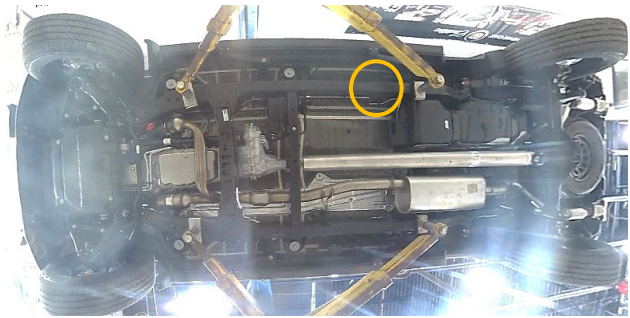
Plusieurs préoccupations des techniciens concernant la stabilité des gros véhicules comme les camionnettes et les fourgonnettes ont été décrites à travers les sections qui précèdent. Cette section offre donc une synthèse des préoccupations et des principes qui guident les techniciens lors du levage de ce type de véhicules avec un pont HT2C. Cette section permet également de revenir sur plusieurs notions en lien avec le levage de véhicule avec un PEV HT2C de manière générale.

### 5.8.1 Préoccupations

Le tableau 26 décrit les situations de levage de camionnettes et de fourgonnettes incluses dans l'étude. Lors des entretiens préliminaires et d'approfondissement, plusieurs techniciens ont rapporté avoir été témoins ou avoir vécu un incident lors du levage de ce type de véhicules. D'ailleurs, les deux plus récents accidents mortels au Québec ont impliqué ce type de véhicules (tableau 1). De l'avis des techniciens, il y a beaucoup de diversité dans la configuration des camionnettes et des fourgonnettes bien que les points de levage se situent généralement sur les longerons sous le véhicule :

*Un pickup... c'est la guerre des étoiles 8. Chaque pickup est unique dans son genre. Des fois t'es obligé de mettre des pattes longues en arrière, courtes en avant. Parce que t'as le châssis qui débarque, après il redescend [voir tableau 26 et figure 51]. Donc tu n'as pas... la même plateforme.*

**Tableau 26. Situations de levage avec pickups et fourgonnettes observées lors de l'étude**

Véhicule	Camionnette	Fourgonnette
<b>Nombre</b>	6 ; 3 modèles différents	3 ; 3 modèles différents
<b>Empattement</b>	Min-Max : 3 109-4 016 mm	Min-Max : 3 078-3 505 mm
<b>Largeur</b>	Min-Max : 2 029-2 062 mm	Min-Max : 1 998-2 017 mm
<b>Année</b>	2016 à 2020	2011 à 2013
<b>Poids à vide</b>	Approximativement entre 2 000 et 3 500 kg (4 400 et 7 700 lb)	
<b>Chargement dans la caisse</b>	2 cas : caisse vidée partiellement ; équipements fixés	Aucun
<b>Ponts utilisés</b>	Po1, Po2, Po3	Po4, Po5
<b>Temps installation patins</b>	Min-Max : 2,4-9,3 min ; Médiane : 4,8 min	Min-Max : 1,3-3,3 min ; Médiane : 2,0 min
<b>Tâches</b>	Inspection, changement d'huile, pneus, dépannage	Changement d'huile, dépannage (démarreur, alternateur, batterie)
<b>Points de levage</b> typiques sur les longerons. Longerons qui remontent en arrière (cercle)		

Les camionnettes et les fourgonnettes sont des véhicules particulièrement longs, larges et lourds en comparaison des autres types de véhicules observés. De plus, l'espace de chargement et la personnalisation selon les besoins de leur propriétaire (p. ex. : chasse-neige en avant et son système d'attache, sellette d'attelage (*fifth wheel*) dans la caisse arrière, cabine double et caisse longue) amènent des inconnues en termes de masse et des questions sur le positionnement du véhicule et des patins. Comme exposé à la section 5.4.2,

**IRSSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

lorsque le technicien estime que le véhicule est trop lourd ou que sa configuration ne convient pas pour son pont (p. ex. double roues en arrière), il peut décider de ne pas lever le véhicule avec son pont.

Le temps médian et maximum pour placer les patins sur ce type de véhicules a été plus long que pour les autres types de véhicules observés (tableau 26). Tout d'abord, les points de levage sont au niveau des longerons sous le véhicule, et non sur les bords du véhicule. Aussi, ce type de véhicule exige de mettre des rallonges de patins afin de contourner les obstacles sur le bord (p. ex. marchepieds à ne pas abîmer). Ces rallonges peuvent introduire un jeu que certains techniciens craignent. Enfin, des patins de plus grande largeur sont nécessaires pour s'ajuster à la largeur du longeron de certains modèles (figure 50c), ce qui exige de les avoir disponibles.

À travers l'ensemble des propos recueillis, les techniciens abordent la question du poids du véhicule par rapport à la capacité du pont, mais le plus souvent, c'est en d'autres termes qu'ils énoncent les précautions qu'ils prennent pour assurer la stabilité de ce type de véhicules. Les principes généraux qui guident les techniciens sont abordés dans la section qui suit.

## **5.8.2 Principes qui guident les techniciens pour le levage de camionnettes et de fourgonnettes**

### **5.8.2.1 Capacité du pont et poids théorique du véhicule**

En cas de doute, le poids à vide ou le poids nominal brut du véhicule (PNBV : masse nette plus capacité maximale de charge du véhicule), disponibles sur la plaque d'identification fixée au véhicule, est comparé avec la capacité du pont. Le poids à vide d'une camionnette peut aller jusqu'à environ 3 500 kg (7 700 lb) (p. ex. double cabine) et peut-être même être un peu plus important dans le cas de nouveaux modèles électriques. Lorsque la capacité du pont est de 4 545 kg (10 000 lb), le poids des camionnettes et des fourgonnettes est de manière générale inférieur à la capacité du pont. Toutefois, les techniciens hésitent parfois à lever le véhicule lorsqu'ils jugent que la marge de sécurité n'est pas suffisante (p. ex. : chargement caisse, porte-à-faux arrière). En effet, dans le cas des camionnettes et des fourgonnettes, les bras arrière sont particulièrement sollicités. Le tableau 27 décrit ce phénomène avec 1) les résultats d'un test du bloc A au CFP avec une camionnette chargée au niveau de l'essieu arrière et bien positionnée sur un pont neuf (P1V2C1A2W1) et 2) des mesures effectuées sur une camionnette avec un attelage dans la caisse (le véhicule le plus lourd observé lors de l'étude) (figure 50a). Le schéma du véhicule compact chargé dans le coffre (216 kg) issu des tests du bloc A a été ajouté à des fins de comparaison. Les données terrain rejoignent celles des tests en environnement contrôlé puisque, les bras arrière du pont supportent environ 70 % de la charge dans le cas des deux camionnettes. Ceci s'explique par la position du CdG par rapport aux patins arrière (en comparaison au véhicule compact ; schéma du



tableau 27). De plus, comme les véhicules sont longs, les bras arrière doivent souvent être allongés. Ainsi, les moments de force dans les bras arrière peuvent être très importants. Ces sollicitations peuvent être visibles par la flexion des bras arrière. Comme mentionné en conclusion du plan d'expérience n° 1 du bloc A (section 4.3.4), il s'agit d'un point de vigilance puisque ces sursollicitations peuvent causer une dégradation prématurée des structures associées (p. ex. : pivot, barre bras, extensions, patins).

À noter qu'un débalancement gauche-droite du poids de la camionnette n'a pas suscité autant de préoccupation auprès des techniciens, ou même lors des tests du bloc A, tout comme un CdG plus haut que la normale.

**Figure 50. (a) Attelage dans la caisse ; (b) Positionnement des patins de gauche ; (c) Présence d'obstacles empêchant de reculer le patin.**





**Tableau 27. Position relative du CdG dans l'axe avant-arrière pour deux camionnettes avec chargement dans la caisse (issus d'un garage et des tests du bloc A)**

Camionnette avec chargement dans la caisse		Empattement (mm)	Masse (kg)				CdG (mm)		
			Total	Essieu avant	Essieu arrière	Aux patins avant	Aux patins arrière	Distance au patin arrière	Distance au pneu arrière
Tests CFP	Camionnette avec 216 kg à l'essieu arrière	3 530	2 672	1 419 (54 %)	1 233 (46 %)	878 (33 %)	1 794 (67 %)	450	1 860
Garage (mesures)	Camionnette avec attelage (fifth wheel) de 150 kg	4 020	3 489	1 877 (54 %)	1 612 (46 %)	973 (28 %)	2 516 (72 %)	470	2 170

*Schématisation à l'échelle de la position du CdG par rapport aux patins et aux roues dans l'axe avant-arrière (comparaison avec un véhicule compact avec chargement dans le coffre)*

Note : les valeurs en italique sont les mesures qui ont été effectuées. Les autres données ont été calculées à partir de ces mesures.

### 5.8.2.2 Position des patins – quadrilatère de sustentation

Pour les camionnettes, le fait que les points de levage soient rapprochés par rapport à la longueur du véhicule est une source d'inquiétude. D'ailleurs, on remarque aux schémas du tableau 27 que l'écartement des patins pour le véhicule compact est légèrement plus grand que ceux pour les camionnettes. Cela s'explique par la configuration du longeron qui fait une courbe limitant le recul du patin (figure 51) :

*Fait que quand un véhicule a plus d'empattement ou qu'il est plus long à aller, comme un F-150 qui est 15 pieds, 18 pieds de long pis il faut que je mette les pattes à 5 pieds, non. J'ai les genoux qui se collent un petit peu...*

Les techniciens vont dans la mesure du possible aller chercher les points de levage les plus en avant et arrière possible pour que le quadrilatère de sustentation soit le plus grand. Dans une situation observée, le patin arrière a été mis plus en arrière que la normale, sur l'attache de la lame de ressort. Cet emplacement du patin permet de réduire considérablement le porte-à-faux arrière par rapport au point recommandé dans le guide ALI (figure 51). Toutefois, certains techniciens ont mentionné lors des entretiens d'approfondissement que ce n'était pas un emplacement qu'ils utiliseraient (p. ex. : bras trop étiré, pas au même niveau que les points en avant, interrogation sur la solidité et la forme) ou alors en dernier recours

**IRSSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

s'il y a trop de ballants. Dans le cas de la camionnette avec attelage dans la caisse, le technicien a déploré ne pas pouvoir mettre les patins plus loin parce qu'il était limité par les éléments fixés au longeron et la courbe de celui-ci (figure 50c). Ainsi, le recul du patin arrière n'est pas toujours possible.

**Figure 51. Camionnette chargée, position des patins arrière plus reculée que le point recommandé (croix) pour avoir une meilleure base de sustentation.**



### 5.8.2.3 Position AV-AR du véhicule par rapport au pont – moment de flexion dans les bras

À partir des explications fournies par les techniciens, il semble y avoir un conflit entre deux paramètres lorsqu'ils essaient d'assurer la stabilité. Aller chercher les points de levage avant et arrière les plus écartés, comme décrit à la section précédente, oblige souvent à étirer les bras au maximum, ce qui génère un moment de flexion et donc des contraintes structurales plus importantes. Pour rappel, les bras arrière portent près de 70 % de la charge pour les camionnettes, les raccourcir permettrait de diminuer le moment de flexion.

Pour limiter la longueur des bras arrière, deux techniciens expliquent avancer un peu plus le véhicule. La recherche du bon équilibre peut donc prendre du temps pour certains véhicules comme mentionné précédemment :

*Je pourrais l'avancer de cela [montre environ 30 cm], et modifier mes pattes, sortir celles d'en avant un peu plus, rentrer celles-là [en arrière]. Je vais l'essayer, mais il va peut-être y avoir trop de poids en avant. Je vais l'essayer pareil. C'est tout le temps les camions qui sont compliqués.*

La vérification de l'horizontalité du véhicule est une des façons de confirmer si les moments de flexions avant et arrière ne génèrent pas d'inclinaison. Pour faire cette évaluation visuelle, l'espace entourant le pont doit permettre aux techniciens de prendre une certaine distance avec le véhicule. Cette notion de flexion des bras permet de faire le lien avec le fait que les techniciens essaient de garder une marge de sécurité quant à la capacité du pont (section 5.8.2.1). Les bras sont alors dimensionnés pour résister à des moments de flexion plus importants que ceux générés par le véhicule, limitant leur flexion et leur dégradation prématurée.

#### 5.8.2.4 Ballant

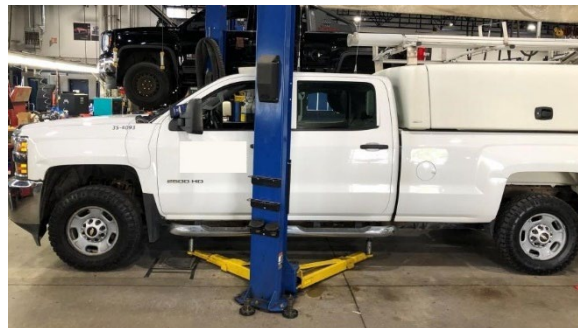
Dans le cas de la camionnette avec attelage, le technicien impliqué a souligné toute la distance qu'il y a entre les patins arrière et l'arrière du véhicule (porte-à-faux) (figure 50b) :

*Regarde où elle est ma patte. Regarde toute la distance que j'ai en arrière. Regarde comme ça chambranle. Il faut essayer d'aller le plus large possible.*

Ce porte-à-faux arrière est effectivement caractéristique du levage des véhicules longs comme le démontrent les schémas du tableau 27 notamment en comparaison avec les véhicules compacts. Un autre exemple est disponible à la figure 52. Ce porte-à-faux est à l'origine d'un mouvement de ballant potentiellement important comme observé lors du plan d'expérience n° 2 du bloc A avec la camionnette et des forces verticales au niveau de la caisse. Ce point est confirmé par un technicien qui précise que lorsque le test de stabilité se fait verticalement à l'arrière d'une camionnette chargée, le véhicule oscille et les observations montrent que cela dure près de 20 secondes. Le technicien précise que ce n'est pas la suspension qui crée ce mouvement et que si les patins étaient plus écartés, la camionnette plus courte et non chargée, ça n'oscillerait pas autant.

Ainsi, le travail à faire sur le véhicule et les forces à exercer comptent parmi les préoccupations des techniciens pour la stabilité des camionnettes, plus que dans le cas des compacts. Pour contrôler le ballant, des techniciens vont utiliser des chandelles (voir difficultés, section 5.7.5). Un incident a d'ailleurs été rapporté durant la descente d'un véhicule, à un moment où le véhicule ne peut pas être stabilisé par des chandelles.

**Figure 52. Illustration du porte-à-faux à l'arrière pour une camionnette allongée.**



#### 5.8.2.5 Stabilité et glissement des patins

Plusieurs paramètres concernant la stabilité latérale des patins et la résistance au glissement ont été mentionnés par les techniciens. Premièrement, les techniciens sont particulièrement attentifs aux jeux présents avec les longues rallonges de patins souvent nécessaires avec les camionnettes à cause des marches-pieds et des points de levage sous le véhicule (figure 50c). Les techniciens sont également attentifs à l'orientation des patins en métal repliables

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

pour qu'ils pointent dans des directions opposées et à l'ajustement en hauteur des quatre patins pour mettre le véhicule à niveau afin d'assurer une plus grande stabilité à l'ensemble. En lien avec ce point, il a effectivement été vu au bloc A qu'un véhicule avec un angle de roulis sollicitait davantage les deux bras du côté où les patins étaient plus bas (section 4.3.4) :

*Fait que souvent dans ces cas-là, c'est important de garder le véhicule droit parce que tu veux pas... Tu sais s'il est moindrement débalancé, tu vas induire la moindre petite vibration. Le mouvement il va se créer pis ça peut mener à une chute fait que c'est sûr... Ou un patin qui glisse. Même s'il était bien mis, il peut glisser quand même tu sais, ça reste pas impossible là.*

Ainsi, les techniciens privilégieront les patins avec butées (figure 50c) et avec un revêtement avec un plus grand coefficient de friction ainsi que des points de levage exempts d'antirouille ou de glace. Ces notions sont à mettre en lien avec les résultats des tests du plan d'expérience n° 2 du bloc A où des glissements de patins ont été observés jusqu'à 52 % de la demi-largeur du patin pour les patins en métal et des forces exercées latéralement sur le véhicule (section 4.4.2).

### 5.8.3 En résumé

Les véhicules de type camionnette et fourgonnette sont plus lourds et allongés que les autres types de véhicules et avec un possible chargement dans la caisse arrière. Cette configuration combinée à la position des patins crée un porte-à-faux arrière possiblement important conduisant à la présence de ballant et à une sursollicitation des bras et patins arrière (tableau 27). On peut ajouter à cela la configuration des points de levage qui implique l'utilisation de rallonges hautes avec potentiellement plus de jeux.

Ces phénomènes sont à l'origine des préoccupations des techniciens pour le levage de ce type de véhicules. Dans leur recherche de stabilité et de sécurité, les principes qui guident les techniciens sont :

- de privilégier un pont avec une capacité offrant une marge de sécurité plus importante pour compenser la sursollicitation des bras arrière,
- d'agrandir au maximum le quadrilatère de sustentation notamment en arrière pour limiter le porte-à-faux,
- d'avancer le véhicule pour limiter l'extension des bras arrière et donc leur flexion,
- d'utiliser des patins avec des rebords pour prévenir d'un possible glissement notamment lors des mouvements de ballant, et
- de contrôler le ballant avec des chandelles.

La configuration et le contexte limitent parfois l'application de ces principes. Il s'agit alors pour le technicien de trouver le meilleur compromis. Les précautions telles que placer les patins à un endroit où ils ne risquent pas de glisser, s'assurer de l'horizontalité et de l'équilibre du véhicule, tester la stabilité et descendre le pont sur les loquets antichute prennent également tout leur sens pour le levage de ce type de véhicule.

## 5.9 Les facteurs favorables et pistes d'améliorations selon le personnel des garages et les acteurs clés du secteur

Cette section résume d'abord les facteurs techniques des véhicules que les techniciens associent à un levage plus facile ou à une meilleure stabilité. Elle énumère ensuite les pistes d'amélioration souhaitées par les acteurs clés du secteur et le personnel des garages, et ce, à différents niveaux couvrant de la réglementation jusqu'à la responsabilisation personnelle. Une grande partie des suggestions énumérées dans cette section ont été reprises dans les pistes d'améliorations du chapitre 7 (Discussions) en conjonction avec les autres résultats de l'étude.

- IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

### 5.9.1 Caractéristiques des véhicules favorisant le levage selon les techniciens

À la toute fin des entretiens d'approfondissement, les techniciens (n=8) ont classé les photos de véhicules levés selon la difficulté pour placer les patins et/ou pour obtenir une bonne stabilité. En tout, 83 véhicules ont été classés (31 compacts, 17 berlines, 27 VUS, 6 camionnettes, 2 fourgonnettes). Tous les techniciens ont spontanément fait trois piles de niveaux de difficulté différents. Ils ont ajouté des commentaires permettant de saisir ce qui rend ces levages plus ou moins aisés ou à risque.

Sans surprise, toutes les camionnettes et fourgonnettes ont été classées comme étant les plus difficiles (niveau 3) (8/8). Dans la catégorie des plus faciles (niveau 1), on trouve 74 % des compacts, 88 % des berlines et 52 % des VUS. Près de la moitié des VUS ont donc été classés de niveau 2 ou 3 (13/27). Pour les berlines, deux véhicules de luxe ont été classés dans la pile présentant un certain niveau de difficulté (niveau 2). Quant aux véhicules compacts, un seul véhicule, très rouillé, a été catégorisé de niveau 3, et ceux de niveau 2 sont des véhicules de luxe, de très petits véhicules et un véhicule très rouillé.

Le tableau 28 liste les facteurs qui contribuent à faciliter le levage et favoriser la stabilité selon les techniciens. Globalement, un technicien résume que l'atteinte des points de levage du fabricant doit être directe et facile, qu'il y ait « le moins de cassage de tête possible ». Idéalement, les véhicules n'exigeraient pas de minutie, d'expérience, ni de temps pour faire un levage sécuritaire. Selon un technicien, les petits véhicules asiatiques sont généralement plus faciles à lever, car ils ont peu de plastique et des *rockers* tout le long (pli de tôle dans le bas de caisse qui peut servir de point de levage sur certains modèles) qui sont bien visibles et accessibles. Outre les gros véhicules, ce sont les VUS qui posent le plus de problèmes et il en existe une grande variété.

**Tableau 28. Caractéristiques des points de levage et des véhicules qui facilitent le levage et favorisent la stabilité selon les techniciens**

Caractéristique favorable	
Points de levage	<p>Faciles à repérer, visibles</p> <p><i>Rocker</i> (pli de tôle dans le bas de caisse) tout le long, pas de point de levage très précis</p> <p>Plusieurs options de points de levage possibles</p> <p>Pour un modèle de véhicule, toujours les mêmes points de levage, peu importe l'année de fabrication</p> <p>Ne pas avoir à utiliser des points de levage alternatifs, autres que ceux du fabricant (points alternatifs exigent de s'assurer que c'est correct : risques électriques avec véhicules hybrides ; points cachés sous le plastique)</p> <p>Quatre points tous au même niveau (hauteur) ; châssis droit</p> <p>Tous en bon état, présence de tous les appuis de plastique des véhicules de luxe européens</p> <p>Solides</p> <p>Situés pour aller chercher le plus loin (AV-AR) possible</p> <p>Utilisables avec des patins « standards » (p. ex. : ronds ou patins métalliques mis à plat)</p> <p>Ne pas devoir changer de rallonge ou de patins</p>
Véhicule	<p>Véhicule de passagers (<i>rocker</i> tout le long)</p> <p>Véhicule standard non modifié</p> <p>Pas pesant</p> <p>Pas de petit empattement</p> <p>Pas long et pas de courbe dans les longerons</p> <p>Pas large</p> <p>Pas bas ou présentant des obstacles sous le véhicule (p. ex. : vis, système d'échappement) nécessitant de lever le véhicule (p. ex. : manuellement, sur des planches).</p> <p>Qui n'a pas tendance à s'incliner (p. ex. : stable, n'exige d'être très bien balancé)</p> <p>Absence d'antirouille ou de neige sur le véhicule</p> <p>Non rouillé</p> <p>Pas d'obstacle à la vision (p. ex. : plastique, marchepied)</p> <p>Pas de risque d'endommager des composants ou de subtilité pour placer les patins (p. ex. : plastique de bas de caisse, réservoir d'essence, catalyseur, ligne d'air climatisé, marchepied)</p> <p>Pas de panneaux de plastique couvrant le dessous</p> <p>Ne nécessite pas de précision pour positionner le véhicule (AV-AR et centrage)</p> <p>Peut être stationné sur la cale au sol</p>

### 5.9.2 Pistes d'améliorations suggérées par les techniciens et les acteurs clés du secteur

En fin d'entretien, les acteurs clés du secteur et le personnel des garages, dont les techniciens, étaient invités à suggérer des pistes pour faciliter le travail de levage des véhicules et favoriser la sécurité. Quelques commentaires sur le sujet ont aussi été recueillis sur le terrain. Les idées et réflexions sont présentées par regroupement de thèmes, couvrant des facteurs macro jusqu'aux considérations individuelles (tableau 29 à tableau 31).

- IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

**Tableau 29. Facteurs favorables et pistes d'amélioration suggérées par les acteurs clés du secteur (AC) et le personnel des garages (G) concernant la réglementation et l'organisation des garages**

<p><b>Réglementation</b></p> <p>Adopter une politique sur les contrôles techniques des véhicules, comme dans les pays européens afin d'éviter de se retrouver avec des véhicules très rouillés (G<sup>1</sup>).</p> <p>Obliger l'inspection des ponts par une compagnie externe au moins une fois par an. Mettre une étiquette pour attester que tout est en ordre ou condamner les ponts le temps de faire les réparations (G).</p> <p>Développer un cadre réglementaire visant les PEV et leur utilisation (AC<sup>1</sup>) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Formation obligatoire à l'utilisation des ponts élévateurs.</li> <li>- Fabrication, installation, inspection et entretien des ponts (critères de fabrication et d'installation, qualification spécifique, accréditation ou autre).</li> <li>- Inspection et réparation obligatoires des PEV.</li> <li>- Obligation des fournisseurs et installateurs à donner une formation spécifique à leurs PEV.</li> </ul>
<p><b>Organisation et culture des garages</b></p> <p>Instaurer une mentalité d'entreprise favorable (G)</p> <p><i>Tu sais pas, tu fais pas.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ne pas pousser les employés, leur laisser le temps pour faire la vérification et l'entretien de leur pont.</li> <li>- Laisser le temps suffisant pour bien voir comment lever un véhicule qu'on n'a jamais levé ou qu'on a levé il y a longtemps.</li> <li>- S'entraider et aller chercher l'information (le mode de rémunération avec prime n'encourage pas cela).</li> <li>- Ne pas jeter la faute sur les employés si un accident survient.</li> </ul> <p>Favoriser l'implantation de comités SST au sein des milieux et encourager l'implication des employés dans ces comités (AC).</p> <p>Prendre en compte l'adéquation entre les ponts, les tâches à effectuer et les véhicules à soulever (AC) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mettre à contribution les conseillers techniques.</li> </ul> <p>Prôner une utilisation plus durable des ponts (à 70 % - 75 % de la capacité) pour préserver leur bon état et leur fonctionnement (AC).</p>

<sup>1</sup> Information venant G =du personnel des garages participants et AC = des acteurs clés du secteur



**Tableau 30. Facteurs favorables et pistes d'amélioration suggérées par les acteurs clés du secteur (AC) et le personnel des garages (G) concernant les ponts**

<p><b>Démarche d'achat des ponts</b></p> <p>Choisir le pont selon ses besoins (G).</p> <p>Considérer qu'il vaut la peine de faire un peu plus de recherche, de dépenser un peu plus pour l'achat d'un pont afin de trouver celui qui pourra lever une plage plus vaste de véhicules, des petites autos jusqu'aux camionnettes (G).</p> <p>Éviter les ponts peu coûteux, de basse qualité et aucunement « ergonomiques » (G).</p> <p>Élaborer un guide d'achat pour soutenir les milieux dans leur processus d'achat de ponts élévateurs (AC) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Développer un processus définissant des critères objectifs d'achat de ponts.</li> </ul> <p>Faire une démonstration « coûts vs bénéfices » aux propriétaires de garages, montrer que ça vaut la peine d'investir dans l'achat, l'inspection et l'entretien des ponts (AC).</p>
<p><b>Ponts</b></p> <p><i>L'industrie pourrait s'adapter un peu plus aux besoins du marché (G).</i></p> <p>Adapter les ponts, trop petits actuellement, pour permettre le levage des grosses camionnettes (part du marché de plus en plus importante). Les points à améliorer ne concernent pas simplement la capacité de levage (G) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plus grande largeur entre les colonnes du pont.</li> <li>- Plus haut dégagement en hauteur.</li> <li>- Trouver un moyen, autre que les chandelles, incorporé au pont pour supporter les camionnettes qui ont une boîte remplie d'outils affectant la stabilité.</li> <li>- Expérimenter des ponts similaires à ceux pour les camions routiers : poteaux non fixés au plancher, pattes placées sous les pneus de chaque côté.</li> <li>- Renforcer la capacité des ponts existants pour convenir aux plus grosses camionnettes.</li> </ul> <p>En général, les caractéristiques suivantes sont souhaitées (G) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Patins ajustables en hauteur (avec vis) plutôt que des patins repliables en métal à trois hauteurs.</li> <li>- Longueur des bras procurant une plus grande plage d'atteinte (minimum-maximum).</li> <li>- Bras faciles à bouger.</li> <li>- Équerres de renfort des bras qui ne gênent pas le positionnement des patins et l'ouverture des portes.</li> </ul> <p>Considérer une diversité des ponts pour répondre à la diversité des besoins (AC).</p>
<p><b>Aménagement des ponts dans le garage</b></p> <p>Éviter de placer des ponts trop près des murs (G).</p> <p>Arranger le plancher (éviter une colonne surélevée) pour ne pas avoir de difficulté à faire passer les patins sous le véhicule et devoir monter le véhicule sur des planches de bois (G).</p> <p>Laisser de la distance entre les ponts (G).</p>
<p><b>Entretien des ponts</b></p> <p>Faire une vérification et un entretien des ponts une ou plusieurs fois par année, par une personne externe (G).</p> <p>Laisser le temps aux techniciens de bien vérifier périodiquement leurs ponts et d'effectuer le graissage (p. ex. une fois par mois minimum) (G).</p> <p>Développer des outils plus concis que les manuels d'instructions des fabricants de ponts qui sont souvent trop détaillés et volumineux (AC).</p> <p>Sensibiliser les milieux face à l'importance de l'inspection et de l'entretien des ponts (AC) :</p> <p><i>C'est pas parce que c'est le patron qui paye, c'est ta vie en dessous du lift. Il va pas bien ton lift ? Fais-le réparer. Mentionne-le à ton patron. Tu sais, regarde, il y a telle affaire qui est pas correcte. C'est de sensibiliser les gens que... de faire de l'entretien surtout.</i> (AC)</p> <p>Signaler le bris ou le mauvais ajustement de son pont. Cela fait partie des responsabilités du technicien (G).</p>

<sup>1</sup> Information venant G =du personnel des garages participants et AC = des acteurs clés du secteur

**Tableau 31. Facteurs favorables et pistes d'amélioration suggérées par les acteurs clés du secteur (AC) et le personnel des garages (G) concernant la formation et l'évaluation des situations de levage**

**Formation**

Faire des plans de formation : comment bien lever un véhicule ; comment en faire l'entretien (G).

Développer une structure d'accueil et d'intégration des nouveaux techniciens au sein des garages :

- Formation obligatoire à l'arrivée dans un nouveau garage (AC).
- Compagnonnage ou supervision des nouveaux mécaniciens le temps de se familiariser avec les ponts à disposition (AC).

Accompagner de façon progressive les nouveaux travailleurs qui n'ont jamais levé de véhicules (G) : 1) leur montrer et les aider ; 2) les laisser accomplir le levage, mais doivent demander à un technicien d'expérience en cas de doute. Faire commencer les nouveaux avec de petits véhicules ; leur faire faire une diversité de véhicules pour qu'ils s'habituent avant de les laisser seuls sur leur pont.

Bien expliquer les principes pour qu'un véhicule soit stable : toujours prendre le temps de bien placer les patins avant de lever ; tout le temps brasser le véhicule et s'assurer en regardant sous le véhicule que celui-ci repose bien sur les quatre patins ; toujours descendre le véhicule sur les loquets (G).

Montrer le levage de véhicules directement sur le terrain dans les vraies situations est la meilleure façon de former. Les images de la caméra 360° pourraient tout de même permettre des discussions de groupe. Ces vidéos sont mieux qu'un schéma parce qu'elles montrent des situations réellement vécues par des techniciens (G).

Développer des programmes de type travail-étude ou incluant des stages de fin d'études en entreprises au sein des centres de formation professionnelle permet une meilleure préparation aux conditions réelles de travail (diversité de ponts et leurs spécificités, diversité de véhicules, etc.) (AC).

Inclure plus de formation sur l'utilisation des ponts élévateurs au niveau du cursus du DEP en mécanique (AC).

Améliorer l'information sur l'inspection et l'entretien quotidien des ponts dans la formation offerte par Auto Prévention (AC).

Valoriser les savoir-faire, stratégies et trucs de métier développés par les techniciens expérimentés (AC).

**Évaluations et décisions personnelles**

Sensibiliser les milieux face aux risques liés aux ponts et à leur utilisation, responsabiliser les employeurs et outiller les travailleurs pour qu'ils soient en mesure d'évaluer les situations de levage à risque et de refuser de lever un véhicule le cas échéant (AC ; G) :

*Tu sais, ça, c'est notre responsabilité. Prendre le temps avant d'aller te mettre en dessous que c'est correct, que c'est safe parce que c'est toi qui s'en vas en dessous. Même si ton boss te dit : « oui. Lève-le, lève-le », mais si tu n'es pas à l'aise avec ça...C'est toi qui y va. Ce n'est pas lui qui y va (G).*

*Le pont élévateur, on n'a pas peur. Il y a une crainte salutaire qu'il faut développer en quelque part qui n'existe pas encore (AC).*

<sup>1</sup> Information venant G =du personnel des garages participants et AC = des acteurs clés du secteur

## 6. BLOC C : DÉVELOPPEMENT D'UNE GRILLE D'INSPECTION POUR LES PEV HT2C

### 6.1 Rappel de l'objectif

Le bloc C vise à bonifier les critères existants pour l'inspection périodique des PEV HT2C à partir des données récoltées lors des précédentes phases du projet. Ainsi, des critères d'inspection à la fois qualitatifs et quantitatifs sont proposés en se basant sur : (i) l'analyse des grilles d'inspection périodique existantes recueillies sur le terrain et dans la littérature ; (ii) les données issues du terrain notamment lors des entretiens avec les responsables de l'inspection périodique des PEV HT2C ; (iii) les facteurs déterminants pour la stabilité du levage d'après les plans d'expérience du bloc A.

Les inspections périodiques peuvent être définies comme des inspections régulières et planifiées de composants critiques d'équipement afin de détecter des anomalies. Elles sont d'abord visuelles et auditives et n'impliquent généralement pas de démontage. Elles sont suivies par une remise en état du matériel le cas échéant (CCHST, 2017).

L'ensemble des considérations de sécurité lors l'utilisation des PEV HT2C ont été prises en compte, incluant les considérations qui ne sont pas associées à la chute d'un véhicule (p. ex. l'état des protecteurs des zones dangereuses). Toutefois, il convient de noter que cet objectif de bonification des grilles d'inspection existantes ne vise que les aspects de sécurité des PEV HT2C. Les aspects touchant la fiabilité ou la maintenance des PEV ne sont pris en compte, sauf s'ils peuvent avoir un lien direct avec la sécurité.

Il convient enfin de préciser que l'objectif n'est pas de produire un outil d'inspection directement diffusable auprès des utilisateurs potentiels. La valorisation des résultats de la recherche fera l'objet d'un travail spécifique subséquent par l'IRSST.

### 6.2 Méthodologie

#### 6.2.1 Collecte de données

Afin de recueillir les données brutes nécessaires à la définition des critères d'inspection, les différentes phases du projet telles que définies à la figure 3 ont été mises à contribution. La méthodologie associée à cet objectif se décline comme suit :

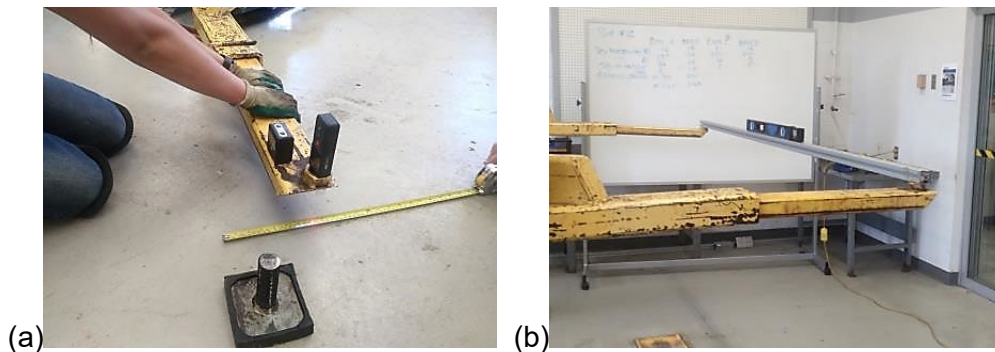
- *Phase préparatoire* : Des grilles d'inspection périodique disponibles dans la littérature et utilisées sur le terrain au Québec ou ailleurs ont été répertoriées, et les points d'inspection énumérés ont été comparés lors de cette phase. Les principales grilles d'inspection qui ont été utilisées sont mentionnées à la section 6.2.3. Les recommandations disponibles dans la littérature, notamment dans les normes (tableau 2), ont aussi été recensées. Finalement, l'inspection périodique des PEV a

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

été abordée lors des entretiens préliminaires avec les acteurs clés (p. ex. : critères et outils pour réaliser les inspections périodiques ; compétences requises ; principaux problèmes liés à l'entretien ou la réparation des PEV).

- *Bloc A* : Les résultats expérimentaux obtenus au bloc A concernant les variables ayant un effet significatif sur la stabilité du levage ont été répertoriés. Ensuite, en marge des tests réalisés sur les PEV du CFP, deux grilles d'inspection périodique repérées lors de la phase préparatoire ont été sélectionnées et testées (Auto Prévention, 2019 ; Ponts élévateurs R.G.D, s.d.). L'objectif à ce stade de l'étude était de mieux comprendre les critères énoncés dans ces grilles et d'évaluer la possibilité de formuler des critères quantitatifs le cas échéant. Pour ce faire, un certain nombre de mesures ont été entreprises sur les PEV P1 et P2 afin de quantifier l'état d'usure des PEV. Le tableau 37 présente certaines mesures. Il s'agit : (i) du jeu des bras dans le plan horizontal au niveau du patin avec le bras allongé au maximum (jeu dans les sections du bras, dans le dispositif de blocage et le chariot support des bras) (figure 53a) ; (ii) du jeu des sections des bras dans le plan vertical au niveau du patin avec le bras allongé au maximum ; (iii) de l'inclinaison des bras à vide au niveau des patins avec le bras allongé au maximum ; (iv) de l'inclinaison entre les bras deux par deux au niveau des patins avec le bras allongé au maximum (figure 53b) ; (v) des inclinaisons des colonnes et du chariot support de bras à vide.

**Figure 53. (a) Mesure du jeu du bras en rotation au niveau du patin et le bras allongé au maximum – (b) Mesure de l'inclinaison entre les 2 bras avant.**



- *Bloc B* : Les grilles d'inspection périodique utilisées par les cinq garages visités ont été collectées et discutées avec la personne responsable de l'inspection périodique. Une inspection et des mesures équivalentes à celles précisées pour le bloc A ont également été effectuées par l'équipe de recherche sur 12 des PEV HT2C qui ont fait l'objet d'observations par les ergonomes dans les garages (tableau 56). Des mesures sur le jeu dans les patins (inclinaison) ont été ajoutées à la collecte de données. Par ailleurs, l'inspection périodique a été un thème abordé dans les différents outils méthodologiques du bloc B. Une analyse complète des verbatim des différents entretiens réalisés durant ce bloc a été effectuée afin d'extraire toutes les informations relatives à l'inspection des PEV (NVivo® (QSR International, 2018)).

## 6.2.2 Établissement de la structure de la grille d'inspection

Les données obtenues : (i) dans la littérature (p. ex. : grilles publiées, normes, guides techniques des fabricants, etc.); (ii) lors des tests au bloc A ; (iii) suite aux plans d'expérience du bloc A ; (iv) lors des terrains au bloc B (verbatim et mesures) ont été comparées et agrégées afin d'établir la structure générale de la grille d'inspection. Cette structure se décline en 4 niveaux :

1. Les points d'inspection : Il s'agit d'un regroupement d'aspects ou de composants du PEV devant faire l'objet de l'inspection (p. ex. dispositifs de blocage des bras). Les points d'inspection ont été regroupés en six catégories principales : A. Général, B. Structure, C. Bras de levage, D. Essais fonctionnels à vide, E. Composants électromécaniques, transmission puissance et F. Essais fonctionnels en charge.
2. Les sous-points d'inspection : Il s'agit d'un aspect ou d'un composant qui doit être inspecté spécifiquement (p. ex. fonctionnement des dispositifs de blocage des bras). Plusieurs sous-points d'inspection peuvent être liés à un même point d'inspection.
3. Les critères d'inspection : Il s'agit de la définition de la mesure ou de l'appréciation permettant d'établir l'état d'un sous-point d'inspection (p. ex. enclenchement mécanique total des dispositifs de blocage). Puisque plusieurs caractéristiques d'un composant du PEV peuvent avoir un effet sur la sécurité, la majorité des sous-points d'inspection comportent plusieurs critères d'inspection.
4. Les valeurs d'état : Il s'agit des valeurs quantitatives ou qualitatives permettant d'établir l'état d'un critère d'inspection (p. ex. enclenchement total confirmé du dispositif de blocage ou enclenchement partiel). Ce sont les valeurs d'état établies par l'inspecteur pour l'ensemble des critères d'inspection qui constituent le résultat final de l'inspection d'un PEV

## 6.2.3 Construction de la grille d'inspection

La construction de la grille s'est fait progressivement à partir d'une analyse détaillée de l'ensemble des données colligées durant les phases précédentes de la recherche. Dès le départ, plusieurs points et sous-points d'inspection ont pu être identifiés directement à partir des grilles existantes répertoriées. La définition des critères d'inspection nécessitait une analyse plus approfondie des normes (tableau 2), manuels et guides techniques des fabricants et des résultats des blocs A et B. Ainsi, tous les critères d'inspection, ainsi que les valeurs d'état qui les accompagnent, devaient être justifiés à partir d'une référence spécifique parmi les sources d'information suivantes :

- Lois et règlements : *Loi sur la santé et la sécurité du travail* (LSST) (RLRQ c. S-2.1), RSST (RLRQ, c. S-2.1, r. 13).
- Normes sur les PEV (tableau 2) : ANSI et ALI (2008), BSI (2014) et AFNOR (2011).
- Manuels de fabricants de PEV (p. ex. : Globe, s.d ; Rotary, 2012 ; Whip Industries, 2002).

- Résultats des essais expérimentaux au CFP (bloc A).
- Verbatim et observations terrain (bloc B).
- Grilles d'inspection existantes et autres documents non publiés (p. ex. : ANSI et ALI, 2008, annexe ; Auto Prévention, 2019, 2020 ; Girolift, s.d. ; ISN Canada, s.d. ; Ponts élévateurs R.G.D., s.d. ; School District 27 Cariboo-Chilcotin, 2019).

Pour quelques cas, l'équipe de recherche a également fait appel au principe de précaution afin de définir une valeur d'état ou d'inclure un critère d'inspection qui était jugé important, mais qui ne trouvait pas de justification dans les données colligées. Ce fut le cas par exemple pour le niveau de dégradation des conduites hydrauliques. En effet, ce critère est apparu important puisque des craquelures ou une dégradation de la surface peuvent être à l'origine d'une rupture d'une conduite hydraulique et éventuellement d'un mouvement inopiné du pont.

Par ailleurs, un certain nombre de critères d'inspection ont été identifiés comme nécessitant un suivi dans le temps. En effet, plusieurs critères ciblaient des défaillances progressives. Une défaillance progressive (par opposition à une défaillance soudaine) est une « défaillance qui aurait pu être prévue par un examen ou une surveillance » (AFNOR, 1984). Une défaillance progressive qui ne fait pas l'objet d'une surveillance dans le temps et qui n'est jamais détectée peut éventuellement entraîner la défaillance complète de l'entité. Par exemple, un des critères d'inspection porte sur le jeu horizontal total des bras. Un certain jeu horizontal est normal même lorsque le PEV est dans son état neuf. Mais ce jeu peut augmenter avec l'usure et faire en sorte que le patin puisse se déplacer suffisamment pour quitter son appui sous le véhicule. Lors des mesures sur les 12 PEV HT2C du bloc B, ce jeu allait de 2° à 8,4° selon les ponts avec une moyenne de 4,3° (tableau 56). À titre d'exemple, pour un même modèle de pont dans un même garage sur le même bras (avant droit), un écart de 2,8° a été constaté (4,3° contre 7,1°) ce qui correspond à une différence de déplacement de 45 mm lorsque le bras est déployé. Idem pour l'inclinaison du bras à vide avec un maximum mesuré de 2,5° et une moyenne de 0,9°. Un suivi dans le temps est donc requis afin de comparer le jeu mesuré avec le jeu initial ou antérieur sur le pont et ainsi détecter l'apparition de cette défaillance progressive avant qu'elle n'atteigne pas un niveau critique.

Au fur et à mesure du développement de la grille, d'autres points, sous-points et critères d'inspections ont été ajoutés par les membres de l'équipe de recherche jusqu'à la saturation de l'analyse des données recueillies. Pour la définition des critères d'inspection et des valeurs d'état, un soin particulier a été pris afin qu'ils restent pratiques et accessibles (en termes techniques et concernant les outils requis). Cette préoccupation était importante pour que la grille puisse être utilisable sur le terrain.

## 6.2.4 Mise à l'essai de la grille sur le terrain

Une première version complète de la grille a d'abord été soumise aux conseillers d'Auto Prévention. Leurs commentaires et suggestions ont été récoltés. Par la suite, une mise à l'essai sur le terrain de la grille a été réalisée à une école des métiers où se trouvaient plusieurs PEV de différentes marques. La mise à l'essai de la grille point par point a été réalisée par les membres de l'équipe de recherche responsable du bloc « Inspection », accompagnées par deux conseillers d'Auto Prévention et d'un enseignant de l'EM. Cette mise à l'essai visait essentiellement à valider la pertinence et la formulation des critères d'inspection, ainsi que l'adéquation des valeurs d'état dans la pratique. Quelques ajustements ont pu être apportés à la grille suite à cet exercice (p. ex. reformulation des instructions pour établir certaines valeurs d'état pour un critère d'inspection).

## 6.2.5 Détermination de la périodicité des critères d'inspection

### 6.2.5.1 Principes généraux

La dernière étape du développement de la grille consistait à établir la périodicité des inspections pour chaque critère. En effet, la collecte de données lors de la phase préparatoire avait permis de recueillir des grilles d'inspection allant de l'inspection annuelle à l'inspection quotidienne. L'objectif était d'optimiser les processus d'inspection en augmentant la fréquence des critères présentant une criticité élevée et en réduisant celles des critères moins critiques. Les principes de l'inspection basée sur la criticité, ou *Risk-Based Inspection* (RBI) (Blokdyk, 2018), ont été utilisés pour atteindre cet objectif. Selon Selvik *et al.* (2011), le RBI est couramment utilisé dans la planification des inspections d'équipements mécaniques statiques, en particulier la tuyauterie industrielle. Les inspections y sont hiérarchisées en fonction du risque en intégrant la probabilité et les conséquences des défaillances. Le secteur pétrolier et les industries de procédés sont particulièrement concernés par cette approche et son optimisation puisque la planification de la maintenance y est particulièrement complexe et critique (p. ex. : Chang *et al.*, 2005 ; Hammad *et al.*, 2021 ; Khan *et al.*, 2004 ; Selvik *et al.*, 2011 ; Singh et Pokhrel, 2018 ; Tan *et al.*, 2011). La réduction des coûts tout en maintenant un niveau de risque acceptable est à la base des recherches d'optimisation des méthodologies associées à la RBI. La logique floue (*fuzzy logic*) a notamment été utilisée pour optimiser la convergence des résultats lors de l'estimation de la gravité et de la fréquence d'occurrence du dommage (Khan *et al.*, 2004 ; Singh et Pokhrel, 2018).

### 6.2.5.2 Développement de l'algorithme décisionnel

Les méthodologies associées au RBI utilisent souvent une matrice de risque (gravité x probabilité) pour estimer le niveau de risque puis la priorité et la fréquence d'inspection. Le présent cas d'étude étant très ciblé, la priorisation a été évaluée uniquement par la probabilité de défaillance puisque le dommage visé est unique (c.-à-d. blessure grave ou

décès suite à la chute du véhicule) tout comme le type d'équipement ciblé. Un algorithme décisionnel, plutôt qu'une échelle de probabilité, a ainsi été utilisée pour caractériser les défaillances visées. Quatre questions ont été formulées pour construire l'algorithme décisionnel présenté la figure 54 :

1. La défaillance visée par le critère d'inspection peut-elle contribuer à la chute du véhicule ? Cette première question permettait d'établir clairement que les inspections périodiques ou de routine des PEV visent essentiellement à réduire les risques associés à la chute d'un véhicule. Par exemple, un critère d'inspection concernant le dégagement de l'aire de travail n'a pas d'incidence sur le risque de chute d'un véhicule, mais il peut permettre d'identifier un risque pour la sécurité des techniciens.
2. La défaillance visée par le critère d'inspection est-elle normalement soudaine ou progressive ? Cette question permettait d'établir que les critères d'inspection associés à des défaillances soudaines nécessitent généralement une fréquence d'inspection plus élevée puisqu'il n'est pas possible de suivre leur évolution. Par exemple, un critère d'inspection concernant la dégradation des écrous d'ancrage des colonnes dans le béton vise une défaillance progressive, alors qu'un critère qui s'intéresse à l'absence de contact entre les écrous d'ancrage et la plaque de fixation de la colonne vise une défaillance soudaine.
3. La défaillance progressive visée par le critère d'inspection peut-elle entraîner la perte complète de la fonction requise ? Cette question permettait d'identifier les critères d'inspection associés à des défaillances progressives qui pourraient soudainement entraîner la perte de la fonction. Ces critères nécessitent normalement une fréquence d'inspection plus élevée. Par exemple, le critère d'inspection concernant le niveau de dégradation des éléments mécaniques des dispositifs de blocage vise une défaillance progressive, mais qui peut à la longue entraîner subitement la perte totale de la fonction de blocage ?
4. Est-ce que d'autres mesures sont en place (redondance, mesures complémentaires, autres critères d'inspection fonctionnels, etc.) pour éviter la chute du véhicule suite à la défaillance visée par le critère d'inspection ? Cette question permettait de réduire la fréquence d'inspection pour certains critères, lorsque la redondance en place fait en sorte de réduire la probabilité de chute d'un véhicule du PEV. Par exemple, le critère concernant le niveau de dégradation du dispositif antichute vise la défaillance (progressive) de ce dispositif de sécurité. Toutefois, la défaillance complète de dispositif antichute n'entraîne pas systématiquement la chute du véhicule : le système hydraulique du PEV est toujours là pour le maintenir en place.

L'algorithme décisionnel permet de séparer les inspections en trois niveaux, de la moins fréquente à la plus fréquente : l'inspection complète (C), l'inspection périodique (P) et l'inspection de routine (R). Bien qu'il revienne à chaque utilisateur d'établir la fréquence de ses inspections, les fréquences annuelles, mensuelles et hebdomadaires ont été proposées à titre d'exemple pour mieux illustrer le concept des trois niveaux d'inspection.



### 6.2.5.3 Détermination de la périodicité

À partir de grille d'inspection développée, mise à l'essai et finalisée, une analyse de chaque critère a été réalisée par les membres de l'équipe de recherche responsable du bloc « Inspection » en utilisant l'algorithme décisionnel de la figure 54. Le résultat final a été obtenu par consensus après quelques itérations.

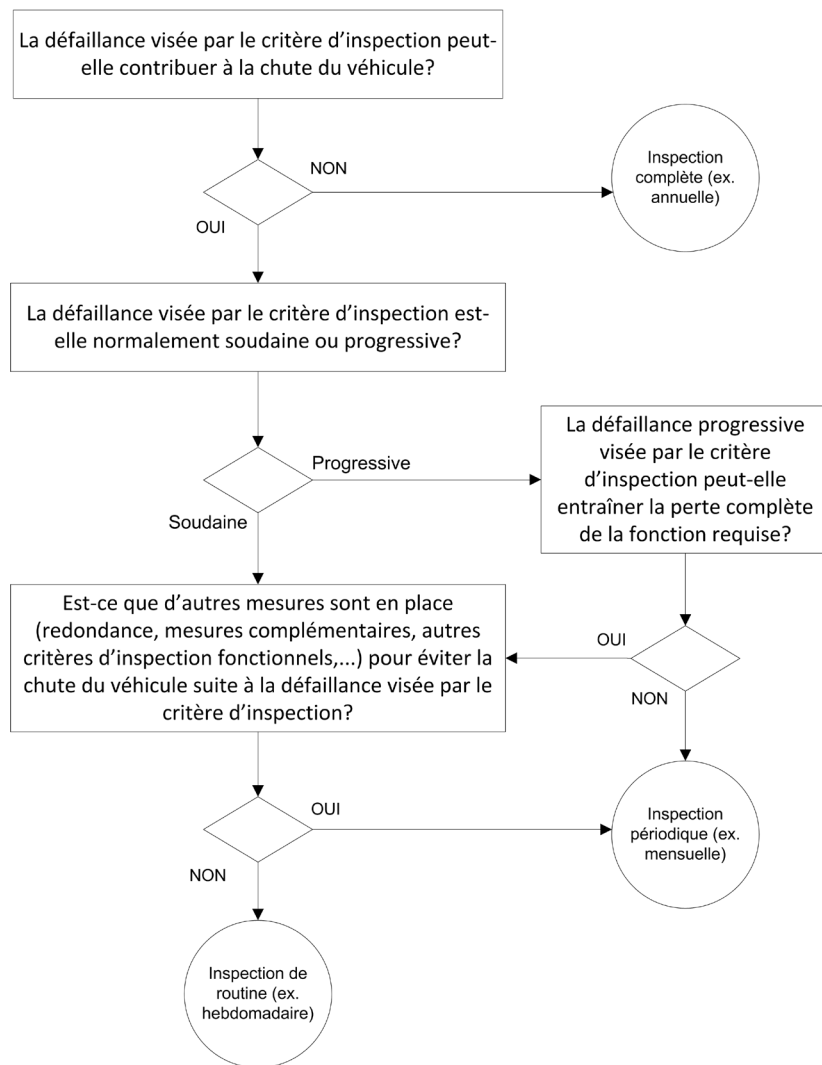
## 6.3 Présentation générale de la grille d'inspection

La grille d'inspection développée vise essentiellement la sécurité lors de l'utilisation du PEV HT2C. Elle n'est pas nécessairement exhaustive en ce qui a trait aux aspects de fiabilité et de maintenance qui n'ont pas d'impact sur la sécurité. Au-delà de l'inspection, un PEV HT2C doit être régulièrement entretenu conformément au manuel d'entretien fourni par le manufacturier (p. ex. : lubrification, graissage, changement de pièces d'usure, nettoyage). Par ailleurs, cette grille peut servir d'inspection post-installation du PEV et ainsi servir de référence pour les inspections subséquentes. Enfin, il est entendu que les critères indiqués dans cette grille d'inspection devraient être considérés en l'absence de lignes directrices plus précises du manufacturier.

La grille complète issue de la recherche ainsi que l'application de l'algorithme décisionnel pour la fréquence d'inspection sont présentées à l'annexe C.II (tableau 57 ; tableau 58). La figure 55 présente un aperçu. La grille comporte 15 points d'inspection dans six sections (cf. 6.2.2) :

- A. Général : A.1 Documentation et consignes de sécurité ; A.2 Sécurité générale.
- B. Structure : B.1 Éléments de fixation des colonnes ; B.2 Colonnes ; B.3 Chariots de levage.
- C. Bras de levage : C.1 Dispositifs de blocage des bras ; C.2 Bras ; C.3 Patins.
- D. Essais fonctionnels à vide : D.1 Montée à vide ; D.2 Descente à vide.
- E. Composants électromécaniques, transmission, puissance : E.1 Système hydraulique ; E.2 Dispositif égalisateur ; E.3 Système électrique.
- F. Essais fonctionnels en charge : F.1 Montée en charge ; F.2 Descente en charge.

**Figure 54. Algorithme décisionnel permettant d'établir les fréquences d'inspection des critères identifiés dans la grille.**



**Figure 55. Aperçu de la grille d'inspection.**

Point/ Sous-point d'inspection	Critère d'inspection	Valeur d'état	Explication	Suivi
<b>B. Structure</b>				
<b>B.1 Éléments de fixation des colonnes (inspecter les deux colonnes)</b>				
B.1.1 Béton autour des ancrages	Présence de fissures ou d'écaillage aux points d'ancrage nécessitant un suivi	Aucun signe de détérioration du plancher à moins de 15 cm de la colonne (fissure importante ou profonde, soulèvement, déformation nécessitant un suivi) Signes de détérioration à moins de 15 cm (fissure importante ou profonde, soulèvement, déformation nécessitant un suivi)	Photos avec règle ou ruban à mesurer à côté	X

Ces 15 points d'inspection se décomposent en 42 sous-points pour lesquels on retrouve 74 critères d'inspection. De ces 74 critères, 23 devraient faire l'objet d'un suivi dans le temps, dont la plupart (20) concernant des défaillances progressives. Le tableau 32 résume le contenu de la grille.

**Tableau 32. Résumé quantitatif du contenu de la grille d'inspection**

Catégorie	Point d'inspection	Sous-point	Critère		Inspection		
			Total	Avec suivi	Complète	Périodique	Routine
A. Général	2	7	7	0	7	0	0
B. Structure	3	8	13	9	0	7	6
C. Bras de levage	3	9	18	11	1	5	12
D. Essais à vide	2	7	17	1	10	4	3
E. Composants électroméca.	3	7	11	2	4	7	0
F. Essais en charge	2	4	8	0	2	4	2
<b>Total</b>	15	42	74	23	24	27	23

La grille comporte au final sept colonnes définies comme suit :

1. Points/Sous-points d'inspection : Chaque point et sous-point d'inspection est identifié par un code alphanumérique débutant par la lettre de sa catégorie d'appartenance. Par exemple : A.1 Documentation et consignes de sécurité / A.1.1 Manuel du fabricant.
2. Critères d'inspection : p. ex. Disponibilité du manuel du fabricant.
3. Valeurs d'état : p. ex. Disponible / Non disponible.
4. Explications : Pour certains critères d'inspection, des explications supplémentaires ont été ajoutées afin de bien décrire la procédure permettant d'établir la valeur d'état. Par exemple, comment mesurer la verticalité d'une colonne ou évaluer la résistance des dispositifs de blocage des bras.
5. Suivi : Comme présenté à la section 6.2.3, un certain nombre de critères d'inspection ont été identifiés comme nécessitant un suivi temporel de la valeur d'état. La case

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

cochée indique donc les critères pour lesquels ce suivi est recommandé. Pour ces critères, il est aussi recommandé de prendre une photographie afin de documenter l'état et de comparer son évolution.

6. Justification (références) : Dans cette colonne, une ou des sources permettant de justifier chaque critère d'inspection sont indiquées (cf. section 6.2.3).
7. Périodicité : Dans cette colonne est indiqué le type d'inspection selon la périodicité (cf. section 6.4.7) : Inspection complète (C), périodique (P) ou de routine (R). Il est important de souligner que l'inspection complète inclut tous les critères de la grille et que l'inspection périodique inclut aussi tous les critères de l'inspection de routine.

## 6.4 Présentation des principaux critères d'inspection

Cette section présente les principaux points, sous-points et critères d'inspection de chacune des catégories.

### 6.4.1 Critères de la catégorie « A. Général »

La catégorie « Général » regroupe les points, sous-points et critères d'inspection qui ont trait à la documentation, aux consignes de sécurité et à la sécurité générale du PEV HT2C. Par exemple le sous-point A.1.3 concernant l'affichage de la capacité du PEV qui devrait être présent, lisible et identique à la valeur indiquée sur la plaque signalétique, en conformité avec l'article 249 du RSST (RLRQ, c. S-2.1, r. 13). Les sept critères de cette catégorie sont destinés à l'inspection complète et ne demandent pas de suivi dans le temps.

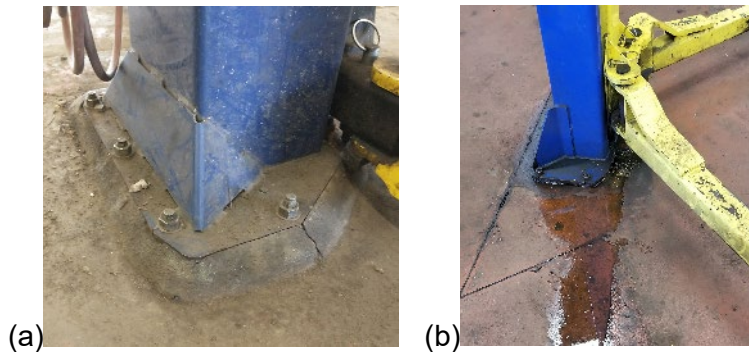
### 6.4.2 Critères de la catégorie « B. Structure »

Cette catégorie concerne les éléments de fixation des deux colonnes des PEV (B.1), les colonnes elles-mêmes (B.2), leurs éléments de fixation au sol, ainsi que les chariots de levage qui sont les éléments mobiles rattachant les bras de levage aux colonnes (B.3). Des treize critères de cette catégorie, neuf nécessitent un suivi dans le temps et six font partie des inspections de routine. Ceci est attendu puisque plusieurs des éléments de structure des PEV sont sujets à des défaillances progressives qui peuvent contribuer à la chute d'un véhicule.

Parmi les critères d'inspection importants touchant les éléments de fixation des colonnes, il y a celui concernant le béton autour des ancrages (B.1.1). Un critère a été établi à partir des informations provenant de la grille d'inspection d'un fabricant de PEV HT2C, qui souligne que des signes de fatigue du plancher ne devraient pas se trouver à moins de 15 cm (6 po) des plaques d'ancrage (Girolift, s.d.). Dans la grille, ce critère est noté comme devant faire l'objet d'un suivi dans le temps afin de suivre l'évolution des signes de fatigue, comme des fissures mineures (figure 56a). Dans cette section de la grille, on retrouve également des critères concernant le contact entre la base et le plancher et entre les écrous de fixation et la base (sous B.1.2 et B.1.3). Ces critères ont été considérés comme des indications potentielles d'un

relâchement des éléments de fixation des colonnes. De même, un critère concernant le couple de serrage des écrous d'ancrage a aussi été tiré de plusieurs sources. Dans ce cas, une mesure à l'aide d'une clé dynamométrique doit être effectuée afin de confirmer que le couple est conforme à la valeur recommandée par le manufacturier. Ce dernier critère d'inspection est particulièrement important puisque l'utilisation de la clé dynamométrique pourrait potentiellement permettre de révéler une dégradation du béton aux points d'ancrage, conséquence par exemple de l'effet combiné de l'eau et des sels de déglçage (figure 56b).

**Figure 56. Ancrage de colonnes (a) fissure superficielle sous un ancrage à surveiller dans le temps – (b) eau en stagnation, dégradation des ancrages possible dans le temps.**



En ce qui a trait aux colonnes, outre leur état général (B.2.1), les critères d'inspection s'attardent aussi à leur verticalité (B.2.2), un signe potentiel de défaillance des ancrages. Ces critères font l'objet d'un suivi dans le temps.

Les critères d'inspection les plus notables des chariots de levage concernent les pivots des bras (B.3.2). En effet, ces composants constituent l'unique moyen de fixation des bras de levage. Conformément à ce qui a été recueilli dans les différentes sources, l'inspection s'attardera à leur éventuelle déformation ou à la présence de corrosion, aux soudures des parties qui les composent ainsi qu'à la présence de l'ensemble des éléments de fixation ou de retenue du pivot. Ces critères font partie des inspections de routine.

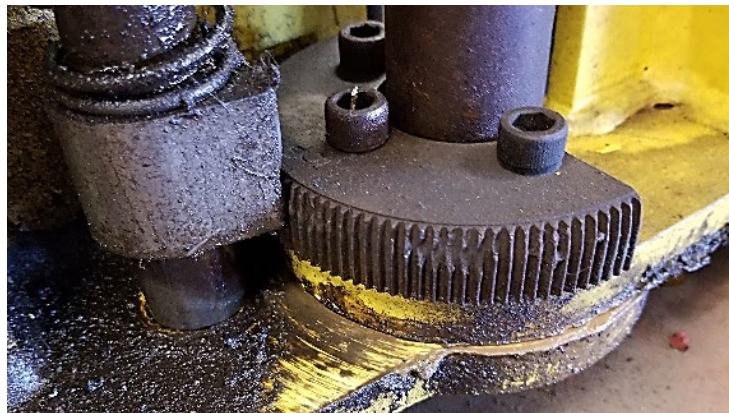
#### **6.4.3 Critères de la catégorie « C. Bras de levage »**

Les points d'inspection inclus dans cette catégorie sont les dispositifs de blocage des bras (C.1), les bras eux-mêmes (C.2), incluant les différentes sections, ainsi que les patins (C.3). Des 18 critères d'inspection de cette catégorie, 11 nécessitent un suivi dans le temps et 12 font partie des inspections de routine. Les composants des bras de levage s'avèrent souvent critiques dans le risque de chute d'un véhicule.

Deux des critères d'inspection importants concernent l'enclenchement mécanique et la résistance des dispositifs de blocage des bras (sous C.1.2). Les normes ANSI et ALI (2008)

et AFNOR (2011) précisent des valeurs pour la résistance des dispositifs de blocage des bras. Il est cependant difficile de valider quantitativement ces valeurs sur le terrain sans instrument de mesure dédié. Un test simple est donc proposé dans la grille afin de déterminer la valeur d'état du critère de résistance des dispositifs de blocage : une poussée vigoureuse avec le pied en trois points de la course de chaque bras. Cette approche, jumelée à une inspection visuelle de l'état du dispositif de blocage, permet de vérifier qu'ils sont fonctionnels et que leur résistance est significative (figure 57). Une approche similaire est proposée pour le critère d'arrêt mécanique des dispositifs de butée des sections télescopiques des bras (sous C.2.2), un autre facteur critique pouvant entraîner la chute d'un véhicule en cas de défaillance.

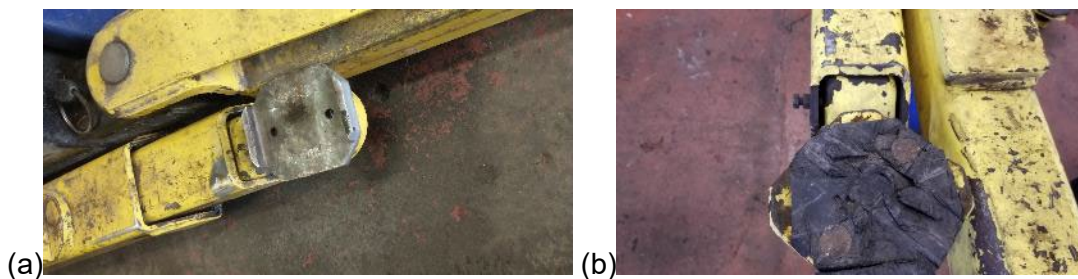
**Figure 57. Système de blocage de bras avec plusieurs dents brisées à la position angulaire la plus sollicitée lors d'un levage.**



Le sous-point « position et mouvements des bras » (C.2.4) comporte plusieurs critères visant à déterminer le niveau d'usure des bras (p. ex. : jeu, décalage vertical entre deux bras) pouvant entraîner une inclinaison du véhicule soulevé (cf. mesures à la section 6.2.3 et au tableau 37). Une inclinaison trop importante d'un véhicule peut modifier les forces verticales au niveau des patins, réduisant la force de retenue horizontale des bras ou pouvant entraîner le glissement du véhicule sur un patin.

Les critères d'inspection des patins (C.3) concernent surtout les dispositifs de fixation/ajustement et la surface d'appui des patins. Les surfaces d'appui des patins (C.3.2) constituent l'unique point de contact entre le véhicule et le PEV. Comme l'ont indiqué plusieurs sources d'informations, des surfaces usées, dégradées ou souillées (surtout pour les patins repliables en métal) réduisent significativement la résistance du véhicule soulevé aux mouvements latéraux, qui sont fréquents lors de certaines interventions des techniciens sur les véhicules (figure 58). Le véhicule peut alors glisser d'un patin et basculer. Ces constatations font partie des résultats présentés à la section 4.4.2.

**Figure 58. Exemples de patins dégradés : (a) coussinet en caoutchouc manquant – (b) coussinet en caoutchouc marqué.**



Le critère « jeu angulaire maximal des patins » (sous C.3.3) permet de vérifier si les dispositifs d'ajustement des patins sont usés au point où les patins pourraient être trop inclinés pour supporter adéquatement le véhicule. Une référence de suivi est nécessaire pour juger ce critère notamment en comparaison avec les autres patins du PEV. Comme discuté précédemment (section 4.3.4) l'inclinaison au niveau des patins entraîne la présence de forces horizontales qui tendent à faire rentrer le bras et de forces horizontales qui tendent à faire pivoter le bras vers l'extérieur. Ces facteurs influencent la stabilité du véhicule sur le PEV.

#### **6.4.4 Critères de la catégorie « D. Essais fonctionnels à vide »**

Dans cette catégorie, le PEV est soumis à des essais fonctionnels à vide (c.-à-d. montée et descente) permettant d'approfondir l'inspection. Des critères d'inspection sont notamment proposés pour évaluer le bon fonctionnement des commandes (D.1.1, D.2.1 et D.2.2) et la fluidité des mouvements du PEV (D.1.2 et D.2.3). Des 17 critères d'inspection de cette catégorie, un seul nécessite un suivi dans le temps et trois font partie des inspections de routine.

Plusieurs critères concernent le sous-point « dispositif antichute » (D.1.3). Ce dispositif de sécurité permet à des loquets de retenir mécaniquement le véhicule même en cas de perte de la puissance hydraulique. L'enclenchement et le synchronisme d'enclenchement des loquets sont particulièrement ciblés. En effet, une désynchronisation trop importante dans l'enclenchement des dispositifs antichute des deux colonnes peut conduire à une situation dangereuse. Si seulement un des deux loquets est engagé lorsque le technicien redescend le véhicule pour le « poser » sur les loquets, cela peut conduire à une inclinaison non voulue du véhicule. Cette situation peut affecter dangereusement la répartition des charges dans les bras et la stabilité du véhicule (section 4.3.4).

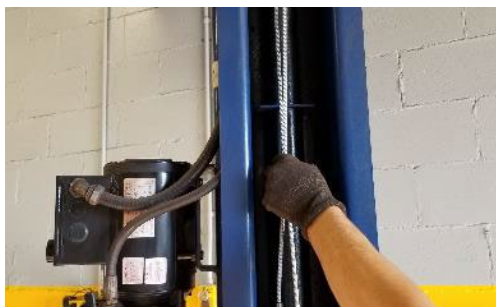
Le critère d'inspection concernant le dispositif de fin de course (D.1.4) permet de valider le bon fonctionnement de ce dispositif de sécurité. Ce critère est naturellement présent dans la majorité des grilles d'inspection recueillies et des normes consultées.

#### 6.4.5 Critères de la catégorie « E. Composants électromécaniques, transmission puissance »

Cette catégorie comprend le système hydraulique (E.1), le dispositif égalisateur (E.2) et le système électrique (E.3) et comporte 11 critères d'inspection. Les critères d'inspection du système hydraulique sont essentiellement tournés vers la recherche des fuites actuelles ou potentielles. Une fuite dans un composant du système hydraulique peut annoncer une éventuelle rupture complète du composant, ce qui pourrait causer un à-coup dans la montée du PEV, ou une descente rapide d'un véhicule. C'est pourquoi la majorité des sources consultées en font mention.

Le dispositif égalisateur d'un PEV HT2C permet de synchroniser la montée ou la descente des deux chariots afin de garder le véhicule horizontal. Il est normalement composé de câbles ou de chaînes (E.2.1) ainsi que de poulies ou de roues dentées (E.2.2) permettant la transmission du mouvement d'un côté à l'autre du PEV. Une défaillance de ce dispositif pourrait faire en sorte que le véhicule monte ou descende avec un angle de roulis, affectant sa stabilité. Les critères d'inspection proposés visent à vérifier l'intégrité et le niveau d'usure des composants de ce dispositif. La valeur d'état proposée concernant la tension du câble (E.2.1) est : « Contact possible entre les deux câbles ou chaînes sans pouvoir les entortiller. Déplacement équivalent des deux brins » (figure 59).

**Figure 59. Test de tension des câbles égalisateurs proposé dans la grille d'inspection pour établir la valeur d'état.**



Les composants du système électrique d'un PEV HT2C n'ont pas d'impact sur le risque de chute d'un véhicule. Des critères d'inspection en lien avec la sécurité générale leur sont néanmoins attachés, comme l'état du câblage électrique (E.3.1). Ces critères sont inclus dans les inspections complètes.

#### 6.4.6 Critères de la catégorie « F. Essais fonctionnels en charge »

La plupart des huit critères d'inspection de cette catégorie sont une répétition de ceux des essais à vide. Par contre, des critères supplémentaires ont été prévus afin de constater l'effet de la charge d'un véhicule sur les bras et les colonnes en charge (F.2). Les critères de

- IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles



déformation des bras et des colonnes (inspection périodique) et d'inclinaison différentielle entre les deux bras de gauche et de droite (inspection de routine) ont été ajoutés pour valider visuellement l'effet de la charge d'un véhicule selon l'expérience des utilisateurs. Aucun des critères de cette catégorie ne nécessite de suivi dans le temps.

#### **6.4.7 Critères d'inspection selon la périodicité**

Comme précisé en 6.2.5, la périodicité des critères d'inspection se présente en trois niveaux. L'inspection complète porte sur l'ensemble des 74 critères de la grille, l'inspection périodique comporte 50 critères, incluant les 23 critères spécifiques à l'inspection de routine. Il convient de noter que les 23 critères nécessitant un suivi dans le temps se retrouvent dans l'inspection périodique.

La totalité des 23 critères de l'inspection de routine vise des défaillances (soudaines ou progressives) qui peuvent contribuer à la chute d'un véhicule et pour lesquelles il n'y a pas d'autre mesure en place pour éviter cette chute en cas de défaillance (figure 54). On y retrouve par exemple le critère concernant la surface d'appui des patins (C.3.2) puisqu'elle constitue l'interface entre le PEV et le véhicule. Dix de ces critères nécessitent un suivi périodique, comme le niveau de dégradation des pivots (des bras) et de leurs soudures (B.3.2). La présence de corrosion ou l'usure de ces pivots doivent être suivies puisque cette défaillance progressive peut éventuellement entraîner la rupture de la tige et entraîner la perte complète de la fonction, c'est-à-dire de tenir le bras de levage.

En plus des 23 critères de l'inspection de routine, l'inspection périodique comporte 27 critères supplémentaires. Conformément à l'algorithme décisionnel de la figure 54, six de ces critères visent des défaillances soudaines pour lesquelles d'autres mesures sont en place (c.-à-d. redondance, mesures complémentaires) pour éviter la chute du véhicule suite à la défaillance. Le critère du couple de serrage des écrous d'ancrage (B.1.3) entre dans cette catégorie puisque la défaillance peut être soudaine (boulon d'ancrage qui peut soudainement faire défaut lors de l'utilisation de la clé dynamométrique), mais qu'il y a plusieurs boulons qui retiennent les colonnes (redondance). Quinze de ces 23 critères visent des défaillances progressives qui ne peuvent pas entraîner la perte complète de la fonction requise, comme les critères touchant la verticalité des colonnes (B.2.2).

L'inspection complète regroupe l'ensemble des critères de la grille. Les 24 critères que l'on ne retrouve pas dans l'inspection périodique touchent des défaillances ne pouvant pas entraîner la chute du véhicule, mais pouvant présenter un autre risque pour l'utilisateur du pont. On y retrouve par exemple des critères concernant la présence et la lisibilité des consignes et pictogrammes de sécurité du fabricant près du poste de commande (A.1.4), et le dégagement de l'aire et du poste de travail (A.2.1 et A.2.2).

## 7. DISCUSSIONS

Des synthèses sur les résultats obtenus à chaque bloc sont disponibles aux chapitres précédents, notamment la section 4.3.4 sur la répartition des forces dans les bras, la section 4.4.2 sur le glissement des patins, les sections « en résumé » sur les modes opératoires et les déterminants de l'activité (sections 5.4.3, 5.5.5, 5.6.4, 5.7.7 et 5.8.3) ainsi que l'annexe C.II qui met à disposition la grille d'inspection développée.

L'objectif de ce chapitre est de discuter les résultats dans leur ensemble, notamment en revenant sur l'approche pluridisciplinaire du projet. À défaut de pouvoir discuter les résultats avec la littérature existante, ce travail croise plutôt les différents points de vue et les approches utilisées afin de suggérer des pistes d'action au bénéfice des différents acteurs du milieu. Les suggestions des acteurs clés et du personnel dans les garages ont également été largement prises en considération (section 5.9). Cette vision d'ensemble permet une avancée des connaissances notamment par rapport aux constats effectués individuellement par les acteurs clés au début du projet. Finalement, une section sur les limites de l'étude et sur les travaux à venir conclut la discussion.

### 7.1 Approche pluridisciplinaire

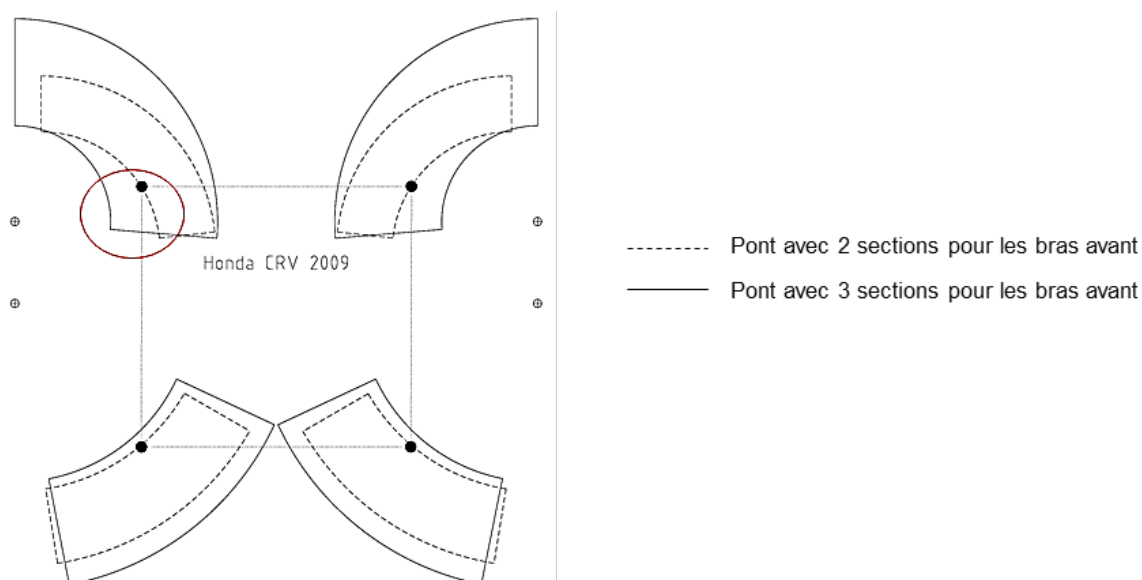
Une approche pluridisciplinaire et de coconstruction ingénierie-ergonomie a été choisie afin de répondre à une problématique liée à la fois au fonctionnement d'un équipement, le pont HT2C, et à son utilisation réelle. La section 2.2 et notamment la figure 3 détaillent comment le projet a été développé et opérationnalisé en ce sens. Au final, chacune des deux équipes (ingénierie et ergonomie) était responsable de mener les blocs dans son champ d'expertise tout en partageant et discutant des résultats avec l'ensemble de l'équipe. Concrètement, l'équipe d'ingénieurs était responsable du développement de connaissances dans un environnement contrôlé (bloc A), par l'intermédiaire de plans d'expérience, afin de dégager les variables les plus significatives en matière de répartition des forces dans les quatre bras du pont et de glissement des patins. Le travail du technicien automobile était intégré seulement de manière indirecte dans les plans d'expérience par le choix des variables à tester (tableau 5). L'équipe d'ingénierie a également mené les travaux sur le développement du contenu de la grille d'inspection (bloc C) puisque l'objet principal des travaux de ce bloc portait sur les aspects techniques de l'équipement. L'équipe des ergonomes était de son côté responsable de l'analyse de l'activité de travail (bloc B) pour identifier les déterminants du travail et les modes opératoires des techniciens automobiles. Le contexte, les différents acteurs et les conséquences de la diversité de la combinaison « technicien-tâche-pont-véhicule » pour le levage ont notamment été étudiés.

Chaque équipe a suivi des approches méthodologiques propres à sa discipline. Cette manière de procéder explique pourquoi le terme « pluridisciplinaire » a été préféré ici à

« interdisciplinaire ». Malgré le découpage du projet par blocs, les membres de l'équipe de recherche ont participé à l'élaboration et au suivi de chacun des blocs. L'intérêt de mener une étude pluridisciplinaire est que chaque discipline enrichisse la compréhension de l'autre discipline et au final la compréhension globale de la problématique étudiée. Les interactions entre les disciplines sont d'ailleurs schématisées par les flèches de la figure 3. Concrètement, les entretiens menés par les ergonomes avec les acteurs clés ont permis de sélectionner et de valider les variables à tester au bloc A en soulignant par exemple l'importance pressentie sur la stabilité du levage : 1) d'un chargement non prévu dans le coffre, 2) des problèmes d'enclenchement des systèmes de blocage de bras, 3) des spécificités des camionnettes, 4) de l'entretien variable des ponts sur le terrain, 5) de l'existence de points de levage endommagés, ou encore 6) des particularités des patins repliables en métal. Les ergonomes ont assisté à des journées de tests préparatoires au CFP et ont participé au choix des variables des plans d'expériences. Sur ce point précis, on peut citer le choix des types de poussées pour les tests en lien avec les glissements des patins.

À l'inverse, les ingénieurs ont pu accompagner les ergonomes dans l'analyse de certaines variables notamment en lien avec les points de levage recommandés sous les véhicules, la position des CdG et le fonctionnement des ponts grâce aux connaissances acquises lors de la dizaine de jours de tests en environnement contrôlé (p. ex. : loquet antichute, barrure de bras). Spécifiquement, le cas des camionnettes et des fourgonnettes a fait l'objet de nombreux échanges, notamment sur le choix des points de levage par les techniciens et les conséquences en termes de position du CdG dans le quadrilatère de sustentation. La section 5.8 a d'ailleurs permis d'agréger des données issues des blocs A et B et est un exemple concret de coconstruction ergonomie-ingénierie. Finalement, les ergonomes ont ouvert leurs terrains aux ingénieurs pour qu'ils effectuent des mesures sur les ponts qui ont fait l'objet d'observations à la fois pour compléter la collecte de données et alimenter le développement de la grille d'inspection. Les échanges à ce niveau ont, par exemple, conduit à la création des schémas sur les zones d'atteinte des patins (figure 60).

**Figure 60. Comparaison à l'échelle pour deux modèles de ponts de la zone de balayage au niveau de l'alésage pour l'installation des patins.**



En résumé, l'approche pluridisciplinaire a permis d'aborder la question du levage de véhicule avec les PEV HT2C sous différents angles (p. ex. : techno centrée, activité de travail). Les résultats offrent une meilleure compréhension globale de la problématique du levage de véhicules avec un pont HT2C que ce soit au niveau du technicien, du garage ou plus largement. Bien que le projet ait été mené par blocs parallèles et aurait pu favoriser encore plus les échanges entre les disciplines (p. ex. participation des ingénieurs aux observations du bloc B), les échanges ont été nombreux à la fois pour la rédaction du protocole de recherche, la collecte des données et l'analyse des résultats. La mise en commun des principaux résultats de chaque bloc a permis de proposer les avenues de prévention énoncées à la section suivante.

## 7.2 Avenues de prévention à divers niveaux

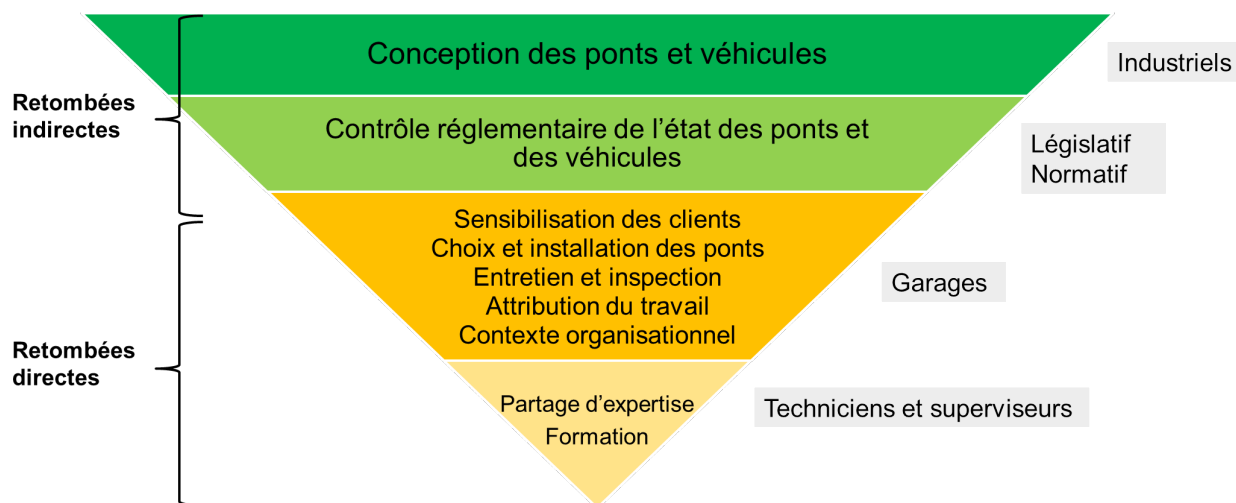
Les différentes avenues de prévention, ou pistes d'action, identifiées tout au long de ce projet, ont été classées selon différents niveaux, tels qu'illustrés à la figure 61. Les pistes d'action associées à chaque niveau sont détaillées dans les sous-sections qui suivent. Pour rappel, les suggestions des acteurs du secteur à la section 5.9 ont été largement incluses dans cet exercice.

Le premier niveau concerne les fabricants de véhicules et les fabricants de PEV HT2C, regroupés sous le terme « industriels », relativement à la conception de leurs produits respectifs. Le deuxième niveau vise le législateur et les aspects normatifs pour l'encadrement des activités de levage de véhicule avec un PEV HT2C. Les pistes d'action énoncées pour

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

ces deux premiers niveaux ont été regroupées comme des retombées indirectes puisqu'elles s'adressent à des acteurs gravitant autour du secteur de la réparation automobile. Le troisième niveau de la figure s'applique aux garages automobiles en tant qu'institution avec notamment l'achat, l'installation, l'inspection, l'entretien des ponts et l'organisation du travail. Le quatrième niveau s'adresse plus directement aux techniciens et aux superviseurs notamment concernant le contenu des formations et la stabilité du levage. Ces deux derniers niveaux de pistes d'action sont considérés comme des retombées directes de l'étude pour les acteurs du secteur de la réparation automobile. Les avenues de prévention pour ces deux niveaux sont d'ailleurs plus précises et spécifiques que pour les deux premiers niveaux.

**Figure 61. Avenues de prévention à divers niveaux concernant l'utilisation des PEV HT2C.**



## 7.2.1 Retombées indirectes

### 7.2.1.1 Industriels

La prévention intrinsèque peut être définie comme étant l'intégration de l'appréciation du risque tôt dans les étapes de conception et d'ingénierie, ainsi que la prise d'action nécessaire pour éliminer ou réduire les risques à un niveau acceptable (Kletz, 2003). Ce concept de prévention est celui qui a le plus de potentiel et qui est privilégié dans les normes et règlements en SST (p. ex. RLRQ c. S-2.1). Dans le cas de l'utilisation des ponts HT2C, ce concept fait référence à la conception des véhicules et des ponts afin de favoriser un levage sécuritaire. Le fait par exemple que les points de levage recommandés par le fabricant du véhicule soient difficilement atteignables avec un pont HT2C et des patins standards est un problème qui pourrait être évité par une conception des véhicules qui anticipe le levage et les travaux à effectuer. Pour rappel, les PEV HT2C sont les ponts les plus courants dans les garages, les fabricants de véhicules ne devraient pas ignorer leur utilisation lors de l'entretien de leurs véhicules.

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

Concernant la conception des véhicules, les participants à l'étude ont fait part de difficultés<sup>12</sup> en lien avec le levage comme : 1) des points de levage qui se dégradent (p. ex. ; écrasement de la tôle, arrachement de la pièce qui assure le contact), 2) l'absence de points de levage alternatifs clairement identifiés ou accessibles, 3) la présence grandissante de plastique sous le véhicule et en bas de caisse qu'il faut éviter de toucher avec les bras et les patins, 4) la diversité des modèles de véhicules et l'absence d'harmonisation concernant les points de levage (p. ex. adaptateurs spécifiques nécessaires), ou encore 5) la tendance à des véhicules de plus en plus lourds. Toutes ces problématiques se retrouvent notamment sur les véhicules électriques en raison de la présence de la batterie de puissance qui alourdit les véhicules et qui empêchent l'utilisation de points alternatifs sous le véhicule (il est proscrit de placer un patin sur la batterie). Une situation problématique a d'ailleurs été partagée avec l'équipe de recherche sur un véhicule électrique récent où il faut créer de nouveaux points d'appui par l'ajout de pièces fournies par le fabricant du véhicule pour pouvoir retirer la batterie. Cette procédure est complexe et laisse penser que le fabricant n'a pas priorisé ce point dans la conception initiale du véhicule. Ainsi, les fabricants de véhicules devraient considérer, lors de la conception de leur véhicule, les difficultés évoquées sur le terrain pour offrir des points de levage accessibles, sécuritaire et durables avec un PEV HT2C. Ils devraient aussi identifier des points de levage alternatifs adéquats pour laisser plus de marge de manœuvre aux techniciens que ce soit en lien avec les travaux à effectuer (p. ex. retrait de la batterie de puissance), la variabilité des ponts, ou la non-disponibilité de certains points de levage suite à un accident ou à leur détérioration (p. ex. rouille). Par ailleurs, la petite base de sustentation des camionnettes de grand empattement rend le véhicule plus vulnérable aux chutes et ce, peu importe la capacité ou le type de pont HT2C utilisé. Idéalement, la stabilité devrait être intrinsèque au système véhicule-pont, c'est-à-dire ne pas reposer sur des actions additionnelles des techniciens, comme l'ajout de chandelles, d'autant que l'utilisation de celles-ci ne garantit pas la stabilité dans toutes les situations (p. ex. lors de la descente d'un véhicule). Finalement, la mise à disposition de la localisation du CdG pour les différentes configurations des gros véhicules pourrait parfois faciliter la prise de décision (p. ex. : lever ou non sur le pont, placer le véhicule par rapport aux colonnes ; estimer l'effet d'une charge supplémentaire). L'idée derrière ces propositions est de souligner que les fabricants de véhicules ont une part de responsabilité pour le levage sécuritaire des véhicules au même titre que les fabricants de ponts, les garages et les techniciens.

Dans la réalité, les améliorations à court terme pouvant bénéficier aux techniciens pour faciliter le levage passeront plus vraisemblablement par la conception des ponts HT2C et leur optimisation pour s'adapter aux différents types de véhicules (p. ex. : compact à camionnette). La section 7.2.2.2 aborde la question de l'effet de la conception des ponts sur leur polyvalence. Plusieurs éléments soulignés dans cette section peuvent inspirer des pistes

---

<sup>12</sup> La section 5.9.1 du rapport présente également les caractéristiques des véhicules favorisant le levage.

d'amélioration à la conception des ponts HT2C concernant leur adaptabilité à la variabilité de véhicules. Pour les garages, il s'agit d'anticiper au mieux les types de véhicules problématiques auxquels ils risquent d'être confrontés à l'avenir (p. ex. camionnette électrique).

### 7.2.1.2 Législatif et normatif

D'un point de vue réglementaire, les PEV sont considérés comme un appareil de levage (voir Introduction). Il n'y a pas d'obligations spécifiques pour l'utilisation de ce type d'appareil. Toutefois, le fait que les techniciens automobiles travaillent sous ou à proximité d'une charge de plusieurs tonnes surélevée, associé aux problématiques observées lors de l'utilisation des PEV HT2C, amène à penser que certains aspects réglementaires ou normatifs pourraient être renforcés afin d'être en adéquation avec le niveau de risque présent. En effet, il est rarement permis dans les milieux de travail de se tenir sous une charge aussi importante. Parmi les avenues réglementaires au Québec qui auraient un impact direct sur la réduction du risque, on peut mentionner :

- Favoriser dans la réglementation les PEV HT2C qui respectent les exigences de normes de conception reconnues comme la norme ANSI/ALI ALCTV en Amérique du Nord (ANSI et ALI, 2011). Ce point pourrait se concrétiser puisqu'un projet de règlement modifiant la section XXI « Machine » du RSST publié en mars 2022 propose une présomption de conformité lorsqu'une machine a été « conçue et fabriquée conformément à une norme spécifique » (Règlement modifiant le Règlement sur la santé et la sécurité du travail (projet) (2022) 154 G.O. II, 1106). L'ensemble des modèles de PEV HT2C observés dans les garages étaient d'ailleurs certifiés selon les normes ALI. Toutefois, certains acteurs clés ont déploré qu'en l'absence de réglementation ou de norme spécifique au Québec, certains garages optent pour des ponts qui ne sont pas certifiés malgré leur moindre qualité, étant donné leur faible coût.
- Par ailleurs, le manuel fourni par le fabricant pourrait être plus précis sur les limites d'utilisation de leur pont notamment concernant la charge utile de chaque bras, les accessoires liés aux patins et les caractéristiques des véhicules à lever (c.-à-d. pas seulement le poids, mais aussi l'empattement, la position des points de levage, la position du centre de gravité, le chargement).
- Renforcer les obligations en matière d'inspection en statuant sur les compétences requises pour mener une inspection complète (p. ex. accréditation) ainsi que sur une fréquence d'inspection complète minimale (p. ex. annuelle et pas seulement dépendante des instructions du fabricant).
- Statuer sur la formation minimale légale pour l'utilisation des PEV HT2C, comme c'est déjà le cas pour les opérateurs de ponts roulants à l'article 254.1 du RSST (RLRQ, c. S-2.1, r. 13).
- Adopter une politique sur les contrôles techniques des véhicules en circulation afin de garantir un niveau minimal d'intégrité du châssis, notamment en matière de corrosion.

## 7.2.2 Retombées directes – Garages

Les avenues énoncées dans cette section concernent les garages en tant qu'institution avec le choix et l'installation des ponts, leur inspection et leur entretien ainsi que l'organisation du travail.

### 7.2.2.1 Sensibilisation des clients

L'état des points de levage du véhicule, la présence d'un chargement dans le coffre/caisse, la présence d'accessoires ajoutés (p. ex. : coffre de toit, attelage, pelle) ou encore l'accumulation de neige sont autant de facteurs qui peuvent affecter l'activité de levage du technicien et la stabilité du véhicule (p. ex. : points de levage inutilisables, déplacement du CdG). Une piste d'action pour les garages afin de limiter ces situations en amont pourrait être de renforcer la sensibilisation des clients à ce sujet lors de la prise de rendez-vous (p. ex. : décharger le véhicule, enlever le coffre de toit, déneiger la caisse, enlever les accessoires lourds). Les clients ont un rôle à jouer et ils devraient prendre conscience que le refus de lever leur véhicule est une possibilité si la sécurité du technicien est affectée (p. ex. véhicule trop chargé ou trop rouillé).

### 7.2.2.2 Choix et installation du pont : polyvalence

Un des constats de l'étude est la grande diversité des situations de levage auxquelles les techniciens font face lors de leur travail et de l'effet de cette diversité sur leurs modes opératoires pour assurer un levage sécuritaire. D'après les analyses réalisées durant le bloc B, parmi les éléments de diversité concernant les véhicules qui ont un effet sur le placement des patins, il y a principalement 1) le véhicule avec sa largeur, son empattement, sa hauteur, son poids, son chargement et le dégagement sous le bas de caisse (section 5.5), 2) les points de levage avec leur position sous le véhicule, leur forme, leur état de propreté et de dégradation, la présence de plastique ou de composants fragiles en bas de caisse et autour des points (section 5.6), et 3) les travaux à effectuer (section 5.7). À titre d'exemple, l'empattement des véhicules observés allait de 2 300 mm à 4 016 mm, soit un écart de 1,7 m. À la diversité des véhicules s'ajoute la diversité intrinsèque aux ponts HT2C avec les zones d'atteinte des patins (c.-à-d. longueur minimale-maximale des bras, positionnement et écartement des colonnes) (figure 60), les patins (p. ex. : hauteur minimale, ajustement en hauteur, orientation, forme et matériau de la surface d'appui, rebord), la conception des bras (p. ex. hauteur des sections, présence de renfort) et l'installation (p. ex. pente du plancher, hauteur minimale du bras par rapport au plancher dans les zones de placement des patins, dégagement au-dessus) (p. ex. tableau 16). Le couple pont-véhicule offre donc une multitude de situations de levage et de facteurs à prendre en compte.

Les garages n'ont pas de contrôle sur la conception des véhicules, ils en ont toutefois sur le choix et l'installation des ponts HT2C dans leur atelier. Afin de s'adapter au plus grand



nombre de situations potentielles, il est suggéré de privilégier l'achat et l'installation de ponts HT2C qui offriront la plus grande polyvalence pour le technicien tout en répondant aux besoins et aux spécificités du garage. Pour cela, une démarche d'achat doit être mise en place telle que suggérée par Auto Prévention (Charrette, 2011, 2014). Charrette (2014) énumère d'ailleurs plusieurs éléments de variabilité à considérer pour une meilleure compatibilité entre le pont et les véhicules levés : capacité de levage, hauteur minimale et maximale des patins, zone d'atteinte des patins, hauteur maximale de levage jusqu'au dispositif de fin de course et nature des tâches. Selon les données recueillies, cette démarche d'achat devrait se baser sur 1) la mobilisation des techniciens d'expérience du garage pour établir les critères les plus importants notamment pour répondre aux difficultés vécues, 2) des données statistiques sur les types de véhicules levés dans le garage et une projection des véhicules qui pourraient être levés dans le futur et 3) le test de différentes options et la visite de garages de référence. Le fait de prendre le temps de la réflexion à cette étape peut permettre de bien identifier les besoins pour ensuite faciliter le travail des techniciens et améliorer leur sécurité en leur donnant plus de marge de manœuvre. Aussi, investir dans plusieurs modèles de ponts de qualité ainsi que dans une gamme d'adaptateurs pour les patins sera avantageux lorsqu'on prend en compte la situation dans son ensemble (p. ex. : sécurité, entretien du pont, polyvalence). Les recommandations qui suivent, issues des différents résultats de l'étude, permettent d'être plus spécifiques sur les éléments de conception et d'installation à prendre en compte concernant la compatibilité des PEV HT2C. Trois tableaux sont présentés en lien avec les ponts (tableau 33), les bras (tableau 34) et les patins (tableau 35).

**Tableau 33. Recommandations en lien avec l'adéquation globale des ponts HT2C**

Difficultés	Recommandation	Explication
Diversité de situations	Plusieurs modèles de ponts	Quelles que soient la polyvalence et l'adéquation d'un type de pont avec la plupart des besoins identifiés, il est pertinent d'avoir plusieurs modèles de ponts dans un garage afin de couvrir le plus de situations possible. On peut penser à l'ajout de ponts qui répondent à des besoins spécifiques comme 1) une capacité significativement supérieure aux autres ponts pour les véhicules plus lourds (voir ci-après), 2) une conception de bras ou de patins qui s'adaptent mieux à certains types de véhicules et de points de levage (p. ex. : camionnette, véhicule électrique) ou encore 3) des travaux particuliers. Cela peut se traduire par plusieurs modèles de PEV HT2C ou d'autres types de ponts élévateurs (p. ex. : pont ciseaux, rampes).
Véhicules lourds	Au moins un pont de plus grande capacité	Lors de l'étude, il a été mesuré et observé que les camionnettes et les fourgonnettes ont tendance à engendrer des moments significativement plus importants dans les deux bras arrière du pont (section 4.3.2.4). Les versions électriques, plus lourdes, et les chargements dans la caisse ont le potentiel d'amplifier ce problème. Ces véhicules, de plus en plus nombreux, posent parfois des problèmes pour le levage tels que décrits à la section 5.8. Ainsi, il peut être intéressant d'anticiper ce point en possédant un pourcentage de ponts HT2C de plus grande capacité (symétriques), plus larges, avec un dégagement vers le haut et avec des patins adaptés pour ces véhicules. Le fait d'avoir à disposition des ponts de plus grande capacité contribuerait à éviter ou réduire la dégradation prématurée liées à une surcharge des ponts de plus petite capacité. De manière générale, une conception robuste pour les bras arrière est à privilégier. L'utilisation d'un autre type de pont (p. ex. rampe) peut aussi être privilégiée lorsque les travaux le permettent.
Répartition des efforts avec loquets asymétriques	Loquet antichute symétrique	D'après les résultats du bloc A, il est conseillé d'éviter les ponts avec des loquets antichute asymétriques (placés sur la face avant ou arrière de la colonne et non la face latérale), car cela semble créer une sursollicitation des bras du côté des loquets et une moins bonne répartition des efforts dans les bras (section 4.3.2.2).
Véhicule bas	Plancher égal au niveau des colonnes	Privilégier une hauteur de plancher de niveau entre les deux colonnes pour éviter de devoir surélever une colonne (p. ex. ajout de béton, figure 56a). Ce type d'installation peut faire en sorte que les bras soient surélevés d'un côté par rapport au plancher et donc au véhicule.
Positionnement du pont	Prise en compte de l'environnement	Lors de l'installation, il faut prendre en considération 1) la hauteur de plafond et les obstacles (p. ex. conduit de ventilation) pour la hauteur maximale de levage disponible jusqu'au dispositif de fin de course, 2) le positionnement du pont pour faciliter les manœuvres d'approches avec les véhicules, les déplacements des techniciens entre les ponts, la possibilité de prendre un pas de recul pour évaluer l'horizontalité des longs véhicules et de se mettre à l'écart en cas de chute du véhicule (section 5.5.1) et 3) l'adéquation du béton du plancher par rapport à la capacité du pont visée (section 6.4.2).

**IRSSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

**Tableau 34. Recommandations en lien avec les bras des ponts HT2C**

Difficulté	Recommandation	Explication
Atteinte des points de levage	Zones d'atteinte étendues. Longueur minimale des bras optimisée	Plusieurs problèmes ont été observés pour l'atteinte des points de levage (p. ex. : bras trop long en avant ; bras qui butent sur la roue à l'arrière (section 5.5.4)). Ces problèmes viennent principalement de la longueur minimale des bras et de l'ajustement des patins. Ainsi, il est conseillé de privilégier des ponts avec des zones d'atteinte (de balayage) les plus étendues notamment en zone courte. Tous les ponts ne sont pas équivalents sur ce point tel qu'illustré à la figure 60 où l'on peut observer une différence significative entre deux ponts concernant la zone d'atteinte courte en avant.  Une plus grande zone de balayage peut être obtenue par exemple avec une conception de bras en trois sections plutôt que deux, le positionnement du patin par-dessus la première section du bras ou encore en travaillant sur le positionnement des colonnes. Par exemple, des colonnes positionnées droites plutôt qu'en angle et au maximum des spécifications d'écartement peuvent aider pour la zone courte en avant. Il peut toutefois y avoir d'autres éléments à considérer notamment les recommandations du fabricant et la facilité d'ouverture des portes du véhicule.
Manipulation des bras	Ajustement des bras facile et durable	Lors du positionnement des patins sous les véhicules, de nombreux ajustements des bras sont souvent nécessaires (c.-à-d. rotation, translation). Il est donc important de privilégier une conception de bras qui va assurer une manipulation facile dans le temps. On peut penser au système de guidage en tant que tel, à la qualité des pièces de guidage et à la facilité d'entretien.
Interférences du bras	Profil des bras sans obstacle	Éviter autant que possible la présence d'obstacles qui pourraient créer une interférence avec le bas de caisse ou l'ouverture de la portière de la voiture (p. ex. renfort).
Véhicule bas	Profil des bras fins (plat)	Pour éviter les interférences entre la première section du bras et le bas de caisse lorsque le bras est à longueur minimale (p. ex. situation problématique, Po1 au garage 4, tableau 16), privilégier des profils de bras qui permettent un dégagement entre le patin et la première section même en position complètement rentrée. Aussi, pouvoir ajuster le patin légèrement plus haut que la première section (p. ex. patin à vis).
	Zone d'accouplement du patin basse	Privilégier une zone d'accouplement du patin sur le bras basse (p. ex. patins des ponts Po3 à Po5, tableau 16 ; figure 62). En d'autres mots, éviter une dernière section haute (p. ex. profilé carré) avec l'accouplement du patin par-dessus (réduit la marge de manœuvre pour les véhicules bas).
Interchangeabilité des patins	Accouplement bras-patin standard	Pour l'installation des patins sur le bras, il faut privilégier un accouplement standard (p. ex. taille de l'alésage) pour favoriser l'utilisation d'une plus grande gamme de patins et d'adaptateurs.
Fonctionnement des systèmes de blocage de bras	Système de blocage durable, automatique et avec indication visuelle	Privilégier un système de blocage des bras robuste et facile à entretenir, car il semble d'après les observations et les entretiens que ces pièces se dégradent rapidement notamment les engrenages en demi-cercle (figure 57). L'étude de Woody et McDonald (2015) donne quelques éléments de conception à privilégier pour la résistance. Par exemple, un accouplement d'engrenages concentriques complet semble une solution plus durable en comparaison aux autres modèles testés. Enfin, ces systèmes devraient s'engager automatiquement, être facilement manipulables et donner un indice visuel efficace aux techniciens pour confirmer leur engagement complet.

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

**Tableau 35. Recommandations en lien avec les patins de ponts HT2C**

Difficulté	Recommandation	Explication
Ajustement des patins en hauteur	Ajustement en hauteur continu	Privilégier des patins qui assurent un ajustement en hauteur simple, continu et sur une plage assez grande. Des patins qui associent rallonges et vissage semblent intéressants en ce sens (figure 62). Les patins avec un ajustement en hauteur discontinu (p. ex. patins repliables en métal (Po1, Po2) et rallonge simple (Po4) offrent moins de flexibilité aux techniciens.
	Panoplie d'adaptateurs	Ne pas négliger lors de l'achat du pont, l'achat de rallonges et d'adaptateurs de patins de différentes formes et dimensions pour plus de polyvalence et s'adapter aux véhicules à lever. Ce type d'adaptateur, lorsque disponible et adéquat, pourrait contribuer à prévenir l'utilisation de rondelles de hockey. Finalement, privilégier un accouplement du patin sur le bras (alésage) standard afin de favoriser les échanges de patins.
Véhicule bas	Patin au profil fin (plat) ou retirable	Privilégier des patins avec un profil le plus petit possible en position basse ou des patins que l'on peut enlever notamment le temps de passer le bras sous le bas de caisse des véhicules bas (p. ex. patins des ponts Po3, Po4 et Po5, tableau 16).
Glissement des patins	Revêtement avec un coefficient de friction élevé, rainurage, butées	Pour anticiper le glissement des patins, comme mesuré au bloc A (section 4.4.2), privilégier des revêtements de patin avec un coefficient de friction important (p. ex. caoutchouc), des rainures ou équivalents pour les cas où la surface d'appui sous le véhicule est un bord ( <i>edge</i> ) et enfin la présence de butées/rebords pour arrêter un glissement (p. ex. figure 62). Néanmoins, les rebords qui dépassent du revêtement du patin peuvent parfois nuire comme dans le cas où le point d'appui est une grande surface plate.

La figure 62 illustre le patin du pont Po5 qui correspond à la plupart des critères énoncés au tableau 35 (c.-à-d. retirable, vissable, accouplement plus bas sur la dernière section du bras, dégagement).

**Figure 62. Exemple de patin vissable, retirable et avec une zone d'accouplement basse sur la dernière section du bras.**



À noter que la problématique des véhicules bas a été abordée dans les trois tableaux, que ce soit au niveau de l'installation du pont, de la conception des bras et des caractéristiques des patins. En complément de ces points, l'utilisation de chariots placés sous les roues (*dolly*, *vehicle positioning jack*) lors des essais sur les VE a permis de soulever simplement les véhicules de quelques centimètres et de faciliter leur positionnement latéral (figure 63). Cela

peut être une option dans des cas spécifiques comme un véhicule bas avec un positionnement très précis ou encore le positionnement de VE sans puissance électrique.

**Figure 63. Utilisation d'un chariot placé sous les roues pour surélever et positionner précisément les véhicules électriques lors des essais.**



### **7.2.2.3 Attribution du travail et aspects organisationnels**

La section 7.2.2.2 a abordé la question de l'adéquation du pont et des patins avec le véhicule à lever. En complément à ce point, l'attribution du travail par le personnel encadrant les techniciens ou l'aviseur technique est un élément qui peut faire la différence pour assurer un levage sécuritaire. Ces acteurs peuvent agir en amont, auprès des clients, pour éviter que des véhicules trop lourds, trop détériorés soient levés. Aussi, ces acteurs jouent un rôle important lorsqu'un technicien émet des réserves pour soulever un véhicule, d'une part par leur respect de la décision du technicien et, d'autre part, par la recherche d'autres options possibles. Aussi, la personne en charge de l'attribution du travail peut se doter de critères de répartition qui tiennent compte non seulement de l'expertise des techniciens, mais aussi des caractéristiques des ponts, de la complexité associée au véhicule à lever et aux travaux à faire. Il s'agit au final de trouver la meilleure adéquation pour la combinaison « technicien-tâche-pont-véhicule » en anticipant les véhicules ou les configurations les plus complexes. Pour cela, une communication avec les techniciens est nécessaire tout comme un historique des difficultés vécues avec les véhicules et les ponts.

Par ailleurs, un climat qui favorise la sécurité a été évoqué à de nombreuses reprises lors des entretiens avec les acteurs du secteur et des garages. Cela passe notamment par le fait de laisser le temps nécessaire au technicien lorsqu'un véhicule est plus complexe à lever. Prendre le temps signifie d'aller chercher l'information sur les points de levage, de se procurer les accessoires nécessaires (p. ex. : adaptateurs de patin, rallonges, chandelles, cales élévatrices), de communiquer avec les autres techniciens pour valider les choix et de faire l'entretien de son pont. Au-delà du temps, l'organisation du travail et le mode de rémunération doivent donc favoriser une entraide entre les techniciens pour les cas complexes, mais aussi fournir les accessoires nécessaires. Comme mentionné en 7.2.2.2,

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

l'implication des techniciens dans la démarche d'achat des ponts est une pratique favorisant un choix éclairé tout en valorisant les compétences.

#### **7.2.2.4 Ressources pour l'inspection et l'entretien des PEV HT2C**

Les tests du bloc A avec deux ponts identiques, mais avec un niveau d'usure différent (tableau 37 ; jeux dans les bras, inclinaison des patins) ont montré l'effet de l'usure du PEV : moins bonne répartition des efforts dans certaines configurations ou encore composantes horizontales des forces aux patins plus grandes (section 4.3.2.5). Des problèmes avec l'état des patins, le blocage des bras et le dispositif de fin de course des rallonges ont également été constatés. L'inspection et l'entretien des PEV sont donc des éléments importants pour la stabilité du levage. Le chapitre 6 et l'annexe C. II propose une grille d'inspection complète basée sur de nombreuses sources, ainsi que les résultats de la présente étude, avec des valeurs d'état détaillées pour guider l'inspection.

Une inspection complète annuelle par une personne externe compétente devrait être un minimum requis selon la plupart des personnes rencontrées. Les compétences de l'inspecteur devraient être définies telles que suggérées dans la section sur les aspects législatifs (7.2.1.2). De plus, il a été établi dans la grille d'inspection proposée que de nombreuses défaillances sur des composants critiques du pont sont progressives (p. ex. jeux). Il est donc recommandé que l'inspecteur assure un suivi dans le temps sur ces composants à l'aide de repères tangibles pour juger adéquatement de leur usure. La prise de mesures et de photos est fortement recommandée. Ce point correspond à la colonne « suivi » de la grille proposée.

Les points les plus critiques, établis selon une démarche rigoureuse, doivent faire l'objet d'une inspection plus fréquente, routinière. Il incombe souvent aux techniciens ou à la personne désignée dans le garage de faire cette inspection. Pour cela, il est important que le gestionnaire prévoie des ressources ou définisse des plages dans l'horaire des techniciens pour mener à bien ces inspections routinières ainsi que l'entretien périodique du pont (p. ex. : nettoyage, graissage). Il est également conseillé de mettre en place des mécanismes pour favoriser la communication, par le technicien, de bris, de mauvais ajustement du pont ou de retard dans l'entretien suite à la détection d'une anomalie. Finalement, il ne faut pas hésiter à mettre un pont hors service lorsqu'il persiste un doute sur le niveau de risque auquel le technicien est exposé.

### **7.2.3 Retombées directes – Formation et partage d'expertise**

#### **7.2.3.1 Constats de l'étude et recommandations d'organisme(s) sur l'utilisation des ponts élévateurs**

Au regard des connaissances tirées des observations et entretiens réalisés dans les garages et des tests faits au CFP, le tableau 36 fait un retour sur les étapes typiques pour un levage

- IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

sécuritaire avec un pont HT2C proposées par les organismes en prévention et en formation au Québec (section 1.1 ; Auto Prévention, 2014). Quelques recommandations provenant de vidéos et de documents de formation de fabricants de ponts élévateurs et d'autres organismes ont aussi été ajoutées<sup>13</sup> à l'analyse pour illustrer les nuances de certaines recommandations (lignes ombragées du tableau). Les étapes de la colonne de gauche de ce tableau ne sont pas spécifiquement reliées à une des sources citées, car le but n'est pas de juger/d'évaluer, mais plutôt d'amener une réflexion d'ensemble sur les étapes prescrites et le contenu de formation associé.

---

<sup>13</sup> <https://rotarylif.com/videos/how-to-use-a-2-post-lift/>

[http://www.whipindustries.com/docs/default-source/default-document-library/wa102e\\_manual.pdf?sfvrsn=be6d7ab1\\_0](http://www.whipindustries.com/docs/default-source/default-document-library/wa102e_manual.pdf?sfvrsn=be6d7ab1_0)

<https://www.challengerlifts.com/wp-content/uploads/2020/10/VLE10-IOM-A-2021-1-25.pdf>

ALI « Safe Lifting Guidance », document remis lors de la formation en ligne <https://www.autolift.org/product/lifting-it-right-online-edition/>

- IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

**Tableau 36. Comparaison des étapes de levage sécuritaire typiques proposées par des organismes de prévention et de formation avec les constats issus de l'observation de situations de levage (bloc B) et des tests au CFP (bloc A)**

Étape pour un levage sécuritaire		Observation et entretien dans les garages	Test au CFP
1.	Respecter la capacité du PEV : ne pas dépasser la limite indiquée sur la plaque signalétique. Si le véhicule est chargé, le faire décharger.	<p>Consultation très rare du poids brut du véhicule. Évaluation basée sur l'expérience. Capacité du pont respectée (p. ex. les véhicules trop lourds sont envoyés sur d'autres ponts, déchargés, refusés).</p> <p>Camionnettes chargées sont de masse inconnue qui est approximée. Camionnettes/fourgonnettes parfois refusées pour le levage, déchargées ou levées telles quelles.</p> <p>Crainte, voire refus, de lever certains véhicules même si la masse ne dépasse pas la capacité du PEV. D'autres facteurs que la capacité de levage sont importants (section 5.8 sur les camionnettes et fourgonnettes et voir l'étape 3).</p>	<p>Capacité totale des ponts respectés lors de tous les tests (3 175 kg [7 000 lb]).</p> <p>Capacité maximale de chaque bras précisé à 794 kg (c.-à-d. 7 000 lb/4) sur les ponts du plan d'expérience n° 1 :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacité maximale d'un bras arrière dépassée pour tous les essais avec la camionnette chargée et certaines configurations déchargées. Max. 143 % de la capacité maximale du bras.</li> <li>- Capacité maximale des bras respectée pour toutes les configurations avec le véhicule compact.</li> </ul>
	<p>Le poids de chaque essieu ne doit pas dépasser la moitié de la capacité du pont.</p> <p>Le poids sur chaque bras ne doit pas dépasser le quart de la capacité du pont.</p> <p>Chaque patin est chargé de la même manière.</p>	<p>La répartition du poids sur les essieux peut de beaucoup différer de celle sur les patins (tableau 27).</p> <p>Le poids sur chaque patin est déterminé par la position des points de levage sur le véhicule – les techniciens ne peuvent pas choisir comment répartir le poids sur les patins.</p> <p>Les techniciens ne peuvent connaître la véritable distribution du poids sur les patins, mais se servent d'indices (p. ex. ballant) pour identifier des situations plus à risque.</p>	(Voir ligne précédente.)
2.	Libérer l'aire prévue pour le véhicule : s'assurer qu'aucun bras pivotant ou aucun objet ne se trouve dans le passage du véhicule.	Dans les situations observées, le dégagement des objets est fait à la fin des travaux, avant de redescendre le pont. Lorsque le véhicule est descendu, les bras sont raccourcis et placés de chaque côté du pont pour éviter qu'ils ne gênent la sortie du véhicule.	(Sans objet.)



Étape pour un levage sécuritaire	Observation et entretien dans les garages	Test au CFP
<p>3. Positionner le véhicule selon son CdG par rapport aux colonnes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- évaluer la position du CdG (propulsion [plus avancé], traction [moins avancé] et selon le chargement),</li> <li>- pour les ponts symétriques : placer le CdG vis-à-vis les deux colonnes<sup>14</sup>,</li> <li>- pour les ponts asymétriques, respecter les recommandations du fabricant du PEV pour le positionnement du CdG du véhicule.</li> </ul>	<p>Localisation exacte du CdG des véhicules inconnue.</p> <p>Empattement approximatif du véhicule et présence d'une cale au sol pour le pneu AVGA aident au positionnement selon les recommandations du fabricant, mais pas toujours.</p> <p>Expérience, connaissances des techniciens (p. ex. modèle de véhicule selon l'année, localisation des points de levage, obstacles sous le véhicule) les guident pour déterminer comment placer la plupart des véhicules.</p> <p>Limitation d'atteinte des bras de certains ponts en combinaison avec les caractéristiques des véhicules amène des compromis entre position recommandée du véhicule par le fabricant du PEV et position des patins recommandée par le guide ALI (2019). Génère des reprises du positionnement du véhicule (et des patins).</p> <p>Évaluation du CdG des gros véhicules (longs, chargés, modifiés) préoccupe des techniciens qui peuvent décider de ne pas les lever sur leur pont. Techniciens se basent sur leur expérience et des essais-erreurs (tentatives de levage et vérifications de l'horizontalité du véhicule).</p> <p>Cette étape (no. 3) et les suivantes n'abordent pas la question de la localisation du CdG par rapport à la position des patins dans le cas où les points de levage sont autres que ceux du guide ALI, du retrait de pièces lourdes, d'un chargement. Elle n'aborde pas non plus les effets d'un long porte-à-faux sur la stabilité (section 5.8 sur les camionnettes et fourgonnettes).</p>	<p>Positions du CdG des véhicules par rapport aux colonnes lors des tests disponibles à la figure 10 (carrés verts : configuration la plus proche d'un levage standard) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- CdG des véhicules a reculé de 150 à 200 mm avec le chargement de 216 kg dans le coffre.</li> <li>- Avec les points de levage recommandés, le chargement de la camionnette dans la caisse a eu un effet négatif sur la répartition des forces entre les 4 patins. Le CdG est situé à 450 mm des patins arrière (axe avant-arrière) dans ce cas (tableau 27).</li> <li>- En reculant les véhicules au maximum par rapport aux colonnes, le CdG recule de 650 mm pour le véhicule compact et de 1 181 mm pour la camionnette.</li> <li>- Cas extrême lors des tests : CdG situé à 1 m des colonnes dans l'axe avant-arrière (camionnette reculée chargée).</li> <li>- Le recul du véhicule a tendance à générer un déséquilibre des moments vers l'arrière puisque les bras arrière doivent être allongés contrairement à ceux en avant.</li> </ul>

<sup>14</sup> Les instructions données par un fabricant de ponts indiquent d'ajuster les bras du pont de manière à ce que le véhicule soit positionné avec le centre de gravité à mi-chemin entre les patins. Il s'agit probablement d'une erreur de rédaction, puisque les techniciens n'ont pas le contrôle sur l'emplacement du CdG par rapport aux patins lorsqu'ils les placent sur les points de levage du guide ALI. Le texte aurait dû plutôt faire référence à l'emplacement du CdG par rapport aux colonnes du pont.

Étape pour un levage sécuritaire	Observation et entretien dans les garages	Test au CFP
<p>4. Choisir les patins et vérifier leur état : utiliser des patins qui offrent un contact ferme avec le véhicule ; utiliser les patins auxiliaires pour certains véhicules (camionnette, VUS) ; vérifier l'usure des tampons de caoutchouc et l'absence de corps gras sur les patins.</p>	<p>Peu ou pas de choix de patins :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Chaque pont est équipé de patins de « base » utilisés pour tous les véhicules sauf exception.</li> <li>- Quelques ponts-garages ont des patins hauts et larges pour convenir au levage de certaines camionnettes. Utilisés par certains techniciens et évités par d'autres (hauteur et jeu créent de l'instabilité).</li> <li>- Patins repliables en métal offrent des surfaces d'appui dont les caractéristiques dépendent de la hauteur choisie.</li> <li>- L'ajustement des patins en hauteur dépend du pont : 1) ajustement continu en hauteur (vis) et rallonges ; 2) ajustement par incrément par ajout de rallonges ; 3) ajustement en trois hauteurs en utilisant les sections du patin repliable en métal.</li> </ul> <p>Contact « ferme » dépend des caractéristiques du point de levage (p. ex. : bas de caisse, longeron), du matériau composant le patin (métal, plastique, caoutchouc) et de sa forme (surface de contact, butée). Certains techniciens satisfaits des patins de leur pont (Po5) et d'autres sont critiques (Po1, Po2).</p> <p>Présence de patins dont les coussins de caoutchouc étaient détériorés (ou même absents lors des mesures faites).</p> <p>Cette étape (no.4) n'aborde pas d'autres considérations pour le choix du patin :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pour certains véhicules, utilisation de rondelles et de planches de bois placées sur les patins pour compenser le manque d'ajustement continu de certains patins (zone d'atteinte des bras, hauteur des patins) et pour ne pas abîmer le véhicule.</li> <li>- Forme-dimensions du patin ont leur importance pour ne pas abîmer les garnitures de plastique ou des composants fragiles.</li> </ul>	<p>Glissements observés beaucoup plus faibles pour les patins en caoutchouc que les patins en métal repliables dans les conditions expérimentales.</p> <p>Type de contact entre le point de levage et le patin en caoutchouc souple a une influence significative. Un rebord mince qui s'enfonce dans le caoutchouc limite les glissements en comparaison à une surface d'appui plate.</p> <p>Positionnement initial du patin n'a pas influencé les glissements mesurés, mais il s'agit d'un élément de sécurité primordial.</p> <p>Ajustement en hauteur des patins : décalage significatif de hauteur entre les patins de gauche et de droite a eu un effet sur la répartition des forces (deux bras du côté où les patins sont plus bas, plus sollicités). Décalage entre patins avant et arrière a eu moins d'impact.</p>

Étape pour un levage sécuritaire	Observation et entretien dans les garages	Test au CFP
<p>5. Repérer les points de levage sous le véhicule : si les points de levage ne sont pas indiqués sous le véhicule, consulter les manuels de référence (manuel d'atelier, manuel du propriétaire ou guide de référence).</p>	<p>Indications des points de levage sur les véhicules sont rares. Possibilité de confondre les points de levage pour le cric et ceux pour les PEV.</p> <p>Points de levage souvent situés en périphérie du véhicule (p. ex. : compact, VUS), mais pas toujours accessibles avec le pont utilisé.</p> <p>Lorsque des points de levage alternatifs sont nécessaires, les panneaux de plastique couvrant le dessous de nombreux véhicules cachent les structures et nuisent à leur utilisation (risque de dommage ou nécessité de démonter des panneaux).</p> <p>Manuels de référence pour connaître les points de levage non consultés par les techniciens ou alors dans de rares occasions. Consultation sur Web ou de collègues.</p> <p>Schémas du guide ALI parfois difficiles à interpréter et ne donnent pas d'indication sur des points de levage alternatifs par exemple en cas de rouille.</p> <p>Guide du propriétaire donne points de levage au cric, ceux-ci peuvent parfois différer de ceux dédiés aux PEV.</p>	<p>Pour les véhicules électriques, les points de levage pour une intervention de base peuvent être différents de ceux pour un retrait de la batterie de puissance. Il faut être attentif aux instructions.</p>
<p>6. Vérifier l'état des points de levage : vérifier l'absence de dommages, d'antirouille, de glace, de saletés susceptibles de causer un glissement du véhicule. Nettoyer au besoin. Utiliser aussi des chandelles si rouille ou dommages pouvant altérer la solidité des points de levage</p>	<p>Points de levage peuvent être abîmés par la rouille ou, pour les véhicules de luxe, les points de levage de plastiques peuvent être manquants.</p> <p>Points de levage alternatifs parfois choisis pour les raisons mentionnées plus haut.</p> <p>Pas d'observation d'utilisation de chandelle dans cette situation.</p> <p>Accumulations de neige sur points de levage sont enlevés avant de placer les patins.</p> <p>Véhicules très huilés peuvent causer problème selon des techniciens (non observé).</p>	<p>Lors des tests, les points de levage AV recommandés pour le véhicule compact étaient endommagés : rebords pliés, écrasés. Points alternatifs (ceux du cric) utilisés.</p> <p>Présence de graisse a influencé le glissement mesuré uniquement pour les patins repliables en métal dans les conditions expérimentales.</p>

**IRSST** Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de

- déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

Étape pour un levage sécuritaire		Observation et entretien dans les garages	Test au CFP
7.	Verrouiller les bras pivotants : enclencher manuellement les dispositifs de verrouillage des bras ou vérifier leur enclenchement automatique. Vérifier leur résistance	<p>Ponts observés ont tous un mécanisme de verrouillage automatique des bras (versus manuel).</p> <p>Aucun indice observable montrant que les techniciens vérifient l'enclenchement du mécanisme de verrouillage des bras lors de chaque levage. Vérification non mentionnée en entretien. (Par ailleurs, quelques techniciens parlent du mécanisme de blocage de manière générale, en disant qu'il devrait fonctionner pour que ce soit sécuritaire et qu'il bloque automatiquement en montant le pont. Aussi, pour des ponts n'étant pas à l'étude, des techniciens ont mentionné que les mécanismes de blocage manuel des bras étaient contraignants à utiliser et étaient même parfois désinstallés).</p> <p>Plusieurs systèmes de blocage de bras non engagés avec plusieurs dents brisées lors de l'inspection des ponts qui ont fait l'objet d'observation. Jeux dans les bras disponibles au tableau 56.</p>	Blocage des bras n'affecte pas significativement le glissement mesuré des deux types de patins testés selon l'analyse de variance, possiblement à cause des jeux dans les dispositifs.
	Le mécanisme de blocage des bras ne constitue pas une sécurité pour éviter la chute de véhicule ; il permet plutôt de maintenir les bras en position, le temps que les patins fassent contact avec le véhicule.		
8.	Vérifier la stabilité du véhicule : une fois le véhicule soulevé d'environ 30 cm du sol, vérifier sa stabilité par une poussée latérale.	<p>Test effectué ou pas : varie selon les techniciens, les véhicules ou les garages.</p> <p>Techniciens considèrent ce test important pour les gros ou longs véhicules. Ne paraît pas une préoccupation pour les petits véhicules.</p> <p>Lorsque fait, la poussée exercée est verticale ou à forte composante verticale (poussée exercée à la hauteur des bras du technicien sur carrosserie, pneu, pare-chocs).</p> <p>Indices visuels et sonores permettent de détecter un mauvais appui sur les patins. Balancement des gros véhicules est une préoccupation.</p>	<p>Dans le cas du véhicule compact, une charge minimum de 27,5 kg a été mesurée sur un bras (sous sollicitation) avec le PEV le plus usé. De plus, des glissements jusqu'à ¼ de la largeur du patin ont été mesurés avec ce véhicule.</p> <p>Ainsi, le test de stabilité devrait être fait pour tous les types de véhicules afin de détecter une anomalie.</p> <p>Coups de masse latéraux ont fait davantage glisser les patins que les poussées verticales dans le coffre lors des tests.</p>
	Tester la stabilité en secouant le véhicule de haut en bas (pour le faire balancer) (fabricants 1, 3 ; ALI).		

**IRSST** Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de

- déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

Étape pour un levage sécuritaire		Observation et entretien dans les garages	Test au CFP
9.	Demeurer aux commandes lors du levage : connaître le mode d'opération du PEV et surveiller le levage.	Techniciens toujours présents pour actionner les commandes du pont pour les levages observés puisque les commandes sont à action maintenue et installées sur l'une des deux colonnes du pont.  Techniciens regardent presque toujours (non quantifié) en direction du véhicule : côté du véhicule, sous le véhicule, haut du véhicule - haut du pont.	(Sans objet.)
10.	S'assurer que les loquets antichute sont fonctionnels : lors du levage, écouter l'enclenchement simultané des loquets de verrouillage à tous les 15 cm environ.	Quelques techniciens disent porter attention au synchronisme des loquets.  Loquets toujours en fonction (jamais rétractés par les techniciens) durant la montée du pont. Systèmes d'isolation en mousse pour limiter le bruit des loquets sur un pont.  Ponts utilisés ne semblaient pas avoir de problème de synchronisme.	Des loquets antichute asymétriques dans les deux colonnes ont conduit à une moins bonne répartition des forces dans les bras (section 4.3.2.2).
	S'assurer de toujours descendre le véhicule sur les loquets.	Pas fait systématiquement, varie selon les techniciens, le garage.  Plus important de descendre sur les loquets pour les gros véhicules et les travaux de longue durée selon les techniciens.	Incident : lors d'un test, au niveau du premier cran (position basse), seulement un des deux loquets s'est engagé. Lors de la descente du véhicule pour le « poser » sur les loquets, le véhicule s'est dangereusement incliné.  Le dépôt du véhicule sur les loquets antichute peut créer des oscillations de forces potentiellement importantes aux patins notamment pour les camionnettes (amplitude de 5 000 N (510 kg) sur un patin pour la camionnette chargée dans la caisse). Il faut rester attentif lors de la phase de dépôt, un patin mal positionné pourrait décrocher lors de ces oscillations.
11.	Utiliser quatre chandelles avec ajustement à vis lors du retrait de composants lourds sur le véhicule.	Aucune observation de retrait de composants lourds. Mention d'utilisation des chandelles dans cette situation par un technicien.  Chandelles à ajustement par vis dans un garage ; chandelles à incrément par crans dans un autre nécessite ajout de cales de bois.	Chandelles avec ajustement à vis utilisées lors des essais de glissement et des mesures subséquentes. Installation et ajustement relativement aisés.
	Utiliser des chandelles quand les bras du pont sont étirés au maximum (p. ex. véhicules longs), pour égaliser et stabiliser la charge et dans le cas des	Utilisation d'une ou deux chandelles pour contrôler le ballant de gros et longs véhicules, constatée dans deux garages.	

**IRSST** Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de

- déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

Étape pour un levage sécuritaire	Observation et entretien dans les garages	Test au CFP
ponts plus anciens avec un loquet antichute seulement à la hauteur max.		
Retirer tout obstacle et rester aux commandes du pont lors de la descente du véhicule	<p>L'espace de travail était dégagé lors des 108 situations observées et les techniciens sont restés aux commandes de leur pont.</p> <p>Incident observé : loquets d'un côté qui ne se désengagent pas lors de la descente du véhicule ; intervention du technicien pour régler la tension dans les câbles.</p> <p>Incident relaté par un technicien : un véhicule de gros gabarit a chuté durant la phase de descente.</p>	

**IRSST** Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de

- déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

Globalement, ce travail révèle les éléments suivants :

- Le découpage linéaire par étape que l'on retrouve dans les procédures de levage ne correspond pas aux allers-retours effectués par les techniciens pour placer le véhicule et les patins dans plusieurs situations de levage observées (5.5.4 et 5.6.3.4) ou aux évaluations faites simultanément lors du positionnement des patins.
- Les procédures suggèrent que l'information est disponible et applicable au contexte (p. ex. : localisation du CdG, possibilité d'atteindre les points de levage avec les bras du pont, points de levage alternatifs), ce qui n'est pas toujours le cas.
- Les précautions particulières liées au poids et au gabarit des véhicules ne sont pas nuancées (p. ex. comment tester la stabilité des petits véhicules ou des très longs) et peu d'attention est accordée à la répartition réelle du poids sur les patins et au porte-à-faux.
- Beaucoup de responsabilités sont confiées aux techniciens lorsque les moyens et les connaissances manquent 1) pour suivre les recommandations et, 2) sur les alternatives possibles pour procéder à un levage sécuritaire lorsque les recommandations ne peuvent être appliquées.

### **7.2.3.2 Formation des techniciens à la diversité des situations de levage**

Les entretiens menés auprès des techniciens ont révélé que l'expertise se développe à travers le temps, par la pratique et les expériences vécues. Cela se reflète par exemple par : se souvenir des particularités des véhicules, savoir ce qu'on peut lever ou non à son pont et avec les autres ponts du garage, trouver les compromis acceptables entre la position du véhicule et des patins, reconnaître les indices pouvant révéler un risque pour la stabilité, prendre la décision de ne pas lever un véhicule. Outre la stabilité, les différents objectifs poursuivis par les techniciens devraient être abordés (efficacité, qualité, travail, santé). La formation au levage de véhicules ne peut donc pas se résumer en un seul cours, accordant une attestation à la fin, mais doit plutôt être abordée comme un continuum. Au surplus, la nouveauté des modèles de véhicules sur le marché exige de se mettre à jour sur les façons de les lever. Dans les garages, la contribution d'un technicien expérimenté comme personne-ressource pour le levage pourrait être un moyen de maintenir à jour les pratiques et de les transmettre aux collègues.

Concernant l'intégration des nouveaux travailleurs, il appert que les techniciens nouvellement engagés ne devraient pas être appelés à changer de ponts sans accompagnement adéquat. Chaque pont a ses caractéristiques qui peuvent amener à faire des compromis lors du levage de certains véhicules ; des difficultés particulières peuvent se révéler pour un même modèle de pont mais d'usure ou d'installation différentes.

Du matériel audiovisuel issu de l'étude en conformité avec les règles d'éthique pourrait servir à alimenter les discussions avec les techniciens lors de formations (à mettre en lien avec les résultats du tableau 36). Les thèmes suivants pourraient être abordés :

- IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

- les situations où les points de levage recommandés ne sont pas accessibles ou utilisables que ce soit à cause de la longueur des bras, de l'ajustement des patins, des dimensions ou de la position du véhicule ou de ses points de levage, pour ensuite discuter des méthodes de levage sécuritaires possibles dans ces situations. L'utilisation de rondelles de hockey et de planches de bois pourrait être discutée à ce stade-ci, par exemple ;
- la diversité des ponts que ce soit en termes de zones d'atteinte des patins (figure 60), de type de patins et d'accessoires (tableau 16) ou d'installation, pour ensuite discuter de l'effet sur les modes opératoires (sections 5.4 à 5.8) ;
- les spécificités des véhicules électriques, de plus en plus nombreux, lors du levage (annexe A.III) ;
- l'effet de certains facteurs sur la position du CdG du véhicule par rapport aux points de levage choisis et le chargement des quatre bras du pont (sur- ou sous sollicitation) (tableau 9). On peut penser aux véhicules longs et lourds ou au contraire aux véhicules compacts, au chargement dans le coffre ou au positionnement du véhicule ;
- en lien avec les points précédents, les situations où le levage avec un PEV HT2C ne devrait pas être effectué et où l'entraide peut être nécessaire.

Par ailleurs, des recommandations spécifiques à l'intention des techniciens concernant la stabilité du levage ont été identifiées lors de l'étude (en complément des étapes de la procédure discutées au tableau 36) :

- Porter une attention particulière au positionnement des quatre patins sur leur point de levage et à la qualité du contact. En effet, la discussion sur l'origine des accidents mortels décrits au tableau 1 (section 4.5) et des témoignages d'incidents recueillis dans les garages (section 5.3.2.4) pointent vers le fait que les patins peuvent se déplacer de leur point d'appui sous le véhicule lors d'un levage. Cela peut être dû entre autres à des forces exercées sur le véhicule, aux mouvements du pont, à une sous sollicitation d'un patin et du jeu dans le système de blocage des bras, etc. Un patin bien centré offre plus de marge de sécurité.
- Valider la stabilité du levage par des poussées indépendamment du type de véhicule, ce test n'est pas réservé aux véhicules lourds et longs. En effet, le test peut permettre de déceler un patin mal placé, sur le point de décrocher, quel que soit le véhicule. Pour le type de poussées à privilégier, il est difficile de généraliser. La logique veut de privilégier le type de poussées qui est le plus susceptibles de faire glisser ou bouger le véhicule. Pour les véhicules compacts (non chargés dans le coffre), les résultats obtenus démontrent que les bras arrière sont moins chargés que les bras avant. On peut donc envisager des poussées latérales en arrière et verticales en avant. Dans le cas des camionnettes et les fourgonnettes, puisque le CdG est en arrière, on peut suggérer a priori des poussées verticales en arrière et latérales en avant. Toutefois, le type et le nombre de poussées sont à l'appréciation du technicien en fonction de la situation spécifique.
- Être attentif lors du dépôt du véhicule sur les loquets antichute ou lors de la mise en mouvement du pont chargé, car ces phases de transition créent des oscillations de



forces potentiellement importantes aux patins (figure 11 ; oscillation d'une amplitude de 5 000 N (510 kg) sur un patin pour la camionnette chargée dans la caisse). Ces oscillations de forces sont critiques dans le fonctionnement du pont et la stabilité du levage. Un patin mal positionné pourrait décrocher lors de ces oscillations. Dans le même ordre d'idées, il faut arrêter d'utiliser le pont et faire les réparations requises s'il y a des soubresauts lors du mouvement de descente du pont (cf. points D.2.3 et F.2.1 de la grille d'inspection) ou encore si les loquets antichute qui ne s'enclenchent pas simultanément lors de la montée et qu'un seul des deux loquets est engagé lorsque le technicien redescend le véhicule (section 6.4.4).

- Éviter les chargements de la caisse et une position trop reculée notamment pour les camionnettes et les fourgonnettes. En effet, le chargement recule un CdG qui est déjà proche des patins arrière à cause de la longueur du véhicule et du porte-à-faux arrière. La position reculée allonge également les bras arrière et donc les moments dans ces deux bras. Ainsi, ces configurations amplifient la mauvaise répartition des efforts et contribuent à la dégradation des bras et patins arrière. Envisager l'utilisation d'un pont à quatre colonnes si les travaux le permettent ou d'un pont HT2C symétrique d'une capacité supérieure.
- Éviter une configuration de levage avec un angle de tangage du véhicule important puisqu'elle sursollicite les bras du côté le plus bas. Ces configurations amplifient la mauvaise répartition des efforts et la dégradation des bras et des patins.

### 7.2.3.3 Formations des autres acteurs

Concernant les aspects de formation, d'autres acteurs que les techniciens bénéficieraient de prendre connaissance des résultats de l'étude que ce soit sur la diversité des situations de levage, les difficultés vécues lors du levage, les facteurs significatifs des plans d'expérience (répartition des efforts, glissement) ou les points d'inspection critiques. On peut penser 1) aux vendeurs et aux installateurs pour compléter leur compréhension liée à l'activité de travail des techniciens, 2) aux acteurs des garages qui sont impliqués dans le processus d'achat des ponts pour bien orienter le processus en fonction des difficultés vécues par les techniciens et les besoins du garage, 3) au personnel qui attribue et encadre le travail des techniciens pour mieux anticiper certains couplages « pont-véhicule » problématiques et répartir le travail en ciblant plus adéquatement ou efficacement les combinaisons « technicien-tâche-pont-véhicule », 4) aux conseillers en SST du secteur pour avoir accès à des éléments de réponse documentés, et finalement 5) aux propriétaires de garages pour les sensibiliser aux investissements parfois nécessaires pour assurer un levage plus sécuritaire.

Cette suggestion de formation des autres acteurs est par exemple à mettre en lien avec la section 7.2.2.3 (attribution du travail et aspect organisationnel) où l'impact du personnel encadrant dans l'atteinte d'un levage sécuritaire a été abordé. Fournir des clés à ces acteurs semble donc une avenue complémentaire porteuse à ne pas négliger.

## 7.3 Limites et poursuite des travaux

- IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

### 7.3.1 Portée et limites

Ces travaux de recherche sont les premiers, à la connaissance de l'équipe de recherche, à étudier l'utilisation des PEV HT2C de manière aussi spécifique. Dans ce contexte, l'approche méthodologique choisie a été principalement exploratoire. Ce choix a permis d'aborder la problématique dans sa globalité en adéquation avec l'objectif fixé. Cela s'est traduit par une approche pluridisciplinaire et une coconstruction ingénierie-ergonomie avec à la fois des plans d'expérience, des entretiens, des observations et des mesures en garage, des entretiens d'approfondissement avec des techniciens ou encore le développement d'une grille d'inspection. L'étude a permis d'offrir une meilleure compréhension du levage avec les PEV HT2C et de formuler des pistes d'action en matière de prévention.

Cette approche exploratoire n'a en contrepartie pas permis de pousser plus en profondeur l'étude de certaines variables ou de situations en lien avec le levage. Il s'agit toujours d'un compromis entre exploration plus large et étude plus approfondie de phénomènes spécifiques. Cette dernière pourrait être effectuée dans des projets subséquents en se basant sur les conclusions de la présente étude. Ainsi, parmi les limites méthodologiques, il est possible de mettre de l'avant le nombre de niveaux des variables testées ou le nombre de variables observées. Plus précisément, pour le bloc A (plans d'expérience), d'autres configurations auraient pu être testées comme 1) des points de levage alternatifs non recommandés, d'autres types de ponts et de véhicules pour les mesures des forces aux patins et 2) les types de patins, les types de véhicules et les types de poussées sur les véhicules pour les mesures des glissements. Pour le bloc B (terrain), les garages et techniciens volontaires à participer à cette étude ne sont pas nécessairement représentatifs de l'ensemble du secteur. Il aurait donc été intéressant de constituer un échantillon de garages plus grand afin d'avoir accès à d'autres types de véhicules (p. ex. : électriques, spécialisés), d'autres types de ponts et d'autres types de travaux (p. ex. ceux affectant le CdG) et de contextes. Le coût élevé notamment en temps pour réaliser les analyses détaillées des vidéos a toutefois dû être pris en considération. Dans le même ordre d'idées, il aurait été intéressant d'ajouter des autoconfrontations croisées ou encore des groupes de discussion entre techniciens de différents garages pour enrichir la compréhension. Concernant l'effet du contexte propre à chaque garage sur les situations de levage, les données recueillies par observation n'étaient pas suffisamment sensibles et nombreuses pour en permettre l'analyse. Les données d'entretien ont néanmoins permis de comprendre l'influence générale de ce contexte sur les situations de levage. Du côté technique, l'utilisation des caméras 360° a donné un accès privilégié sur les actions accomplies par les techniciens. Les supports visuels se sont avérés essentiels pour approfondir et valider la compréhension des situations de levage avec les techniciens et également avec les membres de l'équipe de recherche. Finalement, dans le même ordre d'idées, la validation de la grille d'inspection au bloc C aurait pu être menée auprès d'un plus grand échantillon.

### 7.3.2 Recommandations pour de futurs travaux de recherche

De futurs travaux de recherche pourraient cibler certains des éléments qui sont ressortis comme préoccupants ou qui n'ont pu être approfondis lors de la présente étude. Parmi les pistes de recherche à explorer, on peut penser entre autres à :

1. Une étude dédiée au levage des véhicules électriques, et notamment aux VUS et aux camionnettes électriques, puisque ces véhicules seront de plus en plus nombreux sur la route et dans les garages. Ces véhicules sont plus lourds que leur équivalent à essence et impliquent des risques et des travaux différents (p. ex. retrait de batterie haute tension).
2. Une étude dédiée aux véhicules longs, lourds et chargés qui sont ressortis comme particulièrement problématiques (p. ex. : camionnettes, véhicules de plombier et électricien, ambulance). Plus d'observations et des mesures en situations réelles en garage pourraient être effectuées. On peut penser notamment à inclure l'observation de véhicules modifiés (p. ex. : véhicule avec pelles, système de remorquage) et à la mesure de la position du CdG en situation réelle. Aussi, la comparaison des ponts symétriques et asymétriques de capacité similaire, du point de vue de la facilité d'utilisation et de la stabilité lors du levage des camionnettes et fourgonnettes pourrait être envisagée.
3. Une collecte de données complémentaire sur des questions comme : 1) l'utilisation de rondelles de hockey et de planches de bois et le test de solutions alternatives ; 2) l'influence de la polyvalence du pont sur le levage des véhicules les plus problématiques (p. ex. étude comparative) ; 3) le type d'efforts exercés sur les véhicules en fonction des travaux.

Aussi, il serait intéressant de pouvoir objectiver par exemple le temps requis, les déplacements, les contraintes physiques et la fatigue générale, l'atteinte des objectifs de sécurité pour l'application d'une procédure selon les recommandations prescrites et pour les pratiques habituelles. Cette approche pourrait constituer une clé de compréhension supplémentaire.

4. Des tests de glissement avec l'ensemble des patins observés sur le terrain, des points alternatifs et d'autres types de poussées sur le véhicule que ce soit en environnement contrôlé ou en situations réelles de travail.
5. Des observations lors de l'inspection des ponts et de l'utilisation de la grille d'inspection proposée dans ce rapport de recherche afin de la bonifier ou de clarifier des points qui pourraient être mal compris par les intervenants dans les garages automobiles.
6. Le suivi de formations basées sur le développement des compétences à l'analyse des situations de levage.

Finalement, le format du présent document n'est pas nécessairement adapté pour atteindre les différents acteurs du secteur (p. ex. : techniciens, aviseurs, propriétaires de garage). Des efforts de valorisation et de transfert de connaissances seront nécessaires pour s'assurer

que les connaissances développées lors de ce projet soient utilisables et utilisées. Ce point est développé à la section suivante.

### 7.3.3 Valorisation des résultats

Afin que les connaissances développées lors de ce projet soient transférées au secteur de la réparation automobile, il est suggéré que des travaux de mobilisation des connaissances accompagnent la publication de ce rapport. Ces travaux devront se faire conjointement avec les acteurs en prévention du secteur afin de prendre en considération leurs besoins, mais également de favoriser l'appropriation du matériel développé. Parmi les pistes pour la valorisation des résultats, l'équipe de recherche suggère à titre d'exemples :

1. Compléter le guide d'achat et d'installation d'un pont élévateur proposé par Auto Prévention (Charrette, 2011, 2014) en se basant sur les pistes d'action de la section 7.2.2.2 (polyvalence des ponts). Certains éléments mentionnés dans Charrette (2011 ; 2014) pourraient être développés ou illustrés notamment en lien avec l'ajustement en hauteur des patins, la configuration des bras et les zones d'atteinte. Ce contenu s'adresserait aux garages et aux groupes de personnes responsables de l'achat et de l'installation des ponts.
2. Mettre à disposition la grille d'inspection développée dans un format utilisable sur le terrain (p. ex. application pour téléphone intelligent ou tablette) et l'accompagner d'un guide d'utilisation.
3. Alimenter les contenus de formation déjà disponible sur l'utilisation sécuritaire des PEV HT2C notamment par l'intermédiaire d'études de cas détaillées de levage à partir du matériel recueilli lors des tests au bloc A et des observations du bloc B (c.-à-d. mesures, photo et vidéo). Le tableau 36 pourrait aussi servir de base de réflexion. Ce contenu s'adresserait aux techniciens, mais également au personnel les encadrant.
4. Développer de courts ateliers de travail sur des sujets de préoccupation précis afin de faciliter la sensibilisation des différents acteurs concernés (p. ex. : camionnettes et fourgonnettes ; ajustement des patins [rondelles de hockey, planches de bois] ; effet de certains facteurs sur la répartition des forces dans les quatre bras et le glissement des patins). Par ailleurs, la question de la localisation du CdG par rapport à la position des patins et de l'effet d'une charge supplémentaire dans la caisse pourrait être illustrée à l'aide d'un petit outil de calcul.

Pour la communauté scientifique, les résultats ont été publiés dans trois articles de revues (Burlet-Vienney, Galy et Cusson Bertrand, 2021 ; Burlet-Vienney, Galy *et al.*, 2022 ; Burlet-Vienney, Gauthier et Galy, 2022) et un article de conférence (Gonella *et al.*, 2021) au moment de l'acceptation du rapport. Le projet a également permis la formation d'une stagiaire de 1<sup>er</sup> cycle en génie mécanique et d'un étudiant au 2<sup>e</sup> cycle en génie industriel.

## CONCLUSION

Lors de la préparation de ce projet et des discussions avec les représentants du secteur de la réparation automobile, il a été constaté que les chutes de véhicules des ponts HT2C étaient un phénomène relativement fréquent dans les garages (avec ou sans conséquences humaines). À ce stade-ci, de nombreuses hypothèses ont été évoquées pour expliquer les chutes de véhicule de PEV HT2C qu'elles soient en lien avec les caractéristiques du pont, des véhicules ou de l'activité de travail des techniciens. Toutefois, les données scientifiques disponibles ne permettaient pas d'alimenter les discussions et de franchir un cap dans la compréhension globale de l'activité de levage. Cette étude a permis de répondre à ce besoin en se basant sur une approche pluridisciplinaire ingénierie-ergonomie (figure 3, section 7.1). La recherche a permis de fournir des données à la fois expérimentales et basées sur l'analyse de l'activité de levage. La multiplication des approches méthodologiques (c.-à-d. mesures et essais, entretiens, observations terrain, collecte de documentation et tests de grilles d'inspection) a permis une triangulation des données.

Dans un premier temps, les résultats ont été présentés par blocs afin de fournir assez de détails sur chaque phase de l'étude. Les synthèses des blocs ainsi que les tableaux et les figures les plus pertinents pour la compréhension de l'étude sont référés dans les paragraphes qui suivent.

Au bloc A (plans d'expérience), pour la répartition des efforts dans les bras, les facteurs contrôlés sont détaillés au tableau 5 et leurs effets sont résumés au tableau 9. Le chargement dans la boîte et la position reculée pour le type camionnette, les loquets antichute asymétriques et un angle de roulis du véhicule peuvent notamment entraîner une sursollicitation marquée de certains bras. L'usure du PEV HT2C a eu un effet sur la répartition des forces (p. ex. : sous sollicitation, forces horizontales) dans certaines configurations. Pour le glissement des patins, les facteurs contrôlés sont détaillés au tableau 7 et leurs effets sont résumés au tableau 10. Les glissements mesurés ont été beaucoup plus importants pour les patins repliables en métal (jusqu'à ¼ de la largeur du patin) que les patins en caoutchouc. Par ailleurs, il est possible d'avoir accès pour les différentes configurations testées :

- à la position du CdG des véhicules par rapport aux colonnes du PEV à la figure 10 (figure 95 pour les véhicules électriques avec et sans batterie de puissance),
- à la répartition des forces dans les quatre bras à la figure 13 ainsi que la représentation du déséquilibre à la figure 78. L'équivalent pour la répartition des moments est disponible à la figure 14 et à la figure 84,
- aux glissements mesurés aux patins en caoutchouc au tableau 44 et ceux aux patins repliables en métal au tableau 45.

Pour le bloc B (activité de travail), les principales conclusions sur les modes opératoires et les déterminants de l'activité sont disponibles aux sections « en résumé » (sections 5.4.3, 5.5.5, 5.6.4, 5.7.7, 5.8.3). On retiendra que les techniciens sont confrontés à une grande diversité de situations de levage (section 5.3). Leur expertise se développe avec la pratique. Par exemple, la connaissance de la stabilité des gros véhicules demeure empirique puisqu'aucun outil et aucune information ne sont mis à la disposition des techniciens pour les aider à estimer la localisation du CdG, positionner le véhicule et connaître la marge de sécurité dans le cas d'une petite base de sustentation. Le couplage « pont-véhicule » peut se traduire, par exemple, par le fait de ne pas pouvoir atteindre ou utiliser facilement les points de levage recommandés et ne pas pouvoir placer le patin comme souhaité (sections 5.5 et 5.6). Ces situations ont notamment été observées pour les véhicules lourds et longs, les véhicules larges avec des points de levage sur le contour du véhicule, les véhicules bas ou encore lorsque les patins n'avaient pas d'ajustement en hauteur continu. Des difficultés en lien avec la conception des véhicules ont été recensées (section 5.9.1) tout comme des pistes d'amélioration suggérées par les techniciens (section 5.9.2).

Pour le bloc C (inspection), la grille d'inspection développée est disponible au tableau 57. Les 74 critères retenus ont été associés à une valeur d'état pour permettre de juger l'état du critère. La fréquence d'inspection de chacun des critères a été établie au moyen de la notion de criticité et d'un algorithme décisionnel développé à cet effet (figure 54). Les critères devant faire l'objet d'un suivi dans le temps, notamment en comparant les résultats d'une inspection à l'autre, ont été identifiés ainsi que la méthode à utiliser. Ces comparaisons de mesures entre deux inspections successives sont une bonne pratique pour aider la prise de décision des inspecteurs relativement aux défaillances progressives.

La mise en commun des différents résultats a permis de formuler des avenues de prévention (section 7.2). Les avenues de prévention à l'intention des garages, des techniciens et des autres acteurs sont des retombées directes pour le secteur de la réparation automobile. On peut retenir :

- les critères à prendre en compte lors de l'achat et de l'installation d'un PEV HT2C pour faire face aux principales difficultés identifiées lors du projet (section 7.2.2.2),
- les suggestions pour compléter la formation des techniciens et des autres acteurs en lien avec la diversité des situations de levage et la stabilité du levage (section 7.2.3).

Ces avenues de prévention pourront faire l'objet d'efforts de mobilisation et de transfert de connaissances spécifiques pour atteindre leur public cible que ce soit par l'intermédiaire de guides spécifiques (p. ex. : critères à tenir compte lors de l'achat d'un PEV HT2C ; grille d'inspection) ou de matériel pour compléter les formations actuelles (section 7.3.3).

Pour conclure, les véhicules électriques ont été abordés plus spécifiquement à l'annexe A.III. Les VE offrent des enjeux spécifiques pour le levage que ce soit à cause de la configuration du châssis avec la présence de la batterie (pas de points de levage alternatifs), leur poids

plus élevé ou encore le risque électrique. Or, ce type de véhicule est amené à être de plus en plus présent sur nos routes et dans les garages avec notamment une offre de plus en plus grande pour les VUS et les camionnettes électriques. Avec l'expertise développée, il serait pertinent de poursuivre des travaux spécifiques sur ce type de véhicule, parmi d'autres suggestions (section 7.3.1).

## BIBLIOGRAPHIE

Akple, M. S., Turkson, R. F., Biscoff, R. et Nyamuame, G. Y. (2013). Accident and safety violation in automobile repair workshops in Ghana. *International Journal of Business, Management and Social Sciences*, 4(1), 12-21.

Akple, M. S., Turkson, R. F., Ezugwu, C. I., Biscoff, R. K. et Bosrotsi, C. K. (2014). An empirical investigation into the relationship between workshop operations and accidents in local automobile garages in Ghana. *Journal of Advances in Environmental Health Research*, 2(4), 142-150. <https://doi.org/10.22102/jaehr.2014.40156>

Alexis, J. et Alexis, P. (1999). *Pratique industrielle des plans d'expériences : la qualité à moindre coût : la méthode Tagushi*. Afnor.

Automotive Lift Institute. (2019). *Quick reference guide: Vehicle lifting points for frame engaging lifts: Model years 1995-2019*. ALI.

American National Standard Institute et Automotive Lift Institute. (2008). *Standard for automotive lifts: Safety requirements for operation, inspection and maintenance*. Norme ANSI/ALI ALOIM.

American National Standard Institute et Automotive Lift Institute. (2011). *Standard for automotive lifts: Safety requirements for construction, testing, and validation*. Norme ANSI/ALI ALCTV.

American National Standard Institute et Automotive Lift Institute. (2020). *Standard for automotive lifts: Safety requirements for operation, inspection and maintenance*. Norme ANSI/ALI ALOIM.

Association des véhicules électriques du Québec. (2022). *Statistiques SAAQ-AVEQ sur l'électromobilité au Québec en date du 31 décembre 2021*. <https://www.aveq.ca/actualite/actualites/statistiques-saaq-aveq-sur-lelectromobilite-au-quebec-en-date-du-31-decembre-2021-infographie>

Association française de normalisation. (1984). *Application de la statistique : introduction à la fiabilité*. Norme Afnor NF X06-501.

Association française de normalisation. (2011). *Élévateurs de véhicules*. Norme Afnor NF EN 1493.

Auto Prévention. (2014). *Le travail sous le véhicule : le levage de véhicule sur pont élévateur à deux colonnes*. Auto Prévention. [https://portail.medial.ca/documentation/Ressources/FT\\_M01\\_PontsElevateurs2col-utilisation.pdf](https://portail.medial.ca/documentation/Ressources/FT_M01_PontsElevateurs2col-utilisation.pdf)

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles



Auto Prévention. (2019). *Fiche d'entretien*. Auto Prévention.

Auto Prévention. (2020). *Fiche d'entretien préventif : pont élévateur hors terre à deux colonnes*. Auto Prévention.

[https://cdn.ca.yapla.com/company/CPYh3egFLRCMIxmwyhmhL1L5/asset/files/Dossier\\_Techniques/PDF/7.%20Fiches%20techniques/FicheEntretien\\_PontElevateur\\_2colonnes2021.pdf](https://cdn.ca.yapla.com/company/CPYh3egFLRCMIxmwyhmhL1L5/asset/files/Dossier_Techniques/PDF/7.%20Fiches%20techniques/FicheEntretien_PontElevateur_2colonnes2021.pdf)

Auto Prévention. (2021). *Autoformation : utilisation sécuritaire des ponts hors terre à 2 colonnes*. Auto Prévention. <https://autoformation.uxperts.ca/privateCatalogItemDetails/4/-1/-1>

Automotive Lift Institute. (2019). *Vehicle lifting points for frame engaging lifts: Model years 1995-2019*. ALI.

Baril-Gingras, G., Bellemare, M. et Brun, J.-P. (2007). Conditions et processus menant à des transformations à la suite d'activités de formation en santé et en sécurité du travail. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, 9(1). <https://doi.org/10.4000/pistes.2998>

Barnett, R. L. et Glauber, J. B. (2009). Automotive lifts: Unrestrained v. restrained swing arms. *Safety Brief*, 29(2). <https://doi.org/10.1115/IMECE2009-10053>

Bejan, A., Brosseau, L. M. et Parker, D. L. (2011). Exposure assessment in auto collision repair shops. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 8(7), 401-408. <https://doi.org/10.1080/15459624.2011.585117>

Boucher, A. (2018). *Lésions professionnelles avec PTI reliées aux ponts élévateurs de véhicules, Québec, 2008-2014*. IRSST. Données non-publiées.

Blokdyk, G. (2018). *Risk-based inspection: The ultimate step-by-step guide*. CreateSpace Independent Publishing Platform.

Burlet-Vienney, D., Galy, B. et Cusson Bertrand, K. (2021). Vehicle stability when using two-post above-ground automotive lifts: Distribution of forces in arms. *Safety Science*, 134(2), article 105042. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.105042>

Burlet-Vienney, D., Galy, B., Cusson Bertrand, K., Beaugrand, S., Gonella, M. et Ledoux, É. (2022). Analysis of vehicle stability when using two-post above-ground automotive lifts: Support pad slippage. *Safety*, 8(3), article 58. <https://doi.org/10.3390/safety8030058>

Burlet-Vienney, D., Gauthier, F. et Galy, B. (2022). Risk-based Inspection applied to Two-Post Above-Ground Automotive Lifts. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. <https://doi.org/10.1080/10803548.2022.2119699>

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

Canadian Centre for Occupational Health and Safety. (2017). *Effective workplace inspections*. CCHST. <https://www.ccohs.ca/oshanswers/prevention/effectiv.html>

Carignan, M. (2018). *Optimiser la performance par la planification d'expériences (DOE)*. ÉTS Formation/Différence.

Chang, M.-K., Chang, R.-R., Shu, C.-M. et Lin, K.-N. (2005). Application of risk based inspection in refinery and processing piping. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 18(4-6), 397-402. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2005.06.036>

Charrette, M. (1 décembre 2011). *Ponts élévateurs : choix et installation : cinq pièges à éviter* [Billet de blogue]. <https://www.autoprevention.org/fr/blogue-details/ponts-eleveurs-choix-et-installations-cinq-pieges-a-eviter>

Charrette, M. (1 juin 2014). *Les ponts élévateurs : bien planifier l'achat et l'installation d'un pont élévateur* [Billet de blogue]. <https://www.autoprevention.org/fr/blogue-details/bien-planifier-l-achat-et-l-installation-d-un-pont-eleveur>

Charrette, M. (1 septembre 2015). *Êtes-vous en sécurité sous votre pont élévateur ?* [Billet de blogue]. <https://www.autoprevention.org/fr/blogue-details/etes-vous-en-securite-sous-votre-pont-eleveur>

Classes of Comparable Automobiles, 40 CFR § 600.315-08 (2015). <https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2015-title40-vol30/pdf/CFR-2015-title40-vol30-sec600-315-08.pdf>

Coefficient de variation (s.d.). Dans *Wikipédia*. Consulté le 24 mars 2023, [https://fr.wikipedia.org/wiki/Coefficient\\_de\\_variation](https://fr.wikipedia.org/wiki/Coefficient_de_variation)

Comité sectoriel de main-d'œuvre des services automobiles. (2017). *Diagnostic sectoriel de l'industrie des services automobiles*. CSMO-Auto.

Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail. (2015). *Rapport d'enquête* (Rapport n° EN-004053). CNESST. <https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/pdf/Enquete/ed004053.pdf>

Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail. (2019). *Rapport d'enquête* (Rapport n° EN-004218). CNESST. <https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/pdf/Enquete/ed004218.pdf>

Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail. (2021). *Centre de documentation*. <https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/>

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

- Dagnelie, P. (2012). *Principes d'expérimentation : planification des expériences et analyse de leurs résultats*. Presses agronomiques.
- Dubé, I. (12 novembre 2018). Pénurie de main-d'œuvre : miser sur les élèves en difficulté scolaire. *La Presse*. [https://plus.lapresse.ca/screens/47905103-cf2e-4917-aea9-7004aef2f14e\\_7C\\_0.html](https://plus.lapresse.ca/screens/47905103-cf2e-4917-aea9-7004aef2f14e_7C_0.html)
- Eberhard, J. et Green, P. (1989). *The development and testing of warnings for automotive lifts*. The University of Michigan Transportation Research Institute.
- Girolift. (s.d.). *Rapport d'inspection de sécurité*. Canada hydraulique équipement.
- Globe. (s.d.). *Installation and service. Model AFO-7A & EH above-floor Asymetrical lift and Model AFO-7 & EH above-floor standard lift. Model AFO-9A & EH above-floor Asymetrical lift and Model AFO-9 & EH above-floor standard lift*. Dresser Industries.
- GOM & Company. (2003). GOM Player (Version 2.3.56.5320) [Logiciel]. GOM & Company.
- Gonella, M., Beaugrand, S., Ledoux, É., Comeau, M. et Bulet-Vienney, D. (2021, 11-13 janvier). *Un regard sur l'utilisation des ponts élévateurs dans le secteur de la mécanique automobile au Québec* [Communication]. 55ème Congrès de la SELF, Mantes la Jolie, France.
- Hamad, H., Yong, B. et Liaqat, A. (2021). A risk-based inspection planning methodology for integrity management of subsea oil and gas pipelines. *Ships and Offshore Structures*, 16(7), 687-699, <https://doi.org/10.1080/17445302.2020.1747751>
- ISN Canada. (s.d.). *Rapport d'inspection visuelle de ponts élévateurs*. ISN Canada.
- Kambris, M. E. K., Khan, S. et Al Falasi, S. N. (2019). Perceptions of health and safety among workers in the automotive repair industry in Dubai (United Arab Emirates): A cross-sectional exploratory study. *Journal of Ecophysiology and Occupational Health*, 19(3), 126-135. <https://doi.org/10.18311/jeoh/2019/23357>
- Kletz, T. A. (2003). Inherently safer design: Its scope and future. *Process Safety and Environmental Protection*, 81(6), 401-405. <https://doi.org/10.1205/095758203770866566>
- Khan, F. I., Sadiq, R. et Haddara, M. M. (2004). Risk-based inspection and maintenance (RBIM): Multi-attribute decision-making with aggregative risk analysis. *Process Safety and Environmental Protection*, 82(6), 398-411. <https://doi.org/10.1205/psep.82.6.398.53209>
- Kornig, C. et Verdier, E. (2008). De très petites entreprises de la réparation automobile face aux normes publiques de la prévention des risques professionnels : le cas d'une action collective territoriale. *Revue française des affaires sociales*, (2), 161-184.
- IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

- Laperrière, A. (1997). Les critères de scientificité des méthodes qualitatives. Dans J. Poupart, J.-P. Deslauriers, L. H. Groulx, A. Laperrière, R. Mayer et A. P. Pirès (édit.), *La recherche qualitative : enjeux épistémologiques et méthodologiques* (p. 365-390). Gaëtan Morin.
- Lefrançois, É. (15 septembre 2021). Les 10 véhicules électriques les plus attendus. *La Presse*. <https://www.lapresse.ca/auto/voitures-electriques/2021-09-15/les-10-vehicules-electriques-les-plus-attendus.php>
- Linder, R. (2005). *Les plans d'expériences, un outil indispensable à l'expérimentateur*. Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées.
- Loi sur la santé et la sécurité du travail*, RLRQ, c S-2.1.
- Microsoft Corporation. (2016). Microsoft Excel (Version 2016) [Logiciel]. Microsoft Corporation.
- Ministère de l'éducation du Québec. (1995). *Entretien d'équipement motorisé : mécanique automobile générale. Rapport d'analyse de situation de travail*. Gouvernement du Québec.
- Molinier, P. (2003). Et maintenance... que vais-je faire ? Incidences du progrès technique sur le travail des mécaniciens d'autobus. *Travailler*, 10, 129-151. <https://doi.org/10.3917/trav.010.0129>
- Morency, C. Milord, B. et Bourdeau, J.-S. (2021). *Les camions légers : définitions et évolution de l'offre*. Polytechnique Montréal. [https://legacy.equiterre.org/sites/fichiers/divers/rapport1\\_chairemobilite\\_1.pdf](https://legacy.equiterre.org/sites/fichiers/divers/rapport1_chairemobilite_1.pdf)
- National Instruments. (2018). LabView (Version Multi-IDE Bundle) [Logiciel]. National Instruments.
- Office québécois de la langue française. (2009). *Fiche terminologique : pluridisciplinaire*. [https://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id\\_Fiche=20999752](https://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=20999752)
- Ogbe, J. O. et Karki, A. J. (2006). Health and safety education: A report of a health education programme for motor vehicle repairers in Warri Metropolis, Nigeria. *International Journal of Health Promotion and Education*, 44(4), 138-140. <https://doi.org/10.1080/14635240.2006.10708086>
- Picard, L. (2004). *Soulèvement et manutention mécanique de charges. Les appareils de levage dans les ateliers d'entretien mécaniques* (Fiche technique n° 56). APSAM. <https://www.apsam.com/sites/default/files/docs/publications/ft56.pdf>
- Ponts élévateurs R.G.D. (s.d.). *Rapport d'inspection de pont élévateur*. Ponts élévateurs R.G.D.
- QSR International. (2018). NVivo (Version 12) [Logiciel]. QSR International.
- IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

*Règlement modifiant le Règlement sur la santé et la sécurité du travail* (projet), (2022) 154 G.O. II, 1106.

*Règlement sur la santé et la sécurité du travail*, RLRQ, c. S-2.1, r. 13.

Rotary. (2012). *Operation & maintenance manual. SPOA10NB, SPOA10, SPO10, SPOA7, SPOA9, SPO9 (OM20143)*. Rotary

Société de l'assurance automobile du Québec. (2021). Banque de données des statistiques officielles sur le Québec : *nombre de véhicules en circulation selon le type d'utilisation, le type de véhicule et l'âge du véhicule, Québec et régions administratives*.  
[https://bdso.gouv.qc.ca/pls/ken/ken213\\_afich\\_tabl.page\\_tabl?p\\_iden\\_tran=REPERJA6WV6166536384148d06kR&p\\_lang=1&p\\_m\\_o=SAAQ&p\\_id\\_ss\\_domn=718&p\\_id\\_raprt=3372#tri\\_age=1&tri\\_tertr=0](https://bdso.gouv.qc.ca/pls/ken/ken213_afich_tabl.page_tabl?p_iden_tran=REPERJA6WV6166536384148d06kR&p_lang=1&p_m_o=SAAQ&p_id_ss_domn=718&p_id_raprt=3372#tri_age=1&tri_tertr=0)

SAS. (2019). JMP (Version 14) [Logiciel]. SAS.

School District 27 Cariboo-Chilcotin. (2019). *Monthly auto lift inspection*. School District 27 Cariboo-Chilcotin. <https://sd27storage.blob.core.windows.net/media/Default/medialib/2019-10-30-autoliftcheck.48e9951049.pdf>

Selvik, J. T., Scarf, P. et Aven, T. (2011). An extended methodology for risk based inspection planning. *Reliability: Theory & Applications*, 2, 115-126.

Singh, M. et Pokhrel, M. (2018). A Fuzzy logic-possibilistic methodology for risk-based inspection (RBI) planning of oil and gas piping subjected to microbiologically influenced corrosion (MIC). *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 159, 45-54.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijpvp.2017.11.005>

St-Vincent, M., Vézina, N., Bellemare, M., Denis, D., Ledoux, É. et Imbeau, D. (2011). *L'intervention en ergonomie*. IRSST ; Éditions Multi Mondes.

Stake, R. E. (1994). Case Studies. Dans N. K. Denzin et Y. S. Lincoln (édit.), *Handbook of qualitative research* (p. 236-247). Sage.

Standards Australia, Standards New Zealand. (1996a). *Cranes: Safe use. Part 9: Vehicle hoists*. Norme AS/NZS 2550.9.

Standards Australia, Standards New Zealand. (1996b). *Cranes (including hoists and winches). Part 9: Vehicle hoists*. Norme AS/NZS 1418.9.

Statistique Canada. (2022). *Tableau 20-10-0021-01 : immatriculations des véhicules automobiles neufs*. <https://doi.org/10.25318/2010002101-fra>

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

- Tan, Z., Li, J., Wu, Z., Zheng, J. et He, W. (2011). An evaluation of maintenance strategy using risk based inspection. *Safety Science*, 49(6), 852-860. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2011.01.015>
- The British Standards Institution. (2010). *Vehicle lifts*. Norme BS EN 1493.
- The British Standards Institution. (2014). *Vehicle lifts: Installation, maintenance, thorough examination and safe use: Code of practice*. Norme BS 7980.
- Thumbi, B., Kenyatta, J., Kinyua, R. et Thuita, S. (2019). Occupational safety and health hazard sources, frequency and awareness among workers in selected auto garages in Nairobi's industrial area, Kenya. *IJARKE Science & Technology Journal*, 1(4), 1-7. <https://doi.org/10.32898/istj.01/1.4article01>
- Valladeau, A.-S. et Lupin, H. (2017). *Réparation et entretien des véhicules automobiles légers* (Brochure n° ED6282). INRS.
- Vehicle service pros. (7 juin 2013). *Don't be an accident statistics: Lift it right* [Billet de blogue]. <https://www.vehicleservicepros.com/shop-operations/service-repair/article/10938530/dont-be-an-accident-statistic-lift-it-right>
- Verdier, E. (2010) Petites entreprises et jeunes salariés de la réparation automobile : le rôle de la formation initiale dans la prévention des risques professionnels. *Formation emploi*, (3), 67-83.
- Vyas, H., Das, S. et Mehta, S. (2011). Occupational injuries in automobile repair workers. *Industrial Health*, 49(5), 642-651. <https://doi.org/10.2486/indhealth.MS1294>
- Whip Industries. (2002). *Maintenance requires* (p.9). Whip Industries.
- Williams, M., Green, P. et Paelke, G. (1991). *Further development of warnings for automotive lifts*. The University of Michigan Transportation Research Institute.
- Woody, P. et McDonald, A. (2015). *Assessment of the arm locking systems of two-post vehicle lifts* (Rapport n° RR1030). HSL. <https://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr1030.pdf>
- WorkSafe BC. (2008). *Hazards involving automotive lifts*. WorkSafe BC.



## ANNEXE A. COMPLÉMENT D'INFORMATION SUR LE BLOC A

Cette annexe présente des détails méthodologiques et des compléments de résultats pour les tests effectués du bloc A (section 4.1). Cette annexe fournit des détails sur le plan d'expérience n° 1 avec la répartition des efforts aux patins (section A.I), le plan d'expérience n° 2 sur les glissements des patins (section A.II) et sur le déplacement du CdG lors du retrait de la batterie de VE (section A.III).

### A.I. Plan d'expérience n° 1

#### A.I.I. Méthodologie détaillée du plan d'expérience n° 1

##### Mesures des forces

La mesure des forces normales aux patins a été effectuée en insérant une cellule de charge aux patins (figure 64). Le montage a été réalisé en utilisant des patins neufs identiques à ceux utilisés sur les deux PEV ciblés. Ces patins, constitués d'une tige filetée soudée à une plaque métallique carrée recouverte d'un coussinet en caoutchouc, ont été achetés auprès du fournisseur du CFP. Les patins ont été modifiés de la manière suivante : 1) retrait du coussinet en caoutchouc ; 2) surfaçage de la plaque métallique pour assurer un contact uniforme avec la cellule de charge et perçage de trous pour pouvoir fixer la cellule ; 3) vissage de la cellule de charge ; 4) vissage d'une plaque métallique de 6 mm d'épaisseur et de dimensions identiques à celle du patin par-dessus la cellule avec l'insertion d'une rondelle entre la cellule et la plaque ajoutée pour assurer un contact uniforme ; 5) remise en place du coussinet en caoutchouc sur la plaque ajoutée. Cinq patins ont été ainsi modifiés afin d'avoir un patin de rechange en cas de bris.

**Figure 64. Patin carré modifié pour insérer une cellule de charge.**



La cellule de charge utilisée est un modèle Oméga LCHD-5K d'une capacité maximale de 2 267 kg. Pour information, le véhicule le plus lourd utilisé lors des tests pesait 2 436 kg et le poids du véhicule est réparti entre les quatre patins. La cellule qui a été choisie est un modèle compact d'un diamètre de 89 mm et d'une épaisseur de 25 mm afin de ne pas nuire à l'utilisation du patin. Cette cellule a une capacité de surcharge à 150 % de sa capacité maximale et une précision de  $\pm 0,03$  % (soit  $\pm 0,60$  N pour une charge mesurée de 2 000 N).

Le système d'acquisition des données était composé d'un module d'entrée de mesure de déformation NI 9237 de la compagnie National Instruments. Ce module comprend quatre voies d'entrée, à une fréquence d'échantillonnage de 50 kHz par voie et un taux d'erreur de 0,05 % (accuracy, offset error). Ce module a été installé sur un châssis cDAQ 9174 de National Instruments pour contrôler le cadencement, la synchronisation et le transfert de données via USB (figure 65). Un logiciel d'acquisition a été développé sur LabView (National Instruments, 2018) afin de représenter graphiquement les forces en newton à une fréquence de 100 Hz et d'exporter une plage de 60 secondes de données dans un tableur (figure 66). Un exemple de courbes d'acquisition a été présenté à la figure 11.

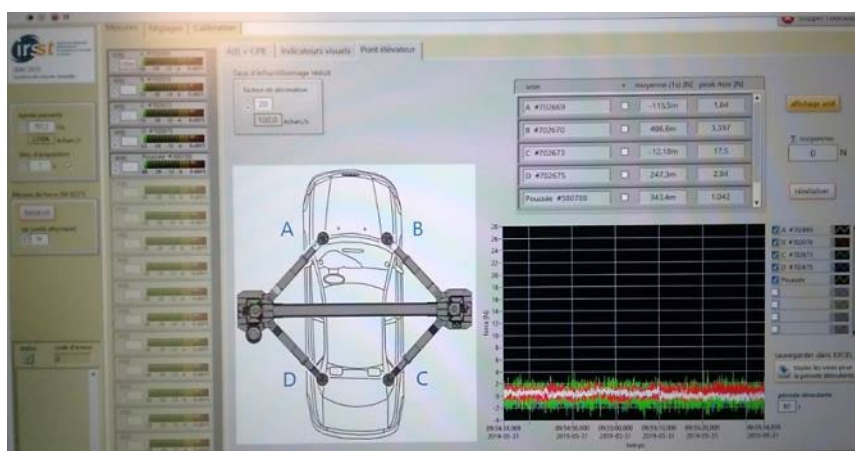
**Figure 65. Système d'acquisition des signaux issus des cellules de charge (patins A à D).**



- IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles



**Figure 66. Logiciel d'acquisition des signaux issus des cellules de charges.**



### Mesures de position

Les positions des patins, du véhicule et des pivots des bras ont été déterminées en utilisant un repère orthonormé. Les coordonnées en x et en y de chaque point ont été mesurées en utilisant un cadre rectangulaire en profilés posé au sol sur lequel il était possible de déplacer une cible selon l'axe des x et des y (figure 67 ; figure 68). Le cadre, qui ne gênait pas le déplacement des véhicules, a été centré dans l'axe du PEV en utilisant les colonnes du PEV comme repères. Le cadre a été stabilisé et maintenu en place à l'aide de plaquette collée au sol.

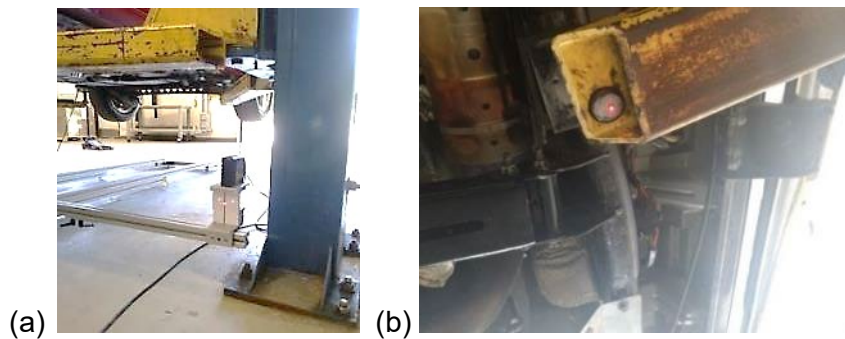
Une fois le véhicule levé, la cible mobile sur le cadre était placée sous le point à mesurer à l'aide d'un pointeur laser à nivellement automatique Bosch GPL-2 d'une précision de  $\pm 2$  mm à 30 m (figure 68 ; figure 69). Les mesures s'effectuaient à environ 1 m sous le véhicule. La mesure de sa position était effectuée avec un télémètre Bosch GLM 30 d'une précision de mesure de  $\pm 1,5$  mm. Le télémètre était fixé à un profilé en tête de cadre et mobile selon l'axe des x. Le support du télémètre pivotait à  $90^\circ$  pour prendre les mesures en x et en y. Un mur du bâtiment servait d'origine pour l'axe des x, tandis que la position du profilé fixe en tête de cadre servait d'origine pour l'axe des y. Les butées pour la rotation du support du télémètre étaient réglables afin d'ajuster le télémètre avec les axes du cadre. Avec le positionnement de la cible, l'erreur de mesure d'un point est estimée à  $\pm 5$  mm.

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

**Figure 67. Cadre posé au sol pour le positionnement de la cible sous le point à mesurer.**



**Figure 68. (a) Cible surmontée d'un laser vertical positionnée sous le point à mesurer (pivot du bras A) – (b) Laser vertical pointant le point à mesurer (axe d'un patin).**



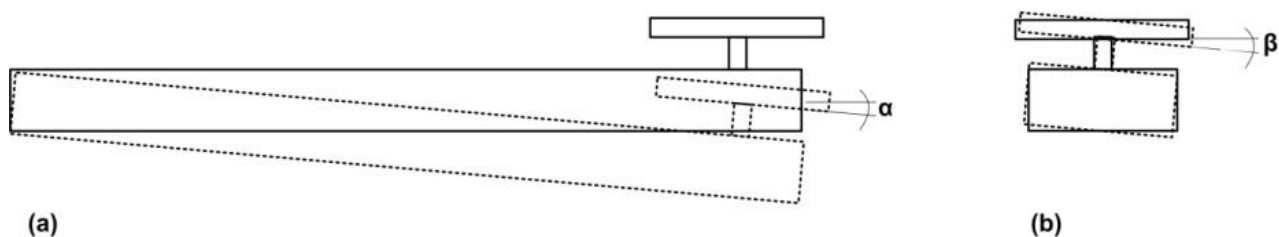
**Figure 69. Montage du télémètre, de la cible et du laser à nivellement automatique.**



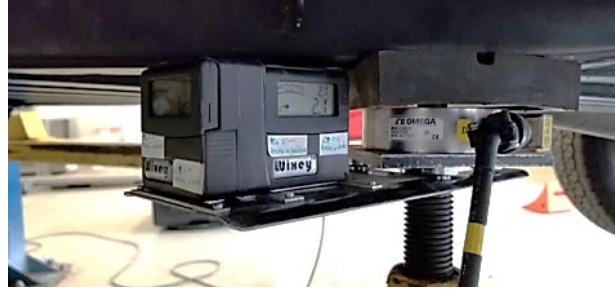
### Mesures d'angle

L'inclinaison des patins a été mesurée à l'aide de deux inclinomètres WR365 de la compagnie Wixey d'une précision de  $\pm 0,2^\circ$ . Deux angles étaient mesurés, l'angle en flexion  $\alpha$  et l'angle de torsion  $\beta$  selon un repère horizontal orienté par l'axe du bras (figure 70). Les inclinaisons mesurées combinaient celles de la structure du PEV, du bras et du patin. Pour faciliter les mesures, les deux inclinomètres ont été installés sur une plaque rigide dont la forme permettait qu'elle soit glissée sous la surface plane du patin. Des aimants ont été ajoutés au montage pour assurer que les contacts entre les différents éléments soient pleins (figure 71).

**Figure 70. Schématisation des angles mesurés au niveau des patins – (a) Bras, vue de côté, flexion – (b) Bras, vue de face (extrémité), torsion.**



**Figure 71. Montage supportant les deux inclinomètres placés sous le patin D.**



L'inclinaison du véhicule une fois levé a été mesurée à l'aide d'un niveau numérique de la compagnie Mastercraft d'une précision de  $\pm 0,2^\circ$ . L'angle de roulis (avant/arrière) a été mesuré au châssis du véhicule sous la portière avant gauche tandis que le tangage (gauche/droite) a été relevé en utilisant un profilé placé entre les fenêtres avant du véhicule (figure 72).

**Figure 72. Niveau numérique placé pour la mesure du tangage du véhicule.**



### **PEV (P1, P2)**

Deux PEV HT2C identiques (même marque, même modèle), mais avec une utilisation différente, ont été choisis afin de prendre en compte l'usure du PEV dans le plan d'expérience. Les deux PEV utilisés étaient d'une capacité de 3 175 kg (7 000 lb). Les spécifications des deux PEV sont disponibles au tableau 37. Ces deux PEV ont une date de conception presque identique et ont été inspectés en mai 2019. Les rapports d'inspection ne relevaient pas d'anomalie. Le PEV P2 a été beaucoup plus utilisé que le PEV P1 à cause de son emplacement plus propice pour les formations. Les jeux et les inclinaisons mesurés démontrent d'ailleurs une usure plus avancée du PEV P2 et du bras C en particulier (tableau 37). Ces mesures ont été prises au niveau des patins avec les bras allongés au maximum.

Les ponts choisis sont des PEV asymétriques (bras avant plus courts que ceux en arrière). Ces PEV sont plus recommandés pour les véhicules compacts. Ils ont en général une capacité de chargement moindre que les PEV symétriques. Ainsi, les problèmes semblent survenir en particulier lorsqu'on utilise un PEV asymétrique pour un véhicule allongé (type camionnette), ce qui arrive régulièrement dans les garages. Il s'agissait donc d'une configuration que l'équipe de recherche voulait tester.

- IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

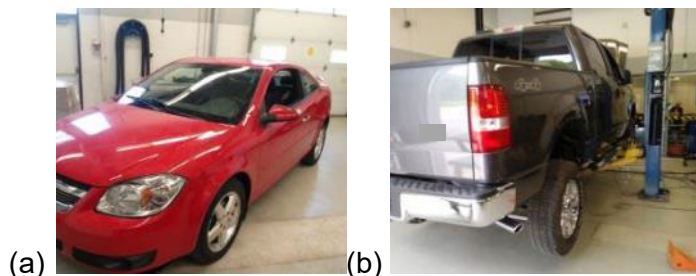
**Tableau 37. Spécifications des PEV P1 et P2 et inspection**

		PEV P1				PEV P2			
<b>Date de conception</b>		1996				1997			
<b>Type</b>		2 colonnes HT. Asymétrique				2 colonnes HT. Asymétrique			
<b>Capacité totale</b>		3 175 kg (7 000 lb)				3 175 kg (7 000 lb)			
<b>Capacité par bras</b>		794 kg (1 750 lb)				794 kg (1 750 lb)			
<b>Longueur bras avant</b>		620 à 1 150 mm				610 à 1 150 mm			
<b>Longueur bras arrière</b>		1 100 à 1 530 mm				1 100 à 1 500 mm			
<b>Épaisseur bras</b>		127 mm x 76 mm (5 x 3 po)				127 mm x 76 mm (5 x 3 po)			
<b>Épaisseur 2<sup>e</sup> section bras</b>		102 mm x 51 mm (4 x 2 po)				102 mm x 51 mm (4 x 2 po)			
<b>Loquets antichute</b>		Asymétrique				Asymétrique			
<b>Inspection</b>		06/05/2019				06/05/2019			
<b>Patins</b>		Caoutchouc, forme carrée, 118 mm				Caoutchouc, forme carrée, 118 mm			
<b>Autres</b>		Légère torsion dans la 2 <sup>e</sup> section du bras A.				Blocage du bras C en rotation défectueux. Bras C usé.			
<b>Bras déployés</b>		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>Jeu plan horizontal avec bras bloqué</b>	<b>(mm)</b>	126	150	210	165	180	156	227	200
	<b>(°)</b>	6,3	7,5	7,9	6,2	9,0	7,8	8,7	8,4
<b>Jeu à la verticale pour la 2<sup>e</sup> section du bras (mm)</b>		34	27	23	14	54	48	46	18
<b>Inclinaison des bras à vide (°)</b>		1,4	0,5	1,2	0,8	2	0,9	3	2

### Véhicules (V1, V2)

Deux types de véhicules différents en termes de poids et de dimensions ont été choisis pour les essais. Il s'agit d'un véhicule compact (V1) et d'un véhicule style camionnette (V2) appartenant au CFP (figure 73). Leurs caractéristiques sont détaillées au tableau 38. Les PEV HT2C asymétriques étant moins adaptés aux camionnettes, il était important de tester ce type de véhicule. Les points de levage ont été déterminés à l'aide du guide ALI (2019).

**Figure 73. Véhicules utilisés lors des essais (a) V1 - compact – (b) V2 - camionnette.**



**IRSSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

**Tableau 38. Caractéristiques des véhicules V1 et V2**

Véhicule	Compact (V1)	Camionnette (V2)
Poids (lors des essais)	1 256 kg (2 769 lb)	2 436 kg (5 370 lb)
Voies de roulement	1 491 mm (pneus avant) 1 476 mm (pneus arrière)	1 700 mm (pneus avant) 1 700 mm (pneus arrière)
Empattement	2 624 mm	3 531mm
Coordonnées du centre de gravité par rapport au pneu A	x = 740 mm y = 986 mm	x = 849 mm y = 1474 mm

### Positions (A1, A2 ; C1, C2)

Les positions les plus défavorables en termes d'avancée et de centrage des véhicules ont été recherchées. Au final, c'est la configuration des bras et des points de levage sous le véhicule qui ont limité le recul (A1) et l'avancée (A2) des véhicules. La figure 74 illustre les positions A1 et A2 au niveau du pneu avant-gauche pour la configuration P2V1C1. Pour le décentrage (C2), le véhicule a été placé au plus près de la colonne de droite.

**Figure 74. Marquage au sol au niveau du pneu avant-gauche pour la configuration P2V1C1A1 (vert) et P2V1C1A2 (jaune).**



### Chargement (W0, W1)

Les véhicules ont été chargés à l'aide de 12 sacs de pierre de 18 kg pour un total de 216 kg (476 lb). Le chargement a été placé uniformément au-dessus de l'essieu arrière des véhicules (figure 75). Ce chargement simule la présence d'un chargement non identifié dans le coffre (p. ex. : outils, bagage, neige).

**Figure 75. Chargement de pierre dans la caisse arrière de V2.**





## Loquets (L0, L1)

La pratique veut que le PEV soit descendu sur les loquets de sécurité (dispositif antichute) une fois le véhicule levé à la bonne hauteur (figure 1, en haut à gauche). Toutefois, des acteurs du secteur constatent que les techniciens n'appliquent pas toujours cette règle et laissent parfois le PEV soutenu par la pression hydraulique dans les vérins. Les forces dans les patins ont ainsi été mesurées pour ces deux configurations.

### A.I.II. Résultats complémentaires pour le plan d'expérience n° 1.

#### A.I.II.I. Position du centre de gravité

Le tableau 39 présente l'amplitude maximale de la position du CdG pour les véhicules déchargés selon le centrage (C) puis l'avancée (A). En termes de répétabilité, l'écart maximal entre deux configurations de centrage équivalentes a été de 75 mm pour V1 et de 48 mm pour V2. L'écart maximal entre deux configurations d'avancée équivalentes a été de 192 mm pour V1 et de 149 mm pour V2.

**Tableau 39. Plage de localisation du centre de gravité pour les deux véhicules déchargés selon le centrage et la position AV-AR par rapport aux colonnes**

Position du CdG (mm) Origine : centre des 2 colonnes	V1	V2
C1 (centré)	De -34 à +14 (écart de 48 mm)	De -9 à +15 (écart de 24 mm)
C2 (décentré à droite)	De +69 à +144 (écart de 75 mm)	De +72 à +120 (écart de 48 mm)
A1 (reculé)	De -534 à -342 (écart de 192 mm)	De -875 à -789 (écart de 86 mm)
A2 (avancé)	De -72 à +116 (écart de 188 mm)	De -455 à -306 (écart de 149 mm)

Pour simplifier les calculs de la position du CdG, il a été considéré que la voiture était parfaitement parallèle aux colonnes du PEV. Cette hypothèse influence la position du CdG, car le calcul a été effectué à partir de la position du pneu avant-gauche uniquement. Afin de vérifier les conséquences de cette simplification, l'angle d'engagement a été calculé. L'angle maximal trouvé a été de 1,8°. Cet angle influence la position du CdG de 23 mm en x (centrage) et de 31 mm en y (avancée) pour V1, et de 26 mm en x et de 46 mm en y pour V2. Compte tenu de l'ordre de grandeur dans la précision du positionnement du véhicule pour deux configurations équivalentes, cette simplification a été considérée comme acceptable.

## A.I.II.II. Répartition des forces

### Analyse statistique

Initialement, tous les facteurs contrôlables et toutes les interactions de degré 2 ont été considérés. Par la suite, ceux n'ayant pas une influence significative ont été éliminés (P-value > 0,05). Le modèle linéaire ainsi créé par JMP® (SAS, 2019) explique 88 % de la variation de l'indice. La figure 76 présente les facteurs et les interactions ayant un effet significatif et montre que l'interaction « véhicule\*chargement » a l'influence la plus importante, suivi de l'interaction « pont\*véhicule » et des « loquets ».

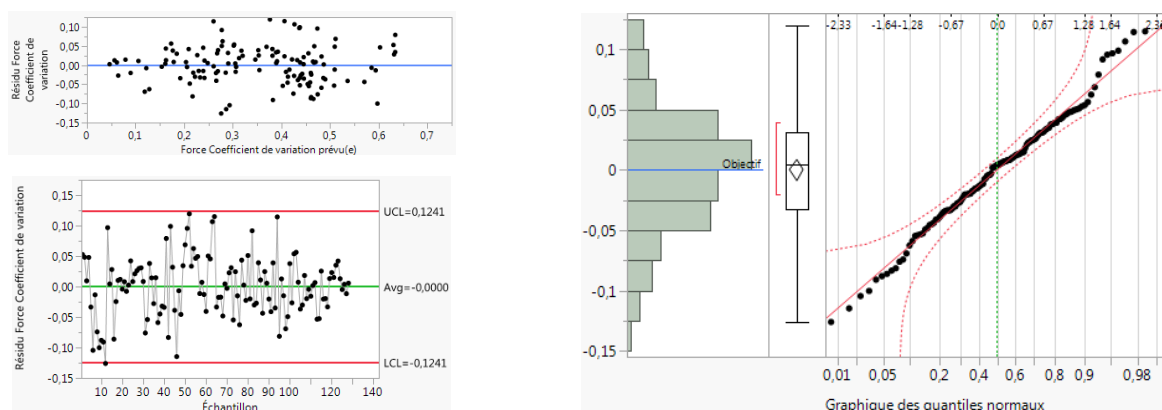
**Figure 76. Facteurs et interactions ayant une influence statistiquement significative sur le coefficient de variation de la force.**

Source	LogWorth	P-value
Véhicule V*Chargement W	43,490	0,00000
Pont P*Véhicule V	21,883	0,00000
Loquets L	18,906	0,00000
Pont P	9,824	0,00000 ^
Centrage C*Avancée A	7,257	0,00000
Véhicule V*Centrage C	3,370	0,00043
Avancée A*Loquets L	2,345	0,00452
Pont P*Chargement W	1,966	0,01082
Pont P*Avancée A	1,634	0,02324
Véhicule V	1,486	0,03265 ^
Véhicule V*Loquets L	1,424	0,03765

Une analyse des résidus a été complétée afin de valider le modèle et de vérifier si des biais expérimentaux n'avaient pas été considérés dans l'analyse du plan d'expérience n° 1 (figure 77). Au final, on observe que les résidus ont une homogénéité de la variance, sont indépendants et ont tendance à suivre une loi normale. Par conséquent, les facteurs non contrôlables, les blocs et les facteurs inconnus qui n'auraient pas été considérés lors de l'analyse n'ont pas affecté la validité de cette dernière.



**Figure 77. Distribution des résidus en fonction du coefficient de variation de la force prévue (haut gauche), de l'échantillon (bas gauche) et vérification des quantiles normaux (droite).**



### Répartition des forces au niveau des patins

Le tableau 40 présente les configurations où les COV entre les forces étaient maximums et minimums.

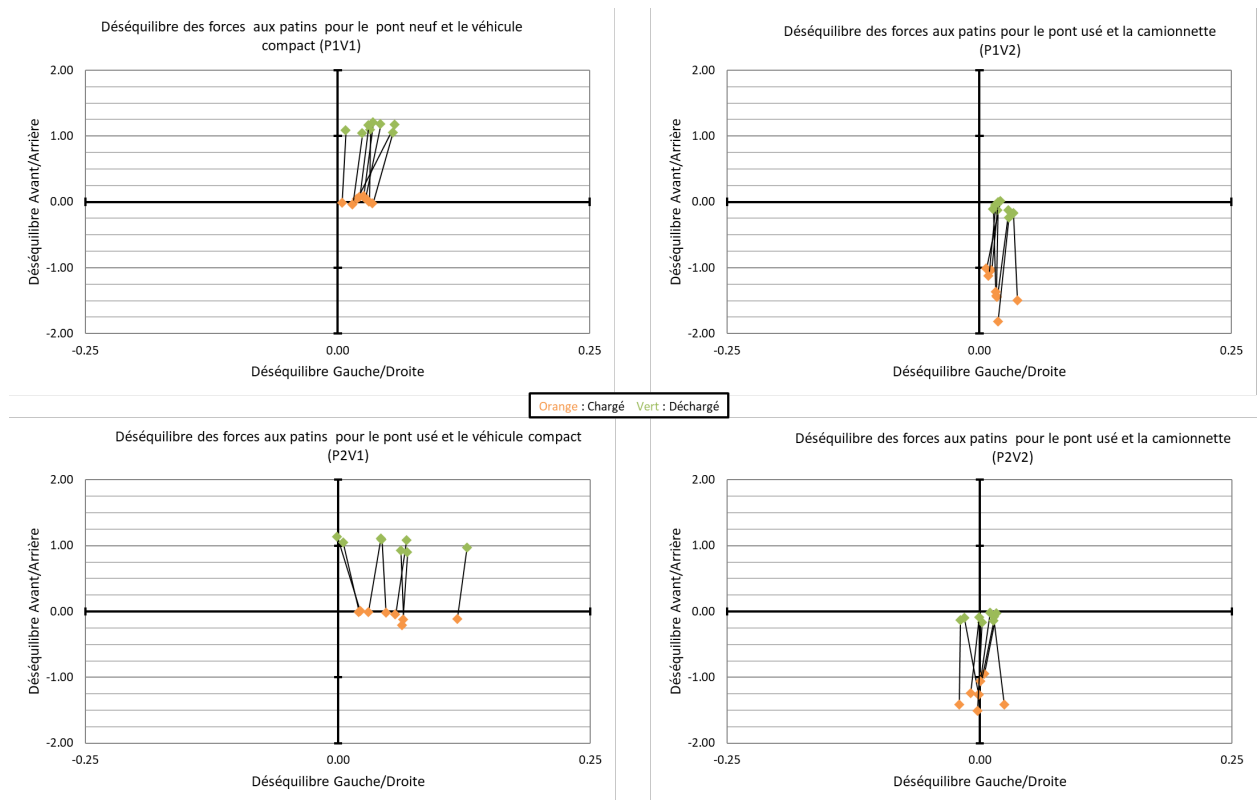
**Tableau 40. Maximums et minimums du coefficient de variation de la force**

		Configuration	COV force
<b>P1V1</b>	minimum	P1V1C1A2W1L0O	3,7 %
	maximum	P1V1C2A2W0L0O	40,6 %
<b>P2V1</b>	minimum	P2V1C2A1W1L0O	15,0 %
	maximum	P2V1C1A1W0L0R	58,0 %
<b>P1V2</b>	minimum	P1V2C1A2W0L0O	16,3 %
	maximum	P1V2C2A1W1L0O	52,1 %
<b>P2V2</b>	minimum	P2V2C1A2W0L0R	9,3 %
	maximum	P2V2C1A1W1L0O	46,7 %

La figure 78 illustre le déséquilibre gauche/droite et avant/arrière des forces aux patins pour chacune des configurations. Il est important de noter que le repère n'est pas orthonormé et que l'échelle pour le déséquilibre gauche/droite est plus petite que pour le déséquilibre avant/arrière. On constate dans un premier temps que les déséquilibres observés sont avant/arrière plutôt que gauche/droite. En effet, la plage des valeurs du déséquilibre gauche/droite est de -0,02 à 0,13, alors que celle du déséquilibre avant/arrière varie de -1,82 à 1,20. Le déséquilibre avant-arrière est plus élevé pour le véhicule compact déchargé (V1W0) que chargé (W1). Il s'agit du contraire pour V2, c'est-à-dire que le déséquilibre avant-arrière est supérieur pour la camionnette chargée (V2W1) que déchargée (W0). Dans le même ordre d'idées, lorsqu'on calcule la distance entre la position du CdG du véhicule et les « bords » du quadrilatère de sustentation formé par les quatre patins selon l'axe avant/arrière,

on constate que : 1) le CdG est à une distance équivalente de 35 % de la distance du quadrilatère dans les cas défavorables (avant du quadrilatère pour V1W0 et arrière du quadrilatère pour V2W1) alors que 2) il est presque au milieu du quadrilatère pour les cas plus favorables (V1W1 et V2W0). Ces résultats illustrent les constatations faites précédemment.

**Figure 78. Déséquilibre des forces aux patins selon le centrage (gauche/droite) et l'avancée (avant/arrière) pour les quatre blocs Pont-Véhicule.**



### Configuration avec une force inférieure à 500 N sur un bras

Le tableau 41 présente les cinq configurations avec une force inférieure à 500 N sur un bras. Dans tous les cas, il s'agit du véhicule compact sans charge et descendu sur les loquets (V1, W0, L1). Le bras concerné est le bras C. Il s'agit du bras du bord opposé du loquet et en arrière. Il est moins sollicité puisque le poids du véhicule V1 est majoritairement réparti sur les bras avant.

- **IRSST** Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

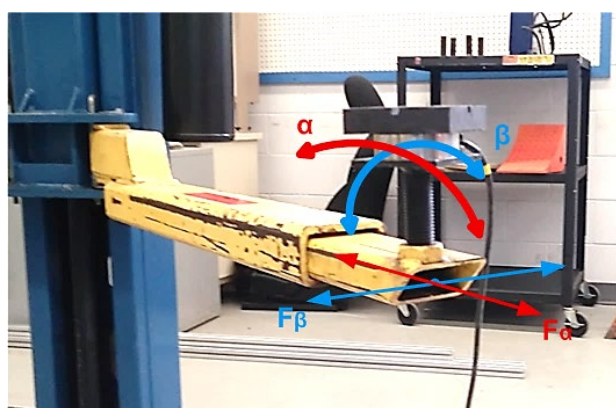
**Tableau 41. Configurations ayant une force inférieure à 500 N dans un des patins**

Configuration		Force A (N)	Force B (N)	Force C (N)	Force D (N)
R	P2V1C2A2W0L1	2013	6124	<b>270</b>	3726
O	P2V1C2A2W0L1	2368	5878	<b>348</b>	3532
O	P2V1C1A1W0L1	2044	5931	<b>358</b>	3768
R	P2V1C1A1W0L1	1966	5660	<b>406</b>	3685
R	P2V1C2A1W0L1	2279	5796	<b>438</b>	3469

### Force horizontale sur les patins

La force en flexion, notée  $F_\alpha$ , agit dans l'axe du bras et a tendance à faire entrer ou sortir la 2<sup>e</sup> section du bras (figure 79). La force en torsion, notée  $F_\beta$ , fait pivoter le bras vers l'intérieur sous le véhicule ou vers l'extérieur du PEV. Au tableau 42, les plages de valeurs calculées pour  $F_\alpha$  et  $F_\beta$  sont présentées. Les valeurs ont été obtenues en multipliant la force normale au patin par le sinus de l'angle correspondant. L'interprétation du tableau est disponible à la section 4.3.2.5.

**Figure 79. Représentation des angles de flexion  $\alpha$  et de torsion  $\beta$  du bras et du patin, ainsi que les forces induites au niveau d'un bras de levage  $F_\alpha$  et  $F_\beta$ .**



**Tableau 42. Maximums et minimums des forces horizontales issues de la flexion et de la torsion**

		Bras A		Bras B		Bras C		Bras D	
		Entrer (-)/ Sortir (+)	Intérieur (-)/ Extérieur (+)	Entrer (-)/ Sortir (+)	Intérieur (-)/ Extérieur (+)	Entrer (-)/ Sortir (+)	Intérieur (-)/ Extérieur (+)	Entrer (-)/ Sortir (+)	Intérieur (-)/ Extérieur (+)
V1	min (N)	-20	+14	-128	-128	-178	+4	-130	-184
	max (N)	+44	+165	+147	+170	+3	+174	+66	+76
V2	min (N)	-199	+69	-116	<b>-311</b>	<b>-771</b>	-73	-700	-300
	max (N)	+38	+273	<b>+197</b>	<b>+394</b>	+102	+380	+25	+270
Global	min (N)	-199	+14	-128	-311	-771	-73	-700	-300
	max (N)	+44	+273	+197	+394	+102	+380	+66	+270

### Hauteur de la base des patins par rapport au bras

La hauteur de la base des patins par rapport au bras n'a pas été contrôlée durant les essais des deux plans d'expérience. Par conséquent, des essais complémentaires ont été effectués pour vérifier si la hauteur des patins et ainsi l'ordre de contact des patins avec la voiture lors du levage avaient une influence sur la répartition des forces. La configuration P2V2C2A1W1 (c.-à-d. PEV usé, camionnette, décentrée, reculée, chargée) a été testée avec (a) les quatre patins qui entrent en contact en même temps avec le véhicule, (b) avec les patins arrière le plus haut et les patins avant le plus bas possible et (c) avec les patins gauches le plus haut et les patins de droite le plus bas possible. Les essais (b) et (c) ont été comparés avec l'essai (a) quand les bras sont soutenus par la pression hydraulique. Lorsque les patins arrière sont plus élevés, le COV des forces est équivalent à celui où les quatre patins entrent en contact en même temps pour la configuration testée. En ce qui concerne les patins gauches plus élevés (note : angle de roulis du véhicule de  $-2,6^\circ$  contre  $0,05^\circ$  pour l'essai (a)), le COV augmente de 12 points de pourcentage. Sur cet essai le patin D était chargé à 11 278 N, bien au-delà du maximum prescrit par le fabricant (7 784 N). Ainsi, il semble que l'inclinaison gauche/droite du véhicule ait un effet non négligeable sur la répartition des forces. Plus d'essais seraient nécessaires pour généraliser ce point.

### A.I.II.III. Répartition des moments de force

#### Analyse statistique des moments de force

Tous les facteurs contrôlables et toutes les interactions de degré 2 ont été considérés au début de l'analyse, mais ceux n'ayant pas eu une influence significative ont été éliminés par la suite (P-value >0,05).

a) Somme des moments (quantité de moments)

La figure 80 présente les facteurs et les interactions qui ont un effet significatif sur la somme des moments de force.

**Figure 80. Facteurs et interactions ayant une influence statistiquement significative sur la somme des moments de force.**

Source	LogWorth	P-value
Véhicule V	148,120	0,00000
Avancée A	99,385	0,00000
Véhicule V*Avancée A	79,165	0,00000
Chargement W	77,097	0,00000
Avancée A*Chargement W	31,531	0,00000
Véhicule V*Chargement W	27,347	0,00000
Pont P	7,220	0,00000
Véhicule V*Centrage C	5,306	0,00000
Centrage C	5,289	0,00001 ^
Centrage C*Avancée A	1,503	0,03142

b) COV des quatre moments de force

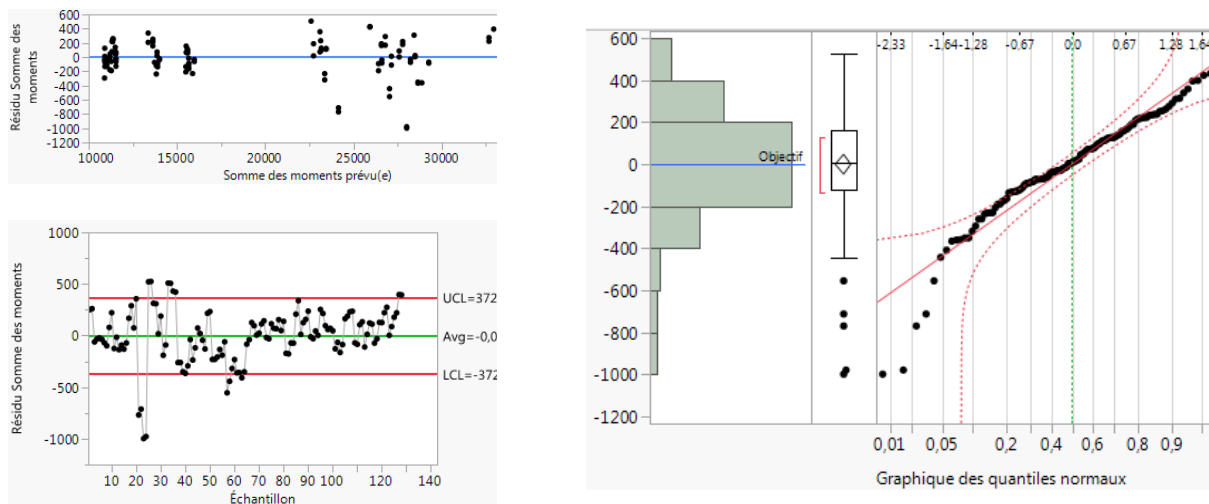
La figure 81 présente les facteurs et les interactions qui ont un effet significatif sur le COV des quatre moments.

**Figure 81. Facteurs et interactions ayant une influence statistiquement significative sur le coefficient de variation du moment de force.**

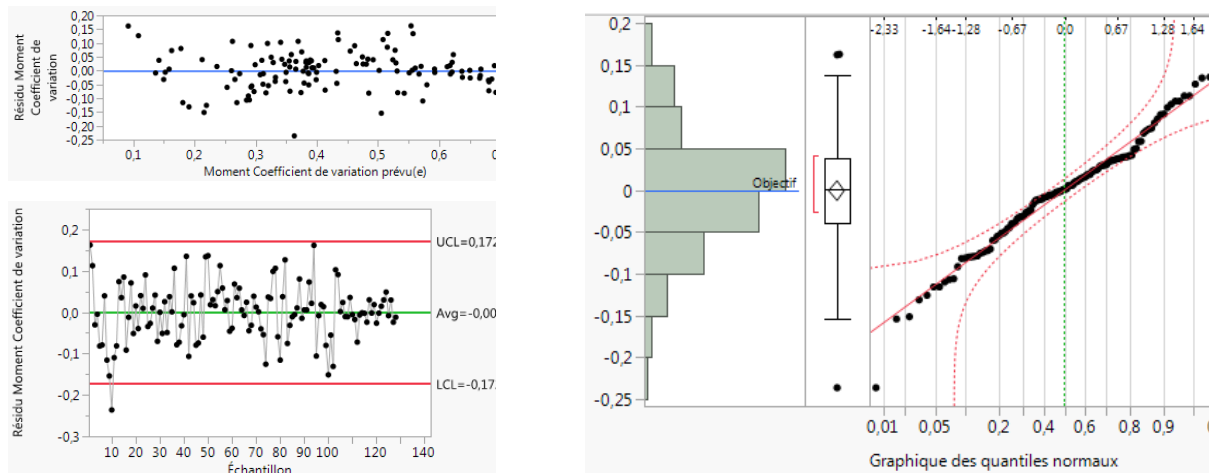
Source	LogWorth	P-value
Pont P*Véhicule V	13,553	0,00000
Loquets L	11,644	0,00000
Chargement W	11,568	0,00000
Avancée A	10,280	0,00000
Pont P	7,727	0,00000 ^
Avancée A*Loquets L	6,556	0,00000
Centrage C*Avancée A	3,490	0,00032
Véhicule V*Chargement W	3,376	0,00042
Avancée A*Chargement W	3,146	0,00071
Véhicule V*Centrage C	2,539	0,00289
Pont P*Avancée A	1,901	0,01256
Véhicule V	1,460	0,03468 ^
Pont P*Loquets L	1,305	0,04958

Une analyse des résidus a été complétée afin de valider les deux modèles ainsi que pour vérifier s'il y aurait eu des biais expérimentaux qui n'auraient pas été considérés dans l'analyse du plan d'expérience. La figure 82 et la figure 83 démontrent que les résidus qui ont une homogénéité de la variance sont indépendants et qu'ils suivent approximativement une loi normale pour la somme et le coefficient de variation des moments de force. Par conséquent, les facteurs non contrôlables, les effets de blocs lors des tests et les facteurs inconnus qui n'auraient pas été considérés lors de l'analyse n'ont pas affecté la validité de cette dernière.

**Figure 82. Distribution des résidus en fonction de la somme des moments prévue (haut gauche), de l'échantillon (bas gauche) et de vérification des quantiles normaux (droite).**



**Figure 83. Distribution des résidus en fonction du COV des moments de force prévu (haut gauche), de l'échantillon (bas gauche) et de vérification des quantiles normaux (droite).**



### Répartition des moments de force dans les quatre bras

Le tableau 43 présente les configurations où les COV entre les quatre moments étaient maximums et minimums. La figure 84 est l'illustration graphique du déséquilibre gauche/droite et avant/arrière des moments de force dans les quatre bras. Il est important de

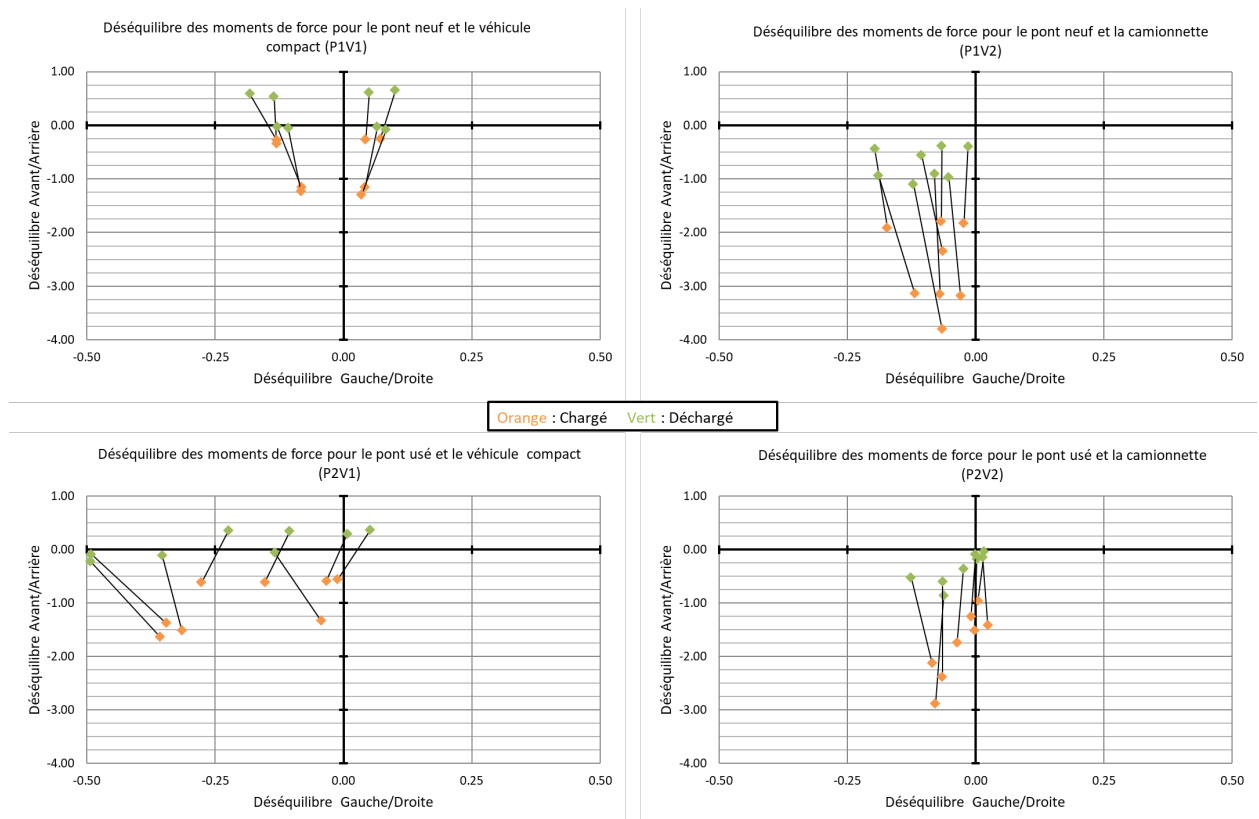
- **IRSST** Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

noter que le repère n'est pas orthonormé et que l'échelle pour le déséquilibre gauche/droite est plus petite que pour le déséquilibre avant/arrière.

**Tableau 43. Configurations par bloc Pont-Véhicule ayant les coefficients de variation du moment de force minimum et maximum**

		Configuration	COV moment
P1V1	minimum	P1V1C2A1W0R	6,0 %
	maximum	P1V1C1A1W1O	39,9 %
P2V1	minimum	P2V1C2A1W0O	12,7 %
	maximum	P2V1C1A1W1R	65,2 %
P1V2	minimum	P1V2C1A2W0O	23,4 %
	maximum	P1V2C2A1W1O	67,4 %
P2V2	minimum	P2V2C1A2W0R	18,0 %
	maximum	P2V2C1A1W1O	63,9 %

**Figure 84. Déséquilibre des moments de force selon le centrage (gauche/droite) et l'avancée (avant/arrière) pour les quatre blocs Pont-Véhicule.**



**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

Concernant la répartition des moments pour P1V1, on constate que la configuration avancée et déchargée (A2W0) est celle qui mène aux moments les plus importants sur les bras avant avec un ratio avec les bras arrière de 60/40. Tel que vu pour les forces, le fait d'ajouter du chargement (A2W1) dans le coffre augmente les forces en arrière et donc les moments (ratio de 45/55). Ce qui semble différent par rapport à l'analyse des forces, c'est l'influence de l'avancée du véhicule. Le fait de reculer le véhicule augmente les moments en arrière sans changer la quantité de moments en avant. Cela est dû aux changements dans la longueur des bras puisque les forces ne changent pas. La configuration P1V1A1W0 est ainsi bien équilibrée en termes de moment (ratio 48/52). D'ailleurs, la configuration P1V1 ayant le plus faible COV est P1V1C2A1W0L0R avec 6 % (tableau 43). À l'opposée, la configuration où le COV est le plus grand est la configuration reculée et chargée (A1W1) avec l'effet cumulatif des deux variables sur l'augmentation des moments sur les bras arrière (39,9 % pour la configuration P1V1C1A1W1L0O, tableau 43). Comme pour la répartition des forces, le PEV P2 (PEV usé) ne donne pas les mêmes résultats de distributions que P1V1 pour les moments de forces. Chargé ou non, il y a un déséquilibre des moments par diagonales, c'est-à-dire que la somme des moments en AC (diagonale) est toujours inférieure à la somme des moments en BD. Lorsque V1 est déchargé, le bras C supporte le moins de moments, alors que si V1 est chargé, il s'agit du bras A. Il s'agit du même phénomène observé pour les forces qui reste présent pour les moments. Par exemple, pour la configuration P2V1C1A1W1R, le bras D supporte 50 % des moments générés et le bras A supporte seulement 921 N.m. Il s'agit du minimum enregistré pour tous les essais.

Pour V2, on constate les mêmes effets que pour V1 où l'ajout de poids en arrière et le recul du véhicule augmentent les moments sur les bras arrière. Le déséquilibre étant déjà légèrement en arrière pour la configuration avancée et déchargée (A2W0), le recul de V2 et le chargement W1 amplifient le déséquilibre avant/arrière (tableau 43). Le déséquilibre avant/arrière maximal se situe à -3,8 pour A1W1. On remarque d'ailleurs à la figure 14 que les deux bras arrière reprennent 80 % des moments générés lors de cette configuration avec près de 15 000 N.m pour le bras D. Le COV maximal est donc atteint pour cette configuration avec 67,4 %. A contrario, les configurations les mieux réparties pour V2 sont A2W0 (avancé, déchargé) avec une COV de 18 % (tableau 43). Aucune différence notable n'est observée entre P1V2 et P2V2.

## **A.II. Plan d'expérience n° 2**

### **A.II.I. Méthodologie détaillée du plan d'expérience n° 2**

#### **Mesures de glissement des patins**

Le glissement des patins a été mesuré à l'aide de repères tracés avant l'essai sur les patins et le châssis du véhicule. Des repères en double ont été tracés à l'aide de crayons de cire ou de feutres effaçables sur les deux côtés des patins pour mesurer le glissement selon l'axe

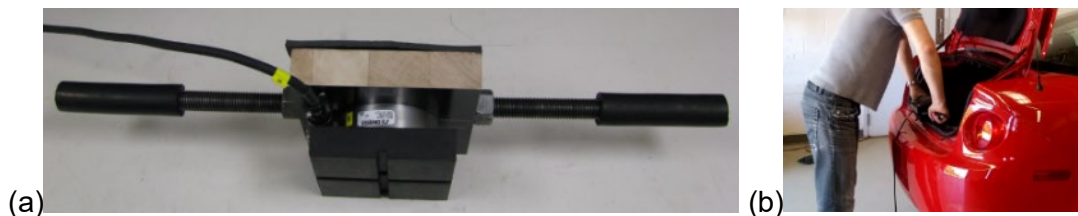


des x et l'axe des y (figure 8). Le décalage entre le trait sur le patin et le trait sur le châssis après l'essai était mesuré à l'aide d'une règle selon les deux axes.

### Mesure de la force appliquée

La mesure de la force appliquée sur le véhicule a été effectuée en utilisant la même instrumentation que pour la mesure des forces au plan d'expérience n° 1. Le montage de la cellule pour les poussées avait deux configurations possibles. La première pour pousser à deux mains au niveau du coffre (figure 85) et la deuxième pour qu'une personne puisse tenir le montage pendant qu'une autre frappe la cellule avec une masse (figure 86). Un bloc de bois et des protections en caoutchouc ont été inclus au montage.

**Figure 85. (a) Montage de la cellule de charge pour les poussées verticales au coffre – (b) Application de la force verticale.**



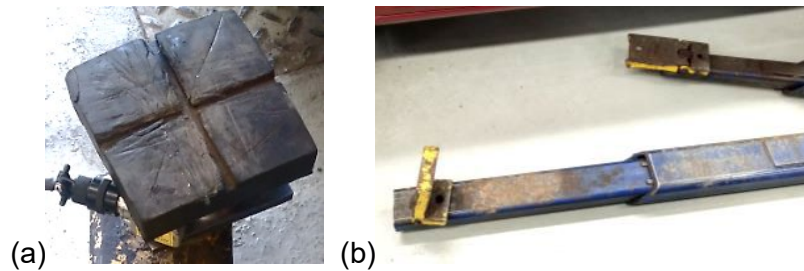
**Figure 86. (a) Montage de la cellule de charge pour les coups de masse au pneu arrière droit – (b) Application de la force au pneu arrière droit.**



### Types de patin (Pa1, Pa2)

Deux types de patin avec des surfaces de contact et des coefficients de frottement différents ont été choisis pour les essais. Le type de patin Pa1, carré et recouvert de caoutchouc, est celui qui est utilisé sur le PEV P1 et P2 (figure 87a). Les coussinets en caoutchouc plus usés du PEV P2 ont été utilisés pour les essais qui ont d'ailleurs eu lieu sur ce PEV. Le deuxième type de patin Pa2 est repliable et en métal (figure 87b). Ce type de patin a un mode de fixation différent de celui utilisé pour les PEV P1 et P2, ce qui a obligé à réaliser les essais sur un autre PEV que P2. Le PEV qui a été utilisé, P3, avait une capacité de 3 175 kg (7 000 lb), datait de 1997 et avait été inspecté en mai 2019 comme P2.

**Figure 87. (a) Patin carré recouvert de caoutchouc (Pa1) – (b) Patin repliable en métal.**



### **Souillure des patins (S0, S1)**

La présence d'antirouille, de glace ou de graisse au niveau des patins et des points de levage sur le véhicule a été énoncée lors de la préparation du projet comme un facteur de risque pour la qualité du levage. Afin de mesurer l'effet de ce facteur, les essais ont été réalisés avec les patins nettoyés au dégraissant et les patins recouverts d'une couche de graisse tout-usage Val-Plex EP de la marque Valvoline (figure 88).

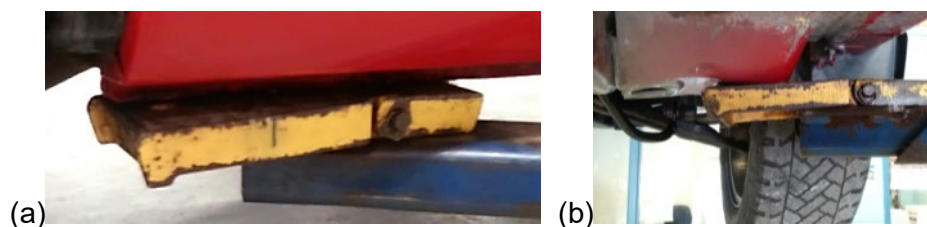
**Figure 88. Patin Pa1 recouvert de graisse tout-usage.**



### **Positions des patins (D1, D2)**

Lors du placement des patins sous le véhicule, il est recommandé de bien centrer l'axe du patin avec le point de levage désigné pour maximiser le contact. Ce positionnement demande au technicien de se pencher sous le véhicule et de prendre le temps d'ajuster le patin. La variabilité du positionnement a ainsi été testée. Dans le cas du patin Pa2, la position centrée consiste à aligner son pivot avec le point de levage (figure 89a) alors que la position décentrée consiste à placer le patin dans le prolongement de l'axe du bras et de lever le véhicule avec le bout du patin (figure 89b). Les deux configurations ont été testées avec les quatre patins centrés puis les quatre patins décentrés.

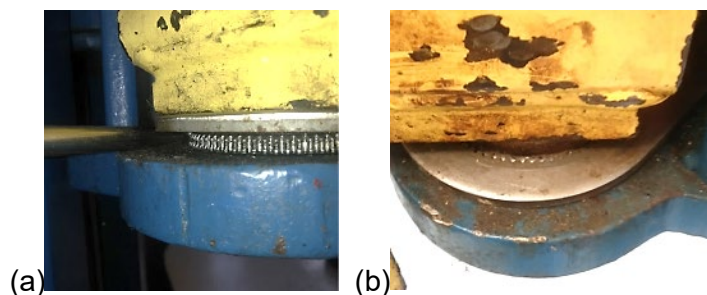
**Figure 89. (a) Pa2 avec son point de pivot centré sur le point de levage – (b) Pa2 positionné avec le point de levage en bout de patin.**



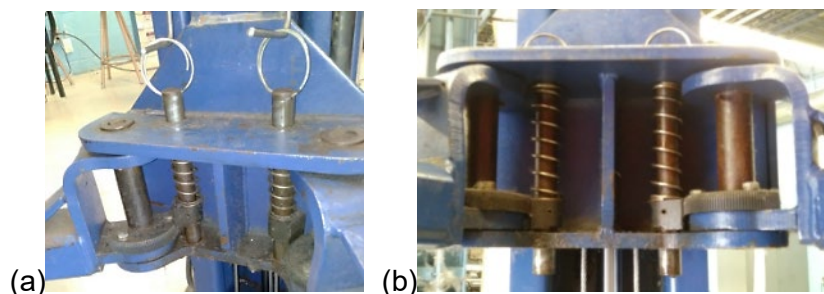
### **Blocage des bras (B0, B1)**

Lors du levage, le blocage des bras en rotation doit être enclenché. Toutefois, ces dispositifs demandent un entretien minutieux pour être opérationnels. Les techniciens devraient en outre vérifier que les bras sont bloqués lors du levage. Les configurations avec les quatre bras bloqués et les quatre bras débloqués ont ainsi été testées. La figure 90 illustre le dispositif de blocage du PEV P2 (couronne plate dentelée à 360°), tandis que la figure 91 illustre celui du PEV P3 (engrenage sur un angle restreint). Un dispositif de retenue a été fabriqué pour maintenir les bras débloqués lors des essais (figure 91a).

**Figure 90. Dispositif de blocage du PEV P2, (a) débloqué – (b) bloqué.**



**Figure 91. Dispositif de blocage du PEV P3 - (a) débloqué – (b) bloqué.**



## Types de poussée (T1, T2)

Deux types de poussées ont été testés sur le véhicule. Ces deux poussées ont été choisies afin de représenter deux types d'efforts différents appliqués par les techniciens sur le véhicule. Ainsi, T1 (impacts latéraux sur le pneu arrière-droit) correspond à la volonté de décoller la roue ou le frein lorsque ceux-ci sont bloqués. T2 (poussée verticale) représente des efforts verticaux comme le fait de tirer sur une pièce.

Afin d'harmoniser les essais, il a été décidé, après plusieurs tentatives, de définir T1 et T2 ainsi :

- T1 : Trois coups de suite avec une force d'impact supérieure à 10 000 N pour un maximum de cinq coups au total,
- T2 : Dix poussées verticales d'une valeur voisine de 1 000 N.

## A.II.II. Résultats complémentaires pour le plan d'expérience n° 2

### A.II.II.I. Analyse statistique

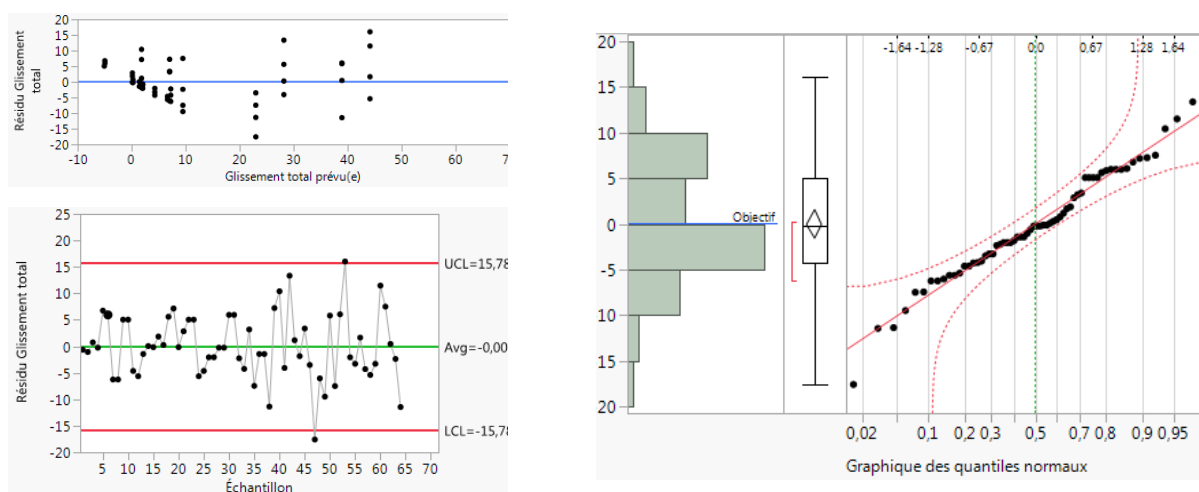
À la base, tous les facteurs contrôlables et toutes les interactions de degré 2 ont été considérés, mais par la suite, ceux n'ayant pas une influence significative ont été éliminés (P-value > 0,05). Le modèle linéaire créé par JMP® (SAS, 2019) explique 83 % de la variation de l'indice. La figure 92 montre que le type de patins, le type de poussées de même que leur interaction mutuelle ont le plus grand effet sur le glissement total.

**Figure 92. Facteurs et interactions ayant une influence statistiquement significative sur le glissement total des patins.**

Source	LogWorth	P-value
Patin Pa	15,587	0,00000
Patin Pa*Type poussée T	11,182	0,00000
Type poussée T	10,924	0,00000 ^
Souillure S*Type poussée T	3,938	0,00012
Position patins D*Type poussée T	2,639	0,00230
Patin Pa*Souillure S	2,318	0,00481
Souillure S	2,058	0,00875 ^

Une analyse des résidus a été complétée afin de valider le modèle ainsi que pour vérifier s'il y aurait eu des biais expérimentaux qui n'auraient pas été considérés dans l'analyse du plan d'expérience n° 2. La figure 93 démontre que les résidus ont une homogénéité de la variance, sont indépendants et qu'ils suivent approximativement une loi normale pour la somme des glissements par essai. Par conséquent, les facteurs non contrôlables, les blocs et les facteurs inconnus qui n'auraient pas été considérés lors de l'analyse n'ont pas affecté la validité de cette dernière.

**Figure 93. Distribution des résidus en fonction du glissement total prévu (haut gauche), de l'échantillon (bas gauche) et de vérification des quantiles normaux (droite).**



### A.II.II.II. Glissements mesurés

Les glissements moyens par types de facteurs contrôlés ont été calculés et sont présentés au tableau 44 pour le patin en caoutchouc (Pa1) et au tableau 45 pour le patin repliable en métal (Pa2). Ces moyennes permettent de comparer l'effet d'un facteur. Ces analyses sont présentées aux sous-sections suivantes.

**Tableau 44. Comparaison des glissements moyens selon les facteurs contrôlables pour le patin 1**

	Patin A (mm)	% de la demi-largeur A	Patin B (mm)	% de la demi-largeur B	Patin C (mm)	% de la demi-largeur C	Patin D (mm)	% de la demi-largeur D
<b>T1</b>	0,3	0,4 %	0,5	0,8 %	0,1	0,2 %	0,0	0,0 %
<b>T2</b>	0,6	1,0 %	0,3	0,5 %	0,3	0,5 %	0,0	0,0 %
<b>B0</b>	0,4	0,7 %	0,4	0,7 %	0,3	0,6 %	0,0	0,0 %
<b>B1</b>	0,4	0,7 %	0,3	0,5 %	0,1	0,1 %	0,0	0,0 %
<b>D1</b>	0,3	0,6 %	0,1	0,2 %	0,1	0,2 %	0,0	0,0 %
<b>D2</b>	0,5	0,8 %	0,6	1,1 %	0,3	0,5 %	0,0	0,0 %
<b>S0</b>	0,6	1,0 %	0,3	0,5 %	0,3	0,5 %	0,0	0,0 %
<b>S1</b>	0,3	0,4 %	0,4	0,7 %	0,1	0,2 %	0,0	0,0 %
<b>Pa1</b>	0,4	0,7 %	0,4	0,6 %	0,2	0,3 %	0,0	0,0 %

**Tableau 45. Comparaison des glissements moyens selon les facteurs contrôlables pour le patin 2**

	Patin A (mm)	% de la demi-largeur A	Patin B (mm)	% de la demi-largeur B	Patin C (mm)	% de la demi-largeur C	Patin D (mm)	% de la demi-largeur D
T1	2,0	3,6 %	3,2	5,9 %	14,7	26,8 %	13,6	24,8 %
T2	1,2	2,1 %	1,0	1,8 %	2,5	4,5 %	1,1	1,9 %
B0	1,9	3,4 %	2,7	4,9 %	9,3	17,0 %	7,7	13,9 %
B1	1,3	2,3 %	1,5	2,8 %	7,8	14,3 %	7,0	12,8 %
D1	1,0	1,8 %	2,3	4,2 %	9,4	17,1 %	9,6	17,4 %
D2	2,1	3,9 %	1,9	3,5 %	7,8	14,1 %	5,1	9,3 %
S0	1,4	2,6 %	2,2	4,1 %	6,6	12,0 %	4,7	8,6 %
S1	1,7	3,1 %	2,0	3,6 %	10,6	19,2 %	10,0	18,1 %
Pa2	1,6	2,9 %	2,1	3,8 %	8,6	15,6 %	7,4	13,4 %

### Type de patins

Parmi tous les facteurs contrôlés, le type de patin est celui qui a le plus grand effet sur l'ampleur du déplacement du patin selon l'analyse de variance. Au tableau 44, il a été remarqué que le glissement moyen pour Pa1 est inférieur à 1 mm, alors que pour Pa2, les glissements moyens sont de 1,6 ; 2,1 ; 8,6 et 7,4 mm pour les patins A, B, C, D respectivement (tableau 45). Par ailleurs, 56 % (18/32) des essais faits avec Pa1 ont eu un glissement alors que c'est le cas dans 91 % (29/32) des essais avec Pa2. En ce qui concerne les glissements maximaux, les patins de caoutchouc ont un glissement maximal de seulement 3 mm avec la configuration Pa1S0D2B0T2, ce qui représente 5 % de la demi-largeur de Pa1 (59 mm). Or, pour les patins repliables en métal, le glissement maximal est de 29 mm avec la configuration Pa2S1D1B0T1, ce qui est équivalent à 53 % de la demi-largeur de Pa2 (55 mm).

Les glissements significativement plus petits avec Pa1 s'expliquent en partie par le fait que le coefficient de frottement du caoutchouc/acier est supérieur au coefficient acier/acier. De plus, durant les essais, le rebord fin de la voiture compacte sur lequel les patins arrière s'appuyaient avait tendance à s'enfoncer dans le caoutchouc, ce qui aide à maintenir les patins en place. Ainsi, il a été observé avec Pa1 que c'est plutôt la dernière section télescopique des bras qui sortent ou qui entrent (sans remettre en cause la stabilité du véhicule), contrairement à Pa2 où le glissement se faisait au niveau des patins et non de la dernière section du bras. Par conséquent, le type de contact entre le patin et le point de levage de la voiture est un facteur important à considérer pour l'analyse du glissement des patins. Par ailleurs, 83 % (15/18) des essais avec Pa1 où il y a eu un glissement ont engendré un glissement seulement pour les patins avant.

## Souillure des patins

En ce qui concerne la souillure des patins, son effet semble limité sur le glissement total des patins selon l'analyse sur JMP® (SAS, 2019). Toutefois, en analysant l'interaction de la souillure avec le type de patins, il est à remarquer que la souillure pour Pa2 semble avoir une influence plus importante, notamment pour les patins arrière, là où les poussées avaient lieu. Effectivement, malgré le fait qu'un peu moins de la moitié des essais où il y a eu un glissement avec Pa2 étaient avec les patins souillés (14/29), les glissements étaient plus grands. Dans le tableau 45, il y a une augmentation de la moyenne des glissements de 4 mm pour le patin C et de 5 mm pour le patin D lorsque le patin est graissé.

En évaluant la souillure des patins en caoutchouc, il n'y a pas une influence significative. En effet, selon les moyennes de glissement du tableau 44, il est à constater que pour les patins A et C, le glissement était plutôt plus élevé pour un patin propre. Pour le patin B, il n'y a pas de différence significative, soit une augmentation de la moyenne de 0,1 mm. Pour le patin D, il n'y a eu aucun glissement pour S0 et S1. De plus, seulement 39 % (7/18) des essais qui ont eu un glissement avec le patin Pa1 étaient souillés (S1).

L'effet non négligeable de la souillure pour Pa2 et non significatif pour Pa1 explique la présence de l'interaction type de « patins\*souillure » dans le résumé des effets statistiquement significatifs de l'analyse statistique sur le logiciel JMP® (SAS, 2019) (figure 92).

## Position des patins

Le décentrage du patin ne s'est pas révélé être un critère significatif pour les deux types de patin selon l'analyse de variance. Au tableau 44 pour Pa1, les résultats des glissements moyens augmentent de moins d'un millimètre pour les patins A, B, C en passant de la position centrée (D1) à décentrée (D2) et restent nuls pour le patin D. Au tableau 45 pour Pa2, les glissements moyens ont plutôt tendance à diminuer pour un patin décentré. En allant de D1 à D2 pour les patins B, C et D, les glissements moyens baissent de -0,4, -1,6 et -4,5 mm respectivement, puis augmentent pour le patin A de 1,1 mm.

## Blocage des bras

Le blocage des bras est un facteur n'affectant pas significativement le glissement de Pa1 et de Pa2, selon l'analyse de variance. En effet, les essais avec glissement de patins se sont presque également répartis entre les configurations avec les bras bloqués et débloqués. Pour le patin Pa1, 56 % (10/18) des glissements se sont produits lorsque les bras étaient débloqués et ce pourcentage est de 52 % (15/29) pour Pa2. Le jeu naturellement présent dans les bras pourrait expliquer le peu d'impact de cette variable (tableau 37). Les jeux dans les bras en extension représentent un angle allant de 6° à 9° selon les mesures effectuées.

## Type de force

Le type de force a un effet sur le glissement des patins selon l'analyse de variance et en particulier pour Pa2 selon le tableau 45. Au tableau 45, les glissements moyens pour T1 (coups latéraux) sont supérieurs à ceux de T2 (poussées verticales) pour les quatre patins. Ceci est remarquable pour les patins arrière avec une différence moyenne de 12 mm pour le patin C et de 13 mm pour le patin D. Si l'on compare ces glissements avec la demi-largeur des patins, on passe de 4,5 % (T2) à 26,8 % (T1) en C et 1,9 % (T2) à 24,8 % (T1) en D. Il y a aussi eu une augmentation du glissement moyen pour les patins avant, soit de 0,8 et 2,2 mm en passant de T2 à T1. Les écarts sur les patins arrière sont très certainement dus au fait que les coups de masse étaient sur le patin arrière C.

Pour Pa1, il n'y a pas une tendance particulière, les glissements étant faibles. Sur les patins A et C, il y a eu une faible diminution du glissement moyen en passant de T2 à T1, soit de 0,3 et 0,2 mm respectivement. Sur le patin B, il y a eu une légère augmentation de 0,2 mm et en D les glissements moyens étaient nuls.

En outre, le type de force a une grande influence sur les glissements observés avec les patins repliables en métal (Pa2), mais ce n'est pas le cas pour les patins en caoutchouc (Pa1). Ceci explique pourquoi dans la liste des effets statistiquement significatifs, l'interaction « patins\*type de poussée » est le deuxième effet suivi du « type de force ».

### A.II.II.III. Essai complémentaire sur le glissement des patins

Des essais complémentaires sur le déplacement des patins ont été effectués. Il s'agit du dépôt au sol du véhicule et le levage immédiat sans réajuster la position des patins (tableau 8). Les configurations (P2/P3)V1S0D1(B0/B1) et P3V2S0D1B0(W1) avec répliques ont été testées. Initialement, l'équipe de recherche pensait que le blocage des bras aiderait à maintenir les patins en place. Toutefois, suite aux essais, il a été constaté que ni le blocage des bras ni le type de patins n'avaient un effet significatif sur le déplacement des patins, contrairement au type de véhicule. Le tableau 46 montre des écarts significatifs entre V1 (véhicule compact) et V2 (camionnette) lors du dépôt et du levage dans un contexte similaire.



**Tableau 46. Glissements moyens des patins lors du dépôt et du levage immédiat selon trois facteurs**

Glissement en mm	Type de patins		Blocage des bras		Type de véhicules	
	Pa1	Pa2	B0	B1	V1	V2
Patin A	2	1	1	2	2	16
Patin B	2	2	3	2	2	19
Patin C	1	2	2	1	2	23
Patin D	2	0	1	1	1	32

Cette différence majeure pourrait s'expliquer par deux raisons selon les observations effectuées. Tout d'abord, le jeu dans la boîte de vitesse PRND semble avoir un impact. En effet, même en mode P (Park), la voiture est libre d'avancer ou reculer légèrement lors du dépôt. Ce jeu dans la boîte de vitesse est plus grand pour V2 que pour V1. Deuxièmement, V2 est plus lourd que V1 et engendre plus de déformations dans les bras que V1. Ces déformations sont récupérées par le mouvement du véhicule lors de son dépôt. Ainsi, à la lecture des résultats, la pratique de dépôt et du levage immédiat sans l'actionnement du frein de stationnement et sans vérification est à éviter, surtout pour les véhicules de type camionnette. Un déplacement de 30 mm peut être suffisant pour que le patin ne soit plus en contact avec le véhicule au point recommandé par le constructeur. Dans les faits, il a fallu reculer V2 après chaque deux essais, car il avait trop avancé pour placer les patins correctement.

Par ailleurs, il a été observé lors d'essais complémentaires avec la camionnette (V2) et des poussées dans le coffre (T2) que le contact entre les patins à l'avant et les points de levage du véhicule était momentanément perdu (de l'ordre de la seconde) lors de la poussée. Lors des essais, ce phénomène, dû au fait que le CdG de V2 est plus en arrière, n'a pas entraîné de déplacement significatif des patins. Toutefois, la perte de contact fait en sorte que le bras n'est plus chargé et aurait la possibilité de se déplacer si une contrainte était présente.

Enfin, il s'est avéré très facile de déplacer les véhicules sur les patins arrière en soulevant l'arrière des véhicules à la main. Ainsi, le type de force appliquée sur le véhicule à une grande importance sur le déplacement des patins.

### **A.III. Essais de retrait de batterie sur les véhicules à motorisation électrique**

#### **A.III.I. Objectif**

À la suite du plan d'expérience n° 1 sur la répartition des forces aux patins, la question de la stabilité des VE lors du retrait ou de l'installation de la batterie avec un PEV HT2C a été soulevée. Cette problématique spécifique complémentaire a été ciblée, car 1) les VE seront de plus en plus présents dans les années à venir dans les garages, 2) le poids, le CdG et l'emplacement de la batterie diffèrent pour chaque modèle. On peut notamment se demander

si les points de levage recommandés sont encore adéquats lorsque la batterie est retirée ou encore si l'utilisation de chandelles est nécessaire lors du retrait/installation de la batterie.

Il a ainsi été décidé d'ajouter des tests complémentaires au plan d'expérience n° 1 non prévus au protocole de départ. L'objectif de ces tests a donc été de documenter de manière exploratoire sur six modèles de VE la répartition des forces au niveau des quatre patins avec et sans la batterie. La méthode de travail lors du retrait/installation de la batterie a également été documentée même si ce n'était pas l'objet principal des tests. Ce travail est exploratoire dans le sens où l'échantillon de VE testés est restreint (p. ex. pas de VUS).

### A.III.II. Méthodologie détaillée

#### Dispositions générales

Les tests avec les VE ont eu lieu à une école des métiers. Un PEV HT2C (tableau 47) et six VE (tableau 48) ont été mis à la disposition de l'équipe de recherche. Deux formateurs ont participé au levage des véhicules et les procédures de retrait et d'installation des batteries. Les tests se sont déroulés à une fréquence moyenne d'un VE par demi-journée.

**Tableau 47. Spécifications du PEV HT2C utilisé à lors des tests avec les VE**

<b>Type</b>	2 colonnes HT. Asymétrique				
<b>Capacité totale</b>	3 175 kg (7 000 lb)				
<b>Longueur bras avant</b>	760 à 1 215 mm. 2 sections				
<b>Longueur bras arrière</b>	910 à 1 510 mm. 2 sections				
<b>Loquets antichute</b>	Symétrique				
<b>Barrure des bras</b>	Tige avec système de blocage en translation. Blocage manuel				
<b>Inspection</b>	05/2021				
<b>Bras déployés</b>		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>Jeu plan horizontal avec bras bloqué</b>	<b>(mm)</b>	160	125	105	110
	<b>(°)</b>	7,5	6	4	4
<b>Inclinaison des bras à vide (°)</b>		3	2	1,9	3,1

Pour chaque test, les mesures effectuées ont été : 1) la force dans les quatre patins pour le VE avec puis sans batterie, 2) l'empattement et les voies de roulement du véhicule et 3) la position des patins par rapport à la roue la plus proche. Ces mesures étaient nécessaires pour calculer la position du CdG. Les patins avec cellule de charge intégrée ainsi que le système d'acquisition développés pour le plan d'expérience n° 1 (annexe A.I.1) ont été réutilisés pour la mesure des forces. Seul l'accouplement entre la tige du patin et l'alésage du bras a été adapté à l'aide d'un manchon en caoutchouc et d'un écrou de fixation (figure 94). Les mesures de positionnement des patins ont été effectuées en x et en y, selon les axes définis à la figure 6, avec un ruban à mesurer et un pointeur laser en utilisant le plan.

**Figure 94. Accouplement entre le patin instrumenté et le bras du PEV.**



Des photos et des vidéos 360° ont également été prises pour documenter les essais. Les procédures de travail pour le retrait des batteries fournies par les fabricants des VE et des échanges avec les formateurs ont complété la collecte de données.

### **Protocole expérimental**

Le protocole expérimental suivi pour chaque véhicule a été basé sur les étapes suivantes :

1. Positionnement du VE entre les deux colonnes du PEV à l'aide de chariots placés sous les roues (figure 63) et positionnement des patins selon les recommandations du fabricant.
2. Application de la procédure de désactivation du VE fournie par le fabricant.
3. Levage. Mesures des forces aux patins (avec batterie).
4. Mesures de l'empattement, des voies de roulement et de la position des patins par rapport aux roues pour le calcul de la position du CdG.
5. Application de la procédure de retrait de la batterie. Utilisation de la table élévatrice (figure 9).
6. Mesures des forces aux patins (sans batterie).
7. Remise en place de la batterie, dépose du VE au sol, activation du VE et vérification.

### **Échantillon de VE testés**

Le tableau 48 détaille les caractéristiques des VE utilisés lors des tests. Il s'agit de véhicules compacts dont cinq sont électriques rechargeables et un hybride rechargeable (VE2 ; un moteur thermique et un moteur électrique). L'ensemble des VE disponibles à l'école lors des tests a été inclus dans l'échantillon.

Le poids des véhicules varie entre 1 171 kg et 1 715 kg. Le poids et la puissance des batteries varient entre 205 kg (16 kW/h) et 450 kg (60 kW/h). La plus petite batterie correspond à celle du véhicule hybride tandis que la plus puissante correspond au véhicule le plus récent. Pour les véhicules électriques, la batterie représente environ 20 % du poids à vide du véhicule contre 12 % pour VE2.

**Tableau 48. Échantillon des six véhicules à motorisation électrique testés.**

	VE1	VE2	VE3	VE4	VE5	VE6
<b>Année</b>	2017	2011	2015	2011	2012	2014
<b>Type</b>	Électrique	Hybride rechargeable	Électrique	Électrique	Électrique	Électrique
<b>Empattement</b>	2 600 mm	2 685 mm	2 570 mm	2 699 mm	2 550 mm	2 570 mm
<b>Voies de roulement</b>	1 501 mm	1 550 mm	1 576 mm (AV) 1 585 mm (AR)	1 539 mm (AV) 1 534 mm (AR)	1 400 mm (AV) 1 380 mm (AR)	1 520 mm (AV) 1 480 mm (AR)
<b>Garde au sol</b>	190 mm	165 mm	230 mm	200 mm	155 mm	190 mm
<b>Poids à vide</b>	1 624 kg	1 715 kg	1 492 kg	1 543 kg	1 171 kg	1 195 kg
<b>Poids batterie</b>	450 kg	205 kg	282 kg	273 kg	235 kg	228 kg
<b>% poids batterie</b>	26 %	12 %	18 %	20 %	20 %	18 %
<b>Puissance batterie</b>	60 kW/h	16 kW/h	30,5 kW/h	24 kW/h	16 kW/h	22 kW/h
<b>Emplacement batterie</b>	Sous plancher Central	Sous plancher Central, en T	Sous plancher Central	Sous plancher Central	Sous plancher Central	Sous plancher Central
<b>Emplacement moteur</b>	Avant	Avant (2)	Avant	Avant	Arrière	Arrière

### A.III.III. Résultats d'essais

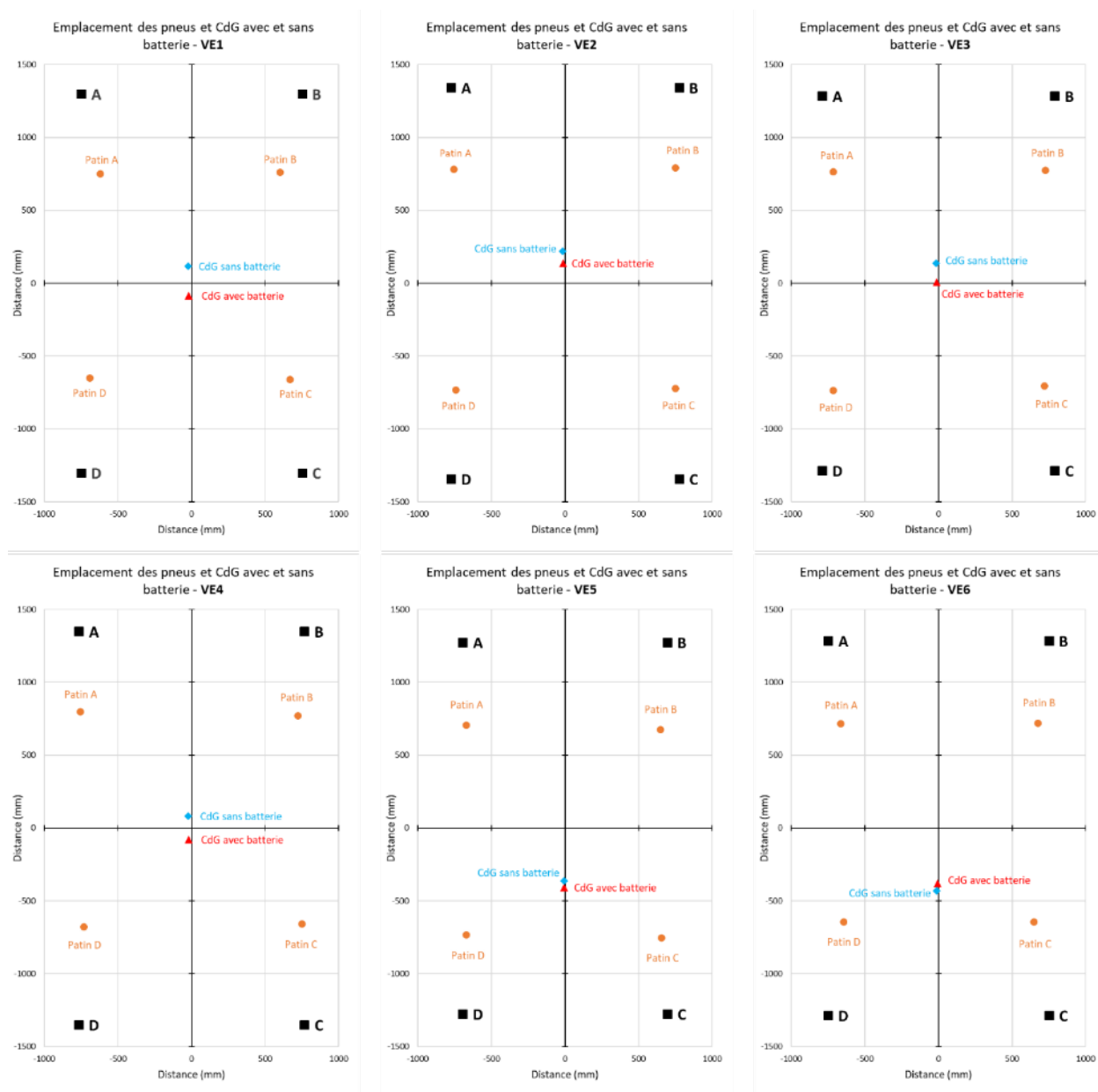
Le tableau 49 présente les résultats des essais avec les six VE. Ce tableau contient la mesure des forces aux 4 patins avec et sans la batterie, la répartition des forces notamment entre les patins avant (A et B) et arrière (C et D) ainsi que le coefficient de variation entre les quatre patins.

Les mesures effectuées lors des tests permettent de calculer la position du CdG de chaque VE avec et sans leur batterie. La figure 95 représente pour les six VE la position du CdG du véhicule avec et sans la batterie par rapport à la position des pneus et des patins. Le tableau 50 indique le déplacement du CdG lors du retrait de la batterie selon l'axe avant-arrière et gauche-droite pour les six VE.

**Tableau 49. Forces mesurées aux patins pour VE1 avec et sans batterie**

			Force A (Av/G)	Force B (AV/D)	Force C (Arr/D)	Force D (Arr/G)	COV
VE1	Avec batterie	(N)	4610 N	4346 N	3361 N	3363 N	0,14
		(% total)	29 %	28 %	21 %	21 %	
		(% Av-Arr)	57 %		43 %		
	Sans batterie	(N)	3991 N	3792 N	1839 N	1903 N	0,35
		(% total)	35 %	33 %	17 %	16 %	
		(% Av-Arr)	68 %		32 %		
VE2	Avec batterie	(N)	5822 N	5290 N	2645 N	2413 N	0,38
		(% total)	36 %	33 %	16 %	15 %	
		(% Av-Arr)	69 %		31 %		
	Sans batterie	(N)	5376 N	4955 N	2002 N	1907 N	0,45
		(% total)	38 %	35 %	14 %	13 %	
		(% Av-Arr)	73 %		27 %		
VE3	Avec batterie	(N)	4457 N	4653 N	2543 N	3029 N	0,25
		(% total)	30 %	32 %	17 %	21 %	
		(% Av-Arr)	62 %		38 %		
	Sans batterie	(N)	4067 N	4169 N	1688 N	2086 N	0,37
		(% total)	34 %	35 %	14 %	17 %	
		(% Av-Arr)	69 %		31 %		
VE4	Avec batterie	(N)	4290 N	4122 N	3120 N	3233 N	0,14
		(% total)	29 %	28 %	21 %	22 %	
		(% Av-Arr)	57 %		43 %		
	Sans batterie	(N)	3945 N	3773 N	2037 N	2119 N	0,30
		(% total)	33 %	32 %	17 %	18 %	
		(% Av-Arr)	65 %		35 %		
VE5	Avec batterie	(N)	2461 N	2800 N	2988 N	3370 N	0,11
		(% total)	21 %	24 %	26 %	29 %	
		(% Av-Arr)	45 %		55 %		
	Sans batterie	(N)	2021 N	2382 N	2231 N	2632 N	0,10
		(% total)	22 %	26 %	24 %	28 %	
		(% Av-Arr)	48 %		52 %		
VE6	Avec batterie	(N)	2474 N	2849 N	3105 N	3862 N	0,17
		(% total)	20 %	23 %	25 %	31 %	
		(% Av-Arr)	43 %		57 %		
	Sans batterie	(N)	1863 N	2212 N	2610 N	3369 N	0,22
		(% total)	19 %	22 %	26 %	34 %	
		(% Av-Arr)	40 %		60 %		

**Figure 95. Emplacement des pneus, des patins et du CdG avec et sans batterie pour VE1 à VE6.**



**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

**Tableau 50. Déplacement du CdG lors du retrait de la batterie pour les six VE**

VE	Poids véhicule mesuré (N)	Poids batterie mesuré (N)	Déplacement CdG	
			Gauche/Droite (mm)	Avant/Arrière (mm)
VE1	15 680	4 155	4	204
VE2	16 170	1 930	3	79
VE3	14 682	2 672	3	131
VE4	14 765	2 891	4	161
VE5	11 619	2 353	0	45
VE6	12 290	2 236	6	-54

### A.III.IV. Discussions

#### Centre de gravité

Le retrait de la batterie déplace le CdG des VE testés de -50 à +200 mm dans l'axe avant-arrière. Le déplacement du CdG a tendance à se faire du côté de l'emplacement du moteur électrique. Le déplacement du CdG est du même ordre de grandeur que ceux observés au plan d'expérience n° 1 pour le véhicule à essence de même gabarit avec et sans chargement dans le coffre (216 kg). Le déplacement gauche-droite du CdG est négligeable devant l'erreur expérimentale.

Les batteries étant relativement bien centrées sous le véhicule, les déplacements du CdG les plus importants ont été enregistrés pour le retrait des batteries les plus lourdes. Toutefois, comme on le constate à la figure 95, le CdG reste toujours loin des limites du quadrilatère de sustentation. D'ailleurs, la plus petite force enregistrée à un patin a été pour le patin C du VE3 (1688 N soit 172 kg). Le positionnement initial du CdG des VE est d'ailleurs idéal (milieu du quadrilatère) pour quatre VE testés (VE1 à VE4) et équivalent au véhicule à essence pour les deux autres (VE5 et VE6).

Ainsi, le retrait de la batterie pour les VE testés ne semble pas poser d'enjeu du point de vue du CdG. Il serait intéressant de mener des essais similaires avec des VUS et des camionnettes à motorisation électrique et des batteries plus lourdes pour compléter l'échantillon.

#### Méthode de travail

Lors des tests, la méthode de travail utilisée pour le retrait la batterie, l'utilisation de la table élévatrice et la gestion du risque électrique ont été observées même si ce n'était pas l'objet principal. On peut relever les éléments suivants :

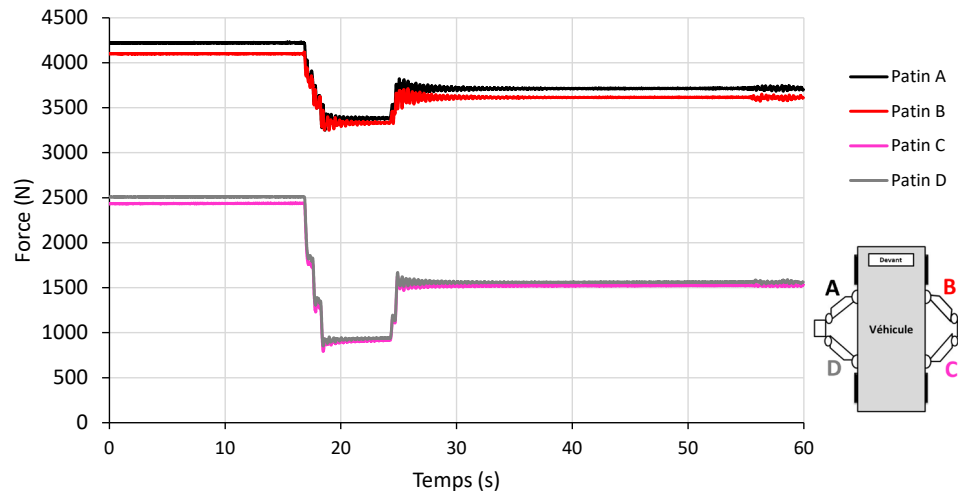
- L'utilisation de la table élévatrice pour manutentionner la batterie doit être faite avec précaution :
  - La table utilisée à l'école était motorisée avec une capacité proche du poids des véhicules testés. Lors d'un essai, la table a supporté plus de 500 kg avant que sa position soit réajustée (figure 96). Le fait que la table soulève

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

partiellement le véhicule lors de son contact avec la batterie est une situation à risque.

- Les enseignants de l'école ont agrandi le plateau d'origine de la table pour plus de stabilité et être en adéquation avec la taille des batteries. Les enseignants ont également ajouté un tapis isolant sur le plateau pour le risque électrique.
- Les garages ne possèdent pas souvent des tables motorisées comme l'école. Dans ce cas, la table utilisée sera fixe (pas d'ajustement de la hauteur). La pratique est alors d'accoter la batterie sur la table en descendant le PEV. Cette façon de faire comporte des risques : a) le PEV possiblement entre deux loquets antichute lors du retrait de la batterie ; b) la hauteur de travail est contrainte ; c) les mouvements du PEV moins précis que ceux d'une table élévatrice avec possibilité de fausses manœuvres comme le soulèvement du véhicule.

**Figure 96. Table élévatrice qui reprend une partie du poids de VE1 lors du dépôt de la batterie.**



- Les points de levage utilisés ont été ceux recommandés par les fabricants. Il est toutefois à noter que la présence de la batterie n'offre pas aux techniciens la possibilité d'utiliser d'autres points de levage. Il faut que les caractéristiques du PEV (p. ex. longueur des bras avant) lui permettent d'atteindre les points recommandés.
- Les procédures de retrait des batteries des différents fabricants ont des points communs, mais chaque procédure est spécifique au véhicule ce qui ne facilite pas le travail du technicien (p. ex. : emplacement *safety plug*, temps d'attente, ordre des étapes). Le tableau 51 présente d'ailleurs un résumé des étapes à suivre pour les six VE testés. Cette variabilité est également vraie pour les EPI recommandés (tableau 52, la procédure concernant les EPI n'était pas disponible pour le VE6). Finalement, les vis qui fixent la batterie sur le châssis ne sont pas toujours faciles à identifier et accessibles. Chaque véhicule est différent sur ce point. Il faut être attentif lors du



début de la descente de la table pour s'assurer que la batterie n'est pas restée fixée par une ou deux vis.

**Tableau 51. Tableau comparatif des étapes suivies pour le retrait de la batterie pour les six VE testés**

Étapes dans l'ordre chronologique	VE1	VE2	VE3	VE4	VE5	VE6
Débrancher batterie 12 V	X	X	X	X	X	
Attente	-	-	-	-	5 min	
<i>High voltage manual disconnect (safety plug)</i> ou équivalent	X	-	X	X	X	X
Débrancher batterie 12 V						X
Attente (condensateurs)	-	-	5 min	10 min	-	-
Connecteur batterie – moteur (capot)	X	X	-	-	-	-
Levage	X	X	X	X	X	X
Connecteur batterie – moteur (dessous)	X	X	X	X	X	X
Vérification multimètre	X	X	X	X	X	-
Vidange antigel	X	X	-	-	X	X
Table levage avec tapis isolé	X	X	X	X	X	X
Dévissage et descente batterie	X	X	X	X	X	X

**Tableau 52. EPI mentionnés dans les procédures obtenues pour le risque électrique haute tension**

	VE1	VE2	VE3	VE4	VE5
Lunette de sécurité	X	X	X	X	X
Chaussure de sécurité (risque électrique)	-	-	X	X	X
Gant isolant classe 0 (1000V)	X	X	X	X	X
Vêtements isolants	-	-	X	-	X
Casque de sécurité (risque électrique)	-	-	X	-	X
Visière	-	-	X	X	X

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

## ANNEXE B. COMPLÉMENT D'INFORMATION POUR LE BLOC B ET LES ENTRETIENS AVEC LES ACTEURS CLÉS CARACTÉRISTIQUES DES PONTS

### B.I. Caractéristiques des ponts

Une caractéristique différencie les ponts Po1 et Po2 : la hauteur du patin par rapport au-dessus de la première section du bras. Dans le cas du pont Po2, le patin peut se placer avantageusement à plat par-dessus le bras, ce qui permet des gains dans la plage d'ajustement ; ce n'est pas le cas du pont Po1. À la figure 97, les flèches jaunes indiquent l'endroit le plus près de la colonne où la charge peut être posée sur le patin.

**Figure 97. Zone d'atteinte près de la colonne pour les ponts de type Po1 et Po2.**



Po1 : Patin qui ne peut chevaucher le dessus du bras. Flèche rouge : Perte d'ajustement dans la zone d'atteinte la plus près de la colonne par rapport à Po2



Po2 : Patin pouvant se mettre à plat par-dessus le bras. Flèche bleu pâle : Gain d'ajustement dans la zone d'atteinte la plus près de la colonne par rapport à Po1

### B.II. Situations de levage

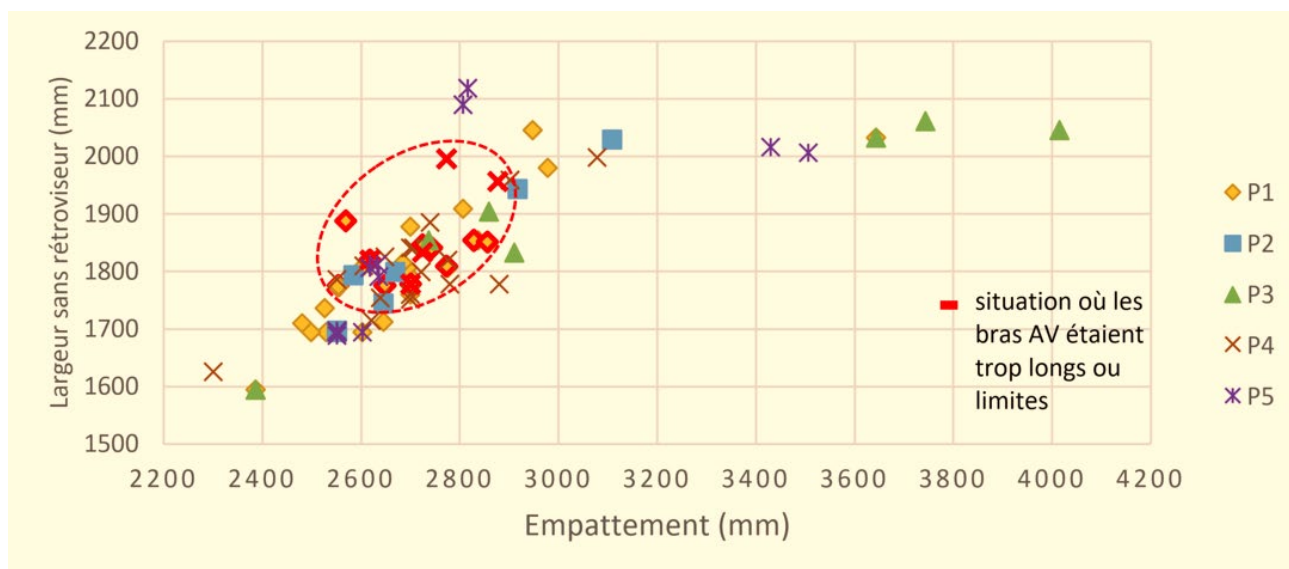
Le tableau 53 présente les valeurs d'empatement, de largeur et de la masse des véhicules inclus dans l'échantillon de 108 situations de levage. La figure 98 présente la distribution de l'empatement et de la largeur des 108 véhicules avec l'identification du type de pont utilisé et les situations pour lesquelles les bras AV du pont étaient trop longs pour atteindre les points ALI.

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

**Tableau 53. Valeurs d'empattement, de largeur et de la masse des véhicules inclus dans l'échantillon de 108 situations de levage**

	Empattement (mm)	Largeur (mm)	Masse à vide (kg)
<b>Max</b>	4 016	2 119	2 763
<b>95e</b>	3 478	2 045	2 301
<b>75e</b>	2 807	1 853	1 798
<b>Médiane</b>	2 690	1 806	1 499
<b>25e</b>	2 555	1 735	1 215
<b>5e</b>	2 487	1 691	1 081
<b>Min</b>	2 300	1 595	1 018

**Figure 98. Distribution de l'empattement et de la largeur des 108 véhicules levés, identification du type de pont utilisé et des situations pour lesquelles les bras AV du pont sont trop longs.**



La largeur du véhicule n'est pas directement liée à l'écartement des points de levage, par exemple les camionnettes sont larges, mais leurs points de levage sont situés à l'intérieur, sur les longerons. La figure 98 montre que les situations où les bras AV des ponts étaient trop longs ou limites pour atteindre les points de levage concernent uniquement les ponts de type Po1 et Po4. Les véhicules qui posent problème sont de largeur moyenne (entre 1 775 et 1 995 mm) et d'empattement entre 2 555 et 2 880 mm et ont des points de levage situés en périphérie. Sur les 23 situations où les bras sont trop longs ou limites (33 % des 70 levages effectués uniquement avec les ponts Po1 et Po4), on compte trois compacts, huit berlines et

douze VUS. Cela représente 18 % des compacts, 38 % des berlines et 43 % des VUS levés avec les ponts Po1 et Po4.

Pour l'échantillon des 108 levages observés, le tableau 54 décrit le nombre de situations où les véhicules ont été repositionnés après avoir essayé de placer les bras-patins.

**Tableau 54. Nombre de situations où le véhicule a été repositionné après avoir essayé de placer les bras-patins**

Type de pont/catégorie de véhicule	Repositionnement avec moteur en marche		Repositionnement manuel	Aucun	ND	Total général
	1x	2x	1x ou plus			
<b>Po1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>40</b>	<b>1</b>	<b>45</b>
Compact	1			10		11
Berline				14	1	15
VUS	2	1		14		17
Camionnette				2		2
<b>Po2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>13</b>
Compact		1		8	1	10
VUS	1			1		2
Camionnette	1					1
<b>Po3</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>7</b>		<b>8</b>
Compact				2		2
Berline				2		2
VUS				1		1
Camionnette		1		2		3
<b>Po4</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>13</b>		<b>25</b>
Compact	2			4		6
Berline				6		6
VUS	4	5		2		11
Fourgonnette (vide)	1					1
Fourgonnette				1		1
<b>Po5</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>12</b>		<b>17</b>
Compact			3	5		8
VUS			1	6		7
Fourgonnette	1			1		2
<b>Total général</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>81</b>	<b>2</b>	<b>108</b>

Le tableau 55 détaille les déterminants de l'ajustement en hauteur des patins pour les différents types de hauteur recherchés. Les objectifs recherchés par le technicien sont également indiqués : stabilité, qualité, efficacité, santé et travail.

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

**Tableau 55. Déterminants de l'ajustement des patins en hauteur**

	Objectifs <sup>1</sup>				
	S	Q	E	Sa	T
<b>Hauteur du patin</b>					
<b>Le plus bas possible</b>					
Glisser le bras sous un véhicule bas ou comportant des obstacles sans causer de dommage <ul style="list-style-type: none"> <li>• Évite de devoir forcer ou de lever le véhicule manuellement, avec un cric ou sur des planches</li> <li>• Patin des ponts Po3, Po4, Po5 peuvent être enlevés pour glisser le bras sous les véhicules très bas</li> </ul> Lever un peu plus certaines camionnettes/fourgonnettes sans que le haut accroche le dispositif de fin de course en hauteur (réf. hauteur des loquets)		X	X	X	X
<b>Basse</b>					
(Patin repliable en métal placé à plat/ la hauteur a une incidence sur la forme du patin) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plus grande surface d'appui assure une meilleure stabilité et endommagement moins le véhicule</li> <li>• Exige moins de précision (si pas d'obstacles), plus rapide</li> <li>• Encombrant si présence d'obstacles (-)<sup>2</sup></li> </ul>	X	X	X		
Rondelle de hockey ou planche placée sur le patin (patins de métal à plat ou patin sans ajustement continu en hauteur) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajustement plus précis de la hauteur du patin pour assurer la stabilité, sans abimer le véhicule ; notamment pour véhicules bas</li> <li>• Permet l'utilisation des points de levage ou de points levage alternatifs quand les bras AV sont trop longs et que le bras risque d'endommager le véhicule – évite de nombreuses tentatives (vaines ?) pour repositionner certains véhicules</li> <li>• Rondelle prend moins d'espace que le patin de métal mis à plat</li> <li>• Compense l'absence d'un point de levage en plastique sur les véhicules de luxe</li> <li>• Considéré non stable par certains techniciens (-)</li> </ul>	X	X	X		
<b>Moyenne et hauteurs variées (rallonges interchangeables, vis)</b>					
Contourner des obstacles pour ne pas endommager le véhicule ou pour poser des marchepieds		X			X
Gagner quelques pouces de dégagement entre le sol et le dessous du véhicule pour effectuer plus confortablement le travail sur le véhicule levé (réf. hauteur des loquets)				X	X
Réduire la distance entre le patin et point de levage et donc l'imprécision du positionnement du patin	X		X		
(Patin avec ajustement à vis) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Choisir une hauteur (mi-course ou bas) pour convenir à un grand nombre de véhicules (éviter de devoir ajuster la hauteur pour chaque véhicule).</li> <li>• Choisir la hauteur pour effleurer le point de levage pour une précision du positionnement</li> <li>• Adapter la hauteur de chaque patin lorsque tous les points de levage ne sont pas au même niveau</li> </ul>	X	X			
Rallonges interchangeables (outre l'utilité pour l'ajustement en hauteur) : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aller chercher les rallonges, les installer et aller les porter prend du temps (-)</li> <li>• Si présence de rouille, changer les rallonges exige de forcer et du temps (-)</li> </ul>			X	X	
<b>Très haute + patin large</b>					
Éviter le glissement des patins sur les longerons très larges de certaines camionnettes et contourner des obstacles                     Aller chercher les rallonges, les installer et aller les porter prend du temps (-)                     Adaptateurs pour camionnettes en nombre limité (p. ex. disponibilité si une camionnette doit être immobilisée un certain temps sur un pont) (-)                     Hautes rallonges peuvent amener un jeu et une inclinaison du patin (-)	X		X		

<sup>1</sup> Stabilité ; Qualité ; Efficacité ; Santé ; Travail

<sup>2</sup> (-) représente un désavantage

## ANNEXE C. COMPLÉMENT D'INFORMATION POUR LE BLOC C SUR LE DÉVELOPPEMENT D'UNE GRILLE D'INSPECTION POUR LES PEV HT2C

### C.I. Détails méthodologiques complémentaires

Le tableau 56 présente quelques mesures sur les ponts qui ont fait l'objet d'observation lors du bloc B de l'étude.

**Tableau 56. Mesures de jeu et d'inclinaison sur les ponts observés au bloc B**

Garage	1			2			3				4	
Technicien	Tech1	Tech2	Tech3	Tech4	Tech5	Tech6	Tech7	Tech7	Tech8	Tech8	Tech9	Tech10
Capacité (kg)	4 536	4 082	4 082	4 536	4 536	4 536	4 990	4 990	4 990	4 990	4 536	4 082
Capacité (lb)	10 000	9 000	9 000	10 000	10 000	10 000	11 000	11 000	11 000	11 000	10 000	9 000
Jeu bras AVG (°)	5.4	4.3	4.6	2.4	5.5	6.8	3	3.2	4.1	2.5	6.6	4.9
Jeu bras AVD (°)	3.8	7.1	4.3	2.3	8.4	5.3	4.1	3.6	3.7	1.9	4.9	7
Jeu bras ARG (°)	3.9	2.6	4	2	5.6	3.7	4.7	3.8	4	2.7	4.3	5.3
Jeu bras ARD (°)	3.9	3.2	3.4	3	6.5	4.3	4.2	4.4	4.2	3.1	2.4	5.9
Inclinaison bras AVG (°)	0.6	1.5	1.5	1.4	1	0.5	0.1	0.8	0	0.7	1.3	2.5
Inclinaison bras AVD (°)	0.1	0.4	0.7	0.2	0	3	1.9	1.6	0.5	0.9	1.7	1.3
Inclinaison bras ARG (°)	1.1	1	0.6	1.1	2	0.8	0.7	0.2	1	0.2	0.6	0.4
Inclinaison bras ARD (°)	0.5	0.6	0.8	1.4	1.7	1.9	0.5	1.1	0.5	0.7	0.1	0.7
Jeu patin AVG (°)	6.8	1.4	3.2	2.7	7	5.3	4.2	5.1	3.7	2.5	6.1	8.6
Jeu patin AVD (°)	5.4	0.9	1.7	3.4	4.2	6.3	5.9	5.2	3.1	3.9	5.4	7.1
Jeu patin ARG (°)	6	0.6	2.4	2.6	6	4	3	4.8	4	4.2	3.3	7.8
Jeu patin ARD (°)	8.4	1.2	2.5	2.6	4	6.3	3.6	4.4	5.6	2.7	3.6	12.5

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

## C.II. Grille d'inspection complète développée lors de l'étude

Cette section présente la grille d'inspection complète développée lors de l'étude (tableau 57). Afin de simplifier la présentation de la grille, des abréviations ont été utilisées pour la périodicité de l'inspection :

- C signifie que le point est à vérifier lors de l'inspection complète (p. ex. annuelle),
- P signifie que le point est à vérifier lors de l'inspection périodique (p. ex. mensuelle),
- R signifie que le point est à vérifier lors de l'inspection de routine (p. ex. hebdomadaire).

Par la suite, le tableau 58 détaille l'application de l'algorithme décisionnel permettant d'établir les fréquences d'inspection des critères identifiés dans la grille.

Tableau 57. Grille d'inspection de sécurité pour les PEV HT2C développée lors de l'étude

Point/ Sous-point d'inspection	Critère d'inspection	Valeur d'état	Explication	Suivi	Justification (exemple de références) Loi et règlement du Québec ; Norme ; Manuel du fabricant ; Tests CFP ; Verbatim ; Autre (p. ex. grille d'inspection)	Périodicité
<b>A. Général</b>						
<b>A.1 Documentation et consignes de sécurité</b>						
A.1.1 Manuel du fabricant	Disponibilité du manuel du fabricant, notamment pour les activités de maintenance (p. ex. lubrification)	Disponible Non disponible			<b>Lois et règlements du Québec</b> : « Conditions d'utilisation : 5° être inspecté et entretenu conformément aux instructions du fabricant ou à des normes offrant une sécurité équivalente ». ( <i>Règlement sur la santé et la sécurité du travail</i> , RLRQ c. S-2.1, r. 19.01, art. 245) <b>Normes</b> : « Ascertain and report the location of appropriate lift documentation including manufacturer installation, operation, inspection and maintenance instructions, or equivalent ». (ANSI et ALI, 2008, s. 5.6.2.1) <b>Autres</b> : « Check accessibility of operating procedures, safety tips and generic safety material ». (ANSI et ALI, 2008, annexe)	C
A.1.2 Plaque signalétique	Présence et lisibilité de la plaque signalétique	Lisible Non lisible ou absente			<b>Normes</b> : « Report name plate information including manufacturer name and address, model number, serial number, certification serial number (certified lifts only) and lift rated load capacity ». (ANSI et ALI, 2008, s. 5.6.2.6 ; BSI, 2014, s. 6.3.2.d ; AFNOR, 2011, s. 7.4)	C
A.1.3 Affichage de la capacité du pont	Présence et lisibilité de l'affichage de la capacité du pont	Indiquée et identique à la plaque signalétique Non indiquée ou illisible ou différente de la plaque signalétique			<b>Lois et règlements du Québec</b> : « Charge nominale : La charge nominale doit être indiquée sur tous les appareils de levage, en un endroit où elle peut se lire sans difficulté ». ( <i>Règlement sur la santé et la sécurité du travail</i> , RLRQ c. S-2.1, r. 19.01, art. 249) <b>Normes</b> : « Confirm capacity labeling on all accessories affecting the rated load capacity of the lift ». (ANSI et ALI, 2008 ; s. 5.6.2.5 ; BSI, 2014, s. 6.3.2.d ; AFNOR, 2011, s. 7.2) <b>Autres</b> : « Vérifier la lisibilité de la capacité de charge nominale de l'élevateur ». (Auto Prevention, 2019). « Check the readability of rated load capacity of the lift ». (ANSI et ALI, 2008, annexe)	C
A.1.4 Consignes et pictogrammes de sécurité	Présence et lisibilité des consignes et pictogrammes de sécurité du fabricant près du poste de commande	Lisibles Non lisibles ou absentes			<b>Normes</b> : « Ascertain and report the location of appropriate lift safety instructions including ALI/SM, "Lifting it Right" and ALI/ST, "Safety Tips", or equivalents ». (ANSI et ALI, 2008, s. 5.6.2.2). <b>Autres</b> : « Check accessibility and readability of safety warning labels ». (ANSI et ALI, 2008, annexe)	C

IRSST ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles



Point/ Sous-point d'inspection	Critère d'inspection	Valeur d'état	Explication	Suivi	Justification (exemple de références) Loi et règlement du Québec ; Norme ; Manuel du fabricant ; Tests CFP ; Verbatim ; Autre (p. ex. grille d'inspection)	Périodicité
<b>A.2 Sécurité générale</b>						
A.2.1 Dégagement de l'aire de travail	Absence d'obstacle ou d'accumulation de liquide dans l'aire de travail	Aire dégagée et propre Aire encombrée ou présence de liquide			<b>Lois et règlements du Québec :</b> « Poste de travail : Tout poste de travail doit : 1° être tenu en bon état et dégagé ; 2° être situé sur une surface qui est entretenue de façon à ne pas être glissante, même par usure ou par humidité ». ( <i>Règlement sur la santé et la sécurité du travail</i> , RLRQ c. S-2.1, r. 13.01, art. 16) <b>Normes :</b> « Confirm that there are adequate clearances around the lift to accommodate anticipated service activities. Report deficiencies ». (ANSI et ALI, 2008, s. 5.6.2.7)	C
A.2.2 Dégagement du poste de travail	Dégagement autour du poste de travail d'au moins 600 mm ou respectant les conditions relatives à la configuration	Dégagement autour du poste de travail conforme Dégagement autour du poste de travail non conforme			<b>Lois et règlements :</b> « Poste de travail : Tout poste de travail doit : 3° comporter un dégagement suffisant entre les machines, les installations ou les dépôts de matériaux pour que les travailleurs puissent accomplir leur travail de façon sécuritaire ; ce dégagement ne doit pas être inférieur à 600 mm ». ( <i>Règlement sur la santé et la sécurité du travail</i> , RLRQ c. S-2.1, r. 13.01, art. 16)	C
A.2.3 Protection des zones dangereuses	Présence de protecteurs conformes aux zones dangereuses	Présence de protecteurs conformes Absence d'un protecteur conforme	Vérifier les zones de coincement des mécanismes, angles rentrants des poulies, composants électriques, etc.		<b>Lois et règlements :</b> « Contrôle de la zone dangereuse : Sous réserve de l'article 183, une machine doit être conçue et construite de manière à rendre sa zone dangereuse inaccessible, à défaut de quoi celle-ci doit être munie d'au moins un des protecteurs ou des dispositifs de protection suivants [...] ». ( <i>Règlement sur la santé et la sécurité du travail</i> , RLRQ c. S-2.1, r. 13.01, art. 182) <b>Normes :</b> « Sécurité dans les zones de pincement : Des protecteurs doivent être fournis pour empêcher l'accès aux zones de pincement des câbles et de chaînes. Quand il est prévu (par exemple lors de la maintenance) que les protections fixées soient régulièrement retirées, alors les fixations doivent rester attachées aux protections ou à l'élévateur de véhicule ». (AFNOR, 2011, s. 5.8.3.2 et s. 5.17.3.)	C

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

Point/ Sous-point d'inspection	Critère d'inspection	Valeur d'état	Explication	Suivi	Justification (exemple de références) Loi et règlement du Québec ; Norme ; Manuel du fabricant ; Tests CFP ; Verbatim ; Autre (p. ex. grille d'inspection)	Périodicité
<b>B. Structure</b>						
<b>B.1 Éléments de fixation des colonnes (inspecter les deux colonnes)</b>						
B.1.1 Béton autour des ancrages	Présence de fissures ou d'écaillage aux points d'ancrage nécessitant un suivi	Aucun signe de détérioration du plancher à moins de 15 cm de la colonne (fissure importante ou profonde, soulèvement, déformation nécessitant un suivi) Signes de détérioration à moins de 15 cm (fissure importante ou profonde, soulèvement, déformation nécessitant un suivi)	Photos avec règle ou ruban à mesurer à côté	X	<b>Manuels</b> : « Conformité visuelle du plancher : s'assurer visuellement que les ancrages soient à plus de 6° d'un signe de fatigue du plancher (fissures, soulèvement, déformation, etc.) ». (Girolift, s.d.) <b>Verbatim</b> : Ancrage à une distance de plus de 15 cm (6 po) d'une fissure ou d'un problème dans le plancher. Registre sur l'état du plancher.	R
B.1.2 Base de la colonne	Niveau de dégradation de la base, des renforts et de leurs soudures	Aucune déformation ou corrosion importante ou fissure Déformation de la base de la colonne ou présence de corrosion importante ou fissure		X	<b>Normes</b> : « Visually examine columns for alignment, damage or distortion. Examine base plates for distortion and plate to column welds for cracks. Examine holding down bolts for security or deformation ». (BSI, 2014, s. 6.3.2.b.) <b>Manuels</b> : « Vérifier que la base de chaque colonne est exempte de saleté, peinture, etc. ». (Girolift, s.d.) <b>Verbatim</b> : Propreté des bases et des colonnes. Rouille. <b>Autres</b> : « COLUMNS, POSTS: Rust / Damage / Wear, Alignment, Rubbing Blocks or Guide Rollers ». (School District 27 Cariboo-Chilcotin, 2019)	R
	Contact entre la base de la colonne et le plancher, ou les cales d'épaisseur aux points de boulonnage	En contact Absence de contact				R

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

Point/ Sous-point d'inspection	Critère d'inspection	Valeur d'état	Explication	Suivi	Justification (exemple de références) Loi et règlement du Québec ; Norme ; Manuel du fabricant ; Tests CFP ; Verbatim ; Autre (p. ex. grille d'inspection)	Périodicité
B.1.3 Écrous/tiges d'ancrage	Niveau de dégradation des écrous/tiges d'ancrage	Aucune déformation ou corrosion importante ou fissure Déformation des ancrages ou présence de corrosion importante		X	<b>Normes</b> : « Examine holding down bolts for security or deformation ». (BSI, 2014, s. 6.3.2.b.)	P
	Contact entre les écrous d'ancrage et la plaque de fixation de la colonne	En contact Absence de contact ou absence d'un écrou			<b>Manuels</b> : « BOULONS D'ANCRAGE : Doivent être chacun à leur place respective et ajustés selon la recommandation du manufacturier. Si les écrous sont desserrés ou qu'ils ne touchent plus à la plaque, réappliquer le couple de serrage pour tous les ancrages ». (Girolift, s.d., s. 1)	R
	Couple de serrage des écrous d'ancrage	Conforme à la valeur recommandée par le manufacturier Non conforme	<u>Test</u> : Vérification avec clé dynamométrique. Porter attention à la perte de couple d'une inspection à l'autre	X	<b>Manuels</b> : « Pour du 3/4 de pouce, couple de 100 lbs.ft. Pour du 7/8 de pouce, couple de 150 lbs.ft ». (Girolift, s.d., s. 1). <b>Tests CFP</b> : Boulon pas dévissable à la main. Si problème appliquer 100 livres-pied. Si problème plusieurs fois dans l'année, communiquer avec manufacturier. <b>Verbatim</b> : Serrage des ancrages au sol est une problématique qui est apparue sur certains ponts. <b>Autres</b> : « Check all fastening devices for tightness including floor anchor bolts ». (ANSI et ALI, 2008, annexe)	P
<b>B.2 Colonnes (inspecter les deux colonnes)</b>						
B.2.1 État général des colonnes	Niveau de dégradation des colonnes	Aucune déformation ou corrosion importante ou fissure Déformation des colonnes ou présence de corrosion importante ou fissures (soudures)		X	<b>Normes</b> : « Visually examine columns for alignment, damage or distortion ». (BSI, 2014, s. 6.3.2.b) <b>Manuels</b> : « Soudures : Colonnes fixes, Colonne amovible. Procéder à un examen visuel, afin de vérifier que chaque soudure est en bon état ». (Girolift, s.d.) <b>Verbatim</b> : Conformité structurelle des soudures : visuelle.	P

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

Point/ Sous-point d'inspection	Critère d'inspection	Valeur d'état	Explication	Suivi	Justification (exemple de références) Loi et règlement du Québec ; Norme ; Manuel du fabricant ; Tests CFP ; Verbatim ; Autre (p. ex. grille d'inspection)	Périodicité
B.2.2 Verticalité des colonnes	Inclinaison par rapport à la verticale, évaluée sur la face avant ou arrière de chaque colonne	Colonne verticale Colonne non verticale	Mesure : Verticalité vérifiée avec un niveau à bulle de 60 cm à hauteur d'épaules. Photo du résultat du test	X	<b>Normes</b> : « Visually examine columns for alignment, damage or distortion ». (BSI, 2014, s. 6.3.2.b) <b>Manuels</b> : « COLONNES FIXES - DISTANCE ENTRE COLONNES : Pour 2 colonnes sans travers et pour 4 colonnes sans travers, mesurer le bas et le haut. Colonnes fixes, Base ». (Girolift, s.d.) <b>Autres</b> : « État de la structure en général : Verticalité, usure excessive ». (Fiche d'entretien - Auto Prévention)	P
	Inclinaison par rapport à la verticale, évaluée sur la face externe de chaque colonne	Colonne verticale Colonne non verticale	Mesure : Verticalité vérifiée avec un niveau à bulle de 60 cm à hauteur d'épaules. Photo du résultat du test	X		P
<b>B.3 Chariots de levage (inspecter les deux chariots)</b>						
B.3.1 État général des chariots	Niveau de dégradation des chariots	Aucune déformation ou corrosion importante ou fissure Déformation des chariots ou présence de corrosion importante ou fissures (soudures)		X	<b>Normes</b> : « Check the lifting carriages, lifting arms and support pads and stops for damage, deformation and cracks... ». (BSI, 2014, s. 6.3.2.i)	P
B.3.2 Pivots des bras (axe)	Niveau de dégradation des pivots et de leurs soudures	Aucune déformation ou corrosion importante ou fissure Déformation ou usure marquée des pivots ou présence de corrosion importante	Vérification visuelle, démonter les pivots ou la plaque de protection pour les inspecter au besoin	X	<b>Normes</b> : « Examine ... automatic pivoting devices for correct operation, wear, damage, distortion and security/fit of parts ». (BSI, 2014, s. 6.3.2.j)	R
	Élément de fixation ou de retenue des pivots (p. ex. : épaulement, goupille)	Élément de fixation ou de retenue présent et en bon état Absence de l'élément de fixation ou retenue, ou mauvais état				R

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

Point/ Sous-point d'inspection	Critère d'inspection	Valeur d'état	Explication	Suivi	Justification (exemple de références) Loi et règlement du Québec ; Norme ; Manuel du fabricant ; Tests CFP ; Verbatim ; Autre (p. ex. grille d'inspection)	Périodicité
B.3.3 Guidage du chariot dans la colonne	Niveau d'usure des pièces de guidage (p. ex. téflon), présence de jeu	Jeu latéral du chariot acceptable (p. ex. en comparaison avec le chariot dans l'autre colonne ou un pont identique) Jeu latéral du chariot anormal (p. ex. en comparaison avec le chariot dans l'autre colonne ou un pont identique)	Selon l'expérience des utilisateurs du pont ou de l'inspecteur		<b>Normes</b> : « Roller and guide blocks are examined for evidence of wear ». (BSI, 2014, s. 6.3.c.15) <b>Verbatim</b> : Problèmes les plus fréquents : [...] joints en mouvement. <b>Autres</b> : « COLUMNS, POSTS: Rust / Damage / Wear, Alignment, Rubbing Blocks or Guide Rollers. » (School District 27 Cariboo-Chilcotin, 2019)	P

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

Point/ Sous-point d'inspection	Critère d'inspection	Valeur d'état	Explication	Suivi	Justification (exemple de références) Loi et règlement du Québec ; Norme ; Manuel du fabricant ; Tests CFP ; Verbatim ; Autre (p. ex. grille d'inspection)	Périodicité
<b>C. Bras de levage (inspecter les 4 bras)</b>						
<b>C.1 Dispositifs de blocage des bras</b>						
C.1.1 État général des dispositifs de blocage des bras (p. ex. dents d'engrenages)	Niveau de dégradation des éléments mécaniques des dispositifs de blocage	Aucune déformation ou corrosion importante ou fissure Déformation ou usure marquée ou présence de corrosion importante	Démonter protecteur si pièces pas visibles	X	<b>Normes</b> : « Examine the mechanical locking devices and catching devices and associated components for correct adjustment/operation, wear, damage, distortion, cracks, security fit of parts ». (BSI, 2014, s. 6.3.2.n) <b>Manuels</b> : « SYSTÈME DE BARRURES : Les bras de levage doivent être maintenus en place par des chevilles et être munis d'un système de barrures afin d'éviter l'écartement des bras ». (Girolift, s.d.) <b>Verbatim</b> : Problèmes les plus fréquents : bras qui ne barrent pas automatiquement (barrures de bras souvent enlevées ou brisées). <b>Autres</b> : « Bras de levage (Blocage) - Vérifier le dispositif qui les empêche de pivoter ». (Auto Prevention, 2019). « Proper operation of the restraints and locking devices ». (ANSI et ALI, 2008, annexe)	R
C.1.2 Fonctionnement des dispositifs de blocage des bras	Enclenchement mécanique total des dispositifs de blocage	Enclenchement total confirmé Enclenchement partiel ou pas d'enclenchement	<u>Test</u> : Validé visuellement en trois points de la course des bras, dont la position la plus fréquente du bras lors d'un levage			R
	Résistance des dispositifs de blocage	Blocage confirmé Absence de blocage	<u>Test</u> : Résistance validée par une poussée vigoureuse avec le pied en trois points de la course des bras, dont la position la plus fréquente du bras lors d'un levage. À faire dans les deux directions. Bras complètement étendu et poussée à l'extrémité du bras		<b>Normes</b> : « On lifts requiring swing arm restraints, the swing arm restraints shall be inspected. Report improper function, excessive wear or damage. Swing arm restraints may be worn and still appear to function properly but, they may not provide the full one hundred fifty (150) pounds of resistance to horizontal force ». (ANSI et ALI, 2008, s. 5.6.2.13) « Les dispositifs de verrouillage du bras doivent être conçus pour résister, sans déformations permanentes, à une force égale à 4,5 %, de la capacité de l'élévateur de véhicule ou pour résister, sans rupture, à une force égale à 6,75 % de cette capacité. Cependant, ces forces ne doivent jamais être inférieures respectivement à 1500 N et 2250 N. Ces forces doivent agir sur les points de levage, dans la direction horizontale la plus défavorable et les bras étant entièrement déployés ». (AFNOR, 2011, s. 5.9.5) <b>Tests CFP</b> : Le système de blocage des bras en rotation peut contribuer à contrer la force de pivotement, toutefois pour que les systèmes de blocage soient efficaces, ils doivent être entretenus pour limiter les jeux et assurer la résistance minimale requise.	R

Point/ Sous-point d'inspection	Critère d'inspection	Valeur d'état	Explication	Suivi	Justification (exemple de références) Loi et règlement du Québec ; Norme ; Manuel du fabricant ; Tests CFP ; Verbatim ; Autre (p. ex. grille d'inspection)	Périodicité
<b>C.2 Bras</b>						
C.2.1 État général des bras	Niveau de dégradation des bras incluant les différentes sections	Aucune déformation ou corrosion importante ou fissure Déformation des bras / sections ou présence de corrosion importante ou fissures (soudures)		X	<b>Normes</b> : « Check the lifting carriages, lifting arms and support pads and stops for damage, deformation and cracks... ». (BSI, 2014, s. 6.3.2.i) <b>Manuels</b> : « Vérifier que les bras de levage sont en bonne condition ». (Girolift, s.d) <b>Verbatim</b> : Vérifie s'il y a de la rouille sur les pattes et graisse. Évaluer la déformation des bras : visuelle.	P
C.2.2 Sections des bras	Force requise pour déployer chacune des sections des bras à leur pleine longueur	Facilement à une main Difficilement à deux mains			<b>Normes</b> : « On lifts using swing arms, check to ensure that arm telescoping stops are functioning as intended. Report improper function or excessive wear ». (ANSI et ALI, 2008, s. 5.6.2.12) <b>Verbatim</b> : Graissage des bras une fois par 2 semaines. Critère : pouvoir les faire bouger avec une seule main, que ce soit facile.	C
	Niveau de dégradation des dispositifs de butée de fin de course des sections des bras (p. ex. boulon)	Aucune déformation ou corrosion importante ou fissure Absence de dispositif de butée ou désajustement ou déformation des dispositifs de butée ou présence de corrosion importante ou fissures (soudures)		X	<b>Normes</b> : « Examine the lifting arm telescopic stops... for correct operation, wear, damage, distortion and security/fit of parts ». (BSI, 2014, s. 6.3.2.j) <b>Autres</b> : « Vérifier l'état des butées d'extension ». (Auto Prévention, 2019)	P
	Arrêt mécanique des dispositifs de butée des sections des bras	Arrêt de la section du bras Sortie de la section du bras	<u>Test</u> : validé par un effort vigoureux à deux mains pour tirer le bras au maximum et tester la butée		<b>Normes</b> : « On lifts using swing arms, check to ensure that arm telescoping stops are functioning as intended. Report improper function or excessive wear ». (ANSI et ALI, 2008, s. 5.6.2.12) « The operation of telescopic arm stops is checked ». (BSI, 2014, s. 6.3.2.i)	R
C.2.3 État général de la structure d'accouplemen t des patins	Niveau de dégradation de la structure d'accouplemen t des patins	Aucune déformation ou corrosion importante ou fissure Déformation de la structure ou présence de corrosion importante ou fissures (soudures)		X		P

Point/ Sous-point d'inspection	Critère d'inspection	Valeur d'état	Explication	Suivi	Justification (exemple de références) Loi et règlement du Québec ; Norme ; Manuel du fabricant ; Tests CFP ; Verbatim ; Autre (p. ex. grille d'inspection)	Périodicité
C.2.4 Position et mouvements des bras	Dégagement entre le dessous des bras et le plancher	Absence de contact avec le plancher Contact avec le plancher	<u>Test</u> : vérifié sur toute la course au niveau du patin avec le bras en pleine extension et le chariot en position la plus basse			P
	Jeu horizontal total des bras	Inférieur à la plus petite dimension du patin Supérieure à la plus petite dimension du patin	<u>Mesure</u> : Placer une règle au sol sous l'extrémité du bras. Utiliser un pointeur laser ou un crayon pour évaluer le déplacement maximal du bras. Déterminé au niveau du patin (bras en pleine extension) et bloqué dans la position la plus fréquente du bras lors d'un levage. Photo du résultat du test.	X	<b>Normes</b> : « Lifting arms are fully extended and checked for free play, which should not exceed the lift manufacturer's guidelines or, in the absence of such information, the diameter of the circular pick up plates or shortest side of the rectangular type ». (BSI, 2014, s. 6.2.c.19) <b>Autres</b> : « Vérifier le jeu excessif des bras ». (Auto Prévention, 2019)	R
	Inclinaison des bras	Inclinaison acceptable du bras (p. ex. en comparaison avec les autres bras) Inclinaison excessive du bras (p. ex. en comparaison avec les autres bras)	<u>Mesure</u> : Lever le pont à environ 1 m de haut. Placer un niveau à bulle ou un inclinomètre à l'extrémité du bras. Photo du résultat du test	X	<b>Tests CFP</b> : Le problème qui s'est produit lors des essais est la sous sollicitation d'un bras. L'usure et les jeux dans le bras C et le chariot support des bras peuvent expliquer ce phénomène. Le pont peut alors se mettre à « travailler » différemment. Les jeux excessifs dans le bras et le support du bras (chariot) doivent donc être contrôlés.	R

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles



Point/ Sous-point d'inspection	Critère d'inspection	Valeur d'état	Explication	Suivi	Justification (exemple de références) Loi et règlement du Québec ; Norme ; Manuel du fabricant ; Tests CFP ; Verbatim ; Autre (p. ex. grille d'inspection)	Périodicité
	Inclinaison horizontale différentielle entre les deux bras avants en pleine extension	Pas de décalage anormal entre les deux bras avant Décalage excessif entre les deux bras avant	Mesure : Lever le pont à environ 1 m de haut. Placer les deux bras vis-à-vis en pleine extension. Placer un niveau à bulle de 60 cm afin de joindre les deux bras (utiliser une barre ou équivalent au besoin pour joindre les deux bras). Photo du résultat.	X	<b>Normes</b> : « Les dispositifs supports de charge doivent être conçus pour éviter toute oscillation, inclinaison, rotation ou déplacement intempestifs ». (AFNOR, 2011, s. 5.9.1)	R
	Inclinaison horizontale différentielle entre les deux bras arrières en pleine extension	Pas de décalage anormal entre les deux bras arrière Décalage excessif entre les deux bras arrière		X		R
<b>C.3 Patins</b>						
C.3.1 État général des patins et de leur dispositif d'ajustement en hauteur	Niveau de dégradation de la structure des patins et de leur dispositif d'ajustement	Aucune déformation ou corrosion importante, mouvements fluides Déformation ou corrosion importante, mouvement difficile, pièce absente (p. ex. goupille pour patin repliable en métal)		X	<b>Normes</b> : « Check the lifting carriages, lifting arms and support pads and stops for damage, deformation and cracks ». (BSI, 2014, s. 6.3.2.i.) <b>Manuels</b> : « MAIN DE LEVAGE : Vérifier que les mains de levage et leurs caoutchoucs sont en bonne condition ». (Girolift, s.d.) <b>Verbatim</b> : Inspection routinière visuelle : état patins. <b>Autres</b> : « Vérifier l'état et l'ajustement des patins ». (Auto Prévention, 2019)	R
C.3.2 Surface d'appui des patins	Niveau de dégradation de la surface d'appui des patins	Déformation ou usure légère (proche du neuf, surface peu altérée) Déformation ou usure de la surface d'appui excessive (p. ex. : déchirement sur la surface, disparition des rainures), surface glissante			<b>Normes</b> : « Check pads for wear and excessive contamination from rust or dirt... ». (ANSI et ALI, 2008, s. 5.6.2.17) <b>Manuels</b> : « MAIN DE LEVAGE : Vérifier que les mains de levage et leurs caoutchoucs sont en bonne condition ». (Girolift, s.d.) <b>Verbatim</b> : Vérifier l'état [...] caoutchouc sur les patins.	R
	Niveau de souillure de la surface d'appui des patins	Surface propre et exempte d'accumulation			<b>Normes</b> : « Check pads for wear and excessive contamination from rust or dirt... ». (ANSI et ALI, 2008, s. 5.6.2.17)	R

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

Point/ Sous-point d'inspection	Critère d'inspection	Valeur d'état	Explication	Suivi	Justification (exemple de références) Loi et règlement du Québec ; Norme ; Manuel du fabricant ; Tests CFP ; Verbatim ; Autre (p. ex. grille d'inspection)	Périodicité
		Surface glissante ou colmatée par des accumulations de souillures				
C.3.3 Dispositif d'ajustement des patins	Niveau de dégradation de la structure d'accouplement des patins	Aucune déformation, fissure ou corrosion importante Déformation de la structure ou présence de corrosion importante ou fissures (soudures)		X		P
	Jeu angulaire maximal des patins	Jeu angulaire du patin acceptable (p. ex. en comparaison avec les autres patins) Jeu angulaire du patin excessif (p. ex. en comparaison avec les autres patins)	Mesure : Différences angulaires entre les positions extrêmes lorsque les patins sont relevés à leur hauteur maximale d'ajustement et mesurées sur plusieurs axes. Idéalement mesurer avec un inclinomètre pour un suivi dans le temps	X	<b>Normes</b> : « Les dispositifs supports de charge doivent être conçus pour éviter toute oscillation, inclinaison, rotation ou déplacement intempestifs ». (AFNOR, 2011, s. 5.9.1.) <b>Autres</b> : « Vérifier l'état et l'ajustement des patins ». (Auto Prévention, 2019)	R

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

Point/ Sous-point d'inspection	Critère d'inspection	Valeur d'état	Explication	Suivi	Justification (exemple de références) Loi et règlement du Québec ; Norme ; Manuel du fabricant ; Tests CFP ; Verbatim ; Autre (p. ex. grille d'inspection)	Périodicité
<b>D. Essais fonctionnels à vide</b>						
<b>D.1 Montée à vide</b>						
D.1.1 Commande de levage à action maintenue	État de la commande de levage à action maintenue	Commande en bon état Commande en mauvais état			<b>Lois et règlements du Québec</b> : « Dispositifs de commande : Les dispositifs de commande doivent être conçus, installés et entretenus de façon à éviter la mise en marche ou l'arrêt accidentel de la machine ». ( <i>Règlement sur la santé et la sécurité du travail</i> , RLRQ c. S-2.1, r. 13.01, art.189) <b>Normes</b> : « Check the lift controls to ensure accessibility, unobstructed view of lift and automatic return to neutral, or off, when released. Report any deficiencies observed ». (ANSI et ALI, 2008, s. 5.6.2.10) <b>Autres</b> : « Check lift controls. Proper operation of the lift controls ». (ANSI et ALI, 2008, annexe)	C
	Présence de l'identification de la commande de levage à action maintenue	Commande bien identifiée Commande non identifiée				C
	Fonctionnement de la commande de levage à action maintenue	Commande fonctionnelle, retour à la position neutre fonctionnel et absence de jeu Commande inopérante ou retour à la position neutre défaillant (trop lent ou inopérant) ou jeu important dans la commande				C
D.1.2 Montée du pont à vide	Fluidité de la montée du pont à vide	Monté fluide (sans à- coups) Montée saccadée (avec à-coups) ou interruption non désirée			<b>Normes</b> : « Run the lift through its full cycle and check for shut off at top and bottom of travel. Observe the operation of the synchronization of multiple screw systems whether it be mechanical or electrical ». (ANSI et ALI, 2008, s. 5.6.4.4) <b>Verbatim</b> : S'il y a quelque chose qui ne va pas sur le pont (craquelure, jeux, bruit), ils vont le signaler. C'est à l'utilisateur de faire remonter l'information. <b>Autres</b> : « Unusual noises, sudden movements, erratic operation or evidence of chips or filings during use ». (ANSI et ALI, 2008, annexe)	P
	Indications sonores d'un mauvais fonctionnement du système en montée	Sonorité normale Sonorité anormale (sifflement, bruit de roulement, bruit de fuite, etc.)	Selon l'expérience des utilisateurs du pont ou de l'inspecteur			C

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

Point/ Sous-point d'inspection	Critère d'inspection	Valeur d'état	Explication	Suivi	Justification (exemple de références) Loi et règlement du Québec ; Norme ; Manuel du fabricant ; Tests CFP ; Verbatim ; Autre (p. ex. grille d'inspection)	Périodicité
D.1.3 Dispositif antichute	Enclenchement du dispositif antichute	Confirmation de l'enclenchement du dispositif antichute Enclenchement complet non confirmé	<u>Test</u> : Validé visuellement ou à l'oreille <b>pour chaque cran</b> , sur les deux colonnes et sur toute la plage de montée du pont		<b>Normes</b> : « On lifts employing continuous locking systems, check to ensure that the lift locks are operational and engage in all the intended points ». (ANSI et ALI, 2008, s. 5.6.2.16) <b>Verbatim</b> : Tests de fonctionnement : butoir (engagement et fonctionnement des loquets anti-chutes), cycle complet. <b>Autres</b> : « Écouter le dispositif antichute ». (Auto Prévention, 2019)	R
	Synchronisme d'enclenchement du dispositif antichute sur les deux colonnes lors de la montée du pont	Enclenchement synchrone du dispositif antichute des deux colonnes Décalage important dans la sonorité d'enclenchement (p. ex. séparation claire des deux claquements)	<u>Test</u> : Validé à l'oreille pour chaque cran sur toute la plage de montée du pont (selon l'expérience des utilisateurs du pont ou de l'inspecteur)		<b>Verbatim</b> : Être attentifs aux sons (si les clics des loquets sont synchronisés entre les deux colonnes).	P
	Niveau de dégradation du dispositif antichute	Aucune déformation ou corrosion importante Déformation du dispositif antichute ou présence de corrosion importante	Si non visible par l'intérieur de la colonne, démonter les boîtiers de protection	X	<b>Normes</b> : « Welds and load bearing or structural components are checked for cracks or damage ». (BSI, 2014, s. 6.2.7)	P
D.1.4 Dispositif de fin de course	Arrêt automatique de la montée du pont à la hauteur maximale prédéfinie	Dispositif fonctionnel Dispositif défaillant (n'arrête pas la montée du pont)	<u>Test</u> : Confirmation de l'arrêt en montée en activant le dispositif à l'aide d'un balai ou équivalent		<b>Normes</b> : « Examine the obstacle limit switch and safety pawl/fail safe device/safety switches and their operating mechanism/rod/cable for correct operation/adjustment, wear, damage, deterioration and security/fit of parts ». (BSI, 2014, s. 6.3.2.h) « Limitation de la course du dispositif support de charge ». (AFNOR, 2011, s. 5.11.) <b>Tests CFP</b> : « Tester le dispositif de fin de course en condition réelle ». <b>Verbatim</b> : Capteur de fin de course : Vérifier le fonctionnement du capteur de fin de course de la levée. <b>Autres</b> : « Vérifier l'arrêt automatique ». (Auto Prévention, 2019)	R

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

Point/ Sous-point d'inspection	Critère d'inspection	Valeur d'état	Explication	Suivi	Justification (exemple de références) Loi et règlement du Québec ; Norme ; Manuel du fabricant ; Tests CFP ; Verbatim ; Autre (p. ex. grille d'inspection)	Périodicité
<b>D.2 Descente à vide</b>						
D.2.1 Commande de descente à action maintenue	État de la commande de descente (purge hydraulique) à action maintenue	Commande en bon état Commande en mauvais état			<b>Lois et règlements du Québec</b> : « Dispositifs de commande : Les dispositifs de commande doivent être conçus, installés et entretenus de façon à éviter la mise en marche ou l'arrêt accidentel de la machine ». ( <i>Règlement sur la santé et la sécurité du travail</i> , RLRQ c. S-2.1, r. 13.01, art. 189) <b>Normes</b> : « Check the lift controls to ensure accessibility, unobstructed view of lift and automatic return to neutral, or off, when released. Report any deficiencies observed ». (ANSI et ALI, 2008, s. 5.6.2.10) <b>Autres</b> : « Check lift controls. Proper operation of the lift controls ». (ANSI et ALI, 2008, annexe)	C
	Présence de l'identification de la commande de descente (purge hydraulique) à action maintenue	Commande bien identifiée Commande non identifiée				C
	Fonctionneme nt de la commande de descente (purge hydraulique) à action maintenue	Commande fonctionnelle, retour à la position neutre fonctionnel et absence de jeu Commande inopérante ou retour à la position neutre défaillant (trop lent ou inopérant) ou jeu important dans la commande				C
D.2.2 Commande de retrait du dispositif antichute à action maintenue	État de la commande de retrait du dispositif antichute à action maintenue	Commande en bon état Commande en mauvais état			<b>Normes</b> : « Also check to confirm proper operation of the lock release mechanisms and the lock reset devices. Report improper function, excessive wear or damage ». (ANSI et ALI, 2008, s. 5.6.2.16)	C

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

Point/ Sous-point d'inspection	Critère d'inspection	Valeur d'état	Explication	Suivi	Justification (exemple de références) Loi et règlement du Québec ; Norme ; Manuel du fabricant ; Tests CFP ; Verbatim ; Autre (p. ex. grille d'inspection)	Périodicité
	Présence de l'identification de la commande de retrait du dispositif antichute à action maintenue	Commande bien identifiée Commande non identifiée				C
	Fonctionnement de la commande de retrait du dispositif antichute à action maintenue	Commande fonctionnelle, retour à la position neutre fonctionnel et absence de jeu Commande inopérante ou retour à la position neutre défaillant (trop lent ou inopérant) ou jeu important dans la commande				C
D.2.3 Descente du pont à vide	Fluidité de la descente du pont du pont à vide	Descente fluide (sans à-coups) Descente saccadée (avec à-coups) ou interruption non désirée			<b>Normes</b> : « Run the lift through its full cycle and check for shut off at top and bottom of travel. Observe the operation of the synchronization of multiple screw systems whether it be mechanical or electrical ». (ANSI et ALI, 2008, s. 5.6.4.4) <b>Verbatim</b> : S'il y a quelque chose qui ne va pas sur le pont (craquelure, jeux, bruit), ils vont le signaler. C'est à l'utilisateur de faire remonter l'information. <b>Autres</b> : « Unusual noises, sudden movements, erratic operation or evidence of chips or filings during use ». (ANSI et ALI, 2008, annexe)	R
	Indications sonores d'un mauvais fonctionnement du système en descente	Sonorité normale Sonorité anormale (sifflement, bruit de roulement, bruit de fuite, etc.)	Selon l'expérience des utilisateurs du pont ou de l'inspecteur			P

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

Point/ Sous-point d'inspection	Critère d'inspection	Valeur d'état	Explication	Suivi	Justification (exemple de références) Loi et règlement du Québec ; Norme ; Manuel du fabricant ; Tests CFP ; Verbatim ; Autre (p. ex. grille d'inspection)	Périodicité
<b>E. Composants électromécaniques, transmission puissance</b>						
<b>E.1 Système hydraulique</b>						
E.1.1 Conduites de fluide hydraulique	Niveau de dégradation des conduites	Aucune usure, craquelure ou marque sur la structure externe des conduites Usure, craquelure ou marque sur la structure externe des conduites		X		P
E.1.2 Cylindres hydrauliques	Absence de fuite hydraulique	Absence de fuite Présence de fuite	<u>Test</u> : Vérifier avec une mise en pression de tout le circuit hydraulique		<b>Manuels</b> : « CIRCUIT HYDRAULIQUE : Appliquer la pression dans tout le circuit hydraulique pour vérifier qu'il n'y a aucune fuite d'huile ». « Le cylindre maître ne doit avoir aucune fuite d'huile. Le cylindre esclave ne doit avoir aucune fuite d'huile ». (Girolift, s.d.) <b>Verbatim</b> : Repérer visuellement les fuites.	P
E.1.3 Réservoir d'huile hydraulique	Niveau d'huile dans le réservoir avec le pont en position basse	Niveau dans les normes prescrites par le manufacturier Niveau d'huile bas			<b>Normes</b> : « Les réservoirs de fluide hydraulique doivent être équipés d'un indicateur du niveau de fluide hydraulique comportant le marquage du niveau de fluide minimal admis ». (AFNOR, 2011, s. 5.8.4.6.) <b>Manuels</b> : « La pompe, le réservoir et la valve de descente doivent être exempts de toute fuite ». (Girolift, s.d.) <b>Verbatim</b> : Vérifier niveau d'huile. <b>Autres</b> : « Check hydraulic oil level and add as required. Oil consumption litres ». (ANSI et ALI, 2008, annexe)	C
<b>E.2 Dispositif égaliseur</b>						
E.2.1 Câbles (ou chaînes) égaliseurs	Niveau de dégradation des câbles (ou chaînes) égalisateurs.	Pas de brin brisé, absence de nids ou corrosion, chaîne en bon état Brin brisé ou présence de nids ou corrosion ou usure évidente des maillons de la chaîne		X	<b>Normes</b> : « The condition of steel wire ropes and pulleys is checked. Check the ropes for flattening, corrosion or broken wires. Examine the ropes in accordance with the discard criteria detailed in BS ISO 4309:2010, clause 6, Renew wire ropes after a maximum period of 6 years irrespective of their apparent condition ». (BSI, 2014, s. 6.2.c.1) <b>Verbatim</b> : Câbles : Vérifier l'état du câble avec une guenille. Si plusieurs brins brisés (5-6), il faut le changer. <b>Autres</b> : « Check chains and cables for unusual stretch or wear. Lubricate as required. Inspect connections for corrosion or fatigue, excessive wear, connection hole elongation or deformation. Examine coatings and sheaths on cables for wear ». (ANSI et ALI, 2008, annexe)	P

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

Point/ Sous-point d'inspection	Critère d'inspection	Valeur d'état	Explication	Suivi	Justification (exemple de références) Loi et règlement du Québec ; Norme ; Manuel du fabricant ; Tests CFP ; Verbatim ; Autre (p. ex. grille d'inspection)	Périodicité
	Tension dans les câbles (ou chaînes) égalisateurs	Contact possible entre les deux câbles ou chaînes sans pouvoir les entortiller. Déplacement équivalent des deux brins Contact entre les deux câbles difficile ou possibilité d'entortiller les câbles facilement. Déplacement non équivalent des deux brins	Test : Lever le pont à environ 1 m de haut. Vérifier la tension en essayant de rapprocher les deux câbles ou chaînes avec deux doigts sans trop d'effort. Faire l'essai pour les deux colonnes.		<b>Normes</b> : « Check all chains and wire ropes and report excessive slack, possibly a sign of unusual stretch or wear ». (ANSI et ALI, 2008, s. 5.6.2.23) <b>Verbatim</b> : Câbles : Assez de tension, on ne doit pas pouvoir twister les deux câbles entre eux. Si louses, cela crée un décalage et le poids sera mal réparti. Ajustement au besoin. <b>Autres</b> : « Vérifier l'état et la tension des câbles ». (Auto Prévention, 2019)	P
	État de la fixation des câbles (ou chaînes) à chaque extrémité	Fixation intègre et absence de corrosion importante Éléments de fixation absents ou présence de corrosion			<b>Normes</b> : « Inspect the end connections and report excessive corrosion, fatigue, excessive wear, connection hole elongation or deformation... Use lift manufacturer guidelines whenever possible ». (ANSI et ALI, 2008, s. 5.6.2.23)	P
E.2.2 Mécanisme de transmission du mouvement (poulies, roues dentées, autres)	État et fixation des mécanismes de transmission du mouvement (poulies, roues dentées, autres)	Mécanisme et éléments de fixation intègres et complets, absence de corrosion importante Éléments de fixation absents ou présence de corrosion ou déformation ou usure importante du mécanisme de transmission de mouvement			<b>Normes</b> : « The condition of steel wire ropes and pulleys is checked ». (BSI, 2014, s. 6.2.c.1.) <b>Autres</b> : « Check sprockets and pulleys for wear and damage – lubricate as required ». (ANSI et ALI, 2008, annexe)	P
	Engagement du câble ou de la chaîne dans le mécanisme de transmission de mouvement	Complètement engagé Partiellement engagé	Adéquation entre le câble ou la chaîne et le mécanisme de transmission, alignement adéquat		<b>Normes</b> : « Protection contre déraillement : Des dispositifs doivent être prévus pour empêcher les câbles et les chaînes de sortir des poulies et des roues. Ils doivent être conçus de telle manière que le câble ou la chaîne ne puisse pas passer entre sa protection et la poulie ou la roue ». (AFNOR, 2011, s. 5.8.3.1.) <b>Manuels</b> : « Vérifier que le câble roule bien sur la poulie. Vérifier que le câble est en bon état ». (Girolift, s.d.)	P

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles



Point/ Sous-point d'inspection	Critère d'inspection	Valeur d'état	Explication	Suivi	Justification (exemple de références) Loi et règlement du Québec ; Norme ; Manuel du fabricant ; Tests CFP ; Verbatim ; Autre (p. ex. grille d'inspection)	Périodicité
<b>E.3 Système électrique</b>						
E.3.1 Câblage électrique	État du câblage électrique	Câblage électrique intègre Présence de zones avec fils dénudés ou usure importante de l'isolant			<b>Normes</b> : « Visually examine electrical supply for physical condition of wiring, burnt or loose connections, and damaged or deteriorating wiring ». (BSI, 2014, s. 6.3.2.a) <b>Verbatim</b> : Inspection visuelle de l'appareillage électrique et du filage.	C
E.3.2 Sectionneur local	Fonctionnement du sectionneur local	Sectionneur fonctionnel Sectionneur non fonctionnel			<b>Loi et règlements du Québec</b> : « Une procédure décrivant la méthode de contrôle des énergies doit comprendre les éléments suivants : [...] 4° l'identification et la localisation de tout point de coupure de chaque source d'énergie de la machine ». ( <i>Règlement sur la santé et la sécurité du travail</i> , RLRQ c. S-2.1, r. 13.01, art. 188.6.) <b>Normes</b> : « Verify the presence of lockout/tagout provisions. Confirm appropriate electrical component labeling. Verify that all electrical lifts are provided with separate, appropriately sized service and proper overload protection, rated and set in accordance with local code requirements ». (ANSI et ALI, 2008, s. 5.6.2.9) « Séparation de la source d'énergie ». (AFNOR, 2011, s. 5.21.3.)	C
	Capacité à cadenasser le sectionneur local	Sectionneur cadenassable Sectionneur non cadenassable				C

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

Point/ Sous-point d'inspection	Critère d'inspection	Valeur d'état	Explication	Suivi	Justification (exemple de références) Loi et règlement du Québec ; Norme ; Manuel du fabricant ; Tests CFP ; Verbatim ; Autre (p. ex. grille d'inspection)	Périodicité
<b>F. Essais fonctionnels en charge</b> (à faire en dernier par le technicien assigné au pont si l'état du pont est jugé satisfaisant ; avec un véhicule)						
<b>F.1 Montée en charge</b>						
F.1.1 Montée du pont en charge	Fluidité de la montée du pont en charge	Monté fluide (sans à- coups) Montée saccadée (avec à-coups) ou interruption non désirée			<b>Verbatim</b> : S'il y a quelque chose qui ne va pas sur le pont (craquelure, jeux, bruit), ils vont le signaler. C'est à l'utilisateur de faire remonter l'information. <b>Autres</b> : « Unusual noises, sudden movements, erratic operation or evidence of chips or filings during use ». (ANSI et ALI, 2008, annexe)	P
	Indications sonores d'un mauvais fonctionnement du système en montée en charge	Sonorité normale Sonorité anormale (sifflement, bruit de roulement, bruit de fuite, etc.)	Selon l'expérience des utilisateurs du pont ou de l'inspecteur			C
	Synchronisme d'enclenchement du dispositif antichute sur les deux colonnes lors de la montée du pont	Enclenchement synchrone du dispositif antichute des deux colonnes Décalage important dans la sonorité d'enclenchement (p. ex. séparation claire des deux claquements)	<u>Test</u> : Validé à l'oreille pour chaque cran sur toute la plage de montée du pont (selon l'expérience des utilisateurs du pont ou de l'inspecteur)		<b>Verbatim</b> : Être attentifs aux sons (si les clics des loquets sont synchronisés entre les deux colonnes). <b>Autres</b> : « Écouter le dispositif antichute ». (Auto Prévention, 2019)	P
F.1.2 Bras et colonnes en charge	Déformation des bras et des colonnes	Déformation minimale des bras et colonnes Déformation anormale des bras ou des colonnes	Décelable visuellement selon l'expérience des utilisateurs du pont ou de l'inspecteur		<b>Normes</b> : « Examine the lifting arm telescopic stops and automatic pivoting devices for correct operation, wear, damage, distortion and security/fit of parts ». (BSI, 2014, s. 6.3.2.j.)	P
	Inclinaison différentielle entre les deux bras de gauche et de droite	Pas de décalage anormal entre les deux bras de gauche et de droite Décalage excessif entre les deux bras de gauche et de droite (p. ex. véhicule penché)	Visuellement. Vérification possible uniquement si les deux patins avant sont ajustés et placés de la même manière. Idem pour les deux en arrière			R

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

Point/ Sous-point d'inspection	Critère d'inspection	Valeur d'état	Explication	Suivi	Justification (exemple de références) Loi et règlement du Québec ; Norme ; Manuel du fabricant ; Tests CFP ; Verbatim ; Autre (p. ex. grille d'inspection)	Périodicité
F.1.3 Conduites et cylindres hydrauliques	Absence de fuite hydraulique	Absence de fuite Présence de fuite	Mesure : Mesurer si le pont en charge soutenu par l'hydraulique descend au bout de quelques minutes		<b>Normes</b> : « With lift loaded, stop the load at midpoint of travel and report slow downward drift. Also check the plunger oil seal and report leakage of oil or of air ». (ANSI et ALI, 2008, s. 5.6.3.3) <b>Manuels</b> : « CIRCUIT HYDRAULIQUE : Appliquer la pression dans tout le circuit hydraulique pour vérifier qu'il n'y a aucune fuite d'huile ». (Girolift, s.d.)	P
<b>F.2 Descente en charge</b>						
F.2.1 Descente du pont en charge	Fluidité de la descente du pont en charge	Descente fluide (sans à- coups) Descente saccadée (avec à-coups) ou interruption non désirée			<b>Normes</b> : « Les élévateurs de véhicules à commandes hydrauliques ou pneumatiques doivent être conçus pour qu'en cas de fuite dans le circuit, la vitesse de descente du dispositif support de charge n'excède pas une fois et demie la vitesse normale de descente ». (AFNOR, 2011, s. 5.14.1.)	R
	Indications sonores d'un mauvais fonctionnemen t du système en descente en charge	Sonorité normale Sonorité anormale (sifflement, bruit de roulement, bruit de fuite, etc.)	Selon l'expérience des utilisateurs du pont ou de l'inspecteur		<b>Autres</b> : « Unusual noises, sudden movements, erratic operation or evidence of chips or filings during use ». (ANSI et ALI, 2008, annexe)	C

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

**Tableau 58. Application de l’algorithme décisionnel permettant d’établir les fréquences d’inspection des critères identifiés dans la grille**

Sous-points d’inspection	Critères d’inspection	Criticité de la défaillance visée par le critère d’inspection				Périodicité (Complète, Périodique, Routine)
		Peut contribuer à la chute ? (Oui/Non)	Défaillance soudaine ou progressive ? (Soudaine/Progressive)	Perte complète de la fonction ? (Oui/Non)	Autres mesures en place ? (Oui/Non)	
A.1.1 Manuel du fabricant	Disponibilité du manuel du fabricant, notamment pour les activités de maintenance (p. ex. lubrification)	Non	-	-	-	Complète
A.1.2 Plaque signalétique	Présence et lisibilité de la plaque signalétique	Non	-	-	-	Complète
A.1.3 Affichage de la capacité du pont	Présence et lisibilité de l’affichage de la capacité du pont	Non	-	-	-	Complète
A.1.4 Consignes et pictogrammes de sécurité	Présence et lisibilité des consignes et pictogrammes de sécurité du fabricant près du poste de commande	Non	-	-	-	Complète
A.2.1 Dégagement de l’aire de travail	Absence d’obstacle ou d’accumulation de liquide dans l’aire de travail	Non	-	-	-	Complète
A.2.2 Dégagement du poste de travail	Dégagement autour du poste de travail d’au moins 600 mm ou respectant les conditions relatives à la configuration	Non	-	-	-	Complète
A.2.3 Protection des zones dangereuses	Présence de protecteurs conformes aux zones dangereuses	Non	-	-	-	Complète
B.1.1 Béton autour des ancrages	Présence de fissures ou d’écaillage aux points d’ancrage nécessitant un suivi	Oui	Progressive	Oui	Non	Routine
B.1.2 Base de la colonne	Niveau de dégradation de la base, des renforts et de leurs soudures	Oui	Progressive	Oui	Non	Routine
	Contact entre la base de la colonne et le plancher, ou les cales d’épaisseur aux points de boulonnage	Oui	Soudaine	-	Non	Routine
B.1.3 Écrous/tiges d’ancrage	Niveau de dégradation des écrous/tiges d’ancrage	Oui	Progressive	Non	-	Périodique
	Contact entre les écrous d’ancrage et la plaque de fixation de la colonne	Oui	Soudaine	-	Non	Routine
	Couple de serrage des écrous d’ancrage	Oui	Soudaine	-	Oui	Périodique
B.2.1 État général des colonnes	Niveau de dégradation des colonnes	Oui	Progressive	Non	-	Périodique
B.2.2 Verticalité des colonnes	Inclinaison par rapport à la verticale, évaluée sur la face avant ou arrière de chaque colonne	Oui	Progressive	Non	-	Périodique
	Inclinaison par rapport à la verticale, évaluée sur la face externe de chaque colonne	Oui	Progressive	Non	-	Périodique
B.3.1 État général des chariots	Niveau de dégradation des chariots	Oui	Progressive	Non	-	Périodique

Sous-points d'inspection	Critères d'inspection	Criticité de la défaillance visée par le critère d'inspection				Périodicité (Complète, Périodique, Routine)
		Peut contribuer à la chute ? (Oui/Non)	Défaillance soudaine ou progressive ? (Soudaine/Progressive)	Perte complète de la fonction ? (Oui/Non)	Autres mesures en place ? (Oui/Non)	
B.3.2 Pivots des bras (axe)	Niveau de dégradation des pivots et de leurs soudures	Oui	Soudaine	-	Non	Routine
	Élément de fixation ou de retenue des pivots (p. ex. : épaulement, goupille)	Oui	Soudaine	-	Non	Routine
B.3.3 Guidage du chariot dans la colonne	Niveau d'usure des pièces de guidage (p. ex. téflon), présence de jeu	Oui	Progressive	Non	-	Périodique
C.1.1 État général des dispositifs de blocage des bras (p. ex. dents d'engrenages)	Niveau de dégradation des éléments mécaniques des dispositifs de blocage	Oui	Progressive	Oui	Non	Routine
C.1.2 Fonctionnement des dispositifs de blocage des bras	Enclenchement mécanique total des dispositifs de blocage	Oui	Soudaine	-	Non	Routine
	Résistance des dispositifs de blocage	Oui	Soudaine	-	Non	Routine
C.2.1 État général des bras	Niveau de dégradation des bras incluant les différentes sections	Oui	Progressive	Non	-	Périodique
C.2.2 Sections des bras	Force requise pour déployer chacune des sections des bras à leur pleine longueur	Non	-	-	-	Complète
	Niveau de dégradation des dispositifs de butée de fin de course des sections des bras (p. ex. boulon)	Oui	Progressive	Oui	Oui	Périodique
	Arrêt mécanique des dispositifs de butée des sections des bras	Oui	Soudaine		Non	Routine
C.2.3 État général de la structure d'accouplement des patins	Niveau de dégradation de la structure d'accouplement des patins	Oui	Progressive	Non	-	Périodique
C.2.4 Position et mouvements des bras	Dégagement entre le dessous des bras et le plancher	Oui	Progressive	Non	-	Périodique
	Jeu horizontal total des bras	Oui	Progressive	Oui	Non	Routine
	Inclinaison des bras	Oui	Progressive	Oui	Non	Routine
	Inclinaison horizontale différentielle entre les deux bras avants en pleine extension	Oui	Progressive	Oui	Non	Routine
	Inclinaison horizontale différentielle entre les deux bras arrières en pleine extension	Oui	Progressive	Oui	Non	Routine
C.3.1 État général des patins et de leur dispositif d'ajustement en hauteur	Niveau de dégradation de la structure des patins et de leur dispositif d'ajustement	Oui	Progressive	Oui	Non	Routine
C.3.2 Surface d'appui des patins	Niveau de dégradation de la surface d'appui des patins	Oui	Progressive	Oui	Non	Routine
	Niveau de souillure de la surface d'appui des patins	Oui	Progressive	Oui	Non	Routine

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

Sous-points d'inspection	Critères d'inspection	Critériticité de la défaillance visée par le critère d'inspection				Périodicité (Complète, Périodique, Routine)
		Peut contribuer à la chute ? (Oui/Non)	Défaillance soudaine ou progressive ? (Soudaine/Progressive)	Perte complète de la fonction ? (Oui/Non)	Autres mesures en place ? (Oui/Non)	
C.3.3 Dispositif d'ajustement des patins	Niveau de dégradation de la structure d'accouplement des patins	Oui	Progressive	Non	-	Périodique
	Jeu angulaire maximal des patins	Oui	Progressive	Oui	Non	Routine
D.1.1 Commande de levage à action maintenue	État de la commande de levage à action maintenue	N	-	-	-	Complète
	Présence de l'identification de la commande de levage à action maintenue	N	-	-	-	Complète
	Fonctionnement de la commande de levage à action maintenue	N	-	-	-	Complète
D.1.2 Montée du pont à vide	Fluidité de la montée du pont à vide	Oui	Progressive	Oui	Oui	Périodique
	Indications sonores d'un mauvais fonctionnement du système en montée	N	-	-	-	Complète
D.1.3 Dispositif antichute	Enclenchement du dispositif antichute	Oui	Soudaine	-	Non	Routine
	Synchronisme d'enclenchement du dispositif antichute sur les deux colonnes lors de la montée du pont	Oui	Progressive	Non	-	Périodique
	Niveau de dégradation du dispositif antichute	Oui	Progressive	Oui	Oui	Périodique
D.1.4 Dispositif de fin de course	Arrêt automatique de la montée du pont à la hauteur maximale prédéfinie	Oui	Soudaine	-	Non	Routine
D.2.1 Commande de descente à action maintenue	État de la commande de descente (purge hydraulique) à action maintenue	Non	-	-	-	Complète
	Présence de l'identification de la commande de descente (purge hydraulique) à action maintenue	Non	-	-	-	Complète
	Fonctionnement de la commande de descente (purge hydraulique) à action maintenue	Non	-	-	-	Complète
D.2.2 Commande de retrait du dispositif antichute à action maintenue	État de la commande de retrait du dispositif antichute à action maintenue	Non	-	-	-	Complète
	Présence de l'identification de la commande de retrait du dispositif antichute à action maintenue	Non	-	-	-	Complète
	Fonctionnement de la commande de retrait du dispositif antichute à action maintenue	Non	-	-	-	Complète
D.2.3 Descente du pont à vide	Fluidité de la descente du pont du pont à vide	Oui	Progressive	Oui	Non	Routine
	Indications sonores d'un mauvais fonctionnement du système en descente	Oui	Progressive	Non	-	Périodique

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles

Sous-points d'inspection	Critères d'inspection	Criticité de la défaillance visée par le critère d'inspection				Périodicité (Complète, Périodique, Routine)
		Peut contribuer à la chute ? (Oui/Non)	Défaillance soudaine ou progressive ? (Soudaine/Progressive)	Perte complète de la fonction ? (Oui/Non)	Autres mesures en place ? (Oui/Non)	
E.1.1 Conduites de fluide hydraulique	Niveau de dégradation des conduites	Oui	Soudaine	-	Oui	Périodique
E.1.2 Cylindres hydrauliques	Absence de fuite hydraulique	Oui	Progressive	Non	-	Périodique
E.1.3 Réservoir d'huile hydraulique	Niveau d'huile dans le réservoir avec le pont en position basse	Non	-	-	-	Complète
E.2.1 Câbles (ou chaînes) égaliseurs	Niveau de dégradation des câbles (ou chaînes) égaliseurs.	Oui	Soudaine	-	Oui	Périodique
	Tension dans les câbles (ou chaînes) égaliseurs	Oui	Progressive	Non	-	Périodique
	État de la fixation des câbles (ou chaînes) à chaque extrémité	Oui	Soudaine	-	Oui	Périodique
E.2.2 Mécanisme de transmission du mouvement (poulies, roues dentées, autres)	État et fixation des mécanismes de transmission du mouvement (poulies, roues dentées, autres)	Oui	Soudaine	-	Oui	Périodique
	Engagement du câble ou de la chaîne dans le mécanisme de transmission de mouvement	Oui	Soudaine	-	Oui	Périodique
E.3.1 Câblage électrique	État du câblage électrique	Non	-	-	-	Complète
E.3.2 Sectionneur local	Fonctionnement du sectionneur local	Non	-	-	-	Complète
	Capacité à cadenasser le sectionneur local	Non	-	-	-	Complète
F.1.1 Montée du pont en charge	Fluidité de la montée du pont en charge	Oui	Progressive	Oui	Oui	Périodique
	Indications sonores d'un mauvais fonctionnement du système en montée en charge	Non	-	-	-	Complète
	Synchronisme d'enclenchement du dispositif antichute sur les deux colonnes lors de la montée du pont	Oui	Progressive	Oui	Oui	Périodique
F.1.2 Bras et colonnes en charge	Déformation des bras et des colonnes	Oui	Progressive	Non	-	Périodique
	Inclinaison différentielle entre les deux bras de gauche et de droite	Oui	Progressive	Oui	Non	Routine
F.1.3 Conduites et cylindres hydrauliques	Absence de fuite hydraulique	Oui	Soudaine	-	Oui	Périodique
F.2.1 Descente du pont en charge	Fluidité de la descente du pont en charge	Oui	Progressive	Oui	Non	Routine
	Indications sonores d'un mauvais fonctionnement du système en descente en charge	Non	-	-	-	Complète

**IRSST** ■ Utilisation des ponts élévateurs de véhicules hors terre à deux colonnes : identification de déterminants techniques de stabilité et des déterminants du travail des techniciens automobiles