

Rapport de projet publié
PPR475

Creating the future of transport

Démontage de roue de véhicule lourd et solutions possibles Phase 2 – rapport final

M Dodd



Laboratoire de recherche sur les transports



RAPPORT DE PROJET PUBLIÉ PPR 475

Démontage de roue de véhicule lourd et solutions possibles

Phase 2 - Rapport final

par M Dodd (TRL)

Préparé pour : Dossier de projet : PPRO 4/12/38

Client: Détachement de roue de véhicule lourd et possible Solutions
Ministère des Transports, Transports Technologie et normes (TTS) 6
(Lawrence Thatcher)

Copyright Laboratoire de recherche sur les transports Mars 2010

Ce rapport publié a été préparé pour le ministère des Transports. Les rapports de projet publiés sont rédigés principalement pour le client plutôt que pour un public général et sont publiés avec l'approbation du client.

Les opinions exprimées sont celles du ou des auteurs et pas nécessairement celles du ministère des Transports.

	Nom	Date Approuvé
Projet Directeur	James Nelson	08/04/2010
Technique Arbitre	Iain Chevalier	08/04/2010

Lorsqu'elle est achetée en version papier, cette publication est imprimée sur du papier enregistré FSC (Forest Stewardship Council) et TCF (Totally Chlorine Free).

Contenu

Résumé exécutif		vi
1. Introduction		1
2 Méthodologie		2
2.1	Analyse mathématique	2
2.2	Standardisation des bonnes pratiques en matière de méthodes de serrage et de maintenance des roues 2.2.1	2
2.2.2	Procédure de serrage initial	3
	Procédure de re-serrage	3
2.3	Efficacité et durabilité de diverses contre-mesures	5
2.4	Tests d'usure accélérés	6
2.5	L'analyse coûts-avantages	7
3 Résultats des tests – écrous de roue standard		8
3.1	Analyse mathématique	8
3.2	Standardisation des bonnes pratiques en matière de méthodes de serrage et d'entretien des roues 3.2.1 3.2.2	dix
3.2.3	Procédure de serrage initial	dix
3.2.4	Détente et re-serrage	15
	Efficacité et durabilité	17
	Tests d'usure accélérés	18
4 Résultats des tests - solutions potentielles		28
4.1	Premiers tests de serrage	28
4.2	Efficacité et durabilité 4.2.1	28
	Tests standards Tests étendus	28
	4.2.2	32
4.3	Tests d'usure accélérés	32
5 Analyse coûts-avantages		35
5.1	Option A : Ne rien faire	35
5.2	Option B : Introduire des procédures volontaires ou obligatoires Option	35
5.3	C : Réintroduire les filetages directionnels Option D :	36
5.4	Mettre en œuvre une révision de la conception de la fixation des moyeux et des roues.	37
5.5	Option E : Exiger que des dispositifs de retenue des écrous de roue soient installés sur tous les véhicules.	37
5.5.1	Option E1 : Éliminer 100% des problèmes de fixation des roues	38
5.5.2	Option E2 : Supprimer les détachements de roues uniquement	39
5.5.3	Option E3 : Efficacité des dispositifs basée sur les résultats Junkers	40
5.6	Option F : Monter des indicateurs de mouvement des écrous de roue.	41
Discussion		42
6. Conclusions		45
7 Remerciements		46

Les références	46
Annexe A Résumé des conditions d'essai d'usure accélérée	47
Annexe B Description des appareils testés	48
Annexe C Analyse coûts-avantages	52

Résumé exécutif

Les décrochages de roues de véhicules lourds sont relativement rares au regard des très grandes distances parcourues par de tels véhicules. Cependant, lorsque cela se produit, les conséquences peuvent être graves et le problème est très médiatisé depuis de nombreuses années. Les recherches de TRL au cours de la phase 1 de ce projet se sont concentrées sur l'estimation de la fréquence des problèmes de fixation des roues et l'identification de contre-mesures potentielles pour prévenir ou atténuer les problèmes futurs. Le projet a estimé qu'il y avait entre 7 500 et 11 000 cas d'écrous de roue desserrés et entre 150 et 400 détachements de roues, entraînant entre 10 et 27 accidents corporels et 3 à 7 accidents mortels chaque année au Royaume-Uni. Les recherches de TRL ont également révélé que les causes du problème étaient relativement bien comprises et qu'il existait de nombreuses indications, quoique parfois incohérentes, sur la manière d'entretenir les fixations des roues.

Les résultats de l'enquête suggèrent que les directives d'entretien n'étaient pas toujours suivies et que ceux qui ne les respectaient pas avaient une incidence plus élevée de problèmes de fixation des roues. Une gamme de solutions destinées à lutter contre le desserrage des écrous de roue a été identifiée.

Cette deuxième phase du projet a de nouveau été commandée par le ministère britannique des Transports (DfT) et s'est appuyée sur les recherches menées en 2006 par TRL afin d'identifier les meilleures pratiques en matière de serrage et d'entretien des roues et d'évaluer l'efficacité potentielle des contre-mesures identifiées.

La deuxième phase du projet impliquait une analyse mathématique de la force de serrage requise lors d'essais de conduite normale, en laboratoire et sur véhicule afin d'étudier diverses procédures de serrage initial et de resserrage. Des tests d'usure accélérée ont également été réalisés pour évaluer l'efficacité des différentes contre-mesures.

Il s'agit du rapport final de projet pour la phase 2 du projet. Il décrit les méthodologies et les résultats des tests réalisés au cours de la phase 2. Les principales conclusions de l'étude sont :

1. Il a été constaté que l'âge, l'état et le niveau de lubrification appliqué aux surfaces de contact et aux filetages des goujons et écrous de roue standard affectaient l'ampleur et la cohérence de la force de serrage générée lors des tests de serrage.
2. Les tests ont également montré des variations substantielles entre des goujons/écrous individuels ayant nominativement les mêmes spécifications. Il est recommandé que, si cela est jugé approprié, une révision de la BS AU 50 soit entreprise pour déterminer si des améliorations potentielles de l'ampleur et de la cohérence de la force de serrage générée pourraient être obtenues en modifiant les exigences techniques afin de réduire la variation de les propriétés matérielles des goujons et des écrous de roue.
3. Il a été constaté que les goujons OEM standard qui avaient été précédemment utilisés en service normal et les nouveaux dispositifs de verrouillage testés lors des tests de serrage généraient une force de serrage inférieure à la valeur requise dans le cadre de la norme BS AU 50 et inférieure à la valeur calculée dans le cadre de la norme BS AU 50. analyse mathématique.
4. Les tests visant à évaluer les méthodes de relaxation et de re-serrage ont montré que seul un faible pourcentage (<10 %) de la force de serrage initiale était perdu au cours des différentes procédures de test. Les résultats suggèrent cependant qu'il est nécessaire de conduire le véhicule plutôt que de le laisser à l'arrêt pour induire la plus grande perte de force de serrage.
5. Les tests Junkers ont montré que les différents dispositifs de verrouillage et de rétention offraient un certain niveau d'avantages par rapport aux écrous standard OEM seuls en conservant une plus grande proportion de la force de serrage initiale.
6. Au cours des tests Junkers, le dispositif Visilok a maintenu une proportion élevée de la force de serrage initiale, mais il a été prouvé qu'il s'était coincé sur les filetages.

et, dans certains cas, déformé pendant les tests, ce résultat n'est donc pas considéré comme représentatif de la façon dont le dispositif a été conçu pour fonctionner en service réel.

7. En utilisant des tests d'usure accélérés avec un véhicule d'essai, il n'a pas été possible, dans les délais de ce projet, de développer une procédure de test, représentative du service réel, qui provoquait rapidement et systématiquement le desserrage des écrous de roue OEM standard. Il n'a donc pas été possible de comparer de manière concluante l'efficacité réelle des différents dispositifs utilisés dans ce projet.

un. Au cours de l'un des tests d'usure accélérée, la force de serrage des 10 dispositifs Disc-lock installés sur une roue est tombée à zéro dans les quatre jours suivant le début d'un cycle de test particulier. Il convient de noter que la configuration pour ce test n'était pas conforme à la procédure de serrage recommandée par Disc-lock car ils avaient été serrés à un couple inférieur pour tenter de desserrer plus rapidement les écrous de roue. L'écrou de roue OEM standard et les autres dispositifs montés simultanément sur le véhicule ont également perdu une certaine force de serrage mais n'ont montré aucun signe de relâchement des vibrations. La raison de ce résultat n'est pas connue et n'a pas pu se reproduire lors du resserrage des écrous.

b. Les essais sur véhicules ont indiqué que l'entretien du joint de fixation de roue est important car les essais sur véhicules effectués sans aucune contamination artificielle ont maintenu une plus grande proportion de la force de serrage initiale que des essais similaires avec contaminations.

1. Introduction

Les décrochages de roues de véhicules lourds sont relativement rares au regard des très grandes distances parcourues par de tels véhicules. Cependant, lorsque cela se produit, les conséquences peuvent être graves et le problème est très médiatisé depuis de nombreuses années. Les recherches de TRL au cours de la phase 1 de ce projet se sont concentrées sur l'estimation de la fréquence des problèmes de fixation des roues et l'identification de contre-mesures potentielles pour prévenir ou atténuer les problèmes futurs. Le projet a estimé qu'il y avait entre 7 500 et 11 000 cas d'écrous de roue desserrés et entre 150 et 400 détachements de roues, entraînant entre 10 et 27 accidents corporels et 3 à 7 accidents mortels chaque année au Royaume-Uni. Les recherches de TRL ont révélé que les causes du problème étaient relativement bien comprises et qu'il existait de nombreuses indications, bien que parfois incohérentes, sur la manière d'entretenir les fixations des roues.

Les résultats de l'enquête suggèrent que les directives d'entretien n'étaient pas toujours suivies et que ceux qui ne les respectaient pas avaient une incidence plus élevée de problèmes de fixation des roues. Une gamme de solutions destinées à lutter contre le desserrage des écrous de roue a été identifiée.

Cette deuxième phase du projet a de nouveau été commandée par le ministère britannique des Transports (DfT) et s'est appuyée sur les recherches menées en 2006 par TRL afin d'identifier les meilleures pratiques en matière de serrage et d'entretien des roues et d'évaluer l'efficacité potentielle des contre-mesures identifiées.

La deuxième phase du projet impliquait une analyse mathématique de la force de serrage requise lors d'essais de conduite normale, en laboratoire et sur véhicule afin d'étudier diverses procédures de serrage initial et de resserrage. Des tests d'usure accélérée ont également été réalisés pour évaluer l'efficacité des différentes contre-mesures.

Il s'agit du rapport final de projet pour la phase 2 du projet. Il décrit les méthodologies et les résultats des tests entrepris au cours de la phase 2 et comprend les principales conclusions de l'étude.

2 Méthodologie

2.1 Analyse mathématique Une analyse

mathématique de la fixation standard des roues des véhicules lourds a été entreprise pour les configurations à roues simples et jumelées. Les forces d'entrée ont été calculées en supposant que les roues étaient soumises à des charges maximales sur les essieux, ce qui a été utilisé pour déterminer les niveaux minimaux de force de serrage requis pour différentes applications. Certaines simplifications et hypothèses ont été nécessaires pour ce travail. En particulier, les hypothèses suivantes ont été faites :

- Le coefficient de friction entre la roue et le moyeu était de 0,2 ;
- Aucune charge de cisaillement sur les goujons, roue maintenue en position par la seule force de serrage ;
- La roue et le moyeu agissent comme des corps rigides, donc la force perçue par chaque goujon a été supposée proportionnelle à la distance du goujon au point de pivotement ; et
- Pour les roues jumelées, la charge a été supposée être répartie uniformément entre les deux roues.

Les résultats ont été comparés au niveau réel de force de serrage fourni par diverses spécifications afin de déterminer les facteurs de sécurité inhérents à la conception. Ces résultats ont également été utilisés pour prédire théoriquement l'efficacité de l'augmentation du diamètre des goujons de roue ou du nombre de goujons de roue.

2.2 Standardisation des meilleures pratiques en matière de méthodes de serrage et de maintenance des roues

Les travaux de TRL au cours de la phase 1 de ce projet ont révélé que des recherches approfondies avaient été menées sur la conception des fixations de roues et les méthodes de serrage utilisées en relation avec les problèmes de fixations desserrées et de détachement des roues. Des problèmes impliquant la relaxation des articulations, le rapport couple/serrage et les effets de température qui pourraient affecter la sécurité de la fixation ont été identifiés ainsi que des recherches et des procédures publiées par diverses organisations, recommandant de bonnes pratiques en termes de remontage d'une roue et serrez les écrous. En général, de nombreuses exigences sont désormais communes à tous, mais il existe encore certains domaines, tels que les niveaux de couple réels et la question de la lubrification, pour lesquels il n'existe pas d'approche standard.

De plus, les conseils d'entretien varient en ce qui concerne la procédure de resserrage des roues. Certaines directives recommandent de resserrer le couple après une période de temps définie pendant laquelle un véhicule est à l'arrêt. D'autres directives recommandent de resserrer les roues après avoir parcouru une distance définie.

Pour étudier ces principaux points de désaccord, un programme d'essais physiques a été réalisé pour étudier la procédure initiale de serrage et de re-serrage, en particulier :

- Procédure de serrage initiale
 - o Le couple/angle de serrage souhaité,
 - o Si une lubrification des filetages et des interfaces des goujons/écrous est nécessaire
- Procédure de re-serrage
 - o Le temps ou la distance parcourue avant qu'un resserrage soit nécessaire. o
 - Procédure de re-serrage, c'est-à-dire si les écrous doivent être desserrés et re-serrés.
 - resserré ?

Les fixations de roue de type Spigot ont été utilisées car il s'agit de la norme moderne et représentaient de loin la plus grande proportion de défaillances trouvées lors de l'enquête VOSA de la phase 1 de ce projet.

2.2.1 Procédure de serrage initial

Pour la procédure de serrage initiale, deux méthodes ont été envisagées :

- Serrage au couple ; et • Serrage angulaire.

Le but de ces tests était d'évaluer l'ampleur de la force de serrage générée et d'évaluer le niveau de cohérence entre les tests individuels.

Pour la méthode de serrage au couple, de nouveaux goujons et écrous de roue ont été serrés progressivement à 500 Nm, 600 Nm, 700 Nm et 800 Nm et la force de serrage a été mesurée pour chaque test.

La procédure de serrage recommandée par Volvo consiste à serrer chaque écrou de roue à un couple initial de 200 Nm, puis à serrer chaque écrou en angle en les tournant de 90 degrés supplémentaires. Enfin, le couple de serrage est vérifié par rapport à leur valeur recommandée de 670 ± 30 Nm (Bridgestone, 2008). Pour évaluer ce type d'approche, de nouveaux goujons et écrous de roue ont été serrés à 200 Nm, puis progressivement à 60°, 90°, 120° et 150°.

Le programme de tests comprenait deux éléments distincts. Le premier élément impliquait des tests utilisant des goujons et des écrous d'origine DAF pour étudier l'effet de la méthode de serrage, de l'âge/de l'état des goujons et de la lubrification sur la force de serrage obtenue.

Deux jeux différents de goujons et d'écrous ont été testés et les processus ci-dessus ont été répétés cinq fois pour chaque combinaison de goujons et d'écrous afin d'obtenir 10 répétitions pour chacun des niveaux de lubrification suivants :

- « Tel que reçu » l'état à la livraison par le fabricant ; • « Dégraissé » – trempé dans un dégraissant puis séché ; • « Lubrification légère » - Écrou et rondelle imperdable légèrement lubrifiés ; et
- « Lubrification complète » - Filets, écrou et rondelle imperdable lubrifiés.

Des tests supplémentaires ont également été effectués avec des goujons et des écrous « usagés ». Ceux-ci ont été obtenus à partir d'une flotte de véhicules utilisés par une entreprise de transport. Les goujons étaient installés sur les véhicules depuis environ huit ans, car les véhicules étaient neufs.

Le deuxième élément du programme d'essais a utilisé les résultats initiaux pour étudier la charge de serrage obtenue lorsque différents types de dispositifs, censés maintenir la charge de serrage et/ou résister au desserrage dû aux vibrations, étaient serrés. Une procédure de serrage similaire a été utilisée.

2.2.2 Procédure de re-serrage

Après avoir étudié les différentes méthodes de serrage initial des goujons et écrous de roue, cette phase d'essai a été conçue pour étudier les différentes méthodes de resserrage recommandées dans les procédures de montage des roues des fabricants et par des groupes représentant l'industrie du transport. Plus précisément, les procédures suivantes ont été évaluées :

- « Véhicule à l'arrêt » – Les écrous de roue sont serrés et le véhicule est resté à l'arrêt Pour 1 heure;
- « Freinage en ligne droite » – freinage intense à 10, 20 et 30 km/h ; • « Conduite normale » – reproduire une conduite sur route jusqu'à une distance totale de 185 km ; • « Tests de la figure en 8 » – véhicule manœuvré à environ 10 km/h

Pour ce programme de tests et les essais de validation (décrits plus loin dans le rapport), une benne basculante à trois essieux DAF 75 CF 290 (PTAC 26 t), comme le montre la figure 1, a été achetée.

Les résultats de la phase 1 de l'enquête VOSA ont indiqué qu'il existait une forte tendance à privilégier les problèmes survenant sur les essieux moteurs par rapport aux essieux directeurs ou aux essieux à roulement libre.

En outre, l'enquête de l'Inspection des véhicules (VI) a montré qu'il y avait une augmentation constante du nombre de problèmes de fixation des roues à mesure que l'âge du véhicule augmentait.

Pour ces raisons, le véhicule a été choisi car il était doté d'un double essieu moteur et (au moment de l'achat) avait huit ans. Les moyeux des essieux moteurs ont été équipés de goujons de roue équipés de transducteurs de mesure Intellifast pour permettre de mesurer la charge de serrage in situ.



Figure 1 : Véhicule d'essai

L'instrument de mesure et d'enregistrement de la charge de serrage Intellifast comprenait une clé dynamométrique numérique, pour mesurer et enregistrer le couple appliqué, l'angle de rotation de la clé dynamométrique et la charge de serrage appliquée (Figure 2).



Figure 2 : Kit de mesure de charge de serrage Intellifast

Le système utilise une technologie de mesure par ultrasons pour mesurer la charge de serrage générée dans le goujon. Un petit transducteur est monté sur la tête de chaque goujon de roue et la broche de mesure située à l'extrémité de la clé dynamométrique envoie une impulsion ultrasonore vers le goujon de roue (Figure 3). Le système mesure le temps nécessaire à l'écho de l'impulsion pour revenir à la broche de mesure et le compare à une valeur similaire prise avant le serrage de l'écrou. À l'aide d'un facteur d'étalonnage, la charge de serrage résultante est ensuite calculée.

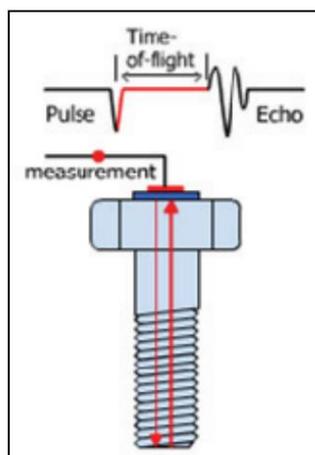


Figure 3 : Principe de mesure Intellifast

2.3 Efficacité et durabilité de diverses contre-mesures

Afin de simuler rapidement et efficacement le problème du détachement des roues et de tester un certain nombre de solutions potentielles, une série d'essais de vibrations ont été entrepris. Des tests spécifiques ont été effectués conformément à la norme DIN 65151 « Test dynamique des caractéristiques de verrouillage des fixations dans des conditions de charge transversale (essai de vibration) ». Ce test est également connu sous le nom de test Junkers et a été utilisé dans le domaine des fixations par les fabricants de certains des dispositifs de retenue des écrous de roue identifiés lors de la première phase de cette recherche.

Dans ce test, une machine vibrante fait osciller une plaque mobile dans la direction transversale à une fréquence et une amplitude contrôlées. Ce plateau mobile est solidaire d'un socle fixe via l'agencement goujon/écrou faisant l'objet du test. Des roulements à aiguilles sont placés entre la plaque mobile et la base fixe de telle sorte que le frottement entre les deux surfaces soit éliminé et que le goujon/écrou de roue supporte toute la charge transversale. L'agencement est illustré à la figure 4 ci-dessous.

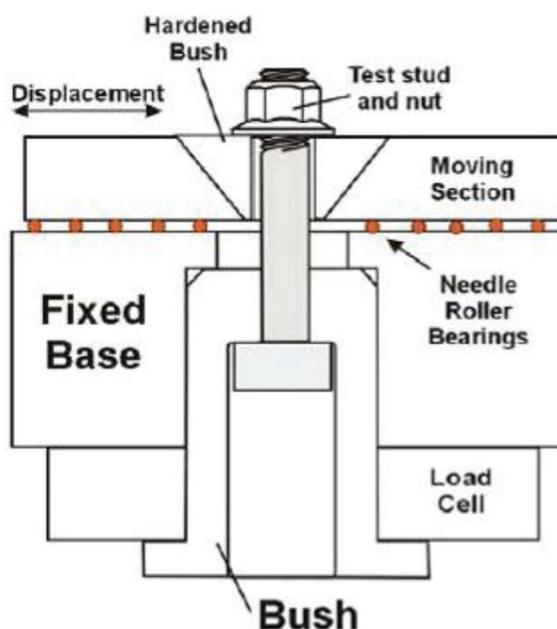


Figure 4 : Coupe transversale de la disposition des éprouvettes dans un essai Junkers.

L'avantage de ce test est qu'il est capable de desserrer les écrous et de réduire la force de serrage en peu de temps, permettant ainsi d'évaluer une série de variables rapidement et à moindre coût. Cependant, il est reconnu que cela ne reproduit pas nécessairement exactement ce qui arrive à un ensemble goujon/écrou de roue en service sur un véhicule lourd. En effet, les roulements à aiguilles utilisés entre les deux plaques de la machine Junkers réduisent le frottement entre les surfaces de contact à presque zéro, de sorte que, quelle que soit la charge de serrage appliquée par le goujon/écrou, un mouvement relatif est possible entre les surfaces de contact, garantissant ainsi que le desserrage vibratoire d'un écrou standard se produira.

Malgré les limitations ci-dessus, on considérerait toujours que le test Junkers était le moyen le plus rentable d'évaluer la capacité d'une grande variété de solutions.

Une machine d'essai de vibration Junkers (Figure 5) a été fournie par Disc-Lock et installée chez TRL. La machine a été adaptée pour accueillir le goujon de roue OEM standard monté sur le véhicule d'essai, reproduisant les dimensions de l'articulation moyeu/tambour/roue pour faciliter les tests des différents dispositifs de verrouillage/rétention.

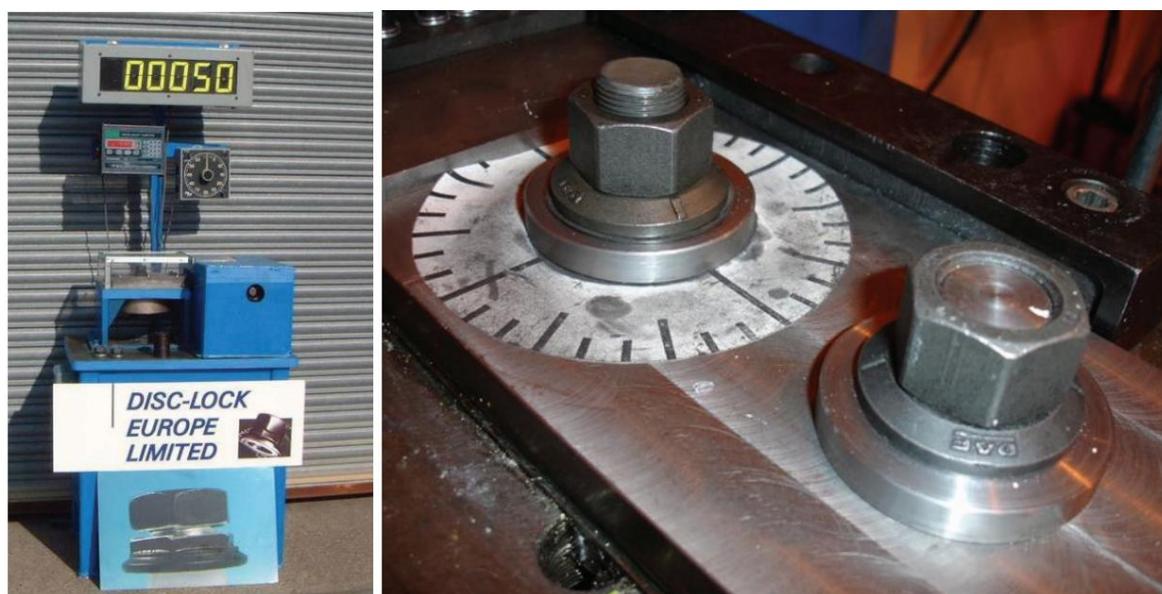


Figure 5 : Machine Junkers

Des tests d'une durée d'environ 80 secondes ont été réalisés avec des goujons et écrous neufs et usagés. Il s'agissait de compléments par un petit nombre de tests prolongés qui dureraient chacun cinq minutes.

2.4 Essais d'usure accélérés

Bien que les méthodes d'essai ci-dessus produisent des résultats scientifiques solides, aucune des méthodes ne peut être considérée comme pleinement représentative du comportement d'un écrou et d'un goujon sur un véhicule en service réel. De plus, les tests ci-dessus ne conviennent pas à l'évaluation des capacités des threads directionnels. Un essai grandeur nature a donc été réalisé pour comparer les résultats des tests antérieurs.

Cependant, comme indiqué précédemment, l'évaluation des dispositifs dans le cadre d'une utilisation routière normale prendrait très longtemps et dépassait la portée de ce projet. Par conséquent, une solution de compromis consistant en un essai d'usure accéléré sur un terrain d'essai a été utilisée. Les tests impliquaient une série de cycles répétés de virages serrés, de freinage et d'accélération couplés à une conduite sur des surfaces inégales spécialement conçues pour fournir une source importante de vibrations verticales, rotationnelles et latérales. Un résumé des conditions initiales pour chacun des cycles d'essai est fourni à l'annexe A.

Le véhicule d'essai DAF et le système de mesure Intellifast, décrits précédemment à la section 2.2.2, ont été utilisés pour cette partie du programme d'essai.

2.5 L'analyse coûts-avantages

Une analyse coûts-avantages a été réalisée dans le cadre de la phase précédente du projet.

Cependant, à cette époque, peu d'informations étaient disponibles sur l'efficacité probable des différentes solutions.

L'analyse coûts-avantages a été mise à jour pour inclure, le cas échéant, des estimations révisées des coûts de maintenance et des estimations révisées des victimes basées sur les résultats des tests d'efficacité et de durabilité effectués dans le cadre de ce projet.

3 Résultats des tests – écrous de roue standard

3.1 Analyse mathématique Une analyse

mathématique des fixations de roues de véhicules lourds standard a été réalisée pour déterminer les niveaux minimaux de force de serrage requis pour différentes applications et pour comparer cela avec le niveau réel de force de serrage fourni par diverses spécifications de fixation de roues afin de déterminer les facteurs de sécurité. inhérent à la conception.

Dans des conditions statiques, la force de serrage totale requise sur chaque roue est la somme des forces requises à chaque position de fixation de roue pour générer une force de friction suffisante entre les faces de contact de la roue et du moyeu afin de résister à la charge verticale du pneu (partagée également entre toutes les fixations de roue).), et pour résister au moment se produisant en raison du décalage entre le centre de contact du pneumatique et la face de contact.

La figure 6 montre la force de serrage estimée requise pour différentes positions angulaires autour d'une roue pour les roues simples et jumelées. Il a été estimé que des forces de serrage maximales de 82 kN et 69 kN seraient nécessaires pour fixer respectivement les roues simples et jumelées lorsque le véhicule est à l'arrêt avec un poids maximum par essieu d'environ 10 000 kg. La variation des forces de serrage requises pour une seule roue est provoquée par le moment généré par le déport de la roue. Avec un ensemble de roues jumelées, il y a moins de variation dans les forces de serrage requises car le centre de contact effectif de l'ensemble de roues jumelées est presque aligné avec la face de contact du moyeu.

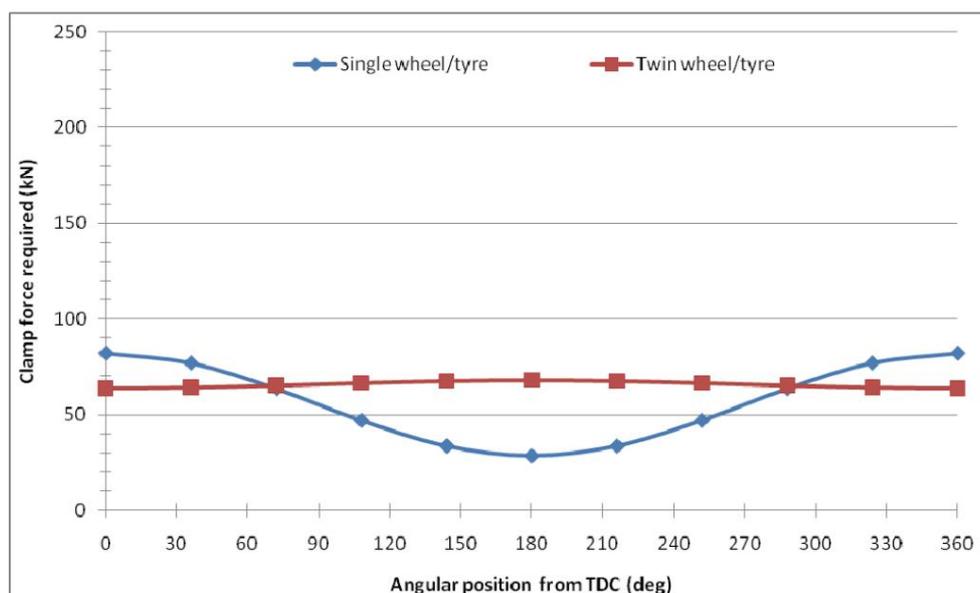


Figure 6 : Répartition de la force de serrage requise autour de la roue pour un véhicule à l'arrêt

Une analyse similaire des forces de serrage nécessaires pour fixer la roue sur le moyeu dans diverses conditions de conduite les plus défavorables (freinage limite, virages, etc.) a également été réalisée pour les roues simples et jumelées.

L'analyse d'une manœuvre de virage supposait à nouveau qu'une roue simple ou jumelée serait chargée jusqu'à son poids maximum sur l'essieu. Les résultats de la manœuvre de virage ont montré une augmentation substantielle des charges de serrage maximales (212 kN et 183 kN pour les roues simples et jumelées respectivement), comme le montre la figure 7.

Comme décrit plus loin dans ce rapport, une charge de serrage d'environ 200 kN était généralement générée en serrant une fixation DAF standard à 700 Nm. Ceci démontre que la différence entre les charges de serrage généralement générées et les charges de serrage maximales qui pourraient être subies est faible.

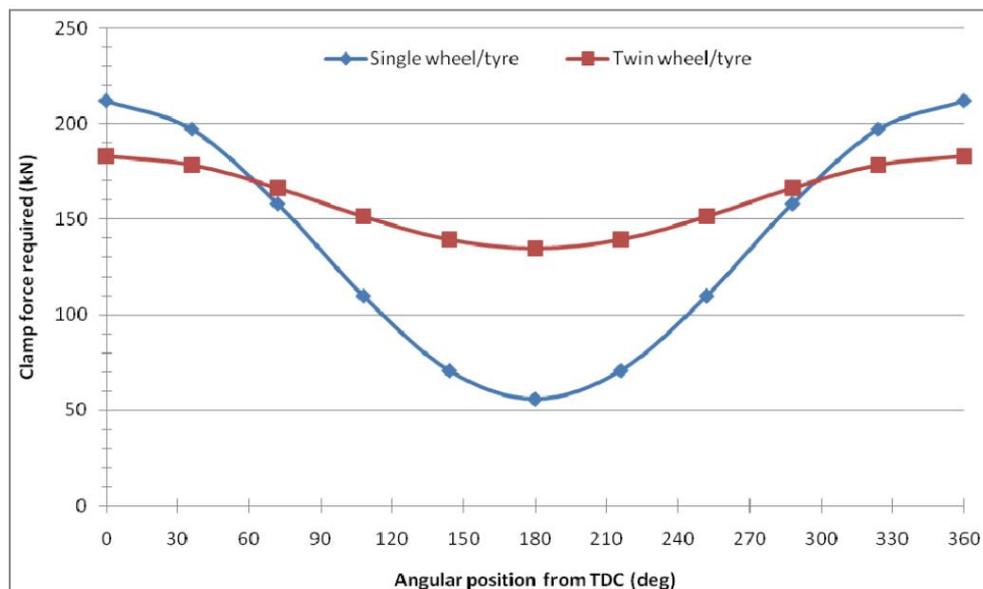


Figure 7 : Répartition de la force de serrage requise autour de la roue lors des virages limites

Des recherches antérieures (Knight et al, 2002) ont montré que les poids lourds peuvent atteindre une décélération maximale de 0,7 g lors d'un freinage d'urgence. Un poids lourd à empattement court entièrement chargé avec un centre de gravité de charge élevé est une configuration de véhicule la plus susceptible de maximiser le transfert de poids sur l'essieu avant lors du freinage, produisant ainsi le pire des cas. Pour cette analyse, les dimensions typiques d'un poids lourd rigide de 18 tonnes ont été utilisées pour les calculs.

Cela supposait qu'à pleine charge, le véhicule aurait une charge sur l'essieu avant de 7 000 kg (39 % de la masse totale) et une charge sur l'essieu arrière de 11 000 kg. De plus, il a été supposé que le centre de gravité de ce véhicule était assez élevé, à 2,3 m au-dessus du plan du sol.

Pour cette configuration, l'analyse a montré que pour une décélération de 0,7 g, 66 % de la masse du véhicule serait transférée vers l'essieu avant. Il a également été calculé qu'une force de serrage maximale de 190 kN serait nécessaire pour fixer une seule roue. La répartition de la force de serrage requise autour des fixations des roues diffère de celle des analyses statiques, dynamiques et en virage en raison des moments supplémentaires générés par les forces de freinage.

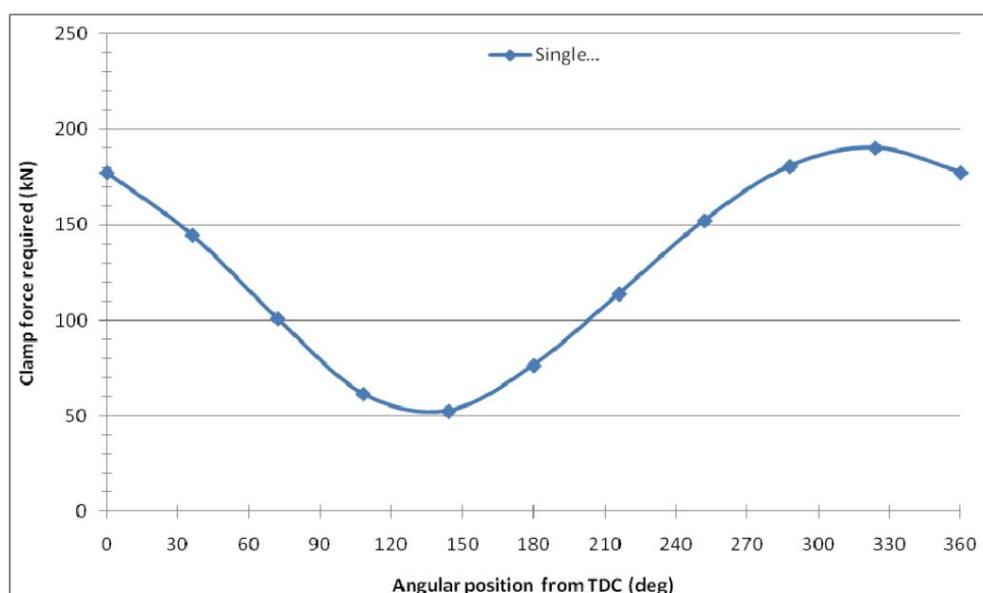


Figure 8 : Répartition de la force de serrage requise autour de la roue lors du freinage limite

3.2 Standardisation des meilleures pratiques en matière de méthodes de serrage et de maintenance des roues

3.2.1 Procédure de serrage initial

Comme décrit dans la section 2.2.1, une série de tests de serrage ont été réalisés avec des goujons et des écrous d'origine DAF pour différents niveaux de lubrification. Deux jeux différents de goujons et d'écrous ont été utilisés pour chaque niveau de lubrification et cinq tests ont été effectués avec chaque combinaison de goujons et d'écrous pour donner un total de 10 répétitions.

Le but de ces tests était de répondre à un certain nombre de questions liées à la procédure de serrage en termes d'ampleur et de cohérence de la force de serrage générée.

L'un des principaux désaccords entre les procédures de serrage des différents fabricants concerne la question de savoir si une lubrification doit ou non être ajoutée à la fixation.

Les réglages de couple recommandés pour les écrous de roue spécifiés dans le Truck Point Re-Torque Manual (Bridgestone, 2008) ont montré que certains fabricants recommandent de lubrifier les écrous et les goujons avec de l'huile moteur tandis que d'autres recommandent d'utiliser des filetages propres et secs (Tableau 1). Il convient de noter qu'il existe de légères variations selon les fabricants. Par exemple, la procédure recommandée pour DAF indique qu'aucune lubrification n'est requise. Cependant, une note latérale dans le manuel indique que l'interface de la rondelle imperdable doit être lubrifiée avec de l'huile pour éliminer toute friction excessive entre l'écrou et sa rondelle imperdable.

Tableau 1 : Lubrification recommandée par constructeur automobile (Bridgestone, 2008).

Lubrifier	Ne pas lubrifier
Denis Aigle	BMC
Ivéco	DAF
Renault	Mercedes-Benz
Scania	Foden
	MAN-ERF
	Seddon Atkinson
	Volvo

La figure 9 montre la force de serrage moyenne générée pour chacun des tests individuels pour chaque condition de lubrification en utilisant la méthode de serrage au couple lors des tests au banc entrepris au cours de ce projet. Cela montre que l'état entièrement dégraissé a généré la force de serrage la plus faible pour chaque niveau de couple. En outre, on peut constater que les deux conditions dans lesquelles le goujon et l'écrou étaient légèrement ou entièrement lubrifiés offraient le niveau de force de serrage le plus élevé.

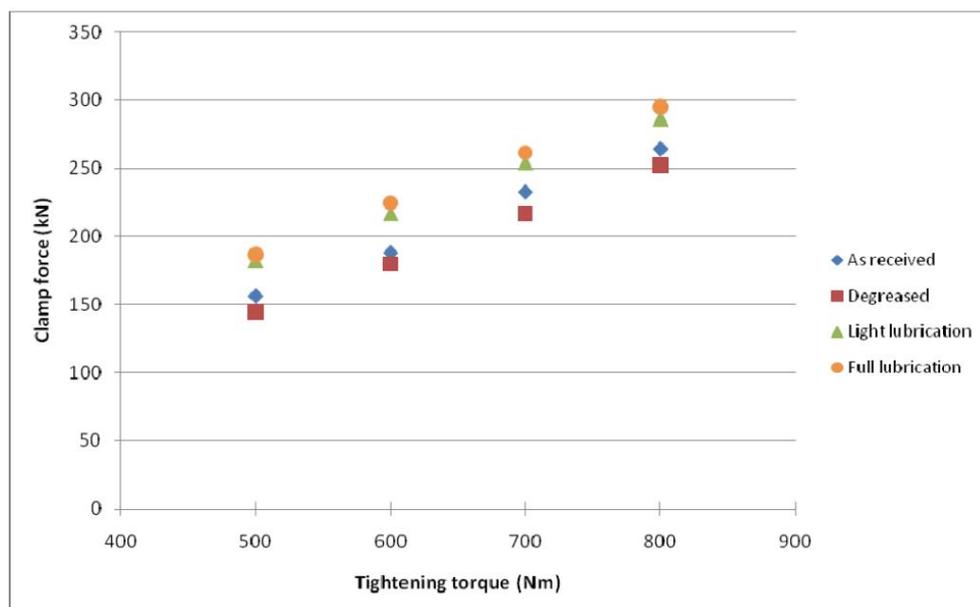


Figure 9 : Force de serrage moyenne générée par la méthode de serrage au couple utilisant de nouveaux goujons et écrous.

Ces résultats peuvent également être comparés aux exigences de la BS AU 50 (BSi, 1994). L'annexe G de la partie 3 de cette norme spécifie un essai de couple/force de serrage pour les fixations de type écrou à face plate. Pour ce test, une fixation M22 serrée avec un couple de 600 Nm est nécessaire pour atteindre une force de serrage comprise entre 190 kN et 240 kN. La force de serrage est enregistrée après chacun des 100 tests qui doivent être effectués. De plus, le test précise qu'il doit y avoir une pause d'au moins 100 secondes entre les tests pour éviter un échauffement excessif par friction. La norme précise également que s'il a été nécessaire d'appliquer un lubrifiant pour obtenir une force de serrage dans la plage requise, alors le type de lubrifiant et les pièces de l'assemblage sur lesquelles il a été appliqué doivent être notés dans le résultat de l'essai.

La figure 10 montre la force de serrage générée lors de chaque test individuel en utilisant les nouveaux goujons et écrous pour un couple appliqué de 600 Nm. L'encadré rouge dans le graphique met en évidence le couloir de performances tel que spécifié par BS AU 50. On peut voir que l'état entièrement lubrifié a donné la force de serrage la plus constante, tous les résultats se situant dans le couloir de performances.

La force de serrage moyenne générée par les tests dans des conditions légèrement lubrifiées est tombée dans le couloir, mais certains tests individuels ont produit une force de serrage en dehors de la plage autorisée. La force de serrage produite par les conditions « tel que reçu » et « dégraissé » était généralement inférieure à celle des autres conditions, de nombreux tests individuels tombant en dessous de la limite inférieure autorisée.

Pour chacune des conditions de lubrification, à l'exception des goujons dégraissés où l'un des goujons a cédé lors des essais, les résultats de chacun des deux échantillons d'essai sont présentés individuellement. Par exemple, la figure 10 montre que dans des conditions légèrement lubrifiées, le premier échantillon d'essai a produit une force de serrage comprise entre 200 et 260 kN, et le deuxième échantillon a produit entre 170 kN et 210 kN.

On peut constater qu'à plusieurs reprises, des tests individuels avec des goujons et des écrous légèrement lubrifiés ont produit une force de serrage supérieure à celle des goujons et écrous entièrement lubrifiés. Ce résultat ne peut pas être entièrement expliqué, mais il est possible que ce résultat, ainsi que d'autres cas similaires présentés plus loin dans le rapport, soient au moins en partie causés par des variations dans les propriétés matérielles du goujon ou de l'écrou utilisé.

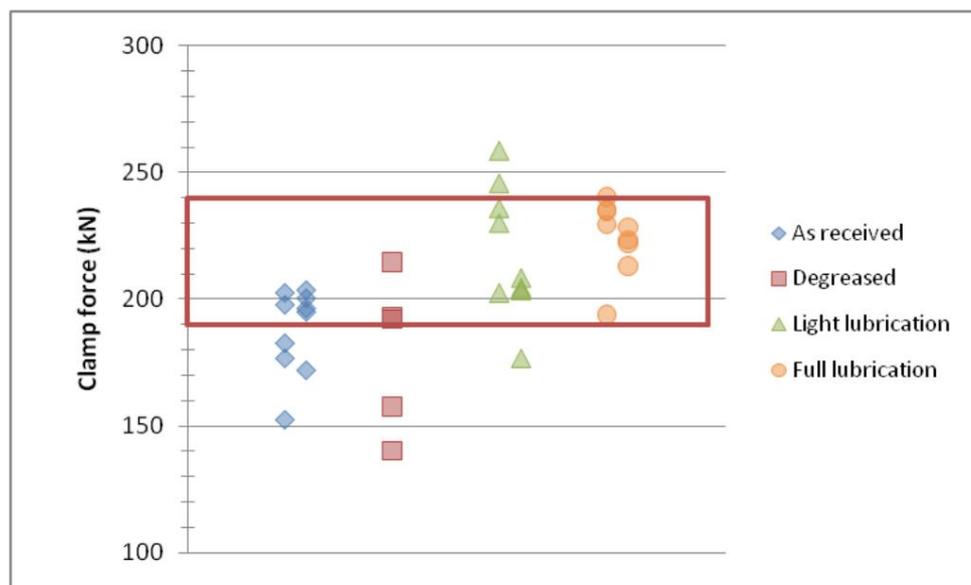


Figure 10 : Comparaison des exigences de la norme BS AU 50 avec la force de serrage moyenne générée avec de nouveaux goujons et écrous en utilisant la méthode de serrage au couple et un couple appliqué de 600 Nm.

En service réel, les goujons et écrous de roue ne sont pas remplacés par de nouveaux dispositifs à chaque fois qu'une roue est retirée et/ou remplacée. Par conséquent, la performance des goujons et écrous de roue usagés est une considération importante lors de l'évaluation des différentes procédures de serrage.

La figure 11 montre la force de serrage moyenne générée pour chacun des tests individuels pour chaque condition de lubrification avec des goujons et des écrous « usés ». Cela montre que les forces de serrage générées étaient inférieures à celles des essais équivalents avec des goujons et écrous neufs. La condition entièrement lubrifiée donnait à nouveau la force de serrage la plus élevée à chaque valeur de couple. Contrairement aux résultats obtenus avec les nouveaux goujons et écrous, la figure 11 montre que l'état dégraissé donne, en moyenne, une force de serrage plus élevée que l'état légèrement lubrifié.

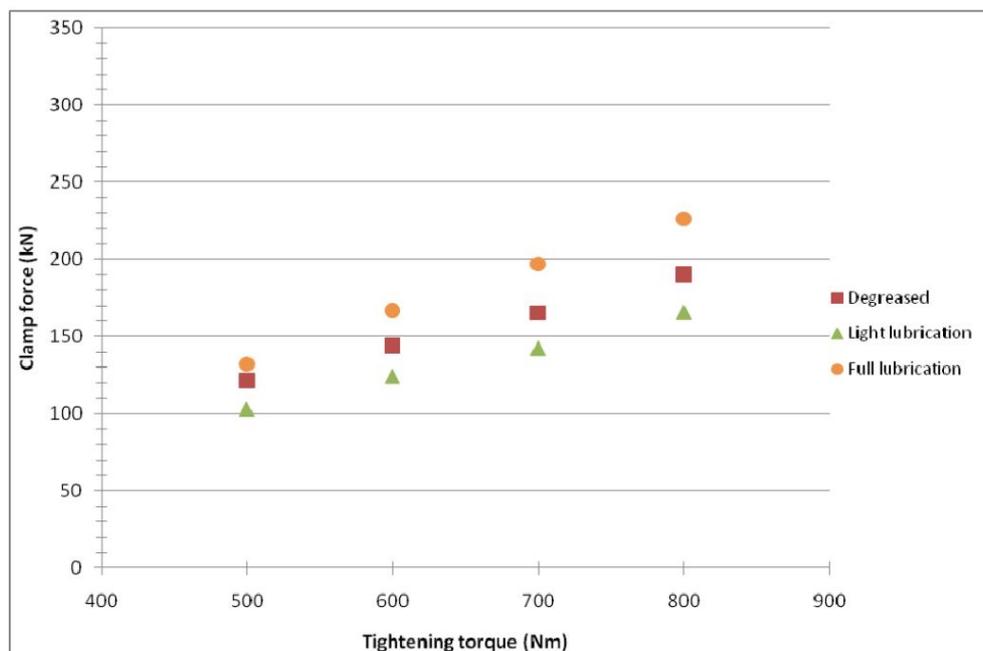


Figure 11 : Force de serrage moyenne générée par la méthode de serrage au couple utilisant des goujons et des écrous usagés.

La figure 12 montre la force de serrage générée lors de chaque test individuel en utilisant les goujons et écrous utilisés pour un couple appliqué de 600 Nm. Cela montre clairement comment la force de serrage

généralisé avec les goujons et écrous usagés est bien inférieur à celui des goujons et écrous neufs.



Figure 12 : Comparaison des exigences de la norme BS AU 50 avec la force de serrage moyenne générée avec les goujons et écrous utilisés en utilisant la méthode de serrage au couple et un couple appliqué de 600 Nm.

Alors que la majorité des constructeurs automobiles recommandent une procédure de serrage au couple, Volvo recommande que la procédure de serrage consiste à serrer chaque écrou de roue à un couple initial de 200 Nm, puis à serrer chaque écrou en angle en les tournant de 90 degrés supplémentaires (Bridgestone, 2008).

Pour évaluer si le serrage angulaire des écrous de roue pouvait produire une amplitude similaire et une force de serrage plus constante, une série de tests ont été effectués au cours desquels chaque écrou était serré à l'aide d'un couple allant jusqu'à 200 Nm, puis serré davantage selon un angle de rotation spécifique.

La figure 13 montre la force de serrage générée pour chaque test individuel et conditions de lubrification avec des goujons et écrous neufs. Le graphique compare la force de serrage générée lorsque les écrous étaient soit serrés au couple à 700 Nm, soit à l'angle de 200 Nm plus 90 degrés supplémentaires.

On peut voir que pour la méthode de serrage angulaire, l'état dégraissé a donné la force de serrage la plus faible mais, contrairement à la méthode de serrage au couple, les goujons et les écrous dans l'état « tel que reçu » ont donné la force de serrage la plus élevée.

Il y avait un certain chevauchement entre les résultats individuels des essais de serrage au couple et des essais de serrage à l'angle. Cependant, la figure 13 montre que la méthode de serrage angulaire a offert une légère amélioration en termes de cohérence car les tests individuels sont regroupés plus étroitement.

De la même manière que pour les résultats présentés précédemment dans la figure 10, on peut voir que pour les échantillons serrés au couple, la condition légèrement lubrifiée a produit des forces de serrage plus élevées que la condition entièrement lubrifiée. Tous les tests ont été effectués selon une procédure étroitement contrôlée. Il est donc possible qu'il y ait une certaine différence dans les propriétés matérielles des différents échantillons testés, ce qui a contribué à cette différence. Il n'a pas été possible de confirmer cette théorie dans le cadre de ce projet.

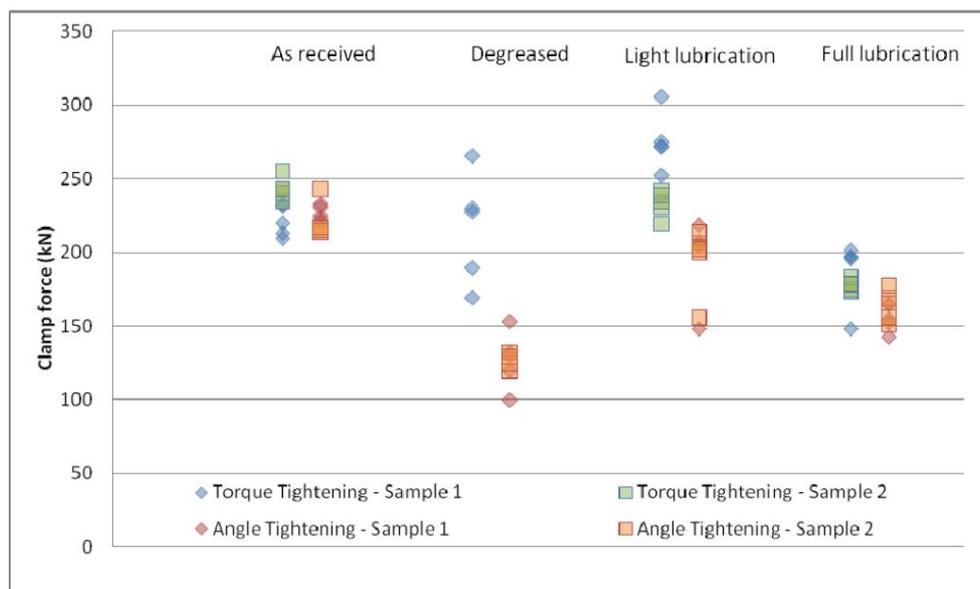


Figure 13 : Comparaison de la force de serrage générée par a) un serrage au couple à 700 Nm et b) un serrage à 200 Nm puis un serrage angulaire à 90 degrés avec de nouveaux goujons et écrous.

Pour les tests avec les goujons et écrous utilisés et la méthode de serrage angulaire, la force de serrage générée par les échantillons dégraissés était similaire à celle des goujons neufs, cependant il n'était possible de faire tourner l'écrou que de 90 degrés avant qu'il ne devienne trop difficile à tourner.

Les forces de serrage générées par les conditions de lubrification étaient à nouveau similaires, mais dans l'ensemble, l'ampleur de la force de serrage était légèrement inférieure à celle des nouveaux goujons et écrous.

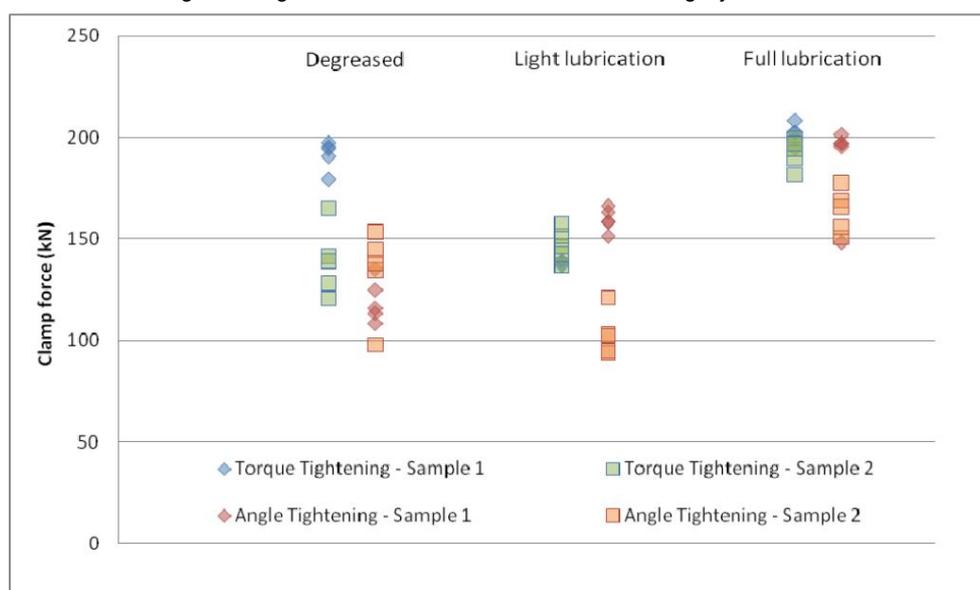


Figure 14 : Force de serrage générée par un serrage au couple jusqu'à 700 Nm et un serrage angulaire à 90 degrés avec des goujons et des écrous usagés.

La figure 14 montre que pour les méthodes de serrage au couple et de serrage angulaire, la cohérence de la force de serrage générée par chaque échantillon était assez bonne. Cependant, on peut constater qu'il existe certaines différences entre les deux échantillons utilisés. Par exemple, en utilisant la méthode de serrage angulaire dans des conditions légèrement lubrifiées, il y avait une différence d'environ 50 kN entre les forces de serrage générées par les deux échantillons. Cela pourrait être dû à une variation de l'état des goujons et des écrous testés, car les échantillons « usagés » obtenus auprès de l'entreprise de transport provenaient de plusieurs véhicules différents.

3.2.2 Détente et re-serrage

Figure 15 – La figure 18 montre comment la force de serrage a changé pour chacune des différentes méthodes d'essai utilisées pour évaluer la relaxation des fixations des roues. Dans l'ensemble, les tests ont montré que moins de 10 % de la force de serrage initiale était perdue lors de chaque test. La plus grande réduction provient des tests de freinage en ligne droite et de la figure en 8.

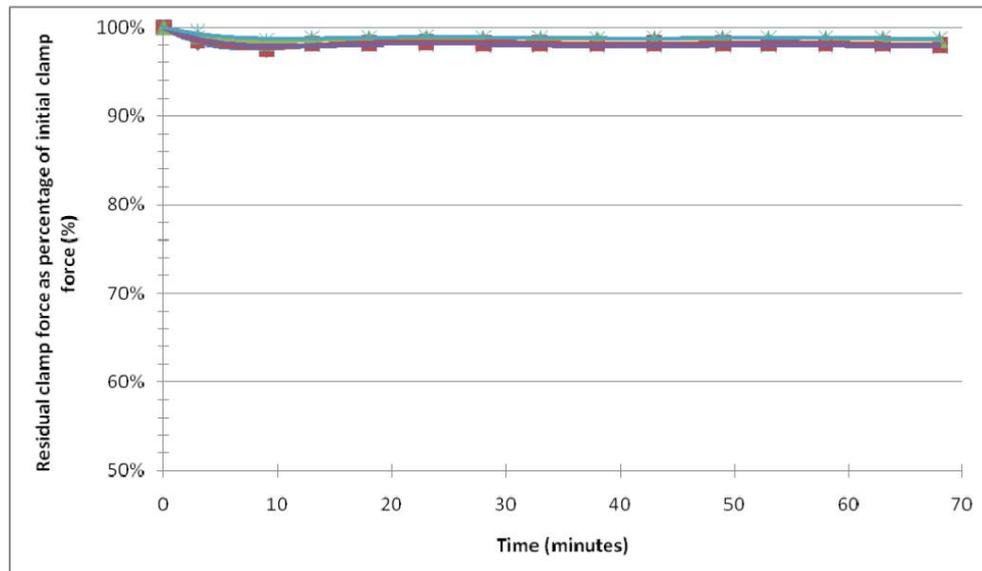


Figure 15 : Force de serrage résiduelle en pourcentage de la force initiale – véhicule à l'arrêt.

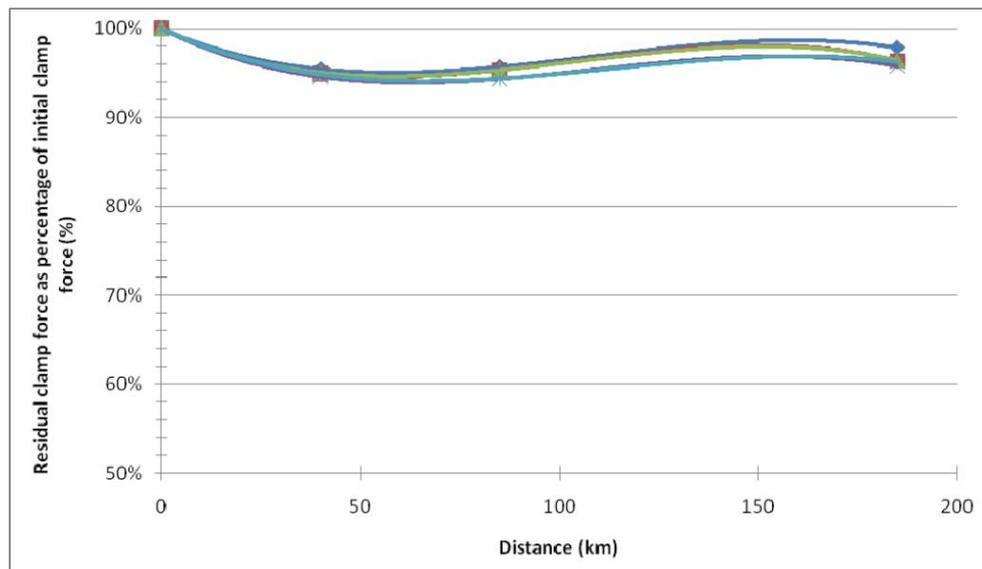


Figure 16 : Force de serrage résiduelle en pourcentage de la force initiale – essais de conduite normale.

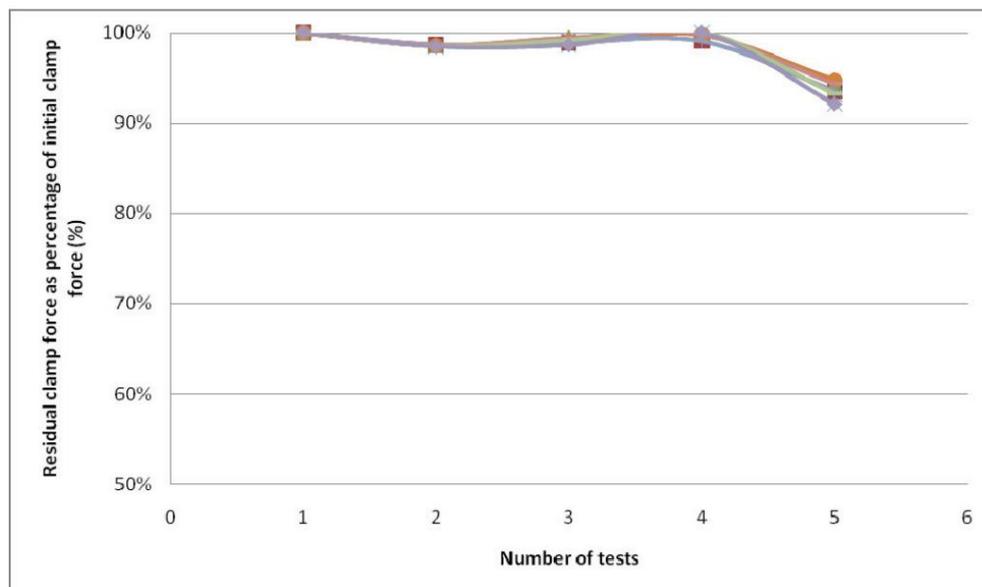


Figure 17 : Force de serrage résiduelle en pourcentage de la force initiale – freinage en ligne droite.

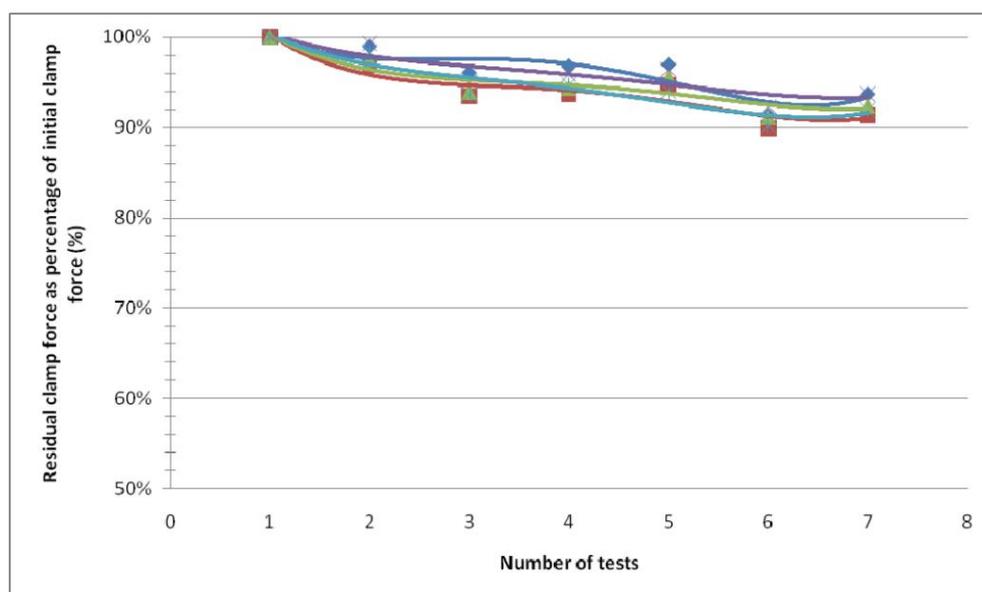


Figure 18 : Force de serrage résiduelle en pourcentage de la force initiale – tests en forme de 8.

La relaxation relativement constante sur la majorité des différents types de fixations utilisés suggère que pendant la relaxation, la majeure partie de la réduction de la force de serrage était due au tassement entre les faces d'accouplement plutôt qu'à la défaite des fixations.

Au cours des tests, il est apparu que la chaleur générée lors du freinage lors des différentes manœuvres de conduite avait un effet négatif sur la précision de la mesure de la force de serrage. Le gradient de température le long du goujon de roue a entraîné une dilatation thermique non uniforme sur toute sa longueur, de sorte que la température relevée par la sonde fixée sur la face de la roue n'a pas complètement compensé la dilatation thermique. En collaboration avec Intellifast, TRL a développé une méthode qui compense avec précision le gradient thermique survenu lors d'une conduite normale. Il s'agissait de mesurer la température de la rondelle imperdable et du tambour de frein et de déterminer une valeur moyenne à laquelle compenser.

Dans le cadre de ces tests, l'influence de la chaleur générée lors du freinage a été étudiée. Après une période de conduite normale, les fixations d'une roue ont été immédiatement resserrées alors que la roue était encore chaude. Une autre roue n'a été resserrée que plusieurs heures après avoir roulé pour permettre à la roue de refroidir. Les résultats ont montré que les fixations de la roue qui avaient refroidi ne pouvaient tourner que très légèrement avant que le couple initial ne soit atteint. Ce petit mouvement était cohérent avec le niveau de relaxation typique observé lors des tests.

Pour la roue qui a été resserrée à chaud, il a été possible de faire pivoter les fixations de 30 degrés supplémentaires avant que la clé dynamométrique n'enregistre que le couple initial avait été atteint. Une fois cette roue refroidie, la force de serrage a été remesurée et une valeur moyenne de ~275 kN a été enregistrée, à comparer à la force de serrage initiale de ~200 kN.

Il est possible que la température élevée dans la roue ait réduit la friction entre le goujon et l'écrou, lui permettant de tourner davantage, ou que la dilatation thermique non uniforme ait fait que le goujon s'est dilaté plus que la roue, réduisant ainsi la charge de serrage, permettant à nouveau de tourner l'écrou. Ce résultat met également en évidence le potentiel de serrage excessif d'une fixation si elle est resserrée alors que la roue est encore chaude, ce qui pourrait potentiellement conduire à une rupture du goujon si le goujon a une limite d'élasticité relativement faible.

3.2.3 Efficacité et durabilité

Chacun des tests Junkers a duré environ 80 secondes et a été réalisé avec des goujons et des écrous neufs et usagés. La procédure de serrage pour ces tests était la même que celle recommandée pour les fixations de roues DAF avec une modification mineure visant à lubrifier légèrement les filetages afin d'améliorer la cohérence de la charge de serrage initiale.

Les figures 19 et 20 montrent qu'il y a eu une certaine variation dans la vitesse à laquelle les écrous se sont desserrés au cours des tests individuels. Cependant, en général, on peut constater que les nouveaux goujons ont perdu une plus grande quantité de force de serrage par rapport aux goujons utilisés. Il est possible que, bien que les goujons utilisés aient donné une force de serrage initiale légèrement inférieure en raison d'un frottement excessif dans les filetages, ce même frottement a contribué à empêcher les écrous de se desserrer aussi rapidement.

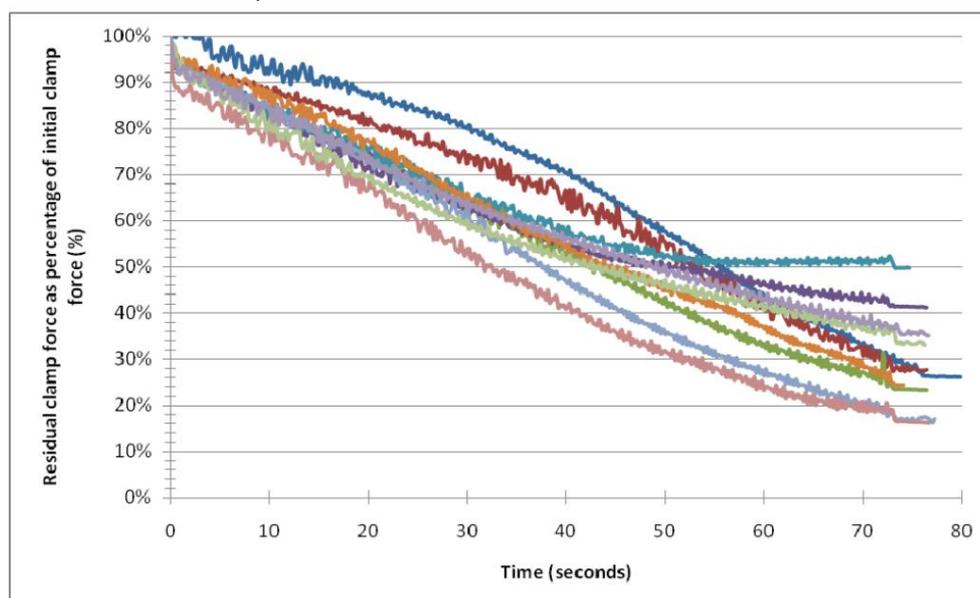


Figure 19 : Historiques des tests Junkers utilisant de nouveaux goujons et écrous.

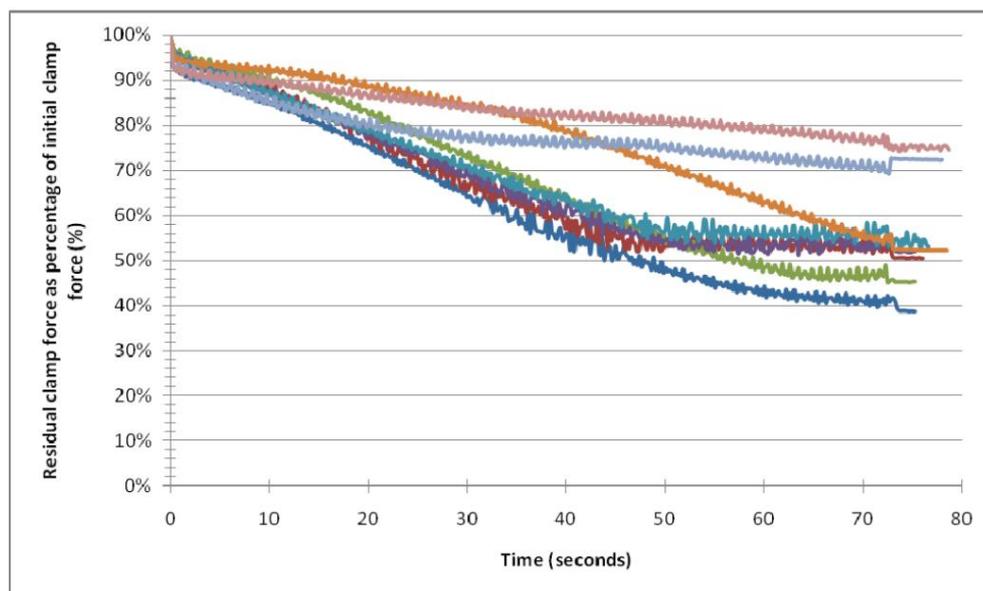


Figure 20 : Historiques des tests Junkers utilisant des goujons et des écrous usagés.

Un test prolongé, d'une durée d'environ cinq minutes, a également été réalisé avec un goujon et un écrou neufs. La figure 21 montre qu'au cours des deux premières minutes, la force de serrage a chuté de la même manière que lors des tests plus courts. Après ce temps, la force de serrage résiduelle s'est stabilisée et est restée assez constante à environ 6 %-7 % pour le reste de l'essai.

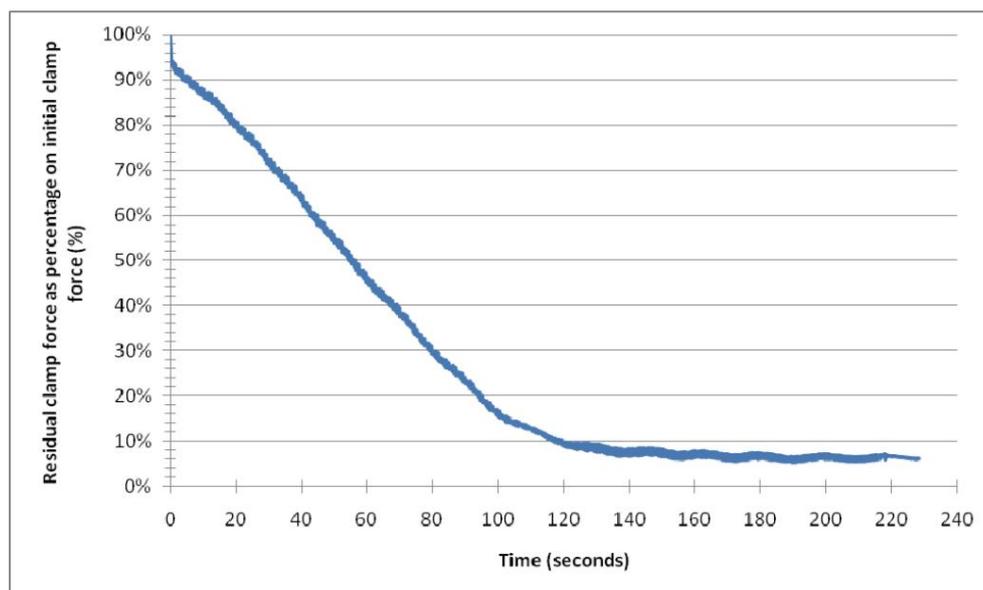


Figure 21 : Historique du test Junkers étendu.

3.2.4 Tests d'usure accélérés

L'objectif initial de cette partie du programme de tests était de vérifier les résultats des tests en laboratoire dans une situation représentative du comportement en service réel.

Cela impliquait de développer une spécification de test dans laquelle les écrous de roue OEM standard pouvaient être desserrés de manière rapide et cohérente, puis d'utiliser cette procédure de test pour exécuter des tests comparatifs en utilisant des dispositifs de verrouillage/rétention des écrous de roue afin d'évaluer leur efficacité dans le « monde réel ».

Des essais complets de véhicules ont été effectués en utilisant diverses surfaces d'essai d'usure accélérée au Millbrook Proving Ground. Malheureusement, malgré la prise en compte d'un large éventail de facteurs et de conditions de test, les tests n'ont pas permis de desserrer systématiquement la roue OEM standard.

des noisettes. Il n'a donc pas été possible de fournir des résultats concluants, à partir de cette phase des tests, sur l'efficacité relative des différentes solutions.

La section suivante du rapport présente les résultats des essais de validation par rapport aux différents facteurs qui ont été pris en compte lors du programme d'essais, à savoir :

- Méthode de mesure ;
- Contamination entre les surfaces de contact ;
- Dégagement du robinet ;
- Effet de la combinaison de différents appareils sur une seule roue ;
- Âge/état des goujons et écrous de roue ;
- Procédure de test.

3.2.4.1 Méthode de mesure

Lors de la comparaison des résultats des tests, il est important de s'assurer que les lectures effectuées sont aussi précises et fiables que possible. Pour les essais sur véhicules, le système de mesure Intellifast a été utilisé pour mesurer la force de serrage au niveau de chacune des roues instrumentées.

Dans le cadre des tests au banc effectués plus tôt dans ce projet, les mesures de la force de serrage ont été prises à l'aide du système de mesure Intellifast en même temps que la force de serrage a été mesurée à l'aide d'une cellule de charge calibrée.

Pour garantir que les lectures prises pendant le véhicule étaient des résultats précis et reproductibles, une comparaison a été effectuée entre les lectures prises lors des tests au banc utilisant la cellule de charge et le système Intellifast.

Les résultats de cette comparaison montrent qu'il existe de bonnes preuves indiquant que le système de mesure de la force de serrage par ultrasons a fonctionné comme prévu. Bien qu'il existe quelques variations mineures dans l'ampleur absolue de la force de serrage enregistrée, le changement relatif de la force de serrage est cohérent entre les deux techniques de mesure.

Une comparaison des valeurs enregistrées par ces deux méthodes a montré que pour près des deux tiers des lectures prises lors des tests de serrage initiaux, la lecture Intellifast était à moins de 5 % de la lecture de la cellule de pesée, et pour 96 % des lectures, elle était à moins de 10 % de la lecture de la cellule de charge.

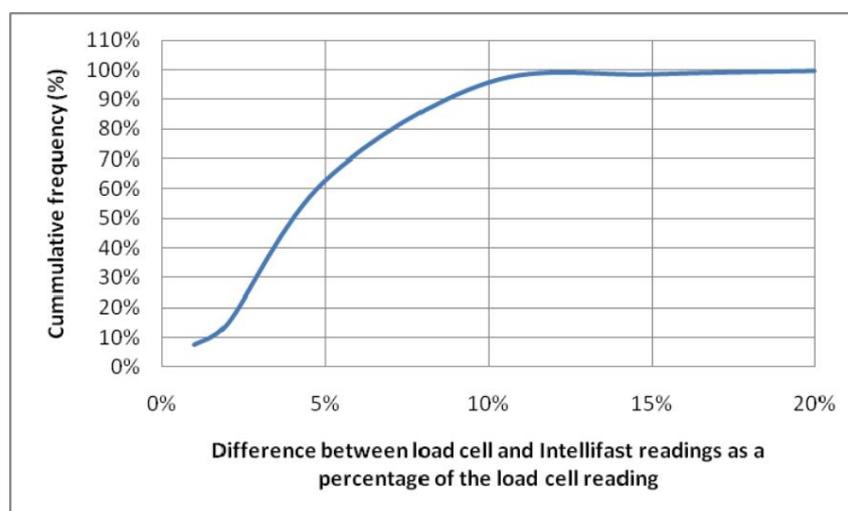


Figure 22 : Comparaison de la force de serrage mesurée à l'aide d'une cellule de pesée et du système Intellifast lors des essais au banc.

Les résultats des essais sur piste suggèrent également que la méthode Intellifast a continué à fonctionner correctement. La cellule de pesée n'était pas installée sur le véhicule d'essai, il n'a donc pas été possible d'effectuer une comparaison similaire avec les résultats des essais au banc. Cependant, les valeurs enregistrées lors des essais sur piste se situaient dans la plage attendue, basée sur le couple appliqué, et il y a eu une occasion où l'un des dispositifs de blocage des écrous de roue s'est desserré au cours d'un cycle d'essai. L'ingénieur d'essai a constaté que les écrous s'étaient desserrés à la main et, en même temps, le système de mesure par ultrasons a également enregistré une charge de serrage de zéro.

3.2.4.2 Contamination entre les surfaces de contact

Les résultats de la phase 1 de ce projet ont révélé qu'il y avait un accord commun parmi les différentes procédures de serrage recommandées selon lesquelles toutes les surfaces de contact devraient être exemptes de rouille et de saleté, etc. Pour essayer de desserrer les écrous de roue le plus rapidement possible, toute contamination artificielle (dans le forme de saleté et une épaisse couche de peinture) a été ajoutée entre les surfaces de contact des roues.

Pour ces tests, une tendance similaire a été observée au cours de chaque cycle de test. Il y a eu une réduction initiale de la force de serrage au cours des deux premiers jours d'exploitation, après quoi le taux de desserrage a commencé à ralentir et/ou la force de serrage est restée approximativement constante. Un exemple de ceci est présenté dans la figure 23.

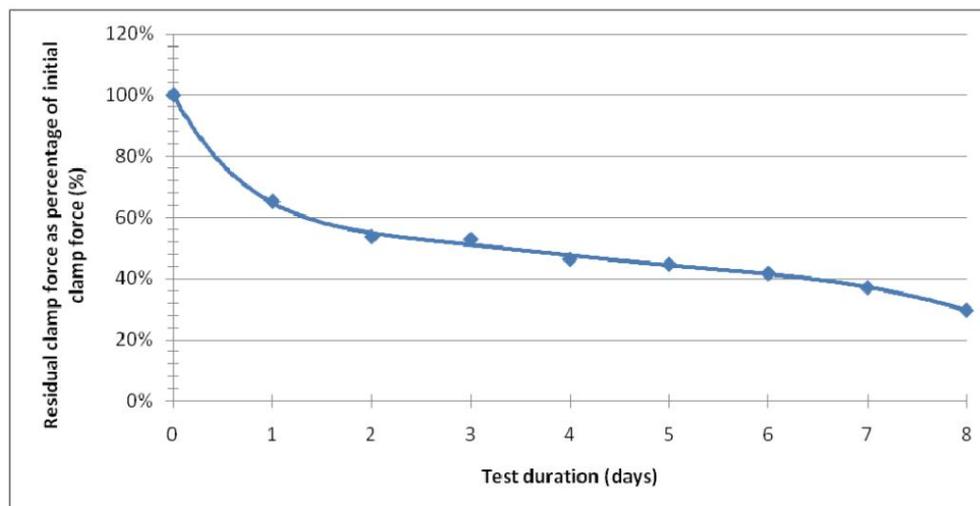


Figure 23 : Historique temporel de la force de serrage enregistrée lors d'un test au cours duquel une contamination a été ajoutée entre les surfaces de contact de la roue.

Au cours d'un cycle de test, la contamination a été éliminée de toutes les surfaces de contact afin de fournir une interface « idéale » aussi propre que possible. La figure 24 montre qu'au cours de cet essai, il n'y avait aucune preuve d'une réduction initiale de la charge de serrage et qu'elle est restée approximativement constante pendant tout l'essai. Ceci suggère que la contamination entre les surfaces de contact a effectivement contribué à la réduction de la charge de serrage.

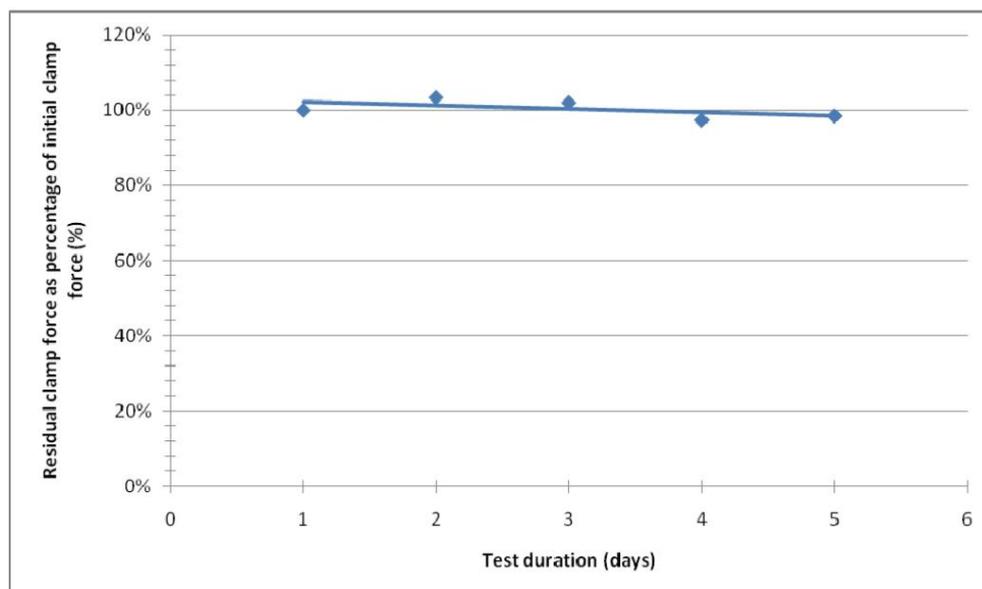


Figure 24 : Historique temporel de la charge de serrage enregistrée lors d'un essai sans aucune contamination entre les surfaces de contact de la roue.

3.2.4.3 Dégagement du robinet

La force de serrage totale requise à chaque position de fixation de roue est la somme de celle requise pour générer une force de friction suffisante entre les surfaces de contact pour résister à la charge verticale du pneu (partagée également entre toutes les fixations de roue) et pour résister au moment se produisant en raison du décalage entre le centre de contact du pneu et la surface de contact.

Il a été considéré que si la force de serrage était suffisamment faible pour permettre un mouvement relatif entre les surfaces de contact, alors un jeu plus grand entre l'embout et la roue augmenterait l'ampleur de tout mouvement relatif et augmenterait ainsi la vitesse à laquelle la force de serrage se réduisait. Par conséquent, les tests ont été entrepris avec une force de serrage nominale de 100 kN, soit environ la moitié de la force de serrage requise telle que calculée dans l'analyse mathématique décrite dans la section 3.1.

Dans un premier temps, les tests ont été effectués avec le jeu entre l'embout et la roue dans l'état « tel que reçu » à partir de l'achat du véhicule. Pour les tests ultérieurs, le jeu a été légèrement augmenté jusqu'à 0,5 mm sur le diamètre, puis à 1 mm et enfin 3 mm sur le diamètre au cours du cycle de test le plus récent.

La figure 25 montre une comparaison entre deux tests avec différents niveaux de jeu. Bien qu'il existe une légère différence entre les deux, la forme générale des graphiques est similaire. Un graphique pour le cycle d'essai avec un jeu de 1 mm sur le diamètre n'est pas présenté car pour cet essai, la contamination artificielle a également été éliminée et, comme le montre la figure 24, il n'y a eu aucune réduction significative de la force de serrage.

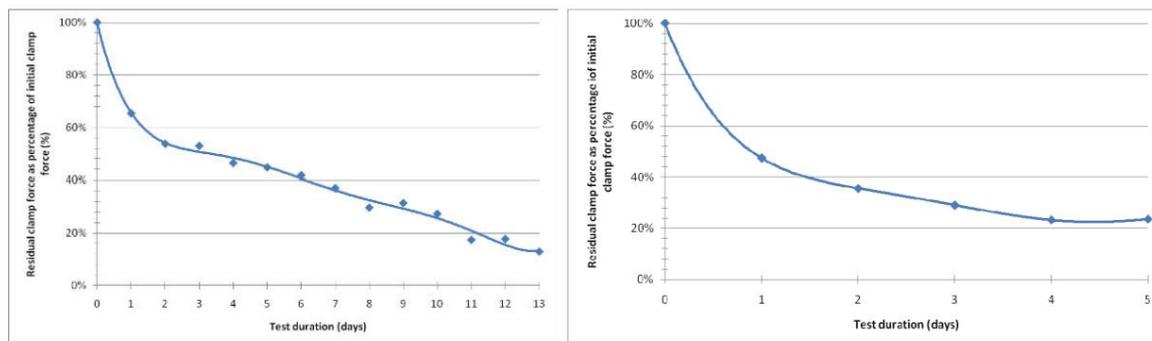


Figure 25 : Comparaison de l'évolution de la force de serrage pour les tests avec un jeu de 0,2 mm (à gauche) et de 0,5 mm (à droite) entre l'embout et la roue.

À la suite d'un atelier réunissant un certain nombre d'experts du secteur (dont de plus amples détails sont décrits dans la section 3.2.4.6), le jeu a encore été augmenté à 3 mm, le jeu maximum autorisé par le contrôle technique annuel.

Une fois de plus, la tendance globale des résultats s'est avérée similaire à celle des tests précédents, bien que dans ce cas, l'ampleur de la perte de force de serrage était inférieure à celle des tests précédents avec un jeu plus petit. Ceci suggère que, pour les tests effectués dans le cadre du projet, l'influence du jeu du tourillon était minime sur le taux de réduction de la force de serrage.

3.2.4.4 Effet de la combinaison de types d'écrous de roue sur la même roue

Pour les premiers cycles d'essais, l'objectif était de tester autant de types différents de dispositifs de blocage ou de retenue de roue que possible dans le temps limité disponible. En outre, il était également important de tester autant d'écrous de roue standard que possible afin d'augmenter la probabilité que l'un des écrous standard se desserre au cours du programme de test. Pour ces raisons, des goujons et écrous de roue standard étaient installés sur trois des quatre roues, mais pour chaque roue, seuls cinq des dix goujons et écrous de roue étaient équipés d'écrous standard. Les cinq goujons et écrous restants sur chaque roue étaient équipés d'un type différent de dispositif de verrouillage ou de retenue, comme le montre la figure 26.

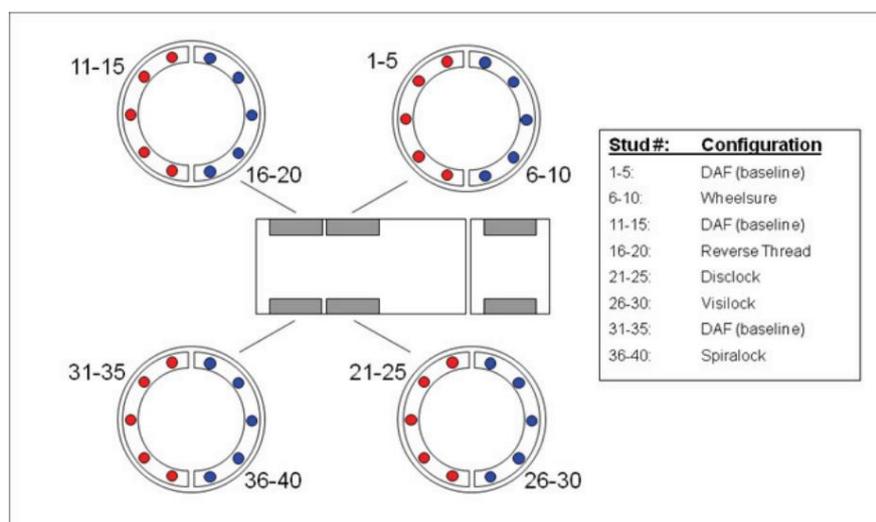


Figure 26 : Exemple de configuration de test lors du test de plusieurs appareils sur chaque roue.

Les résultats des premiers cycles de test ont montré que la force de serrage pour les deux types d'écrous de roue et de dispositif de verrouillage sur chaque roue était très similaire. Pour évaluer si l'efficacité d'un dispositif affectait l'autre, la configuration du véhicule a été modifiée de sorte que l'une des roues ne soit équipée que de 10 écrous standards.

La figure 27 montre que sur une période de test prolongée de 13 jours, la roue équipée uniquement d'écrous standards a présenté une diminution constante de la force de serrage. En comparaison, les écrous standard installés à côté de l'un des dispositifs de blocage d'écrous ont initialement montré une réduction similaire de la charge de serrage avant de se stabiliser vers la fin du test. Cela suggère que lorsque plusieurs types de dispositifs étaient installés sur la même roue, il y avait une certaine interaction entre les dispositifs, ce qui avait pour effet d'atténuer la réduction de la force de serrage.

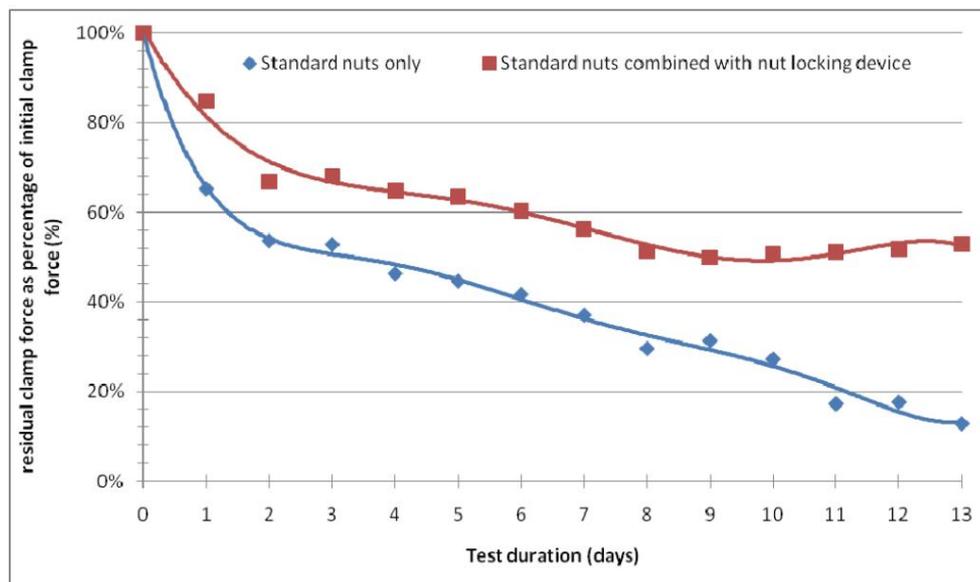


Figure 27 : Comparaison de la réduction de la charge de serrage

3.2.4.5 État des goujons et écrous de roue

Les résultats des tests au banc (décrits plus haut dans la section 3.2.1) ont montré qu'un nouvel écrou et un goujon entièrement lubrifiés atteignaient un niveau initial de charge de serrage plus élevé pour un couple d'entrée donné par rapport à un écrou et un goujon « usagés ». Les tests Junkers effectués plus tôt dans le cadre de ce projet ont également montré qu'en raison du frottement supplémentaire dans les anciens écrous et goujons, la vitesse de chute de la charge de serrage était plus lente que pour les nouveaux goujons et écrous.

Au début du premier cycle d'essai, les goujons et écrous montés sur le véhicule étaient neufs. Ils ont été réutilisés au cours de plusieurs cycles de tests et, bien qu'ils aient été régulièrement lubrifiés, ils n'ont été remplacés que si une modification de la configuration était nécessaire. Au fur et à mesure que ces dispositifs sont devenus plus utilisés au cours de chaque test, il existe des preuves que le rapport couple/force de serrage a diminué. Ceci est cohérent avec les résultats des tests au banc qui ont également produit une force de serrage plus faible avec les écrous et goujons usagés.

Pour vérifier si le changement du rapport couple/serrage était dû à une augmentation de la friction entre les interfaces de filetage et de rondelle, des tests supplémentaires au banc ont été entrepris avec certains goujons qui avaient déjà été utilisés sur le véhicule d'essai lors des essais de validation.

Le but de ces tests était de mesurer la force de serrage pour différents niveaux de couple appliqué. Les cinq conditions de test suivantes ont été prises en compte pour évaluer si la condition et/ou le niveau de lubrification avaient un effet sur le résultat :

- Goujons et écrous usagés (« tels que reçus » après essai du véhicule) •
- Goujons et écrous usagés neufs •
- Goujons usagés nettoyés et lubrifiés avec d'anciens écrous « tels que reçus » • Goujons et écrous usagés nettoyés et lubrifiés

- Différentes paires de nouveaux goujons et écrous¹

Les résultats de ces tests ont ensuite été comparés aux résultats des tests au banc d'origine et aux lectures prises lors des essais du véhicule.

La figure 28 montre qu'il y avait très peu de différence entre les cinq conditions différentes évaluées dans le dernier programme d'essais au banc. Les niveaux de charge de serrage pour ces tests étaient tous légèrement inférieurs à ceux des tests au banc d'origine, mais supérieurs aux valeurs des essais sur véhicules. Le fait que les mêmes écrous et goujons, qui donnaient un faible niveau de charge de serrage lors des essais sur le véhicule, produisaient un rapport couple/serrage plus élevé, proche des essais au banc d'origine, suggère que l'âge des goujons et des écrous utilisés pendant l'essai sur le véhicule. Les essais n'ont pas eu d'influence substantielle sur les résultats.

Cela suggère également que la différence entre les essais sur le véhicule et sur le banc pourrait être due à un autre facteur tel que la présence de contamination sur le véhicule ou une différence dans les propriétés des matériaux entre le banc d'essai et le véhicule.

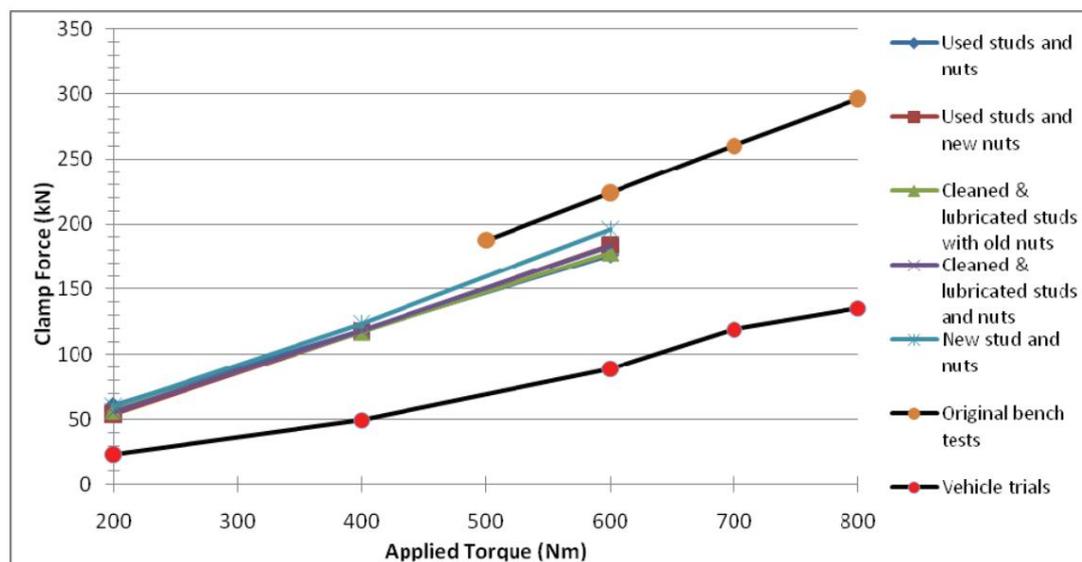


Figure 28 : Résultats des tests au banc pour évaluer l'influence de l'âge et de la lubrification des goujons et des écrous.

3.2.4.6 Conditions d'essai

La majorité des essais d'usure accélérée ont été effectués dans l'une des trois conditions d'essai différentes. Premièrement, le véhicule roulait sur une chaussée « accidentée ». Il s'agit d'un circuit de 675 m conçu pour l'évaluation des suspensions des gros véhicules. Il se compose de blocs carrés dépassant du sol, sur lesquels le véhicule roule à environ 10-15 milles/h.

La deuxième surface était le « Belgian Pave », qui était un circuit de 1,5 km de pavés irréguliers avec une variété de virages et d'inclinaisons. Ce parcours était moins exigeant que la piste accidentée et le véhicule pouvait donc rouler à environ 20-30 milles/h.

Enfin, le troisième type de test était un « sprag test ». Il s'agissait de faire avancer le véhicule à plusieurs reprises à basse vitesse, puis de freiner brusquement, puis de faire immédiatement marche arrière et de freiner à nouveau.

¹ Les « nouveaux » écrous avaient déjà été utilisés lors des tests au banc d'origine, mais étaient tous bien lubrifiés et coulaient sans problème dans les filetages. Il s'agissait des goujons/écrous les plus récents disponibles.



Figure 29 : Surfaces d'essai de piste accidentée (à gauche) et de revêtement belge (à droite).

Les premiers essais du véhicule ont été effectués sur un revêtement de piste accidenté et l'un des cycles d'essai a été prolongé de deux jours supplémentaires d'essais de cales, suivis de deux jours supplémentaires d'essais sur le revêtement belge (Figure 30). Il s'agissait du premier cas où la charge de serrage continuait à diminuer pendant tout l'essai et il a donc été considéré que l'introduction des essais belges de pose de revêtement et de sprag avait été un facteur.

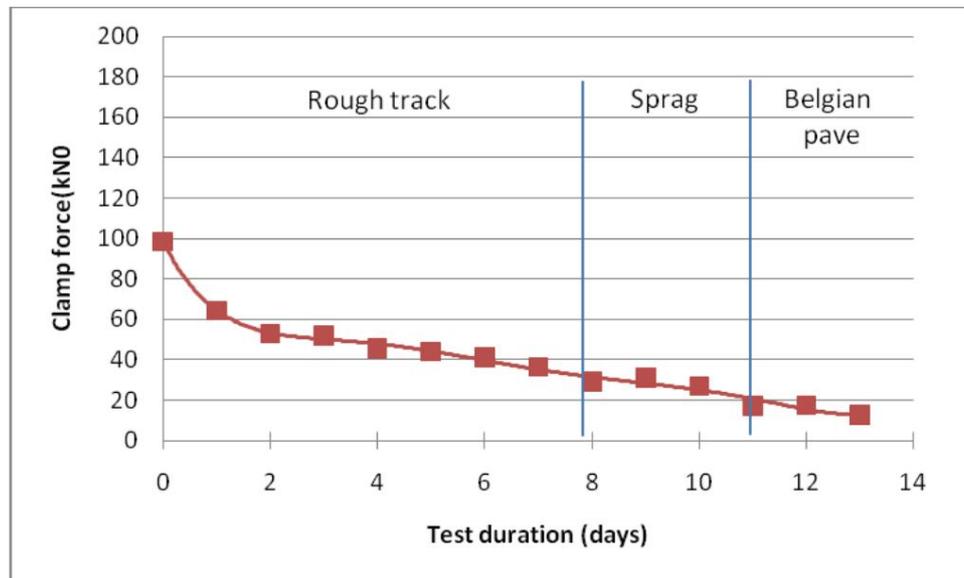


Figure 30 : Historique temporel de la force de serrage pour le cycle de test utilisant trois surfaces/méthodes de test différentes.

C'est pour cette raison que le cycle d'essai suivant a été réalisé en combinant des essais belges de pose et de sprag (Figure 31). Cependant, les résultats de ce test ont montré qu'après une réduction initiale de la charge de serrage, il n'y avait plus de diminution. Par conséquent, on peut se demander s'il y a eu une différence dans l'efficacité des méthodes d'essai ci-dessus pour réduire la force de serrage.

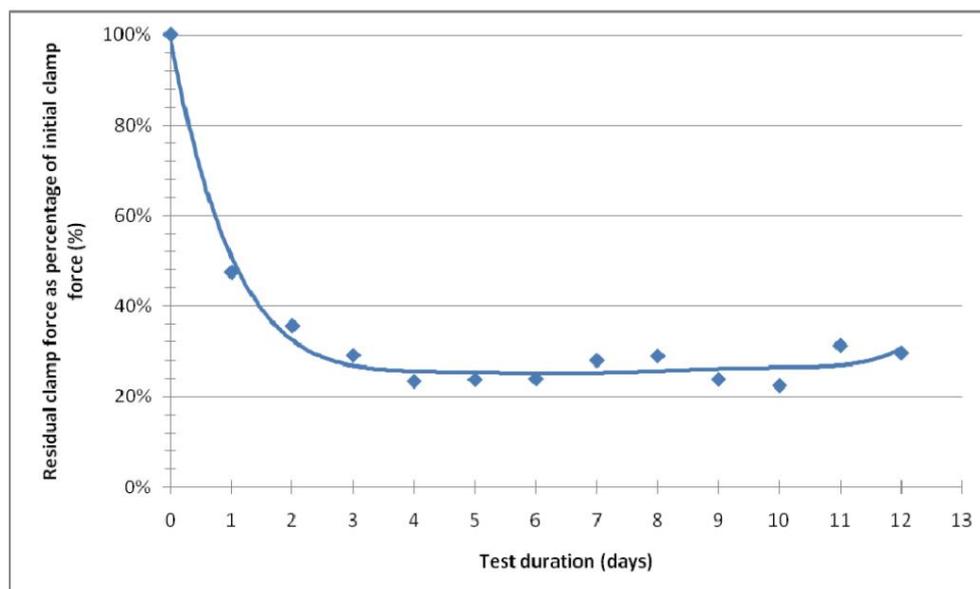


Figure 31 : Historique de la force de serrage lorsqu'une combinaison d'essais belges de pose et de sprag a été utilisée.

3.2.4.7 Atelier des parties prenantes

Étant donné que les méthodes et conditions d'essai ci-dessus n'ont pas réussi à desserrer systématiquement les écrous de roue standard montés sur le véhicule, un atelier a été organisé au TRL pour recueillir les commentaires et les commentaires des parties prenantes intéressées concernant la méthodologie utilisée et les résultats obtenus jusqu'à présent. Parmi les participants à cette réunion figuraient des représentants de constructeurs automobiles, d'organisations industrielles, d'experts en matière de boulons et de fixations et de fabricants de dispositifs de blocage d'écrous de roue.

Les principaux points de discussion de la réunion ont conclu que, même si les tests avaient abouti à une réduction de la charge de serrage, rien n'indiquait que les écrous de roue avaient tourné. Cela suggère que, malgré la faible force de serrage et les jeux des embouts, le mouvement relatif entre les surfaces de contact était insuffisant pour provoquer un desserrage par vibration. Au lieu de cela, s'ils avaient été testés pendant une période prolongée, il a été considéré comme probable que les tests auraient pu entraîner une défaillance des goujons.

En outre, il a été suggéré que mélanger l'ordre de la roue et des écrous par rapport aux goujons et à leur emplacement de montage d'origine pourrait contribuer à provoquer un desserrage par vibration, car l'ajustement entre les filetages ne serait pas parfait ou réglé.

Il a également été recommandé qu'augmenter le jeu du tourillon à 3 mm sur le diamètre et réduire le coefficient de frottement entre les surfaces de contact (c'est-à-dire dans les filetages et entre les roues et le moyeu) pourrait également conduire à un mouvement relatif plus important.

À la suite des discussions lors de l'atelier des parties prenantes, des modifications ont été apportées aux conditions de test et à la procédure de test pour les essais de validation. En particulier, les roues et les écrous ont été repositionnés respectivement sur différents axes et goujons et une couche de lubrifiant graphite/bisulfure de molybdène (résistant à la température) a été appliquée sur les surfaces de contact et les filetages.

La procédure de test a également été modifiée pour intégrer toutes les surfaces de test précédemment utilisées ainsi que quelques manœuvres supplémentaires. Le cycle de test révisé comprenait :

- Conduite sur piste accidentée ;
- Passer sur les trottoirs ;
- Tests de pointes et de sprags ;
- Tests de la figure en huit ;

Tours d'un circuit à grande vitesse;
Décélération à G élevé ;
Passage sur des dos d'âne ; Pavé
Belge ; et Tours d'un circuit
de manutention.

Malgré les modifications apportées à la procédure de test, les résultats de la dernière série de tests ont produit des résultats similaires. La figure 32 montre qu'il y a eu une réduction initiale de la charge de serrage au cours des deux premiers jours, après quoi la force de serrage a commencé à se stabiliser.

La figure 32 montre également deux points de données où la force de serrage a été enregistrée comme étant bien inférieure à la tendance globale du graphique. La même baisse de la force de serrage a été présentée par chaque goujon de roue individuel monté sur le véhicule. On ne sait pas exactement ce qui a causé ces valeurs inférieures, mais il est possible que cela soit dû à un défaut intermittent de l'équipement de mesure ou à une erreur humaine. La ligne de tendance affichée sur le graphique a été générée en excluant ces deux points de données.

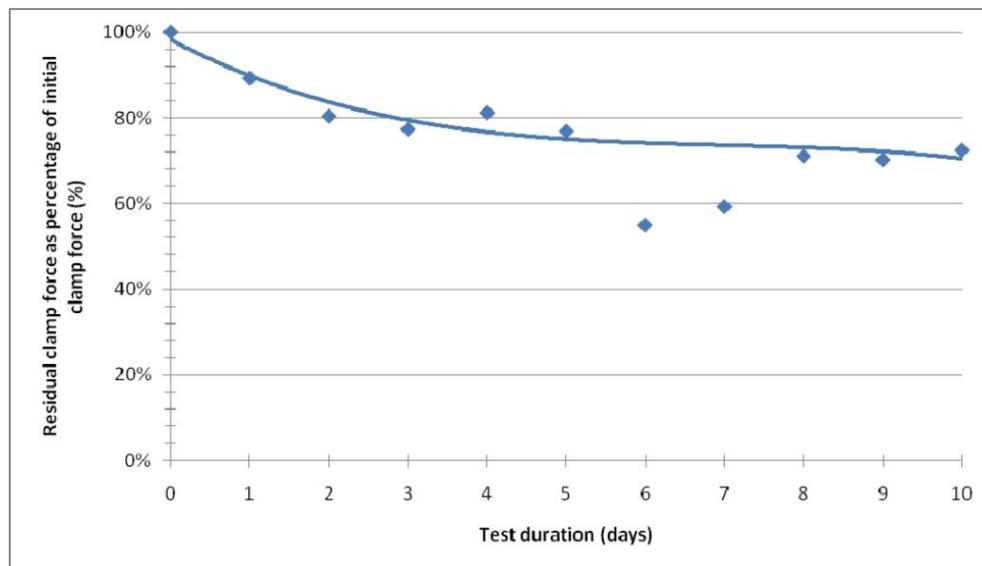


Figure 32 : Modification de la force de serrage pour les tests avec un jeu de 3 mm entre l'embout et la roue.

4 Résultats des tests - solutions potentielles

Au cours de la phase 1 de ce projet, un certain nombre de solutions potentielles au desserrage des écrous de roue ont été identifiées. Pour cette deuxième phase du projet, des échantillons de ces appareils ont été testés pour évaluer leur efficacité et leur durabilité.

L'annexe B fournit plus de détails sur les appareils utilisés au cours de ce projet.

4.1 Premiers tests de serrage

Des tests au banc ont été réalisés avec les appareils Disc-lock, Spiralock et Visilok. Les tests n'ont pas été effectués avec le dispositif Wheelsure car ce produit utilise un goujon et un écrou de roue OEM standard et des tests avec cette combinaison avaient déjà été effectués.

La figure 33 montre que les trois dispositifs testés ont fourni une force de serrage nettement inférieure à celle des écrous OEM standard. La figure 33 montre également que pour un couple appliqué de 600 Nm, les trois dispositifs de verrouillage testés ont tous produit une force de serrage inférieure au couloir de performances spécifié dans la BS AU 50 (mis en évidence par l'encadré rouge).

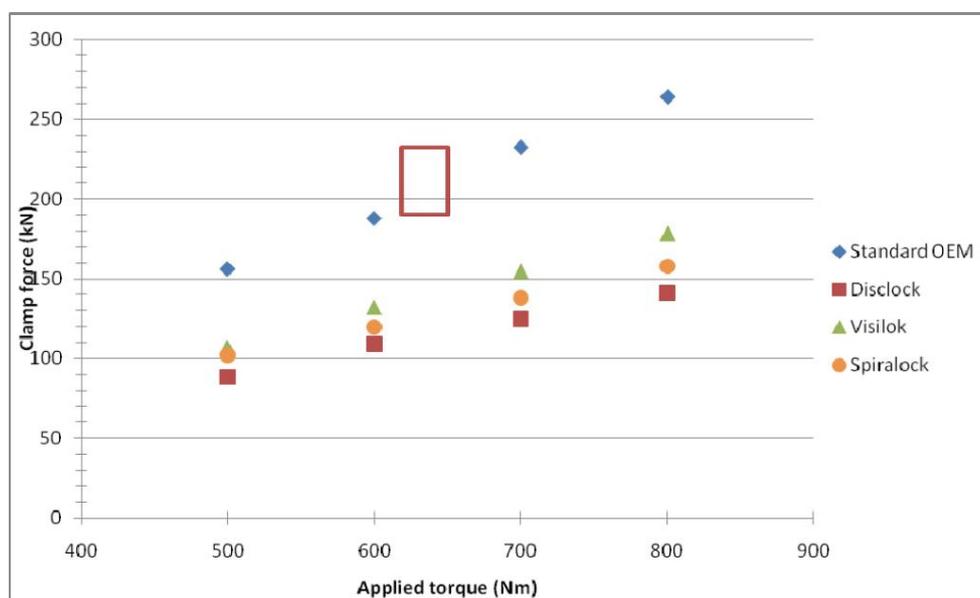


Figure 33 : Force de serrage moyenne générée par la méthode de serrage au couple pour différents dispositifs de blocage de roue.

4.2 Efficacité et durabilité

4.2.1 Essais standards

Des tests Junkers ont été effectués en utilisant une gamme de dispositifs de verrouillage/rétention des écrous de roue et d'indicateurs de mouvement des écrous de roue. Deux échantillons de chaque dispositif ont été testés et cinq tests ont été réalisés avec chacun de ces échantillons. Pour chaque test, la force de serrage résiduelle en pourcentage de la force de serrage au début du test a été enregistrée.

La figure 34 montre un diagramme en boîte affichant la variation des résultats pour chacun des appareils. Une analyse statistique de ces résultats a révélé que, pour un niveau de confiance de 95 %, la force de serrage résiduelle pour les dispositifs Disc-lock, Spiralock, Visilok, Wheelsure, Checklink et Ric-clip était toutes statistiquement supérieure à la force de serrage résiduelle pour le modèle Standard. Écrous de roue d'origine. Il est intéressant de noter que, bien que le dispositif Checklock ait produit une bonne cohérence dans les résultats, qui étaient en moyenne légèrement supérieurs à ceux des écrous OEM standard, le

la différence n'était pas suffisamment grande pour qu'elle soit considérée comme statistiquement différente des écrous de roue OEM standard.

Un fabricant nous a refusé l'autorisation d'attribuer des résultats spécifiques à son dispositif, car les résultats montraient qu'il avait très peu d'effet sur la résistance au desserrage des écrous de roue dans les conditions de test. Cependant, il est important de noter que ce n'est pas l'objectif premier de ce produit. Il est conçu pour permettre au conducteur de voir facilement s'il y a eu une rotation. Cet appareil a été testé uniquement lors des tests Junkers et a été étiqueté « Autre appareil » pour les deux graphiques suivants.

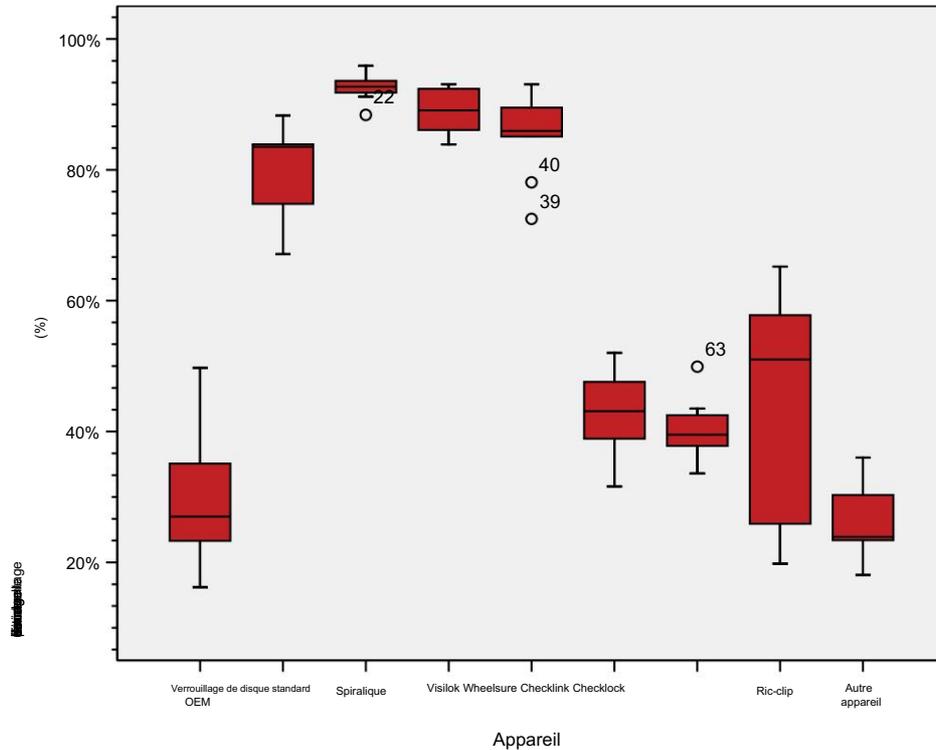


Figure 34 : Boîte à moustaches des résultats du test Junkers.

De plus, les résultats indiquent que la force de serrage retenue par le dispositif Spiralock était significativement supérieure à la force de serrage retenue par les dispositifs Disc-lock et WheelSure. Aucune différence significative n'a été constatée entre les résultats des tests avec les dispositifs Disc-lock et WheelSure.

La figure 35 montre un exemple d'historique temporel pour chacun des dispositifs de blocage d'écrou de roue par rapport aux écrous OEM standard lorsqu'ils sont utilisés avec de nouveaux goujons de roue. Ces exemples sont typiques de la moyenne des tests individuels réalisés.

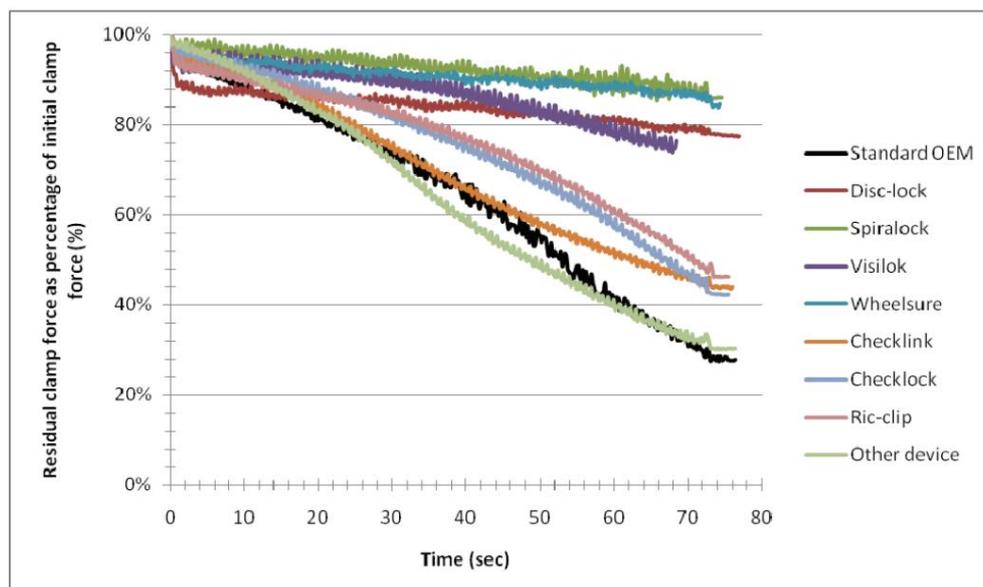


Figure 35 : Exemples d'historiques temporels de tests Junkers avec des dispositifs de blocage d'écrous de roue utilisés sur de nouveaux goujons de roue.

Pour le dispositif Visilok, bien que les résultats des tests Junkers aient montré qu'une proportion élevée de la force de serrage initiale était maintenue, une certaine prudence doit être observée quant à ce résultat car une inspection visuelle du dispositif pendant et après les tests a montré que, dans certains cas, l'appareil n'a peut-être pas fonctionné comme prévu.

Par exemple, lors de certains tests, l'écrou de roue a d'abord légèrement tourné, provoquant une chute de la force de serrage, mais s'est ensuite arrêté et verrouillé en position sans tourner suffisamment pour que les goupilles s'activent dans les rainures du goujon. Ce résultat suggère que l'écrou de roue était en quelque sorte lié au goujon de roue parce que le couple requis pour desserrer l'écrou était supérieur à celui utilisé à l'origine pour le serrer. Il convient de noter que les appareils Visilok utilisés au cours du projet étaient des versions prototypes et que les écrous de roue avaient des filetages coupés plutôt que des filetages roulés. Il est donc possible que cela ait affecté le test d'une manière ou d'une autre. Ce résultat inhabituel a été discuté avec Visilok qui a indiqué qu'au cours de son propre programme de tests, il n'avait rencontré aucun problème de ce type.

Également dans d'autres tests, les broches se sont activées comme prévu, mais elles se sont déformées pendant le test alors que l'écrou continuait de tourner. Dans certains cas, la pointe des broches s'est complètement arrachée (Figure 36). Il est reconnu que le test Junkers est un test très rigoureux et il est donc possible que la conception soit suffisante pour les charges subies lors d'une conduite normale, mais cela n'a pas pu être confirmé.



Figure 36 : Exemple de déformation des broches Visilok lors du test Junkers. Goupilles cisailées affichées à droite.

Des tests similaires ont également été entrepris avec les dispositifs ci-dessus mais en combinaison avec des goujons de roue usagés. En général, les résultats de ces tests étaient très similaires à ceux obtenus avec des goujons de roue neufs, tous les dispositifs conservant une grande proportion de la force de serrage initiale.

Pour le Ric-clip, une grande dispersion était évidente à partir des résultats individuels. Une analyse plus fine (Figure 37) a montré que pour le premier des deux échantillons Ric-clip testés, la force de serrage à la fin de l'essai était, en moyenne, de 60 % de sa valeur initiale. En revanche, la force de serrage finale pour le deuxième échantillon ne représentait que 30 % de la valeur initiale. Si ces échantillons avaient été considérés séparément, les résultats du premier échantillon auraient été statistiquement supérieurs à ceux des écrous OEM standard, tandis que le deuxième échantillon ne présentait aucune différence significative par rapport aux écrous OEM standard. Cela pourrait indiquer que le premier échantillon avait un ajustement plus serré sur l'écrou de roue et était capable de résister légèrement mieux au desserrage que le deuxième échantillon.

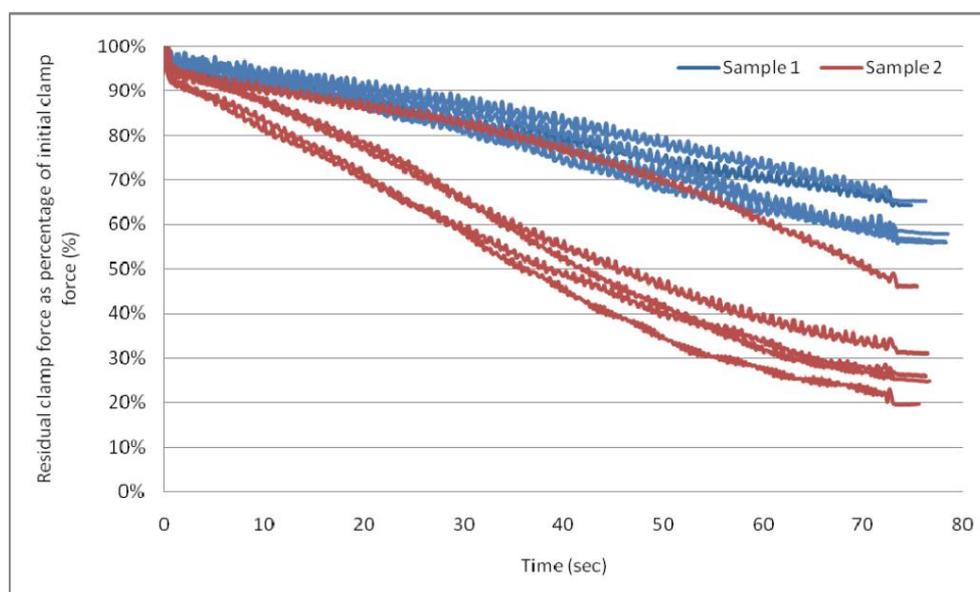
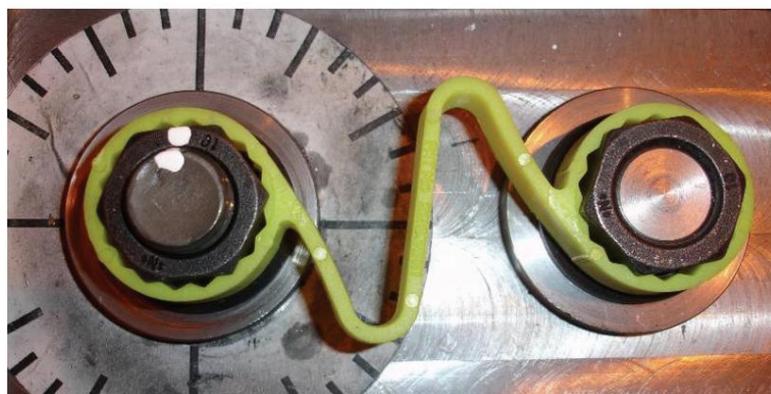


Figure 37 : Différence entre les résultats des tests Junkers pour deux échantillons différents de Ric-clip.

Le produit Checklink est un dispositif en plastique conçu comme un dispositif de retenue à monter sur les écrous de roue adjacents. La figure 38 montre comment, lors du test Junkers, l'écrou de roue était encore capable de tourner, provoquant une déformation du dispositif. Le fabricant de ce dispositif a indiqué que sa déformation dans les conditions de développement d'un écrou de roue desserré est intrinsèque à sa conception pour montrer, par cette déformation, que les écrous de roue nécessitent une inspection.



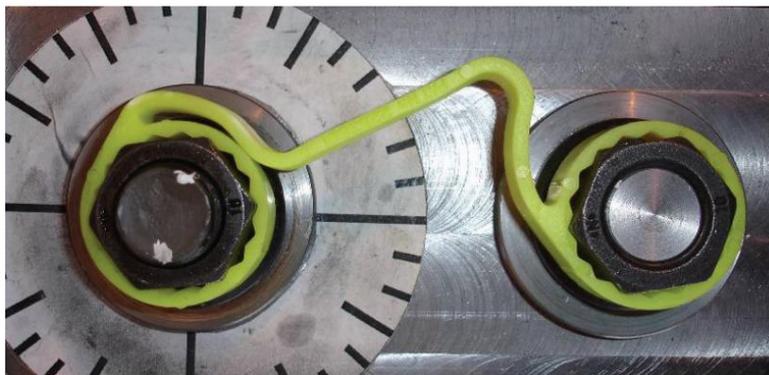


Figure 38 : Images avant (en haut) et après (en bas) du test Junkers avec le périphérique Checklink.

Les dispositifs Checklock et Ric-clip sont métalliques et sont conçus pour saisir le bord extérieur de l'écrou de roue. Une inspection de ces appareils après chaque test a révélé de légères rayures sur les faces intérieures de l'appareil. Il n'est pas clair si ces marques ont été causées par la rotation de l'écrou de roue à l'intérieur du dispositif pendant les tests ou si les marques ont été causées lors du montage, où les ressorts métalliques doivent être étendus sur les écrous, puis laissés se détendre et saisir l'écrou.

4.2.2 Tests étendus

La figure 39 montre les résultats des tests approfondis qui ont été entrepris avec les écrous OEM standard ainsi que les dispositifs Disc-lock, Spiralock, Visilok et Wheelsure. On peut voir que tous les dispositifs ont maintenu une proportion élevée de la force de serrage initiale

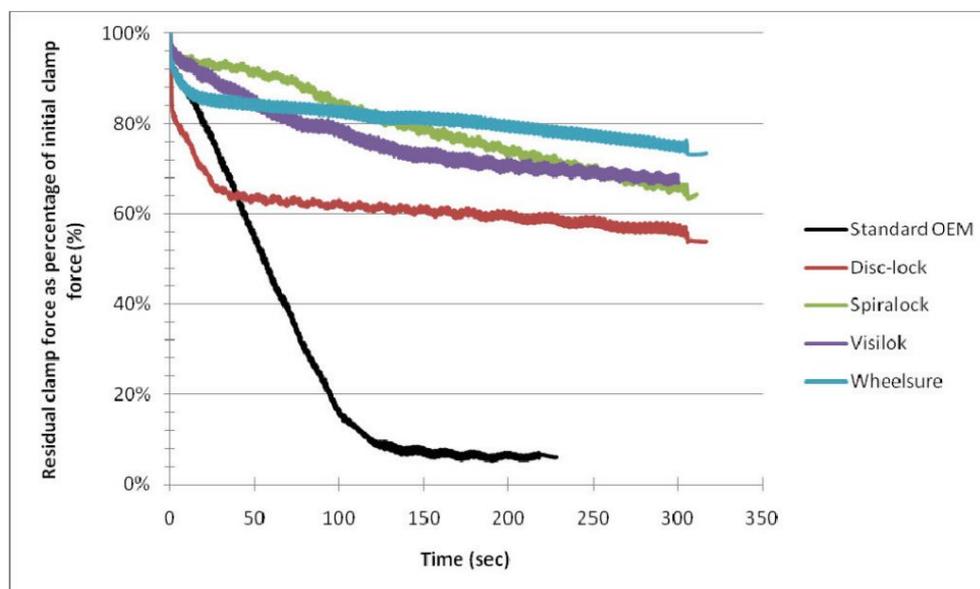


Figure 39 : Tests Junkers étendus.

4.3 Essais d'usure accélérés

Il n'a pas été possible de développer une procédure de test représentative du comportement réel qui provoquait le desserrage cohérent des écrous de roue OEM standard.

En conséquence, il n'a pas été possible de comparer de manière concluante l'efficacité réelle des différents dispositifs utilisés dans ce projet. Les performances des écrous de roue OEM standard ont été décrites plus haut dans la section 3. Ces résultats suggèrent que lorsque deux types différents d'écrous de roue/dispositif de verrouillage étaient installés sur la même roue (c'est-à-dire cinq d'un dispositif et cinq d'un autre), les performances d'un le type d'appareil pourrait affecter l'autre. Pour

C'est pour cette raison que l'analyse suivante s'est limitée à inclure uniquement des essais dans lesquels chaque roue n'était équipée que d'un seul type d'écrou/dispositif de roue.

Un seul cycle de test a fourni des résultats notables pour les dispositifs de verrouillage. La figure 40 montre que la force de serrage des 10 dispositifs Disc-lock installés sur une roue est tombée à zéro dans les quatre jours suivant le début d'un cycle d'essai particulier, bien qu'aucune perte ou détachement de roue ne se soit produit car les tests ont été étroitement surveillés et les tests ont été effectués. a été arrêté peu de temps après.

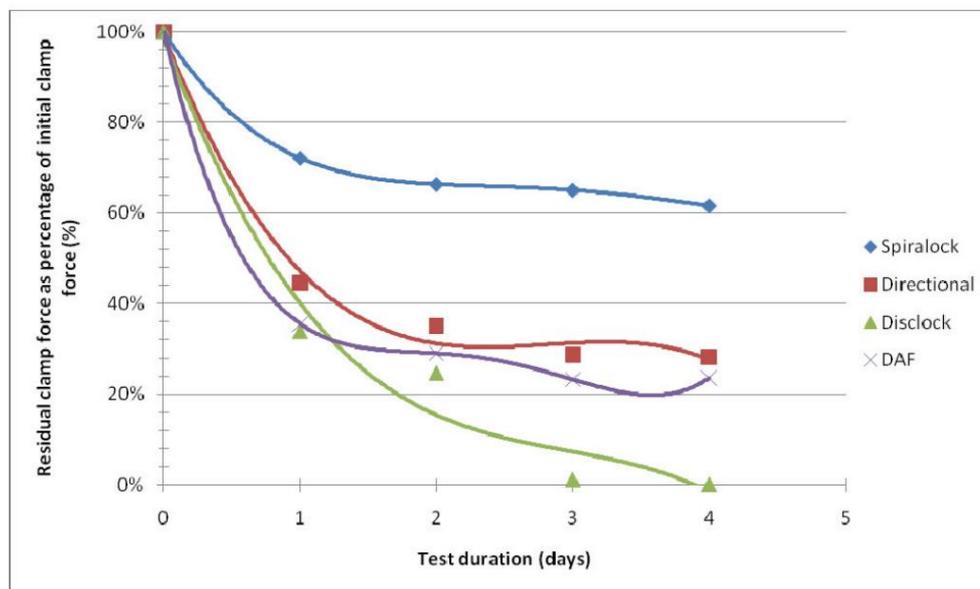


Figure 40 : Force de serrage résiduelle lors des essais de validation.

Il convient de noter que la configuration de ce test n'était pas conforme à la procédure de serrage recommandée par Disc-lock consistant à serrer l'écrou à 700 Nm, car ils avaient été serrés à un couple inférieur pour tenter de desserrer plus rapidement l'écrou de roue. De plus, les écrous Disc-lock n'étaient pas neufs car ils avaient été utilisés pendant plusieurs cycles de tests.

Il n'était pas clair si le desserrage des écrous du Disc-lock avait été dû au fait que des écrous « usagés » avaient été utilisés et que les rampes étaient usées. Par conséquent, cinq des 10 écrous Disc-lock ont été remplacés par de nouveaux écrous Disc-lock et les 10 écrous ont été resserrés et le cycle de test a été poursuivi. Comme le montre la figure 41, pendant le test prolongé, tous les dispositifs ont maintenu une force de serrage constante.

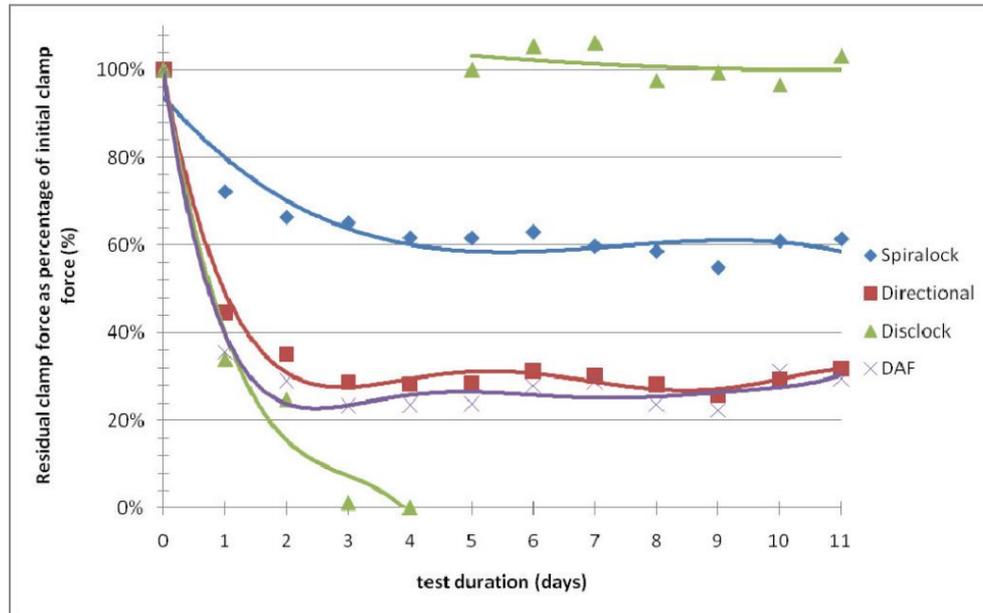


Figure 41 : Force de serrage résiduelle lors des essais de validation – test étendu.

Le cycle de test final du projet a utilisé la méthodologie de test révisée décrite à la section 3.2.4.7. La figure 42 montre que chacun des dispositifs testés a perdu une force de serrage similaire au cours du cycle de test. Cela montre également que même si les dispositifs étaient tous serrés au même couple nominal (200 Nm), la force de serrage générée par certains dispositifs était bien inférieure à celle des autres dispositifs, comme démontré précédemment lors des tests au banc.

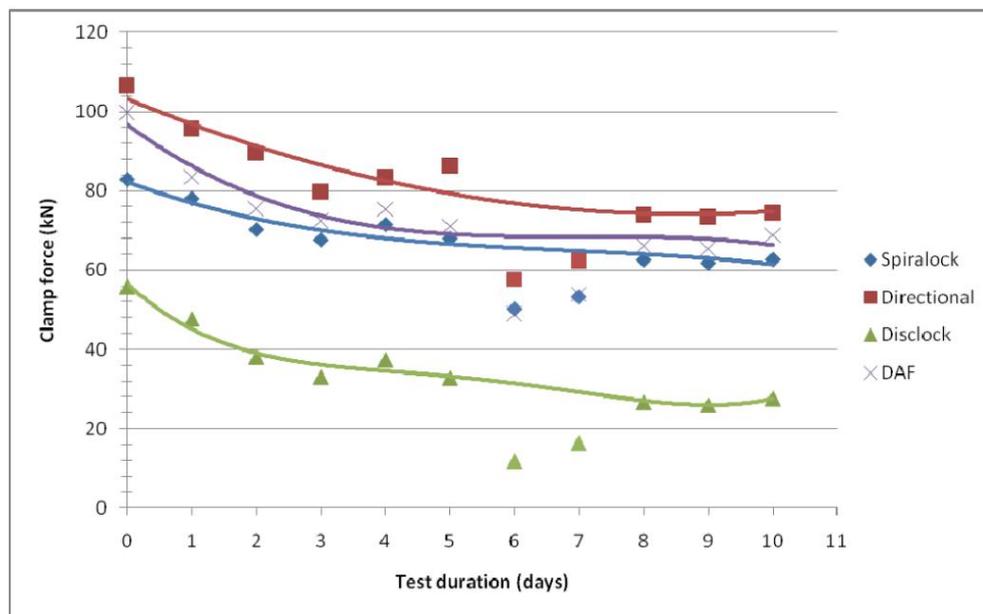


Figure 42 : Force de serrage pendant le cycle de test final – essais de validation.

Les figures 41 et 42 montrent également qu'il n'y avait pas de différence significative dans les performances du modèle OEM standard (filetage à droite) ou du modèle directionnel (filetage à gauche).

5 Analyse coûts-avantages

Dans le cadre de ce projet, une analyse coûts-avantages a été entreprise. Cela a utilisé les statistiques d'accidents et les enquêtes entreprises au cours de la phase 1 du projet, ainsi que les résultats des tests de la phase 2 pour considérer l'effet des options suivantes pour d'éventuels nouveaux règlements, codes de bonnes pratiques ou politiques de maintenance :

- Option A : Ne rien faire
- Option B ; Introduire des procédures volontaires ou obligatoires ;
- Option C : réintroduire l'utilisation de fils directionnels ;
- Option D : Mettre en œuvre un examen de la conception des moyeux et des fixations des roues des véhicules lourds ;
- Option E : introduire des dispositifs de retenue des écrous de roue sur tous les véhicules ;
- et • Option F : introduire des indicateurs de mouvement des écrous de roue sur tous les véhicules.

Les sous-sections suivantes résument les principales conclusions de chaque option. Tous les détails sur les analyses sont fournis à l'annexe C du présent rapport.

5.1 Option A : ne rien faire

Cette option a pris en compte les coûts du maintien de la situation existante sur la base des données disponibles sur la fréquence d'apparition des incidents de desserrage et de détachement des roues et leurs conséquences, y compris celles obtenues dans les dernières enquêtes.

En utilisant les évaluations publiées des victimes et les propres estimations des opérateurs concernant le coût des détachements, les coûts actuels des problèmes de réparation/détachement des roues au Royaume-Uni sont résumés dans le tableau 2 ci-dessous.

Tableau 2 : Coûts actuels des problèmes de fixation/démontage des roues au Royaume-Uni.

	Nombre estimé d'incidents par an (avec coûts)					Coûts totaux
	Défauts de fixation des roues*	Détachement de roue [pas de collision]	Détachement de roue [dommages uniquement]	Détachement de roue [accident corporel]	Détachement de roue [accident mortel]	
Estimation supérieure	11 000 (4,78 millions de livres sterling)	400 (0,60 M£) 134 (0,47 M£)	27 (1,04 M£)		7 (11,79 millions de livres sterling) (18,68 millions de livres sterling)	
Estimation inférieure	7 500 (3,26 millions de livres sterling)	150 (0,23 M£) 50 (0,18 M£)		10 (0,39 million de livres sterling)	3 (5,05 millions de livres sterling)	(9,10 millions de livres sterling)
Coûts à l'unité	435 £	1 500 £	3 500 £	38 594 £	1,68 millions de livres sterling	-

* : écrous desserrés, manquants, endommagés, goudons endommagés, défilants

On estime que le coût permanent pour l'industrie et la société dans son ensemble se situe entre environ 9 et 19 millions de livres sterling par an. Il y avait 547 300 camions et bus immatriculés au Royaume-Uni en 2008 (DfT, 2009). Cela signifie qu'environ 16 à 34 £ pourraient être dépensés pour chaque véhicule au Royaume-Uni afin d'éliminer le problème et de fournir un avantage financier net au cours de la première année de mise en œuvre.

5.2 Option B : Introduire des procédures volontaires ou obligatoires

Cette option visait à établir et à maintenir des procédures opérationnelles conçues pour minimiser et, si possible, éliminer le desserrage et le détachement des roues. Il

a envisagé deux manières d'y parvenir (1) les procédures volontaires et (2) les procédures obligatoires.

Certaines informations ont été obtenues sur les coûts de maintenance. Par exemple, le re-serrage a été estimé à 6 £ par roue. Par ailleurs, au moins un opérateur consulté a déclaré qu'il resserrait désormais les écrous de roue chaque semaine pour tous les véhicules afin d'essayer d'éviter le décrochage des roues.

Dans la pratique, de nombreux opérateurs/conducteurs resserrent déjà leurs roues soit à intervalles réguliers, soit chaque fois qu'une roue a été déposée et remplacée pour une raison quelconque. Le tableau 3 montre le coût supplémentaire du resserrage hebdomadaire pour différentes proportions de la population poids lourds.

Tableau 3 : Coûts supplémentaires pour le re-serrage hebdomadaire

Pourcentage de roues nécessitant un resserrage	Coûts annuels supplémentaires (en millions de livres sterling)
1%	8.1
2%	16.1
dix%	80,6

Les avantages seraient d'économiser une partie des coûts d'incidents et d'accidents indiqués dans le tableau 2. Le résultat suggère que le resserrage ne serait pas rentable si plus d'environ 2 % des roues nécessitaient une attention hebdomadaire.

5.3 Option C : réintroduire les threads directionnels

Les filetages directionnels (filetages à gauche sur les roues latérales) étaient généralement utilisés il y a environ 15 ou 20 ans, mais ne sont plus proposés en option sur les véhicules neufs. L'une des raisons de leur retrait était le coût supplémentaire du stock de deux jeux d'écrous et, plus important encore, le fait qu'un goujon de roue pouvait être endommagé par l'utilisation imprudente d'un écrou avec le mauvais sens de filetage, surtout s'il était forcé sur le goujon avec un pneumatique. clé.

Il a été suggéré qu'un retour à l'utilisation de filetages directionnels pourrait entraîner une diminution des pertes de roues. Les résultats des tests recueillis lors des essais accélérés des véhicules n'ont montré aucune différence significative par rapport aux filetages OEM standard (à droite). Cependant, les résultats des essais sur les véhicules n'étaient pas concluants quant à l'efficacité relative d'une série de contre-mesures potentielles conçues pour prévenir ou atténuer le détachement des roues des véhicules lourds. Par conséquent, si l'on supposait que les filetages directionnels offraient effectivement un certain niveau d'avantages par rapport aux filetages à droite standards, les coûts par véhicule qui pourraient être dépensés pour atteindre un rapport bénéfice/coût de 1 (c'est-à-dire le seuil de rentabilité) au cours du premier L'année de mise en œuvre peut être calculée comme indiqué ci-dessous :

- En supposant une efficacité à 100 % pour empêcher tous les détachements de roues – entre environ 10,70 £ et 25,40 £ par véhicule
- En supposant que la fréquence d'apparition du côté proche soit réduite à celle du hors-jeu (équivalent à une réduction à 42 % du niveau actuel) – entre environ 4,50 £ et 10,70 £ par véhicule
- En supposant que le biais devient de 60 % proche et 40 % hors jeu (ce qui équivaut à une réduction à 52 % du niveau actuel) – entre environ 5,60 £ et 13,20 £ par véhicule

5.4 Option D : Mettre en œuvre une révision de la conception de la fixation des moyeux et des roues.

Au cours de la phase 1 de ce projet, certains répondants aux questionnaires ont suggéré que la conception de base du moyeu et des écrous de roue pourrait contribuer au problème de détachement des roues, même s'il convient de noter que 75 % des fabricants et 38 % des exploitants n'étaient pas d'accord avec cette affirmation.

Le but de cette option était de déterminer si les charges de serrage seraient maintenues de manière plus cohérente (avec un régime de resserrage approprié) avec un passage à 12 goujons par roue (au lieu de 10) ou avec des goujons de plus grand diamètre (éventuellement 26 mm au lieu de 22/ 24 mm) ou avec les deux changements ensemble.

Une alternative pourrait être une refonte complète de la fonction de support du moyeu et de la roue.

L'examen des normes dans l'industrie du transport aérien a montré qu'il existe différentes conceptions qui ne reposent pas uniquement sur la force de serrage.

Cette option a le potentiel d'éliminer complètement les problèmes de fixation des roues. Ainsi, les avantages en termes de réduction des incidents et des accidents sont équivalents aux coûts décrits pour l'option A et entre 16 et 34 £ par véhicule pourraient être dépensés pour y parvenir et atteindre un rapport coût-bénéfice de un. Cependant, certains grands opérateurs mettent déjà en œuvre des contrôles périodiques du couple à des intervalles de 1 à 6 semaines. Les coûts d'entretien dérivés pour l'option B ont montré que le coût par véhicule d'un contrôle hebdomadaire du couple était d'environ 1 532 £ par an. On ne sait pas combien de véhicules sont soumis à ce type de régime au niveau national, mais si l'on supposait que 1 % de tous les véhicules bénéficient actuellement de ce type d'entretien, le coût annuel pour l'industrie serait d'environ 8,1 millions de livres sterling. Si 10 % des véhicules étaient soumis à un tel entretien, cela coûterait environ 80,6 millions de livres sterling par an.

Si une conception de fixation des roues sans entretien pouvait être mise en œuvre, cela permettrait d'économiser les coûts des problèmes de fixation des roues, mais également les coûts des régimes de maintenance qu'au moins certains opérateurs emploient actuellement. Cependant, il n'existe actuellement aucune proposition visant à modifier la conception de la fixation des roues, de sorte que les coûts réels de cette mesure ne sont pas encore connus. Les coûts de conception, de développement et de mise en œuvre du changement seront probablement importants, mais les coûts permanents par véhicule une fois que le nouveau modèle sera en production pourraient aller de moins cher qu'actuellement à considérablement plus cher, selon le modèle.

5.5 Option E : Exiger que des dispositifs de retenue des écrous de roue soient installés sur tous les véhicules.

Cette option nécessiterait l'installation d'un dispositif de retenue des écrous de roue approuvé sur tous les véhicules lourds. Cela pourrait être mis en œuvre en tant qu'exigence d'homologation pour les véhicules neufs, mais aux fins de cette analyse simplifiée, il a été supposé qu'une mise à niveau serait nécessaire, de sorte qu'au moment de la mise en œuvre de cette mesure, tous les véhicules lourds (poids lourds et PSV) actuellement autorisé en Grande-Bretagne devrait être équipé d'un dispositif de retenue des écrous.

Étant donné que les tests de véhicules dans le cadre de ce projet n'ont pas pu fournir de résultats concluants sur l'efficacité relative des différents dispositifs, les scénarios théoriques suivants ont été envisagés pour la gamme de dispositifs identifiés et testés plus tôt dans le projet :

- Option E1 : Tous les accidents et pertes résultant de fixations de roues desserrées et/ou de détachements de roues sont éliminés par l'installation d'un dispositif de retenue des écrous ;
- Option E2 : les incidents de détachement des roues sont éliminés grâce à l'installation d'un dispositif de retenue des écrous, mais la perte du collier au fil du temps est toujours évidente et nécessiterait toujours un entretien de routine ; et
- Option E3 : L'efficacité de divers dispositifs de rétention d'écrous repose sur l'hypothèse que les résultats des tests Junkers de ce projet sont représentatifs de leur efficacité réelle.

Le coût associé à l'achat de chacun de ces appareils a été obtenu, dans la mesure du possible, auprès du fabricant. Si ces données n'étaient pas disponibles, un coût estimé pour chaque appareil était utilisé. Le coût unitaire estimé pour un faible volume représente le prix approximatif en supposant qu'une seule entreprise ou un seul opérateur achète un lot pour l'adapter à ses propres véhicules. Les coûts de volume élevés supposent qu'une réduction d'environ 30 à 50 % pourrait être obtenue si ces appareils étaient produits et achetés en grand nombre, suffisamment pour équiper l'ensemble de la flotte britannique.

Tableau 4 : Coûts d'achat de diverses contre-mesures.

Appareil	Coût unitaire (£)		Coût par roue (£)*1	
	Volume bas	Volume élevé	Volume bas	Volume élevé
Écrou DAF	2,00 £	1,00 £	20,00 £	10,00 £
Roue sûre	4,75 £	2,38 £	47,50 £	23,75 £
Verrouillage du disque	3,65 £	1,83 £	36,50 £	18,25 £
Visilok	11,50 £	8,05 £	115,00 £	80,50 £
Spirale * 2	4,00 £	2,00 £	40,00 £	20,00 £
Ric-clip	2,87 £	1,44 £	14,36 £	7,18 £
Lien de contrôle	1,00 £	0,80 £	5,00 £	4,00 £
Verrouillage	1,50 £	0,75 £	7,50 £	3,75 £

*1 : En supposant 10 goujons de roue par roue.

*2 : Coût estimé par TRL car les coûts du fabricant n'étaient pas disponibles au moment de la rédaction

À l'aide des données des statistiques des transports (DfT, 2009), il a été estimé qu'il y a environ 25,8 millions de goujons de roue dans le parc de véhicules lourds du Royaume-Uni.

5.5.1 Option E1 : Éliminer 100 % des problèmes de fixation des roues

Pour ce scénario, il a été supposé que, pour l'année de mise en œuvre, tous les véhicules actuellement immatriculés en Grande-Bretagne devraient être équipés d'un dispositif de rétention des écrous. Pour les années suivantes, il a été supposé que les dispositifs de rétention des écrous ne devraient être installés que sur les nouvelles immatriculations.

En éliminant 100 % de tous les accidents et victimes associés à des problèmes de fixation des roues et/ou au détachement des roues, il a été estimé que des économies potentielles de 9,1 à 18,7 millions de livres sterling par an pourraient être réalisées, comme l'illustre le tableau 2.

L'analyse de l'option D suppose qu'entre 1 % et 10 % des véhicules sont actuellement soumis à un contrôle hebdomadaire du couple. Si cet entretien pouvait être éliminé en installant un dispositif de rétention des écrous, cela pourrait potentiellement offrir une économie supplémentaire comprise entre 8,1 et 80,6 millions de livres sterling par an.

Compte tenu des différents coûts pour chaque dispositif, les périodes d'équilibre suivantes (tableau 5) ont été estimées en supposant que chacune était efficace à 100 % pour éliminer les problèmes de fixation des roues et les détachements des roues. Sans surprise, il a montré que les appareils ayant le coût par roue le plus bas offraient le délai le plus court pour atteindre le seuil de rentabilité. On peut également constater que la réduction du coût unitaire de chaque appareil serait essentielle pour réduire le délai nécessaire avant d'atteindre un rapport bénéfice/coût de 1.

Tableau 5 : Délai estimé pour atteindre le seuil de rentabilité en supposant une efficacité de 100 % pour éliminer les problèmes de fixation et de détachement des roues.

Appareil	Nombre d'années jusqu'au seuil de rentabilité	
	Estimation inférieure	Supérieur Estimation
Roue sûre	1	10+
Verrouillage du disque	1	7
Visilok	1	10+
Spiralique	1	9
Ric-clip	1	3
Lien de contrôle	1	1
Verrouillage	1	2

5.5.2 Option E2 : Éliminer uniquement les détachements de roues

En réalité, il est peu probable que le problème puisse être éliminé à 100 %. Par conséquent, pour ce scénario, il a été supposé que chaque dispositif serait incapable d'empêcher une certaine perte de force de serrage mais serait capable d'empêcher les écrous de roue de tomber, éliminant ainsi la roue. détachements.

Pour ce scénario, les mêmes coûts d'achat des différents appareils que ceux utilisés dans l'option E1 ont été appliqués. En utilisant les chiffres associés uniquement aux détachements de roues dans le tableau 2, il a été estimé qu'il pourrait y avoir une économie annuelle en matière de victimes comprise entre 5,8 et 13,9 millions de livres sterling par an. Enfin, comme ce scénario suppose qu'il subsisterait une certaine perte de force de serrage, les avantages potentiels d'une maintenance réduite n'ont pas été appliqués car il a été supposé que des contrôles de couple seraient toujours nécessaires.

Le tableau 6 montre le temps estimé pour atteindre le seuil de rentabilité, si chacun de ces dispositifs était installé sur le parc de véhicules. Cela peut être constaté sans les avantages potentiels liés à la prévention de la perte des colliers et à la réduction de la maintenance ; le temps nécessaire à chaque appareil pour atteindre un rapport bénéfice/coût de 1 est augmenté de plusieurs années par rapport au scénario selon lequel 100 % de tous les problèmes seraient éliminés.

Tableau 6 : Délai estimé pour atteindre le seuil de rentabilité en supposant que seuls les problèmes de détachement des roues ont été éliminés.

Appareil	Nombre d'années jusqu'au seuil de rentabilité	
	Estimation inférieure	Supérieur Estimation
Roue sûre	6	10+
Verrouillage du disque	4	10+
Visilok	10+	10+
Spiralique	5	10+
Ric-clip	2	10+
Lien de contrôle	1	3

Verrouillage	1	5
--------------	---	---

5.5.3 Option E3 : Efficacité des dispositifs basée sur les résultats Junkers

Au cours de la phase 2 de ce projet, des tests Junkers ont été utilisés pour comparer dans quelle mesure les différents dispositifs maintenaient la force de serrage lorsqu'ils étaient soumis à de fortes vibrations. Pour les besoins de ce scénario, il a été supposé que les résultats des tests Junkers représentent les performances relatives des différents appareils en service normal. Étant donné que les essais sur les véhicules n'ont pas fourni de résultats concluants, la validité de cette approche doit être traitée avec prudence car il est douteux que les résultats des tests Junkers soient véritablement indicatifs de leur efficacité dans le monde réel, d'autant plus qu'il est reconnu que les tests Junkers sont particulièrement efficaces. test rigoureux provoquant le desserrage des écrous de roue standard en quelques minutes.

Le tableau 7 montre la proportion moyenne de la force de serrage initiale retenue par chaque dispositif lors des tests Junkers. Ces chiffres ont été normalisés par rapport au résultat des écrous de roue OEM standard pour estimer leur efficacité relative dans la prévention des problèmes de fixation des roues et/ou du détachement des roues.

Tableau 7 : Estimation de l'efficacité réelle des appareils sur la base des résultats des tests Junkers.

Appareil	Proportion moyenne de la force de serrage initiale conservée pendant Tests Junkers (%)	Efficacité estimée de l'appareil basée sur les résultats Junkers (%)
Écrous OEM standards	29,4	0
Roue sûre	85,6	80
Verrouillage du disque	79,6	71
Visilok	89,2	85
Spiralique	92,7	90
Ric-clip	44,7	22
Lien de contrôle	42,6	19
Verrouillage	40,3	15

Pour ce scénario, les mêmes coûts estimés que ceux utilisés dans les deux scénarios précédents pour chaque appareil ont été appliqués. Cependant, les avantages estimés en termes de pertes et d'entretien utilisés dans l'option E1 ont été multipliés par l'efficacité estimée de chaque dispositif pour calculer le nombre approximatif d'années nécessaires à chaque dispositif pour atteindre un rapport bénéfice/coût de 1, comme indiqué. dans le tableau 8.

Tableau 8 : Délai estimé pour atteindre le seuil de rentabilité en supposant que les résultats des tests Junkers représentent l'efficacité réelle de chaque appareil.

Appareil	Nombre d'années jusqu'au seuil de rentabilité	
	Estimation inférieure	Supérieur Estimation
Roue sûre	1	10+
Verrouillage du disque	1	10+
Visilok	3	10+
Spiralique	1	dix
Ric-clip	1	10+
Lien de contrôle	1	7
Verrouillage	1	10+

5.6 Option F : Monter des indicateurs de mouvement des écrous de roue.

Il convient de souligner que ce dispositif a simplement pour but d'alerter les conducteurs et les techniciens de maintenance de tout mouvement des écrous de roue ; leur utilisation ne peut pas empêcher le desserrage des écrous de roue et ne peut empêcher le détachement de la roue que si elle est utilisée avec diligence.

Le prix de détail de ces appareils est actuellement d'environ 42 pence chacun. En supposant une réduction de 50 % en cas d'achat en gros, le coût estimé pour installer les indicateurs sur l'ensemble de la flotte britannique (25,8 millions de goujons) serait d'environ 5,4 à 10,8 millions de livres sterling.

Ces dispositifs ne seraient efficaces que si les conducteurs/opérateurs utilisaient systématiquement les indicateurs et prenaient les mesures correctives nécessaires. Il n'y aurait donc aucun avantage attendu d'une réduction des factures de maintenance. Si l'on suppose que ces dispositifs n'affecteront pas le desserrage des écrous de roue mais élimineraient le détachement des roues, les bénéfices se situeraient entre 5,8 et 13,9 millions de livres sterling par an. Cela donnerait un rapport coût-bénéfice compris entre 0,5 et 2,6 la première année. Cependant, compte tenu de l'implication humaine dans cette solution, il semble peu probable que le problème du détachement des roues soit entièrement éliminé.

Discussion

La deuxième phase du projet sur le démontage des roues des véhicules lourds avait plusieurs objectifs. Le premier objectif était d'évaluer la cohérence des forces de serrage générées par les différentes méthodes de serrage et d'évaluer les différentes recommandations de resserrage des roues afin de permettre une standardisation plus poussée des meilleures pratiques.

Dans l'ensemble, les tests de serrage ont montré que l'utilisation de lubrification sur tout ou partie des surfaces de contact et des filetages contribuait à augmenter l'ampleur de la force de serrage générée. Les tests ont également montré qu'une lubrification était nécessaire avec les goujons et écrous usagés afin d'obtenir une force de serrage de 190 à 240 kN à un couple de 600 Nm (comme spécifié dans BS AU 50).

Des crampons usagés ont été obtenus sur plusieurs véhicules utilisés par une entreprise de transport depuis de nombreuses années. Ils étaient dans un état particulièrement mauvais mais étaient considérés comme représentatifs du type de conditions pouvant être rencontrées en service. Presque tous les goujons souffraient de corrosion et beaucoup présentaient également des dommages au niveau de certains filetages.

L'un des résultats les plus intéressants des tests de serrage était la variation qui pouvait être observée entre certains goujons et écrous de spécifications nominalement identiques. Les figures 13 et 14 ont montré que certains goujons produisaient des résultats très reproductibles tandis que d'autres présentaient une dispersion beaucoup plus grande et une ampleur de force de serrage sensiblement différente.

Par exemple, avec les dispositifs utilisés à l'état dégraissé, une combinaison goujon/écrou donnait une force de serrage d'environ 40 à 60 kN inférieure à l'autre. En outre, des différences substantielles dans la force de serrage ont également été constatées entre les écrous serrés selon la même procédure sur le banc d'essai en laboratoire et sur le véhicule d'essai. Plus précisément, l'ampleur de la force de serrage générée sur le véhicule s'est avérée inférieure à celle des essais au banc. Il est possible que ces différences soient causées par des propriétés matérielles différentes entre le banc d'essai et le véhicule ou par la contamination artificielle introduite pour les tests d'usure accélérés.

Bien qu'il y ait eu de nombreux progrès dans la technologie de fabrication, les exigences et les tolérances spécifiées dans la norme BS AU 50 sont restées inchangées depuis de nombreuses années. La variation des résultats entre des goujons et des écrous nominalement identiques suggère que des améliorations de l'ampleur et de la cohérence de la force de serrage pourraient être obtenues si les exigences techniques de la BS AU 50 étaient revues et, si nécessaire, révisées. Si un tel exercice était entrepris, les différents dispositifs de verrouillage et de retenue devraient également être inclus dans l'analyse, car les tests de serrage ont montré que pour le même niveau de couple nominal, une force de serrage bien inférieure était générée par rapport aux écrous de roue OEM standard. Il convient de noter que certains fabricants de ces dispositifs reconnaissent, dans leur documentation promotionnelle, qu'un couple supplémentaire est nécessaire pour obtenir une force de serrage appropriée.

Les graphiques ont également montré que pour chaque groupe de tests entrepris avec une combinaison individuelle de goujon/écrou, il y avait souvent un seul test qui produisait une force de serrage d'une ampleur soit bien supérieure, soit inférieure à celle des autres tests. Ce résultat conforte la théorie suggérée lors de la réunion des parties prenantes selon laquelle le montage répété d'écrous de roue sur les mêmes goujons produirait un ajustement meilleur et plus ajusté que lorsqu'un écrou était d'abord monté sur un goujon différent. Il se pourrait que serrer un écrou de roue, le desserrer puis le resserrer puisse être recommandé comme procédure lors du remontage d'une roue. Des travaux supplémentaires seraient nécessaires pour étudier ce problème afin de garantir qu'il n'y ait pas d'effets indésirables, tels qu'un serrage excessif ou une défaillance des goujons, liés à l'utilisation de cette méthode.

Les tests visant à évaluer les méthodes de relaxation et de re-serrage ont montré que seul un faible pourcentage (<10 %) de la force de serrage initiale était perdu au cours des différentes procédures de test. Les freinages en ligne droite et les manœuvres en 8 ont produit la plus grande réduction, probablement parce que ces types de manœuvres génèrent également les plus grandes forces longitudinales ou latérales sur les roues. Les résultats suggèrent qu'il est nécessaire que le véhicule soit conduit, plutôt que laissé à l'arrêt, pour induire la plus grande perte de force de serrage. Toutefois, étant donné que les essais d'usure accélérés avec le même véhicule d'essai n'ont pas donné

montrent de nombreux signes de relâchement des vibrations au cours des essais, il existe une certaine incertitude quant à savoir si l'ampleur de la perte de serrage au cours des essais de relaxation est représentative du service réel.

En général, les tests effectués avec le véhicule ont donné des résultats sans particularité et, malgré les tentatives délibérées de desserrage en utilisant de faibles forces de serrage et en introduisant une contamination, il n'a pas été possible de développer une procédure de test pour induire de manière cohérente le desserrage par vibration des écrous de roue OEM standard.

L'analyse mathématique entreprise au début du projet a estimé qu'une force de serrage d'environ 200 kN serait nécessaire pour fixer une roue en service normal. Cependant, certains tests sur véhicules ont été réalisés avec une force de serrage bien inférieure (moins de 100 kN dans certains cas) sans aucun signe de relâchement des vibrations. On ne sait pas pourquoi les écrous de roue n'ont pas réussi à se desserrer dans ces conditions, d'autant plus que des efforts ont été déployés pour provoquer le desserrage en introduisant également une contamination sur les faces de contact.

Dans le passé, il a été suggéré qu'un manque d'entretien ou une erreur humaine lors du montage pourrait être l'une des principales causes des problèmes de fixation des roues. On pourrait affirmer que l'absence de relâchement des vibrations lors des tests de cette étude conforte cette théorie. Cependant, bien que des tests d'usure accélérés aient été utilisés, il convient de rappeler que les incidents de détachement de roues et de problèmes de fixation de roues sont statistiquement très rares et qu'une attention particulière a été portée au serrage des écrous de roue dans des conditions très spécifiques lors de ces essais.

Si l'on supposait que tous les incidents de détachement et de problèmes de fixation des roues étaient causés par des problèmes lors du montage des roues, cela ne représenterait qu'une très petite proportion de tous les changements de roues et d'écrous de roue. Par exemple, il existe environ 440 000 poids lourds immatriculés en Grande-Bretagne (DfT, 2008) qui possèdent chacun entre deux et six essieux. Les résultats de la consultation de la phase 1 de ce projet ont indiqué que les roues des véhicules du secteur des déchets sont généralement retirées 7 à 10 fois par an, et que les roues des véhicules des autres secteurs sont retirées environ deux fois par an.

Cela équivaut à entre 3,5 millions et 36,9 millions de changements de roues par an, et entre 35,2 millions et 370 millions de retraits et de retours d'écrous individuels par an.

Les résultats de la phase 1 de cette étude ont estimé qu'il y avait environ 150 à 400 incidents de détachement de roues par an au Royaume-Uni et environ 7 500 à 11 000 incidents de problèmes de fixation de roues par an. Si l'on supposait que tous ces problèmes de démontage et de fixation des roues étaient causés par des problèmes lors du montage des roues, ils ne représenteraient que 0,0004 % à 0,01 % de tous les changements de roue (soit un démontage de roue tous les 8 800 à 246 400 changements de roue). De même, si tous les incidents de problèmes de fixation des roues étaient supposés être causés par des problèmes lors du montage, le nombre d'incidents ne représenterait que 0,002 % à 0,03 % de toutes les fois où un écrou de roue est serré (c'est-à-dire un écrou de roue desserré ou manquant tous les 3 200 – 49 280 changements).

On peut se demander si la fréquence des problèmes est suffisamment faible pour être provoquée uniquement par une erreur humaine, mais l'exemple ci-dessus met en évidence le grand nombre de changements de roues et d'écrous de roue effectués chaque année en Grande-Bretagne par rapport au nombre estimé d'incidents. Ce n'est cependant pas le cas ; expliquer pourquoi certains problèmes surviennent plusieurs semaines après le dernier changement de roue.

Pour les tests de véhicules, une gamme de méthodes de test et de surfaces de test ont été utilisées tout au long du programme pour appliquer différentes amplitudes et fréquences de force à travers les roues. Parmi les différents paramètres considérés, l'effet le plus notable était l'introduction d'une contamination artificielle. Lors de son introduction, il a été constaté qu'il y avait initialement une légère réduction de la force de serrage à mesure que la contamination disparaissait. L'inspection des roues après un test a montré que les dispositifs qui présentaient la plus grande réduction de la force de serrage présentaient également le plus de signes d'usure de la contamination. En outre, le seul cycle d'essai effectué sans aucune contamination a montré qu'il n'y avait aucune réduction de la force de serrage pendant l'essai, soulignant l'importance de surfaces de contact propres.

Un autre objectif de l'étude était d'évaluer la capacité de différents dispositifs de blocage/rétention des écrous de roue à réduire la fréquence de desserrage et de détachement des écrous de roue, ainsi que d'évaluer la durabilité et l'aspect pratique des différents dispositifs. Puisqu'il n'a pas été possible de desserrer les écrous OEM standard de manière cohérente, il n'a pas été possible de produire un résultat de référence avec lequel d'autres appareils pourraient être comparés. Il n'a donc pas été possible de tirer des conclusions solides quant à leur efficacité dans le monde réel.

Le test Junkers est reconnu comme étant un test rigoureux qui n'est pas entièrement représentatif des conditions réelles. Par exemple, en utilisant des roulements à aiguilles entre les deux plaques de la machine Junkers, le frottement entre les surfaces de contact est réduit à presque zéro, de sorte que, quelle que soit la charge de serrage appliquée par le goujon/écrou, un mouvement relatif est possible entre les surfaces de contact. surfaces, garantissant ainsi que le desserrage vibratoire d'un écrou standard se produira. De plus, la rapidité avec laquelle les écrous OEM standard se desserrent suggère que les forces exercées sur le dispositif sont bien supérieures à celles généralement observées sur un véhicule réel. Il est donc possible que certaines déformations et défaillances observées lors des tests Junkers ne se produisent jamais réellement en service.

Si les résultats de Junkers étaient considérés comme représentatifs des résultats réels, une analyse statistique a montré que tous les dispositifs testés, sauf un, offraient une certaine amélioration de la force de serrage retenue. Le dispositif Visilok a maintenu une proportion élevée de force de serrage, mais le résultat est discutable car il y avait des signes de grippage des fils et d'endommagement du dispositif pendant le test.

Lors des tests d'usure accélérée avec le véhicule d'essai, le seul dispositif qui s'est détaché pendant les tests était le dispositif Disc-lock. Au cours de cet essai particulier, tous les dispositifs équipant le véhicule testé ont perdu une grande partie de leur force de serrage. Cependant, le résultat du test n'a pas pu être répété et lorsque les disques de verrouillage ont été resserrés, ils ont maintenu une force de serrage constante pour le reste du test.

La plus grande question sans réponse issue de cette étude reste la raison pour laquelle aucun des écrous de roue n'a souffert de desserrage dû aux vibrations lors des essais d'usure accélérés. La procédure de test a utilisé diverses méthodes, notamment les virages, le freinage, la conduite à haute et basse vitesse, ainsi qu'une gamme de surfaces de test présentant différents niveaux de bosses. En outre, le véhicule d'essai a été sélectionné sur la base des résultats de la phase 1, qui ont indiqué que les camions-bennes plus anciens, qui nécessitent plus fréquemment des changements de roues, sont l'un des types de véhicules les plus fréquemment impliqués dans les incidents de desserrage d'écrous de roue ou de détachement de roue. À la fin du programme d'essais, le véhicule d'essai souffrait d'une usure importante. Par exemple, le réservoir de carburant et les phares commençaient à se desserrer, des blocs de châssis manquaient et le différentiel fuyait (Figure 43). Pourtant, malgré les tests manifestement rigoureux, les écrous de roue ne sont pas parvenus à se desserrer.



Figure 43 : Usure du véhicule d'essai.

6. Conclusions

1. Au cours de cette phase du projet, des tests ont été entrepris pour évaluer les différentes procédures de serrage et de re-serrage des écrous de roue dans différentes conditions.
Les tests Junkers ont été utilisés comme méthode rapide et efficace pour évaluer les performances relatives des contre-mesures potentielles, et des tests complets du véhicule ont été effectués pour fournir des conditions de test plus représentatives des conditions réelles.
2. Il a été constaté que l'âge, l'état et le niveau de lubrification appliqué aux surfaces de contact et aux filetages des goujons et écrous de roue standard affectaient l'ampleur et la cohérence de la force de serrage générée lors des tests de serrage.
3. Les tests ont également montré des variations substantielles entre des goujons/écrous individuels ayant nominativement les mêmes spécifications. Il est recommandé d'entreprendre une révision de la norme BS AU 50 pour déterminer si des améliorations potentielles de l'ampleur et de la cohérence de la force de serrage générée pourraient être obtenues en modifiant les exigences techniques afin de réduire la variation des propriétés matérielles des goujons et des écrous de roue.
4. Il a été constaté que les goujons OEM standard qui avaient été précédemment utilisés en service normal et les nouveaux dispositifs de verrouillage testés lors des tests de serrage généraient une force de serrage inférieure à la valeur requise dans le cadre de la norme BS AU 50 et inférieure à la valeur calculée dans le cadre de la norme BS AU 50. analyse mathématique.
5. Les tests visant à évaluer les méthodes de relaxation et de resserrage ont montré que seul un faible pourcentage (<10 %) de la force de serrage initiale était perdu au cours des différentes procédures de test. Les résultats suggèrent qu'il est nécessaire de conduire le véhicule plutôt que de le laisser à l'arrêt pour induire la plus grande perte de force de serrage.
6. Les tests Junkers ont montré que les différents dispositifs de verrouillage et de rétention offraient un certain niveau d'avantages par rapport aux écrous standard OEM seuls en conservant une plus grande proportion de la force de serrage initiale.
7. Au cours des tests Junkers, le dispositif Visilok a maintenu une proportion élevée de la force de serrage initiale, mais il a été prouvé qu'il s'était coincé sur les filetages et, dans certains cas, s'était déformé pendant les tests. Ce résultat n'est donc pas considéré comme représentatif de la façon dont le dispositif a été conçu pour fonctionner en service réel.
8. En utilisant des tests d'usure accélérés avec un véhicule d'essai, il n'a pas été possible de développer une procédure de test, représentative du service réel, qui provoquait rapidement et systématiquement le desserrage des écrous de roue OEM standard. Il n'a donc pas été possible de comparer de manière concluante l'efficacité réelle des différents dispositifs utilisés dans ce projet.
 - un. Au cours de l'un des tests d'usure accélérée, la force de serrage des 10 dispositifs Disc-lock installés sur une roue est tombée à zéro dans les quatre jours suivant le début d'un cycle de test particulier. Il convient de noter que la configuration pour ce test n'était pas conforme à la procédure de serrage recommandée par Disc-lock car ils avaient été serrés à un couple inférieur pour tenter de desserrer plus rapidement les écrous de roue. L'écrou de roue OEM standard et les autres dispositifs montés simultanément sur le véhicule ont également perdu une certaine force de serrage mais n'ont montré aucun signe de relâchement des vibrations. La raison de ce résultat n'est pas connue et n'a pas pu se reproduire lors du resserrage des écrous.
 - b. Les essais sur véhicules indiquent que l'entretien du joint de fixation de roue est important car les essais sur véhicules effectués sans aucune contamination artificielle ont maintenu une plus grande proportion de la force de serrage initiale que des essais similaires avec contaminations.

7 Remerciements

Les travaux décrits dans ce rapport ont été réalisés au sein de la Division Sécurité du Laboratoire de Recherche sur les Transports. L'auteur remercie Iain Knight qui a effectué l'examen technique et la vérification de ce rapport.

Les références

Rapport principal

Bridgestone (2008), Truck Point Re-torque manual, numéro 2 : 2008, Bridgestone Uk Ltd.

BSi (1994), BS AU 50 : Pneus et roues. Partie 2 : Roues et jantes. Section & : Code de bonnes pratiques pour la sélection et l'entretien des roues des véhicules utilitaires. Institution britannique de normalisation, 1994.

DfT (2009), Transport Statistics Great Britain, édition 2009. The Stationary Office, Londres, septembre 2009.

Knight I, Chinn B, Fenn B & Dodd M (2002), Facteurs limitant les améliorations des performances de freinage des véhicules commerciaux – rapport final, PR/SE/543/02, TRL Limited, Crowthorne.

Knight I, Dodd M, Grover C, Bartlett R & Brightman T (2006), Détachement des roues d'un véhicule lourd : fréquence d'occurrence, meilleures pratiques actuelles et solutions potentielles. PPR086, TRL Limitée, Crowthorne.

Annexe A Résumé de l'essai d'usure accélérée conditions

N° d'essai	Type d'essai	Serrage initial	Contamination	Test Durée
1	Piste difficile	~200kN	Saleté	5 jours
2	Piste difficile	~200kN	Saleté + Peinture	5 jours
3	Piste difficile	~100 kN	Saleté + Peinture	8 jours
4	Essais de sprag	Suite du test 3 (~30-60kN)	Saleté + Peinture	2 jours
5	Paver	Suite du test 4 (~20-60kN)	Saleté + Peinture	2 jours
6	Srag + Pavé	~100 kN	Saleté + Peinture	5 jours
7	Srag & Pavé	Suite du test 6 (~15-20kN)	Saleté	6 jours
8	Piste difficile	~100 kN	Aucun	5 jours
9	Procédure révisée*	~200Nm	lubrifiant graphite/bisulfure de molybdène	10 jours

* inclus la conduite sur piste accidentée, la conduite sur des trottoirs, les tests de pointes et de cales, les tests en forme de huit, les tours d'un circuit à grande vitesse, la décélération à G élevé, la conduite sur des dos d'âne, le pavé belge et les tours d'un circuit de manutention.

Annexe B Description des appareils testés

B.1 Écrou de blocage de disque

L'écrou Disc-Lock est un écrou à rotation libre divisé en deux sections comprenant un écrou et une rondelle hexagonale. Les deux sections sont dotées de cames imbriquées qui, lorsqu'elles sont soumises à des chocs ou des vibrations, tentent de s'élever l'une contre l'autre. L'angle des cames est supérieur à l'angle de pas du filetage du goujon et de l'écrou, provoquant une action de coincement résistant ainsi au desserrage par vibration. Le montage de l'écrou Disc-Lock ne nécessite aucune modification du goujon.



Figure A1 : Écrou de blocage de disque

B.2 Écrou spiralé

L'écrou Spiralock est un écrou à rotation libre avec une forme de filetage interne repensée intégrant une rampe de coin de 30° à la racine du filetage. La rampe en coin permet au boulon de tourner librement par rapport aux filetages femelles jusqu'à ce que la charge de serrage soit appliquée. Une fois serrées, les crêtes du filetage mâle standard sont tirées fermement contre la rampe de coin, éliminant les jeux radiaux et créant une ligne de contact en spirale continue sur toute la longueur de l'engagement du filetage. Ses fabricants affirment que ce contact en ligne continue répartit la force de serrage plus uniformément sur tous les filetages engagés, améliorant ainsi la durée de vie des joints ainsi que l'intégrité de la surface filetée en éliminant le mouvement transversal qui provoque le desserrage sous l'effet des vibrations. La forme de filetage Spiralock s'adapte à la forme de filetage standard à 60° et le montage de l'écrou ne nécessite aucune modification du goujon. Spiralock indique qu'un joint fileté contenant la forme à filetage interne Spiralock nécessitera un couple d'environ 10 à 15 % plus élevé afin de générer la même tension que celui d'un joint similaire contenant une forme à filetage interne standard.

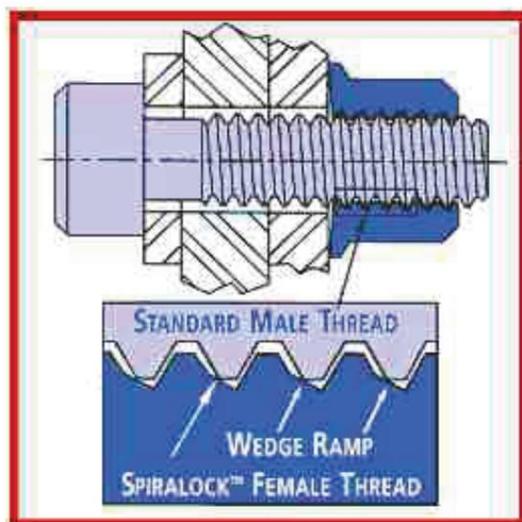


Figure A2 : Forme du filetage Spiralock

B.3 Garantie des roues

Le dispositif Wheelsure augmente l'ensemble goujon et écrou standard avec un goujon de verrouillage à contre-filetage et un capuchon qui recouvre le goujon Wheelsure et l'écrou de roue d'origine.

On prétend que si l'écrou de roue commence à se desserrer, le goujon Wheelsure se serre dans la direction opposée, bloquant ainsi l'écrou en place, empêchant tout desserrage supplémentaire.

Le montage du dispositif Wheelsure nécessite le perçage et le taraudage d'un petit trou à l'extrémité du goujon de roue pour accepter le montage du goujon Wheelsure. Pour les besoins de la recherche, une conception modifiée, fonctionnant sur un principe identique à celui du dispositif de production, a été utilisée et compatible avec l'instrumentation de mesure de la charge des pinces.



Figure A3 : Appareils de production Wheelsure (à gauche) et modifiés (à droite)

B.4 Écrou VisiLok

Le dispositif VisiLok comprend un écrou incorporant un mécanisme de verrouillage et de drapeau à ressort, qui fonctionne en conjonction avec un goujon fendu modifié. En cas de relâchement et de mouvement, le mécanisme laisse tomber trois goupilles de fixation dans les fentes du goujon tout en élevant simultanément trois drapeaux jaunes vif au-dessus de la surface de l'écrou.

Il est affirmé que la charge de serrage et les autres caractéristiques de spécification de l'écrou VisiLok correspondent exactement aux spécifications du fabricant d'équipement d'origine, car le dispositif VisiLok est efficacement intégré à la conception de l'écrou et du goujon existant et que, lorsqu'il est déclenché, les drapeaux arrêtent tout mouvement ultérieur. Pour être efficace, trois fentes longitudinales doivent être usinées sur le goujon. Le montage s'effectue avec une douille normale.

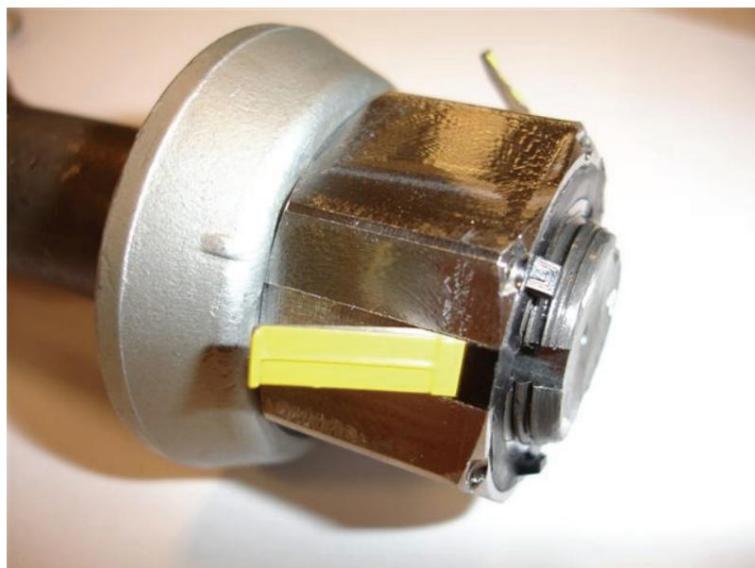


Figure A4 : Écrou et goujon VisiLok avec drapeaux levés

B.5 Lien de contrôle

Le Checklink n'est pas un dispositif de blocage des écrous de roue. Il fonctionne en reliant les écrous adjacents entre eux afin qu'un écrou de roue desserré ne tourne pas hors du goujon. La déformation de la liaison de l'écrou de roue indique qu'un écrou de roue s'est desserré.

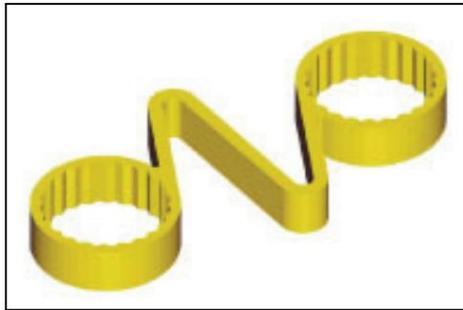


Figure A6 : Lien de contrôle

B.6 Verrouillage

Le Checklock est un dispositif à fil enroulé qui relie les écrous adjacents entre eux. Le fait de serrer les bras ensemble élargit les bobines, permettant de les pousser sur les écrous, et une fois en position, le relâchement des bras sécurise l'appareil.



Figure A7 : Verrouillage

B.7 Ric-Clip

Le Ric-Clip est un dispositif à fil enroulé qui relie les écrous de roue adjacents entre eux. Le montage suit une procédure similaire à celle décrite pour le Checklock avec une étape supplémentaire consistant à accrocher les extrémités des bras les unes sur les autres pour verrouiller l'appareil en position. On prétend qu'avec le dispositif correctement verrouillé en position, si un écrou commence à se desserrer, le ressort à action spirale le serre encore plus fort et il est pratiquement impossible de desserrer l'écrou avec une clé, mais il s'enlève facilement lorsque les deux les bras sont déverrouillés et séparés.



Figure A8 : Ric-Clip

Annexe C Analyse coûts-avantages

C.1 Titre de la proposition Nouveaux

règlements, codes de bonnes pratiques ou politiques d'entretien possibles relatifs à la fourniture de fixations de roues sur les véhicules lourds, et les conséquences sur la réduction des accidents.

C.2 Objet et effet escompté

C.2.1 Objectifs Améliorer

le bilan de sécurité des véhicules lourds en ce qui concerne la fréquence avec laquelle les roues se détachent et ainsi contribuer aux objectifs de réduction des accidents.

Les objectifs spécifiques de ce projet, ainsi que les méthodes de recherche, sont décrits dans le rapport final du projet (Knight et al, 2006).

C.2.2 Contexte

Le détachement des roues des véhicules utilitaires lourds est un problème depuis de nombreuses années et de nombreuses enquêtes et commentaires ont été menés sur le sujet.

Il y a eu des accidents dus au détachement des roues et certains ont fait des morts. Avant le début de ce projet, des informations anecdotiques étaient disponibles suggérant qu'il pourrait y avoir entre 2 000 et 3 000 cas de détachement de roue par an et le ministère des Transports a entrepris une enquête (1997) dans toute la Grande-Bretagne pour identifier l'ampleur potentielle du problème. Il a enregistré un total de 427 cas, dont 99 cas où la roue s'est complètement détachée, ce qui a entraîné 4 cas de blessures. L'enquête a été menée pendant trois mois par l'Association des officiers de police en chef (ACPO) et pendant deux mois par l'Inspection des véhicules [maintenant l'Agence des opérateurs et des services de véhicules (VOSA)]. Il y avait de fortes indications que, dans 46 % des incidents, la maintenance était un facteur contributif. Par la suite, le Ministère a produit un dépliant d'orientation à l'intention de l'industrie (« Careless Torque Costs Lives ») qui a été produit pour accroître l'attention sur le détachement des roues et fournir des recommandations qui pourraient aider à améliorer la situation.

Il est généralement admis que la méthode clé pour éviter le desserrage des roues est de maintenir la charge de serrage à son niveau de conception. La spécification des réglages de couple est la méthode généralement acceptée utilisée pour y parvenir.

On pense que la principale cause du desserrage et du détachement des roues résulte de l'environnement difficile auquel sont confrontées les roues : vibrations, charges de choc soudaines, charges de freinage et charges de couple élevées (pour les roues motrices). Le poids total en charge des véhicules (PTAC), ainsi que la puissance et le couple du moteur, ont tous deux augmenté de manière significative ces dernières années, ce qui aurait aggravé la situation. L'augmentation des performances de freinage a également été citée comme une influence.

Le resserrage des écrous de roue (quelque temps après le serrage initial) a été mentionné par beaucoup comme étant d'une importance primordiale. Différents points de vue ont été exprimés quant à la meilleure façon d'y parvenir. Certains constructeurs & exploitants resserrent après 30 minutes (le véhicule étant resté à l'arrêt) mais d'autres resserrent après une certaine distance (50 à 100 km). Cependant, la seconde de ces options n'est pas toujours pratique ni même possible, en particulier sur les véhicules impliqués dans des opérations longue distance.

Bien qu'il n'existe pas de législation spécifique couvrant les aspects techniques et de construction des fixations de roues, la norme britannique BS AU 50 : Partie 2 : Section 3 : 1994, qui précise

les exigences de dimensions et de performances pour une gamme de boulons et de goujons d'écrous de roue pour véhicules routiers, s'appliquent aux fixations actuellement utilisées (roues à emboîtement avec écrous hexagonaux et rondelles plates imperdables, fixations à cône BS et écrous à face sphérique DIN) .

C.2.3 Justification de l'intervention gouvernementale

Les perceptions bien ancrées dans les différents secteurs de l'industrie font qu'il est difficile de parvenir à un consensus sur la nature précise du problème de décollement des roues et sur la manière de le résoudre. Dans ce contexte, l'implication/intervention du gouvernement semble essentielle pour progresser.

C.3 Consultations

C.3.1 Parties prenantes consultées

Un programme de collecte d'informations et de consultation a été mené avec un certain nombre d'acteurs :

- Conducteurs de véhicules lourds;
 - Opérateurs de véhicules lourds; •
 - Fabricants de véhicules lourds/fournisseurs de composants, et • Agences
- d'application de la réglementation des véhicules.

C.3.1.1 Enquêtes par questionnaire Des

enquêtes formelles ont été réalisées auprès des trois premiers groupes (conducteurs, opérateurs et constructeurs automobiles/fournisseurs de composants) à l'aide de questionnaires spécialement conçus.

Les résultats de ces enquêtes sont présentés et discutés dans les sous-sections 3.2 à 3.4.

C.3.1.2 Enquêtes auprès des organismes chargés de

l'application des lois Afin d'obtenir une estimation indépendante de la fréquence actuelle des détachements et des fixations de roues desserrées, des enquêtes ont été réalisées dans toute la Grande-Bretagne par la VOSA (anciennement VI) et par l'Association of Chief Police Officers (ACPO). Les deux enquêtes ont duré trois mois. L'enquête VOSA a débuté en novembre 2005 et s'est terminée fin janvier 2006. L'enquête ACPO a débuté en janvier 2006 et s'est terminée fin mars 2006.

Des formulaires de saisie de données ont été conçus par TRL pour recueillir les informations suivantes :

- Détails de l'inspection ou de l'accident et des blessures ; •
- Détails du véhicule, y compris le type de véhicule, le poids brut, l'âge, la taille des roues et configuration;
- Détails du défaut, y compris le type de défaut, le nombre de défauts et la position sur véhicule;
- La présence de tout mécanisme de verrouillage ou d'indicateurs de mouvement, et • La date du dernier démontage, resserrage ou contrôle du couple de roue.

Une attention particulière a été portée au type d'informations enregistrées lors des enquêtes VI (maintenant VOSA) et ACPO réalisées en 1998 afin que les données actuelles puissent être comparées avec l'étude précédente. VOSA était chargé d'examiner les véhicules dans les locaux des opérateurs et d'effectuer des contrôles routiers ponctuels, ainsi que d'assister aux examens des véhicules après collision et de communiquer les informations ci-dessus pour tous les examens concernant un défaut de roue.

De même, il a été demandé à l'ACPO de distribuer le formulaire de saisie de données à tous ses agents impliqués dans les enquêtes sur les collisions, de sorte que tout poids lourd présentant des défauts de roue examinés dans le cadre d'une enquête soit signalé. Afin de garantir que le nombre de défaillances observées puisse être étendu à une estimation des incidents annuels au Royaume-Uni, des données d'exposition ont été demandées à VOSA. Les données ont été compilées dans une base de données et analysées pour produire des estimations nationales de l'ampleur du problème et identifier les caractéristiques communes des problèmes.

C.3.1.3 Discussions informelles

En plus de ces enquêtes, des discussions informelles ont eu lieu avec un certain nombre d'exploitants de véhicules lourds et un fournisseur de pneus pour poids lourds. Leurs opinions sont rapportées et discutées dans la sous-section 3.5.

C.3.2 Enquête par questionnaire auprès des conducteurs et réponses

C.3.2.1 Description de l'enquête L'objectif de

cette enquête était d'obtenir 500 questionnaires remplis par divers conducteurs dans un certain nombre de lieux du Royaume-Uni ; Le tableau C1 résume les numéros et les sources des questionnaires des conducteurs qui ont été remplis.

Tableau C1 : Numéros et sources des questionnaires conducteurs

Rendez-vous	Nombre	Source	Emplacement
18 au 24 nov. 05	75	VOSA	Dagenham
15 au 22 décembre 2005 et 5 janvier 2006	335	Zone de service M3 (à destination de Londres)	Flotte, Hampshire
5 décembre/6 janvier	11	Opérateurs HT anglais	Sud de l'Angleterre
5 décembre/6 janvier	83	Zone de service M8 (En direction ouest)	Harthill (entre Édimbourg et Glasgow)
5 décembre/6 janvier	17	Opérateurs HT écossais	Écosse
05 novembre au 06 janvier	521	Toutes les sources	

Il a été considéré que cette couverture de conducteurs était suffisamment large et variée pour les besoins de l'enquête.

C.3.2.2 Résultats de l'enquête

Une question clé de cette enquête concerne la fréquence d'apparition des problèmes de fixation de trois roues :

- Fixations de roues desserrées ;
- Écrous de roue perdus, et
- Détachements de roues.

Les fréquences signalées varient – de « Moins d'une fois tous les 2 ans » à « Plus d'une fois tous les 3 mois ». Ces réponses ont été converties en nombres annuels d'occurrences. Pour y parvenir, des hypothèses ont été faites sur les valeurs finales. La fréquence minimale « Moins d'une fois tous les 2 ans » a été définie à 0,25 occurrences par an tandis que la fréquence maximale « Plus d'une fois tous les 3 mois » a été définie à 6 occurrences par an.

Le tableau C2 résume les réponses des 521 répondants. L'avant-dernière ligne donne le nombre total d'occurrences par an de ces problèmes de fixation des roues signalés par ces conducteurs interrogés.

Tableau C2 : Réponses des conducteurs – fréquences signalées des problèmes de fixation des roues

Fréquence de occurrence	Nombre équivalent de occurrences par an	Nombre de réponses		
		Fixations de roue desserrées	Écrous de roue manquants	Détachement de roue
Plus d'une fois chaque trois mois	6(1)	7	5	3
Environ une fois par trois mois	4	5	3	3
Environ une fois par six mois	2	12	7	0
Environ une fois par an	1	14	9	1
Environ une fois tous les deux années	0,5	12	5	0
Moins d'une fois tous les deux ans	0,25(2)	67	30	13
Jamais	0	368	406	445
Réponses totales	-	485	465	465
(Données manquantes)	-	36	56	56
Nombre total de occurrences par an	-	122,75	75	34,25
Nombre total de occurrences par an pour 1 000 conducteurs	-	253.093	161.290	73.656

Remarques : (1) La valeur doit être > 4 ; une valeur de 6 a été supposée.

(2) La valeur doit être < 0,5 ; une valeur de 0,25 a été supposée.

Certaines de ces fréquences signalées sont très élevées, par exemple trois personnes interrogées ont signalé que des détachements de roues se produisaient « plus d'une fois tous les trois mois ». Cette fréquence semble très peu probable à moins que le conducteur n'interprète le mot « rencontré » dans cette question comme signifiant « au sein de son entreprise » ou plus largement encore et pas seulement par rapport au véhicule qu'il conduit personnellement.

La fréquence signalée de ces problèmes de fixation des roues a également été décomposée en fonction d'un certain nombre de facteurs importants afin de déterminer si l'un d'entre eux semblait être causal ou contributif à l'apparition des problèmes :

- type de conducteur ;
- types de marchandises transportées ;
- utilisation signalée de dispositifs de blocage/rétention des roues ;
- utilisation déclarée d'indicateurs de mouvement, et
- utilisation signalée de fixations à filetage directionnel.

Des résultats supplémentaires sont donnés dans le rapport final (Knight et al, 2006) ; les résultats sélectionnés sont présentés dans les deux tableaux suivants de cette sous-section.

Tableau C3 : Problèmes de fixation des roues par type de conducteur : nombre d'occurrences par an et nombre d'occurrences par an par réponse du conducteur

Problème de fixation des roues Type de pilote	(a) Fixations de roue desserrées		(b) Écrous de roue manquants		(c) Détachement des roues	
	N° de occurrences (Nombre de réponses)	Rapport	N° de occurrences (Nombre de réponses)	Rapport	N° de occurrences (Nombre de réponses)	Rapport
Chauffeur d'agence	13 (51)	0,25	10.25 (47)	0,22	0,25 (46)	0,005
Opérateur propriétaire	0,5 (11)	0,05	0 (9)	0	6h00 (10)	0,600
Propriétaire d'entreprise (2 HV ou plus)	0,75 (11)	0,07	0 (10)	0	0 (9)	0
Employé par une petite entreprise (<10 HV)	34,75 (115)	0,30	18 (107)	0,17	8,75 (110)	0,080
Employé par une grande entreprise (>10 HV)	73,5 (294)	0,25	46,75 (289)	0,16	19.25 (287)	0,067
Tous types de conducteur HT	122,5 (482)	0,25	75 (462)	0,16	34,25 (462)	0,074

Les taux de détachement de roue signalés les plus élevés ont été enregistrés chez les propriétaires/exploitants, même si la taille de l'échantillon était petite (10). Les conducteurs employés par de petites entreprises (c'est-à-dire <10 véhicules lourds) ont signalé des taux d'occurrence légèrement supérieurs à la moyenne pour chacun des problèmes de fixation des roues.

Tableau C4 : Problèmes de fixation des roues par produit transporté : nombre d'événements par an et nombre d'événements par an par réponse du conducteur

Problème de fixation des roues Type de marchandises	(a) Fixations de roue desserrées		(b) Écrous de roue manquants		(c) Détachement des roues	
	N° de occurrences (Nombre de réponses)	Rapport	N° de occurrences (Nombre de réponses)	Rapport	N° de occurrences (Nombre de réponses)	Rapport
(a) Denrées alimentaires	26,5 (156)	0,17	12,5 (153)	0,08	0,75 (150)	0,005
b) Bétail	1,25 (15)	0,08	0,25 (13)	0,02	0 (13)	0
(c) Biens de construction et déchets	28 (127)	0,22	11,75 (124)	0,09	0 (120)	0
(d) Produits chimiques (y compris Hazchem)	11,25 (64)	0,18	10 (63)	0,16	0,5 (64)	0,008
(e) Machines et véhicules	25,75 (76)	0,34	11,5 (71)	0,16	10 (70)	0,143
(f) Biens de consommation ou biens « blancs »	14,5 (95)	0,15	7 (90)	0,08	0,75 (89)	0,008
(g) Autre	40,75 (146)	0,28	35 (138)	0,25	8,25 (137)	0,093
Tous types de marchandises	148 (679)	0,22	88 (652)	0,13	20,25 (643)	0,031

Pour les trois catégories de problèmes de fixation des roues, le type de biens (e) « Machines et véhicules » et (g) « Autres » avaient des valeurs supérieures à la moyenne. Les opinions subjectives des opérateurs interrogés (voir section 3.5) nous avaient amenés à nous attendre à des occurrences supérieures à la moyenne pour (c) « Construction et déchets » ; cela n'a pas été confirmé par l'enquête (notamment en ce qui concerne les détachements de roues).

C.3.2.3 Commentaire

Une inspection détaillée des questionnaires a révélé que sept des 521 conducteurs pourraient avoir mal interprété les questions sur la fréquence d'apparition des problèmes de fixation des roues. Si ces réponses sont supprimées de l'analyse, les deux dernières lignes du tableau 2 doivent être modifiées, comme le montre le tableau C5.

Tableau C5 : Réponses du conducteur – fréquences modifiées des problèmes de fixation des roues

Fréquence de occurrence	Nombre équivalent de occurrences par an	Nombre de réponses		
		Fixations de roue desserrées	Écrous de roue manquants	Détachement de roue
Nombre total d'occurrences par an	-	96,75	55	3.25
Nombre total de occurrences par an pour 1 000 conducteurs	-	201.983	119.565	7.096

L'impact majeur de cette révision réside dans le nombre prévu de démontages de roues, réduisant le nombre annuel d'un facteur d'un peu plus de 10.

On ne sait pas exactement combien de conducteurs conduisent régulièrement des véhicules lourds au Royaume-Uni. Dans de nombreuses opérations, un véhicule aura été conduit pendant une journée par jour avec un seul chauffeur. Cependant, pour d'autres, il peut y avoir deux ou trois équipes par jour où le véhicule est conduit par des conducteurs différents. Si l'on suppose qu'il y a 1,2 conducteur pour chaque véhicule immatriculé, alors en 2004, il y aurait eu 640 800 conducteurs réguliers de véhicules lourds au Royaume-Uni. L'utilisation de ce nombre de conducteurs signifie que les résultats de l'enquête prévoient qu'il y aurait environ 129 430 cas d'écrous de roue desserrés par an, 76 617 cas d'écrous de roue manquants chaque année et 4 547 cas de démontage complet de roues chaque année.

C.3.3 Enquête par questionnaire auprès des opérateurs et réponses

C.3.3.1 Description de l'enquête L'objectif

était d'obtenir 30 questionnaires complétés auprès des exploitants de véhicules lourds, y compris ceux exploitant des véhicules de marchandises et ceux exploitant des autocars/bus. Une diversité d'entreprises était nécessaire, tant en termes de distances parcourues que de marchandises transportées.

Un certain nombre d'entreprises ont proposé de participer à l'enquête après avoir pris connaissance du communiqué de presse de TRL de septembre 2005. Certains ont tenu à partager leurs expériences en matière de problèmes de réparation de roues et, dans certains cas, leurs idées pour résoudre le problème.

En l'occurrence, 21 questionnaires remplis par les opérateurs ont été reçus. Le tableau C6 présente un bref résumé du nombre et des types d'entreprises qui ont répondu.

Tableau C6 : Questionnaires des opérateurs - nombres et types d'entreprises interrogées

Type d'entreprise ou de produit	Nombre	Commentaire
Denrées alimentaires	4	Comprend les entreprises transportant d'autres catégories de biens ainsi que des produits alimentaires.
Déchets de construction	8	Comprend les entreprises transportant d'autres catégories de biens ainsi que des produits de construction et des déchets.
Produits chimiques	2	-
Transport général	2	Comprend les entreprises proposant au moins trois catégories différentes de biens
Autres types de marchandises	1	-
Opérateurs de bus/autocars	4	-
Total	21	-

C.3.3.2 Résultats de l'enquête

Deux questions clés de cette enquête concernent la fréquence d'apparition de trois problèmes de fixation de roues : (1) fixations de roue desserrées, (2) écrous de roue perdus et (3) détachements de roues.

Détachements de roues signalés Le tableau

C7 combine les réponses sur la taille du parc, le kilométrage et le détachement de roues.

Tableau C7 : Taille du parc, kilométrage et nombre d'occurrences de détachement de roue

Opérateur Questionnaire Nombre	N° de Véhicule Unités(1)	Kilométrage annuel de la flotte (millions)	Kilométrage annuel moyen du parc par véhicule (en milliers)	N° de détachements au cours des 10 derniers années	Annuel Nb de détachements par unité de véhicule	Nombre annuel de détachements par million de véhicules-miles
1	6 500(2)	500(2)	76,9	30(3)	0,000462	0,00600
2	1 343(2)	N / A	N / A	6(4)	0,000447	N / A
3	57	2	35.1	0	0	0
4	200	18.64(5)	93.2	1	0,000500	0,00536
5	38	0,0621(5)	1,635	0	0	0
6	74	8.466	114.4	0	0	0
7	133	14.226	107,0	0	0	0
8	493	30	60,9	2	0,000406	0,00667
9	28	1.740(5)	62.1	0	0	0
dix	2 000	120	60,0	3	0,000150	0,00250
11	218	18.641(5)	85,5	2	0,000917	0,01073
12	6 000	N / A	N / A	0(6)	0	N / A
13	200	0,05	0,25	1	0,000500	2.0000
14	45	0,015	0,333	0	0	0
15	8 803	352	40,0	10(7)	0,000114	0,00284
16	16	N / A	N / A	2	0,012500	N / A
17	181	15.534(5)	85,8	0	0	0
18	5	0,280	56,0	1	0,020000	0,35714
19	21	0,994(5)	47.3	0	0	0
20	dix	0,400	40,0	0	0	0
21	1 200	22.369(5)	18.6	dix	0,000833	0,04470

Notes : (1) Nombre d'unités de véhicules = Nombre total de porteurs + Tracteurs + Autobus + Autres.

(2) « Estimation » ou « Environ ».

(3) La réponse réelle était « Estimé à plus de 30 incidents »

(4) La réponse réelle était « 6 à ma connaissance ».

(5) La réponse était en km.

(6) La réponse réelle était « Non enregistré ».

(7) La réponse réelle était « 10+ (environ) ».

Une statistique clé est que plus de la moitié des 21 entreprises ont signalé des détachements de roues.

Certains répondants n'étaient pas précis sur les chiffres exacts et l'opérateur numéro 12 a répondu « Non enregistré » (cela a été codé « zéro »).

Pour l'ensemble des données, les cas signalés de détachement de roues étaient étonnamment répartis selon la taille de la flotte. Neuf des dix entreprises exploitant au moins 200 véhicules ont signalé des démontages de roues sur une période de dix ans (à l'exception de l'entreprise mentionnée dans le paragraphe précédent), tandis que seulement deux des onze petites entreprises les ont signalés.

Pour les entreprises déclarant certains détachements, il existait une forte corrélation entre le nombre annuel de détachements déclarés et la taille de la flotte. Des ajustements linéaires et quadratiques ont été dérivés pour le nombre de détachements comme variable dépendante et différentes mesures de la taille de la flotte comme variable indépendante. Trois mesures alternatives de la taille du parc ont été évaluées : (1) le nombre d'unités de véhicules, (2) le nombre de roues du véhicule et (3) le nombre de roues motrices. Des estimations du nombre de roues et de roues motrices par véhicule ont été réalisées pour chaque type de véhicule répertorié dans le questionnaire. Compte tenu de l'incertitude sur la réponse de l'opérateur numéro 12, celle-ci a été omise de cette analyse de régression.

Il a été constaté que les meilleurs ajustements (valeurs les plus élevées de R2) pour les régressions linéaires et quadratiques se produisent pour la corrélation du nombre de détachements avec la deuxième mesure de la taille du parc (c'est-à-dire le nombre de roues des véhicules). Cette relation est illustrée à la figure C1 ci-dessous.

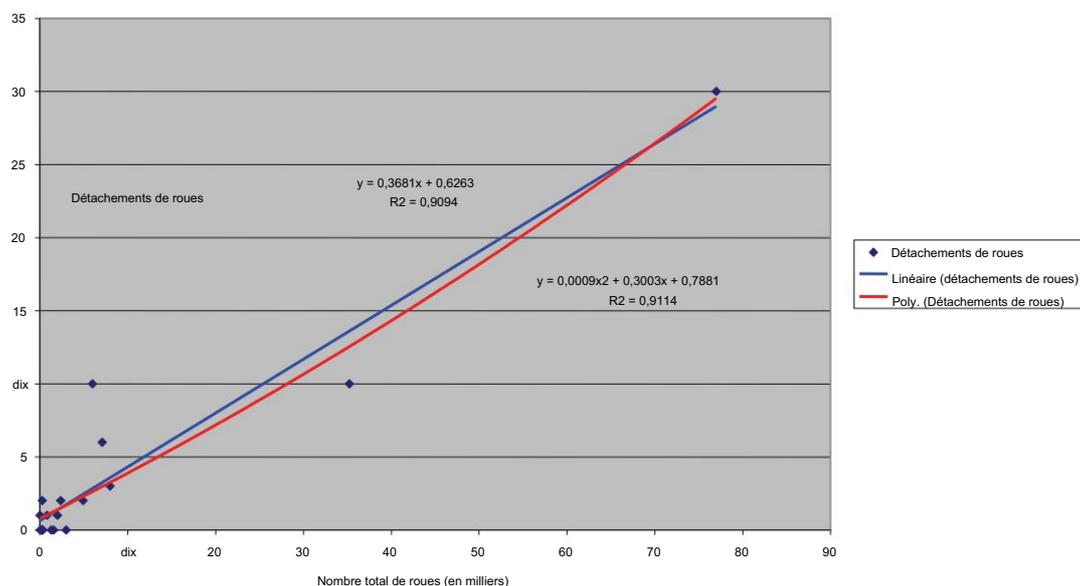


Figure C1 : Relation entre le détachement des roues et le nombre de roues par véhicule.

À la lumière de la majorité des réponses des exploitants, il semble surprenant qu'un exploitant disposant d'un parc de 6 000 unités de véhicules (40 000 roues de véhicules) n'ait connu aucun détachement sur une période de 10 ans. Les courbes les mieux ajustées dérivées de toutes les données (sauf cet opérateur) prévoient entre 13 et 15 détachements sur une période de dix ans pour une flotte de cette taille et de cette composition. Cependant, il peut y avoir d'autres facteurs, tels que le programme d'entretien de l'entreprise ou le remplacement régulier des goujons ou des écrous de roue, qui pourraient expliquer la différence. En revanche, il se peut que la réponse « Non enregistré » soit le reflet fidèle des événements ; des détachements ont eu lieu mais n'ont pas été enregistrés.

Pour les neuf grands exploitants qui ont signalé des détachements de roues, le nombre annuel moyen de détachements par véhicule-unité variait de 0,000114 à 0,000917 avec cinq valeurs dans une fourchette beaucoup plus étroite (0,000406 à 0,000500) ; la valeur moyenne de ce facteur sur ces neuf opérateurs était de 0,000481. Les valeurs de ce facteur pour les deux petites entreprises étaient beaucoup plus élevées (0,0125 et 0,0200).

Politiques, procédures et tenue de registres en matière de réparation des roues Les

réponses des opérateurs concernant les politiques, les procédures et la tenue de dossiers en matière de réparation des roues sont présentées dans le tableau C8.

Tableau 8 : Réparation des roues : politiques, procédures et tenue de registres signalés par l'entreprise

Opérateur Questionnaire Nombre	Avez-vous une politique d'entreprise formellement documentée concernant la vérification quotidienne des roues ?	Avez-vous un document formellement documenté la politique de l'entreprise en matière de montage de roues ?	Existe-t-il une procédure garantissant que le contrôle est effectué peu de temps après le montage d'une roue ?	Tenez-vous des registres sur le remplacement des composants de montage de roues sur des véhicules individuels ?	Avez-vous effectué des recherches pour identifier pourquoi les problèmes de fixation des roues surviennent et comment leur fréquence peut être réduite ?
1	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
2	Oui	Oui	Oui(1)	Oui	Oui
3	Oui	Non(2)	Oui(1)	Oui	Oui
4	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
5	Oui	Oui	Oui	Oui	Non
6	Oui	Oui	Oui	Oui	Non
7	Oui	Oui	Non	Oui	Non
8	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui(3)
9	Oui	Oui	Oui	Oui	Non
dix	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui(3)
11	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui(3)
12	Oui	Oui	Oui	Oui	Non
13	Oui	Oui	Oui	Oui	Non
14	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
15	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
16	Oui	Oui	Oui	Oui(4)	Oui(3)
17	Oui	N ° 5)	Oui	Oui	Non
18	Non	Non	Non	Oui	Non
19	Non	Non	Non	Oui(4)	Non
20	Non	Oui	Oui	Oui(6)	Non
21	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui(3)

Remarques : (1) Balises de couple utilisées.

(2) Paramètres de couple recommandés par le fabricant utilisés.

(3) La recherche a été entreprise pour enquêter sur un événement de détachement de roue.

(4) Dossiers conservés sur « lequel ? » et quand? mais pas « pourquoi ? ».

(5) Les réglages de couple recommandés par l'entrepreneur en entretien des pneus sont utilisés.

(6) Enregistrements conservés sur « quand ? » et pourquoi? mais pas « lequel ? ».

Il ressort clairement du tableau C8 que ces entreprises prennent au sérieux le problème du desserrage et du détachement des roues. Par exemple, chacune de ces vingt et une entreprises tient des registres sur les remplacements de composants de roues, certaines utilisant des « étiquettes de couple » pour garantir la conformité (voir colonnes 4 et 5). En outre, la plupart (86 %) des entreprises ont des politiques formellement documentées en matière de vérification quotidienne des roues et de montage des roues ; les exceptions dans chaque cas sont trois des plus petites entreprises. De plus, 11 des 21 répondants (52 %) ont mené ou financé des recherches sur le problème du desserrage/détachement des roues. Certaines de ces recherches ont fait suite à l'apparition d'un problème au sein de la flotte de l'entreprise (voir colonne 6).

Malgré ce soin et cette utilisation des ressources, presque toutes les grandes entreprises signalent des cas de détachement de roues sur une période de dix ans, comme déjà indiqué dans la sous-section C.3.3.1.

Desserrage de roue signalé et écrous de roue perdus

Dix-sept des vingt et une entreprises ont signalé des cas de desserrage de roues et de perte d'écrous de roue au sein de leur flotte et ont donné une indication de leur fréquence. Les fréquences signalées variaient de « Moins d'une fois tous les 2 ans » à « Plus d'une fois tous les 3 mois » (comme nous l'avons déjà indiqué à propos du questionnaire destiné aux conducteurs). Toutes les réponses ont été converties en nombres annuels d'occurrences avec les réponses maximales et minimales définies précédemment (6 et 0,25 occurrences par an, respectivement).

Dans le tableau C9, les réponses sur la fréquence d'apparition des problèmes de fixation des roues et sur leurs coûts associés ont été combinées pour donner aux opérateurs des estimations de leurs coûts annuels totaux résultant des problèmes de fixation des roues. Lors du calcul du coût annuel total des fixations de roue desserrées ou des écrous de roue perdus pour chaque opérateur, il faut choisir s'il convient d'utiliser le coût indiqué pour des événements « uniques » ou « répétés ». Si la fréquence d'apparition de ces problèmes de fixation des roues est indiquée à deux fois par an, voire plus fréquemment, le coût indiqué pour les « occurrences répétées » a été retenu. Dans le cas contraire, le coût d'une « seule fixation de roue desserrée ou perdue » a été utilisé.

Dans le tableau, la neuvième colonne donne ces coûts annuels tandis que la colonne de droite (10e) montre les coûts annuels par unité de véhicule au sein de la flotte de chaque entreprise.

La validité probable de ces résultats fournis par les opérateurs eux-mêmes est discutée dans la sous-section C.3.5.

Tableau C9 : Réponses des opérateurs : Fréquences signalées des problèmes de fixation des roues et coûts associés

Opérateur Question aire Nombre	Taille de la flotte	Nombre annuel d'événements au sein de la flotte de l'exploitant			Coûts des problèmes de réparation des roues (£) [estimations des répondants]			Total Annuel Coûts (£)	Total Annuel Frais par véhicule (£)
					Fixation de roue unique desserrée ou perdue	Occurrences répétées de fixations de roues simples desserrées ou perdues	Détachements de roues		
		Fixations de roue desserrées	Écrous de roue perdus	Détachement de roue ents					
1	6 500	6	2	3,0	50	500 à 1 000	2 000 à 3 000 10 000	à 17 000	1,5 à 2,6
2	1 343	4	4	0,6	50(1)	200 à 300	2 000 à 3 000 2 800	à 4 200	2.1 à 3.1
3	57	0,25	0	0	250	500	1 000+	62,5	1.1
4	200	0	0	0,1	100	1 000	3 000	300	1,5
5	38	0	0	0	50	500	1 000	0	0
6	74	0,25	0	0	250	1 000	10 000+	62,5	0,84
7	133	0	2	0	5	150	500	300	2.3
8	493	0,25	0,25	0,2	500	1 000	1 000	450	0,91
9	28	0	0	0	N / A	(100 s)	(des milliers)	0	0
dix	2 000	0,5	0,25	0,3	35	70	ROYAUME-UNI	ROYAUME-UNI	ROYAUME-UNI
11	218	1	0,5	0,2	150	500 à 600	1 200	465	2.1
12	6 000	0,25	0	0	ROYAUME-UNI	ROYAUME-UNI	ROYAUME-UNI	ROYAUME-UNI	ROYAUME-UNI
13	200	0,25	0,25	0,1	160	2 000	10 000	1 080	5.4
14	45	0,5	0	0	50	1 000	1 500	25	0,56
15	8 803	6	2	1.0	250	1 000	5 000	13 000	1,5
16	16	6	0,25	0,2	30	100	300	667,5	41,7
17	181	0	0	0	50	250	750	0	0
18	5	2	0,5	0,1	20	75	150	175	35,0
19	21	6	4	0	15	200	1 000	2 000	95.2
20	dix	1	0	0	45	200	200	45	4.5
21	1 200	6	6	1.0	500	1 500	2 500	20 500	17.1

Remarque : (1) La réponse réelle était « moins de 100 » ; 50 a été supposé

D'après le tableau, les coûts moyens des trois problèmes de fixation de roue sont (a) une seule réparation de roue desserrée ou perdue : 135 £, (b) des événements répétés : 635 £ et (d) des détachements de roues : 2 500 £.

Il est intéressant de noter que, malgré de grandes variations dans la taille du parc, les coûts estimés par véhicule des problèmes de fixation des roues (fixations desserrées, écrous de roue et roues perdus)

détachements) se situent dans une fourchette assez étroite (0 à 3,1 £) pour de nombreux opérateurs, en particulier ceux disposant de grandes flottes. Il existe cependant des exceptions (opérateurs numéros 13 & 20 et surtout 16, 18, 19 & 21) pour lesquelles le coût annuel estimé par véhicule peut atteindre 95,2 £.

Le tableau C10 résume les réponses des 21 opérateurs sur la fréquence d'apparition des problèmes de fixation des roues. L'avant-dernière ligne donne le nombre total d'occurrences par an de ces problèmes de fixation de roues signalés par ces opérateurs.

Afin de fournir des estimations nationales de l'occurrence des problèmes de fixation des roues, les chiffres de l'avant-dernière ligne ont été multipliés par un facteur égal au nombre total de véhicules lourds immatriculés (soit 534 000) divisé par le nombre total de véhicules lourds (poids lourds et véhicules lourds). PSV) représentés par ces 21 opérateurs (soit 27 565). La valeur de ce facteur est de 19,372.

Tableau C10 : Réponses de l'opérateur : Fréquences signalées des problèmes de fixation des roues

Fréquence de occurrence	Nombre équivalent de occurrences par an	Nombre de réponses		
		Fixations de roue desserrées	Écrous de roue manquants	Détachement de roue(1)
Plus d'une fois chaque trois mois	6(2)	5	1	0
Environ une fois par trois mois	4	1	2	0
Environ une fois par six mois	2	1	3	(1)
Environ une fois par an	1	2	0	(2)
Environ une fois tous les deux ans	0,5	2	2	(1)
Moins d'une fois tous les deux ans	0,25(3)	5	4	(7)
Jamais	0	5	9	dix
Réponses totales	-	21	21	21
Nombre total d'occurrences par an (pour les 21 opérateurs)	-	40.25	22	6.8
Estimation britannique du nombre total d'événements par an	-	780	426	132

Notes : (1) Les données sur les fréquences de détachement des roues n'ont pas été fournies dans ce format mais sont incluses ici à des fins de comparaison.

(2) La valeur doit être > 4 ; une valeur de 6 a été supposée.

(3) La valeur doit être < 0,5 ; une valeur de 0,25 a été supposée.

C.3.4 Enquête et réponses au questionnaire du fabricant/fournisseur de composants

C.3.4.1 Description de l'enquête L'objectif était

d'obtenir 30 questionnaires complétés auprès des constructeurs de véhicules lourds et des fournisseurs de composants.

Un certain nombre d'entreprises ont de nouveau proposé de participer à l'enquête. Cependant, il s'agissait généralement de personnes impliquées dans la conception et/ou la fabrication de composants destinés à résoudre les problèmes de fixation des roues (c'est-à-dire des dispositifs de verrouillage ou des indicateurs). Les autres entreprises ayant répondu au questionnaire étaient (à deux exceptions près) des fabricants de composants de véhicules (par exemple essieux ou carrosseries) ou de remorques de véhicules.

En l'occurrence, seuls 12 questionnaires remplis de fabricants/fournisseurs de composants ont été renvoyés malgré des tentatives répétées d'impliquer un certain nombre de constructeurs de véhicules lourds, y compris des entreprises ayant des liens permanents avec TRL. Le tableau C11 présente un résumé du nombre et des types d'entreprises qui ont répondu.

Tableau C11 : Questionnaires des fabricants – nombres et types d'entreprises interrogées

Véhicule ou composant fabriqué	Nombre d'entreprises	Commentaire
Composants de fixation des roues	6	Comprend une entreprise impliquée dans la conception (mais pas dans la fabrication) de ces composants
Bandes annonces	2	-
Carrossier	1	-
Essieux	1	-
Poids lourds	1	-
Autre	1	Société de marketing pour constructeur de bus/autocars
Total	12	-

C.3.4.2 Résultats de l'enquête

Ce questionnaire se concentre sur la sensibilisation des répondants aux problèmes de fixation des roues. Les réponses à un certain nombre de questions clés sont présentées dans le tableau C12.

Tableau C12 : Enquête auprès des constructeurs – sensibilisation et perceptions des problèmes de fixation des roues des véhicules lourds (PAM)

Véhicule lourd Fabricants et Composant Fournisseurs Questionnaire Nombre/Type de Entreprise(1)	Connaissez-vous des types de véhicules spécifiques qui semblent plus sensibles au PAM ?	Connaissez-vous des modes de fonctionnement spécifiques qui semblent lancer le PAM plus fréquemment ?	Avez-vous rencontré des problèmes avec les véhicules ou les composants que vous fabriquez ou fournissez ?	Quelle a été suggérée et/ou identifiée comme étant la cause du PAM(2) ?	Avez-vous mené des recherches ou des enquêtes pour identifier les raisons pour lesquelles les PAM se produisent et comment leur fréquence peut être réduite ?	En considérant le Royaume-Uni dans son ensemble, veuillez indiquer dans quelle mesure le détachement des roues des véhicules lourds constitue, selon vous,
1/ WHDM	Oui	Oui	Non	I/(c) et (d)	Oui	Très sérieux
2/WHDM	Oui	Oui	Non	Je/(une); S/(c) et (d)	Oui	Très sérieux
3/Con.	Oui	Oui	Non	Pas de réponse	(Oui)	Sérieux
4/WHDM	Oui	Oui	Non	Pas de réponse	Oui	Sérieux
5/WHDM	Non	Non	Non	Pas de réponse	Oui	Modéré
6/WHDM	Oui	Oui	Pas de réponse	S/(e)	Oui	Très sérieux
7/TM	Non	Non	Non	Pas de réponse	Non	Léger
8/TM	Oui	Oui	Oui	C'est à dire)	Non	Sérieux
9/VBM	Pas de réponse	Pas de réponse	Oui	Dakota du Sud)	Non	Pas de réponse
10/AM	Oui	Oui	Non	S/(c) et (d)	Oui	Très sérieux
11/Rép.	Non	Non	Non	Pas de réponse	Non	Pas de réponse
12/HVM	Non	Non	Non	S/(c) et (d)	Pas de réponse	Léger

Remarques : (1) Types d'entreprise - WHDM=Fabricant de dispositif de verrouillage/rétention d'écrou de roue

Escroquer. = Consultant en technologie de boulonnage

TM = Fabricant de remorque

VBM = Fabricant de carrosserie de véhicule

AM = Fabricant d'essieux

Rep. = Représentant de la société de commercialisation représentant le fabricant

HVM = Constructeur de véhicules lourds

(2) S/ = Cause suggérée ; I/ = Cause identifiée.

(a) = Conception/spécifications de produit inadéquates [1 occurrence]

(b) = Composants de matériaux défectueux [aucune occurrence]

(c) = Utilisation extrême/surcharge au-delà de l'enveloppe de performance de conception [4 occurrences]

(d) = Pratiques d'entretien inadéquates [5 occurrences]

(e) = Autre [2 occurrences]

Il est dommage qu'un plus grand nombre de constructeurs de véhicules lourds n'aient pas répondu au questionnaire. Cependant, sur la base des répondants qui ont répondu, le tableau C12 indique une sorte de polarisation entre les constructeurs automobiles (et leurs représentants) et les fabricants de dispositifs de blocage/rétention des écrous de roue. Ceci est presque inévitable puisque le deuxième groupe a vu le jour pour résoudre les problèmes de fixation des roues qu'ils avaient rencontrés ou perçus, ce qui a conduit à des recherches et, finalement, au développement et à la commercialisation de produits pour résoudre ces problèmes. Les constructeurs automobiles ayant répondu perçoivent généralement « une utilisation excessive » ou un « entretien inadéquat » comme la cause première des problèmes de fixation des roues qu'ils ont rencontrés ou dont ils ont entendu parler.

En réponse à la question « Qu'est-ce qui a été suggéré et/ou identifié comme étant la cause du ou des problèmes de fixation des roues ? », un fabricant a commenté : « D'après notre expérience, les cas de problèmes de fixation des roues sont invariablement anecdotiques ». Ce commentaire illustre le cœur du problème : « Le problème est-il réel et, s'il est réel, à qui appartient-il ? »

C.3.4.3 Discussion des points de vue des exploitants

En plus des enquêtes par questionnaire décrites précédemment, des discussions informelles ont eu lieu avec un certain nombre d'exploitants de véhicules lourds et un fournisseur de pneus pour véhicules lourds. Leurs opinions sont discutées dans cette sous-section.

Il était clair que les perceptions des opérateurs quant à l'ampleur et à la nature (voire à l'existence) du problème de fixation des roues des véhicules lourds variaient considérablement selon les différents secteurs de l'industrie.

Il y a un consensus général sur le fait que le problème est lié aux opérations de dépose et de remplacement des roues. En conséquence, les opérateurs concernés estiment que le problème est particulièrement aigu dans le secteur de la gestion des déchets car, généralement, ces véhicules ont des roues démontées et remplacées aussi souvent que 7 à 10 fois par an, contre deux fois par an en moyenne dans d'autres secteurs. .

Le fournisseur de pneus a recommandé ce qui suit :

« Les goujons de roue doivent être changés tous les 5 à 7 ans (c'est une pratique normale du MOD) et les écrous de roue si nécessaire. De plus, nous changeons les roues de nos clients tous les 7 ans dans le secteur de la gestion des déchets. Afin de maintenir les niveaux de couple aux niveaux spécifiés, nous recalibrons nos clés dynamométriques tous les 6 mois (même si cela ne sera plus nécessaire lorsque les clés dynamométriques numériques seront disponibles dans les prochains mois).

Il était généralement admis que le resserrage des écrous de roue est un élément essentiel de l'entretien des roues d'un véhicule lourd. Il y avait deux points de vue sur la façon dont cela devrait être fait :

- après que le véhicule soit resté à l'arrêt pendant 30 minutes
- après utilisation sur route.

Le fournisseur de pneus est d'avis que « après utilisation » est la meilleure option, même s'il admet que les idées varient sur ce point. Bien que certains opérateurs et fabricants précisent qu'un véhicule doit parcourir environ 50 km avant de resserrer le couple, le fournisseur de pneus était d'avis qu'un seul mouvement à 360 degrés du véhicule produit suffisamment de mouvement et de contrainte pour stabiliser suffisamment la roue pour que le resserrage soit effectué. efficace.

De nombreux exploitants de véhicules ont mis en place des politiques visant à maintenir un contrôle strict des procédures de serrage et de re-serrage. Les conducteurs sont formés et des directives écrites sont fournies auxquelles leurs conducteurs et fournisseurs de pneus doivent se conformer chaque fois qu'une roue est changée. Certaines entreprises émettent des « étiquettes de serrage/re-serrage » qui permettent de vérifier que le re-serrage a été effectué comme spécifié dans leurs documents de référence.

Un marché commercial s'est développé au fil des années pour les dispositifs de blocage des roues et les indicateurs de mouvement des roues. Certains opérateurs sont enthousiastes quant à leur utilisation ; d'autres ne le sont pas. Les fabricants de dispositifs de blocage des roues considèrent généralement que, s'ils sont combinés à un resserrage systématique et consciencieux, leurs produits pourraient résoudre le problème.

Le fournisseur de pneus a estimé que les dispositifs de sécurité peuvent rendre les opérateurs imprudents et ne doivent pas être considérés comme un substitut aux procédures de resserrage. Certains dispositifs pourraient être efficaces pour compléter les procédures de maintenance appropriées, mais ne constituent pas une solution sans entretien.

Un important opérateur national a déclaré qu'il pensait que le problème de fixation des roues pouvait et devait être « complètement résolu » plutôt que « simplement géré ».

Certains ont exprimé l'opinion que les constructeurs automobiles ne semblent pas disposés à reconnaître l'existence d'un problème ou, du moins, qu'ils ont été lents à l'admettre. Les spécialistes de la conception et des performances des fixations par boulons (dans les véhicules et autres applications) ont exprimé l'opinion que les conceptions actuelles de goujons/écrous ont tendance à fonctionner en toute sécurité pendant 3 ou 4 ans à partir du neuf, mais pas aussi bien une fois que les goujons deviennent sales, rouillés ou usés. Ces spécialistes pensaient que cette détérioration « à l'usage » pouvait expliquer les perceptions de certains constructeurs automobiles.

C.3.5 Commentaires sur la fréquence globale des problèmes de fixation des roues au Royaume-Uni

C.3.5.1 Estimations de fréquence disponibles Les

recherches décrites dans ce rapport et dans le rapport final (Knight et al, 2006) ont abouti à une grande variété d'estimations de la fréquence des problèmes de fixation des roues au Royaume-Uni. Le tableau C13 résume ces estimations pour permettre une comparaison et une analyse de leurs forces et faiblesses relatives.

Tableau C13. Résumé des estimations de la fréquence des problèmes de fixation des roues au Royaume-Uni.

Information source	Nombre prévu d'incidences par an					
	Écrous de roue desserrés ou manquants	Autres défauts de fixation (par exemple ruptures de goujons)	Détachement de roue	Dommages uniquement collision suite au détachement	Accidents corporels dus au détachement d'une roue	Accidents mortels par détachement de roue
VOSA Enquête (DFT, 1997)	7 990		175			
ACPO Enquête (DFT 1997)			368	140	16	0
VOSA Enquête (TRL 2005)	3 886		254			
Pilote TRL enquête (2005)	206 047		4 547			
Enquête auprès des opérateurs TRL (2005)	1 206		132			
VOSA base de données sur les interdictions (2002-2005)	8 520	2 031	224			
VOSA Base de données des collisions				80 % de tous les accidents avec détachement de roue	16 % de tous les accidents impliquant un détachement de roue	4 % de tous les accidents impliquant un détachement de roue
Base de données fatales HVCIS (1988-2001)						4

Les cellules ombrées indiquent les endroits où les différentes études n'ont pas pu produire les informations définies.

On peut constater que les estimations varient considérablement mais, à l'exception de l'enquête auprès des conducteurs TRL, il existe un consensus général sur le fait que la fréquence des écrous de roue desserrés ou manquants se chiffre en milliers chaque année, la fréquence de détachement des roues est de l'ordre de quelques centaines chaque année et que le nombre de décès résultant du détachement d'une roue se chiffrera probablement à un seul chiffre.

Lorsque l'on considère la variation, en particulier pour l'enquête auprès des conducteurs, il est important de considérer la taille des échantillons, les forces et les faiblesses de chaque méthode :

- VOSA 1997 – VOSA aurait examiné environ 20 000 véhicules au cours de la période de l'enquête, ce qui représentait à cette époque environ 4 % du parc de véhicules lourds du Royaume-Uni. Toutefois, ceux-ci auront été inspectés lors de contrôles routiers, chez les opérateurs et après des accidents. Pour les écrous desserrés ou manquants, l'échantillon peut être biaisé en faveur des véhicules plus anciens en raison de la nature d'un programme ciblé d'application de l'entretien. On pourrait affirmer que VOSA

serait susceptible d'être appelé pour une grande proportion d'incidents impliquant le détachement complet d'une roue, ce qui pourrait donc être moins affecté par le biais. L'estimation produite à partir de cette enquête devrait être raisonnablement précise, mais peut tendre vers une surestimation des écrous desserrés/manquants, car il a été démontré que les véhicules plus anciens sont plus susceptibles de souffrir de tels problèmes.

- ACPO 1997 – Ceci était basé sur le fait que la police remplissait un formulaire chaque fois qu'elle identifiait un problème de réparation de roue. La nature de la division du travail entre VOSA et la police signifie que la plupart des formulaires remplis concernaient des incidents/accidents de détachement de roues. La difficulté avec cet échantillon était qu'il n'existait pas de mesure simple de l'exposition à utiliser. Les estimations du tableau 13 ont donc été obtenues en multipliant simplement le nombre réel enregistré en trois mois par quatre pour obtenir une estimation annuelle. On pourrait faire valoir que le nombre réel de détachements serait plus élevé parce que la police n'est peut-être pas appelée à chaque incident. Cependant, on pourrait également faire valoir que les événements de faible fréquence comme celui-ci varient considérablement en fréquence sur une base aléatoire, de sorte qu'il pourrait y avoir une inexactitude importante dans l'estimation annuelle, entraînant une surestimation ou une sous-estimation.
- VOSA 2005 – Ceci est très similaire à VOSA 1997 et présente les mêmes forces et faiblesses. L'échantillon était cette fois plus large car l'enquête a duré trois mois et environ 30 000 véhicules, soit environ 5,5 % du parc automobile, auraient été examinés. Cependant, lorsque les résultats de l'enquête ont été comparés à la base de données sur les interdictions, il est devenu évident qu'il semblait y avoir un niveau important de sous-déclaration au TRL des défauts des écrous de roue. Le nombre d'interdictions annuelles pour défauts d'écrous de roue, divisé au prorata pour obtenir un nombre pour la durée de trois mois de l'enquête, était considérablement supérieur au nombre de rapports TRL reçus de VOSA. Cependant, lorsque les nombres de démontages de roues ont été comparés, les deux sources ont fourni des données cohérentes, suggérant qu'il est probable que TRL ait reçu un rapport pour presque tous les démontages de roues intervenus par VOSA au cours de la période.
- Enquête auprès des conducteurs TRL – 521 conducteurs ont été interrogés. Le nombre total de conducteurs réguliers de véhicules lourds au Royaume-Uni est inconnu, mais si l'on suppose qu'il y a 1,2 conducteur pour chaque véhicule lourd, il y aura probablement environ 640 800 conducteurs. Cela signifie que l'échantillon de l'enquête représentait environ 0,08 % de la population des conducteurs et était donc relativement petit. Il est évident que les résultats de l'enquête auprès des conducteurs prédisent des fréquences de problèmes de fixation des roues qui sont d'un ordre de grandeur supérieur à toute autre source de données. La raison n'en est pas connue, mais elle peut être due à la petite taille de l'échantillon ou à un biais introduit par le lieu et les circonstances dans lesquelles les entretiens ont été menés. Il se peut également que les conducteurs estimaient les fréquences en fonction de la fréquence à laquelle ils étaient conscients des problèmes survenant entre collègues, connaissances et autres entreprises, plutôt que de simplement raconter la fréquence à laquelle cela leur était arrivé personnellement. • Enquête auprès des opérateurs TRL – vingt et un opérateurs ont répondu à l'enquête, mais à eux deux, ils représentaient des organisations qui exploitaient 27 565 véhicules, ce qui représente environ 5 % de la flotte actuelle du Royaume-Uni. Cela peut donc être considéré comme un échantillon raisonnablement important. L'échantillon était varié pour inclure à la fois des exploitants de grande et de petite taille, mais on ne sait pas dans quelle mesure cette composition représente la diversité des tailles d'exploitants à l'échelle nationale. Il est donc possible qu'il y ait un certain biais en faveur des petits ou des grands exploitants, très probablement en faveur des grands exploitants. Dans une culture du blâme, où la responsabilité juridique incombe probablement à l'opérateur en cas de détachement d'une roue, les opérateurs peuvent également être perçus comme incités à sous-signaler les problèmes.
- Données d'interdiction VOSA. Il s'agit d'une base de données rigoureuse constituée à partir des activités d'application en cours de VOSA et un enregistrement sera saisi chaque fois qu'une interdiction est émise. L'échantillon de véhicules examinés est d'environ 120 000

par an, ce qui représente environ 22 % du parc automobile. Il s'agit donc d'un échantillon beaucoup plus large que dans les autres enquêtes.

- Données sur les collisions VOSA – La base de données sur les collisions est considérablement asymétrique par rapport à la base de données nationale des accidents, STATS 19. En effet, son contenu dépend entièrement des accidents dans lesquels la police demande à VOSA d'être impliquée.
En général, ils sont presque tous liés aux accidents de véhicules lourds et sont très fortement orientés vers les accidents mortels et graves, mais peuvent également inclure les accidents causant uniquement des dommages (qui ne sont pas enregistrés dans STATS 19). En raison de la nature des incidents pour lesquels la police est susceptible d'appeler VOSA, on peut supposer que les incidents de perte de roue sont plus représentatifs, car il s'agit d'un domaine dans lequel la police est susceptible de vouloir plus d'expertise en mécanique. Cela se voit dans le fait que la répartition de la gravité des blessures dans les accidents de détachement de roue est complètement différente de celle des autres types d'accidents. Les données peuvent être utilisées pour comparer les types et la gravité des accidents de perte de roue qui se produisent, mais la fréquence ne peut pas être multipliée de manière fiable au niveau national.
- Données mortelles HVCIS – La base de données mortelles HVCIS implique une étude détaillée des rapports d'accidents mortels de la police. Les données décrites dans le rapport final représentaient 40 % de tous les accidents mortels de véhicules lourds enregistrés sur STATS 19 pour la période. Il s'agit donc d'un échantillon très large et il s'est avéré représentatif de la situation nationale. Il s'agit probablement d'une source de données très fiable, mais elle ne peut fournir que des informations sur le nombre d'accidents mortels, et non sur la fréquence des problèmes de fixation des roues en général.

C.3.5.2 Analyse Afin

de fournir une analyse coûts-avantages utile, TRL a dû prédire où, parmi la très large gamme de résultats, il était le plus probable que se trouve la vraie réponse. Il n'était pas possible de le faire de manière rigoureusement scientifique, c'est pourquoi une série d'hypothèses étaient nécessaires, comme décrit ci-dessous :

- Les opinions subjectives des conducteurs interrogés surestimaient considérablement la fréquence d'apparition et doit être ignoré.
- La fréquence des incidents signalés par les conducteurs de véhicules lourds sous-estime légèrement l'ampleur des problèmes et doit être ignorée.
- La base de données sur les interdictions VOSA et la base de données sur les décès du HVCIS étaient les sources d'informations les plus solides et les plus représentatives et devraient être prises en compte.
- Les « autres » défauts de fixation des roues enregistrés dans la base de données des interdictions pourraient également entraîner un détachement des roues et devraient être pris en compte. Ces défauts comprenaient des défauts de fixation de roue (tels qu'un écrou de roue ou une rondelle d'écrou de roue ou un goujon de roue fracturé ou manquant et des trous de goujon de roue endommagés ou allongés) ainsi que des défauts de roue/moyeu (tels qu'une roue endommagée, déformée ou manquante et des fractures de moyeu de roue).
- L'enquête de l'ACPO de 1997 a identifié avec précision la proportion d'incidents de détachement de roue ayant entraîné une collision avec un autre véhicule/usager de la route (42 %). Cette proportion doit être utilisée pour estimer le nombre total d'accidents sur la base des estimations de la fréquence de détachement des roues issues des enquêtes VOSA et des données sur les interdictions.
- La base de données des collisions VOSA reflétait avec précision la répartition de la gravité des accidents (4 % mortels, 16 % de blessés, 80 % de dommages seulement) dans lesquels le détachement d'une roue était impliqué, mais pas la fréquence absolue des événements. Cela devrait être utilisé pour estimer combien, parmi le nombre total prévu d'accidents, étaient uniquement des dommages, des blessures ou des décès. L'estimation des décès du HVCIS a été utilisée comme « contrôle de cohérence » pour cette méthode d'estimation des accidents.

Sur la base d'une combinaison des forces et des faiblesses des sources de données et des hypothèses énumérées ci-dessus, TRL a produit une large gamme d'estimations du nombre moyen de chaque problème de fixation de roue qui se produit généralement chaque année. Ceux-ci sont présentés dans le tableau C14.

Tableau C14. Estimation TRL de la fréquence des problèmes de fixation/détachement des roues

	Nombre estimé d'incidents par an				
	Défauts de fixation des roues (c'est-à-dire écrous desserrés, manquants, endommagés, goujons endommagés ou défectueux)	Détachement des roues (total)	Détachement de roue (dommage uniquement accident)	Détachement de roue (accident corporel)	Décrochage de roue (accident mortel)
Supérieur	11 000	400	134	27	7
Inférieur	7 500	150	50	dix	3

C.3.5.3 Conclusions

Les différentes études réalisées conduisent à des estimations assez variables de la fréquence des problèmes de fixation des roues. Cependant, à l'exception de l'enquête auprès des conducteurs du TRL, il existe un consensus général sur le fait que la fréquence des écrous de roue desserrés ou manquants se chiffre à quelques milliers chaque année, que la fréquence de détachement des roues se chiffre à quelques centaines chaque année et que les décès résultant de roues le détachement sera probablement composé d'un seul chiffre.

Il semblerait que la suggestion anecdotique de 2 000 à 3 000 détachements par an (voir sous-section C.2.2) ne soit pas fondée.

Sur la base des données et d'une série d'hypothèses concernant les données, TRL a estimé que la fréquence annuelle typique des problèmes de fixation des roues se situe entre 7 500 et 11 000 défauts de fixation des roues, entraînant entre 150 et 400 détachements de roues. Parmi les démontages de roues, il a été estimé qu'entre 50 et 134 entraîneraient des accidents causant uniquement des dommages, 10 à 27 des accidents corporels et 3 à 7 des accidents mortels.

C.4 Options

Option A – Ne rien faire.

Option B – Introduire des procédures volontaires ou obligatoires applicables à toute personne dont le travail implique le montage et le remontage des roues de véhicules lourds et le resserrage des écrous de roue.

Option C – Réintroduire l'utilisation de fils directionnels sur tous les véhicules lourds.

Option D – Mettre en œuvre un examen de la conception des fixations des moyeux et des roues des véhicules lourds.

Option E – Introduire des dispositifs de rétention des écrous de roue sur tous les véhicules

Option F – Introduire des indicateurs de mouvement des écrous de roue sur tous les véhicules

Ces options sont décrites plus en détail et évaluées tour à tour dans les sections C.7 à C.12.

C.5 Coûts et avantages

C.5.1 Éléments à évaluer

En principe, les coûts et les avantages de chaque option doivent être calculés ou estimés et comparés afin de déterminer si les avantages dépassent les coûts. En pratique, il n'est pas encore possible d'estimer avec précision les coûts ou les avantages de toutes les options.

Dans le reste de cette section, la nature des éléments à évaluer est discutée ainsi qu'une description des méthodes utilisées pour estimer leurs valeurs.

Les changements résultant de l'adoption de l'une ou l'autre des options, ou d'une combinaison d'options, entraîneront un mélange de coûts et d'avantages supplémentaires. Celles-ci peuvent inclure une augmentation des coûts pour les constructeurs et les exploitants de véhicules lourds.

Les coûts supplémentaires supportés par les constructeurs et les exploitants sont assez simples à décrire. Il est beaucoup plus difficile de leur attribuer des valeurs numériques.

C.6 Valorisations

Les valeurs financières du DfT pour la prévention des accidents de la route comprennent les éléments de coût suivants :

- Perte de production due à un accident – elle est calculée comme la valeur actuelle de la perte de revenus attendue majorée de tout paiement non salarial (cotisations d'assurance nationale, etc.) payé par l'employeur.
- Frais d'ambulance et frais de traitement hospitalier. • Coûts humains – basés sur les valeurs de « volonté à payer », qui représentent la douleur, le chagrin et la souffrance de la victime, de ses proches et de ses amis, et, pour les victimes mortelles, la perte intrinsèque de la jouissance de la vie, au-delà de la consommation de biens. Et services.
- Frais de dommages aux véhicules et aux biens.
- Coûts de l'intervention de la police et frais administratifs de l'assurance accident.

Les évaluations de 2008 utilisées dans ce rapport (voir tableau C15) sont tirées de RAGB : 2008 (Département des transports, 2009).

Tableau C15 : Évaluations des pertes

Victime Gravité	Valorisation (£)
Fatal	1 683 800
Sérieux	189 200
Léger	14 600

Sur la base de la fréquence d'occurrence des accidents graves et légers, le coût moyen d'une victime non mortelle est de 38 594 £. Les accidents avec dommages uniquement sont évalués à 2 000 £.

C.7 Option A – Ne rien faire Les

coûts du maintien de la situation actuelle ont été estimés à partir des données disponibles sur la fréquence d'apparition des incidents de desserrage et de détachement de roues et de leurs conséquences, y compris celles obtenues dans les dernières enquêtes.

C.7.1 La situation actuelle

Le tableau 14 présente la situation actuelle en ce qui concerne le nombre probable de défauts, de détachements et d'accidents dans les fixations de roues. Ces estimations ont été utilisées pour calculer les coûts existants de ces incidents. Ceux-ci sont présentés dans la suite de cette section.

C.7.1.1 Coûts/avantages Les

avantages financiers probables de la résolution du problème existant comprennent : (1) des économies sur les coûts d'accident et (2) des économies pour les opérateurs sur les coûts des problèmes de réparation des roues.

En utilisant les évaluations de la sous-section 5.2, les estimations supérieure et inférieure des coûts des accidents mortels et des accidents corporels sont respectivement de 11,79 millions de livres sterling à 5,05 millions de livres sterling et de 1,04 million de livres sterling à 0,39 million de livres sterling.

Les propres estimations des opérateurs du coût des détachements, telles qu'indiquées dans le tableau C9, ont été utilisées pour calculer le coût des détachements sans blessures. Deux estimations (10 000 £ et 10 000 £+) se rapprochent du coût d'un accident avec blessures légères donné dans le tableau 15 (elles ont donc été ignorées à cette fin). La moyenne de toutes les autres réponses est d'environ 1 500 £ ; cela a été considéré comme le coût d'un détachement « sans collision » [ce chiffre représente les propres coûts de l'opérateur]. Afin de chiffrer le coût d'un détachement « uniquement en cas de dégâts », le coût propre de l'opérateur a été ajouté au coût public (c'est-à-dire 2 000 £), ce qui donne un total de 3 500 £ par détachement. Avec ces hypothèses, les fourchettes de coûts des démontages de roues vont de 0,18 M£ à 0,47 M£ (dommages uniquement) et de 0,23 M£ à 0,60 M£ (pas de collision).

Dans la sous-section C.3.3.2 (Desserrage de roue et perte d'écrous de roue signalés), les occurrences « uniques » et « répétées » de problèmes de fixation de roue ont été définies. Dans l'enquête menée auprès des opérateurs, environ 60 % des fixations de roues desserrées ou perdues signalées seraient définies comme « répétées », le reste comme étant « uniques ». Le défaut moyen de fixation des roues coûterait, sur cette base, 435 £ (= 0,60 x 635 £ + 0,40 x 135 £). La fourchette des coûts s'élèverait entre 3,26 et 4,78 millions de livres sterling.

Le tableau C16 résume toutes ces économies potentielles.

Tableau C16. Coûts actuels des problèmes de fixation/démontage des roues au Royaume-Uni

	Nombre estimé d'incidents par an (avec coûts)					
	Défauts de fixation des roues [c'est-à-dire écrous desserrés, manquants, endommagés, goujons endommagés ou défectueux]	Détachement de roue [pas de collision]	Détachement de roue [dommages uniquement]	Détachement de roue [accident corporel]	Détachement de roue [accident mortel]	(Coûts totaux)
Estimation supérieure	11 000 (4,78 millions de livres sterling)	400 (0,60 M£)	134 (0,47 M£)	27 (1,04 M£)	7 (1,79 M£)	(18,68 M£)
Estimation inférieure	7 500 (3,26 millions de livres sterling)	150 (0,23 M£)	50 (0,18 M£)	10 (0,39 M£)	3 (5,05 M£)	(9,10 M£)
Coûts à l'unité	435 £	1 500 £	3 500 £	38 594 £	1,68 millions de livres sterling	-

Le coût total de l'option « Ne rien faire » représente donc un coût permanent pour l'industrie et la société dans son ensemble compris entre environ 9 et 19 millions de livres sterling par an. Il y avait 547 300 camions et bus immatriculés au Royaume-Uni en 2008 (Statistiques des transports, 2008). Cela signifie qu'environ 16 à 34 £ pourraient être dépensés pour chaque véhicule au Royaume-Uni afin d'éliminer le problème et de fournir un avantage financier net au cours de la première année de mise en œuvre.

C.7.2 Commentaire

Objectivement, le nombre d'accidents graves signalés comme étant directement causés par des incidents de détachement de roues n'est pas important en comparaison avec d'autres causes de RTA. Cependant, chaque décès tend à attirer une intense attention médiatique parce que le public semble avoir l'impression que ces accidents sont facilement évitables ou devraient l'être.

C.8 Option B – Introduire des procédures volontaires ou obligatoires L'option B

concerne l'établissement et le maintien de procédures opérationnelles conçues pour minimiser et, si possible, éradiquer le desserrage et le détachement des roues.

Deux manières d'y parvenir ont été envisagées (1) les procédures volontaires [Option B1] et (2) les procédures obligatoires [Option B2].

C.8.1 Option B1 – Procédures volontaires Il a été noté à la

sous-section 2.2 que de nombreux conducteurs de véhicules ont mis en place des politiques visant à maintenir un contrôle strict des procédures de serrage et de re-serrage. Ces politiques comprennent la formation des conducteurs, des directives écrites et, dans certains cas, la délivrance d'« étiquettes de serrage/re-serrage » pour garantir que le re-serrage est effectué comme spécifié dans leurs documents de lignes directrices.

Essentiellement, l'objectif d'un programme volontaire serait d'étendre ces pratiques opérationnelles à l'ensemble du secteur de l'exploitation des véhicules lourds, en particulier aux opérateurs (éventuellement plus petits) qui ne sont pas conscients de la nécessité de resserrer après une dépose et un remplacement de roue, malgré la publication en 1997 de la brochure d'orientation du ministère intitulée « Un couple imprudent coûte des vies ». Alternativement, certains opérateurs peuvent négliger de resserrer les écrous de roue à chaque fois qu'une roue est retirée et remontée. Il a été noté que certains des plus petits exploitants n'ont pas mis en place de politiques ou de procédures.

Deux éléments sont nécessaires dans un programme volontaire : (a) une formation pour les opérateurs et les conducteurs et (b) des informations écrites devant être disponibles pour servir de rappel et de document de référence une fois la formation dispensée. (a) Formation – un programme

conçu pour fournir des conseils sur :

- La nécessité et l'intérêt d'une vérification régulière et systématique des écrous de roue dans le cadre de la routine quotidienne de vérification des véhicules.
- Les dispositifs de blocage et de rétention des écrous de roue actuellement sur le marché.
- Les indicateurs de mouvement des écrous de roue actuellement sur le marché.

(b) Documents

Celui-ci pourrait être publié sous la forme d'un guide des « meilleures pratiques » similaire aux documents politiques publiés par certaines des plus grandes entreprises de transport (des exemples ont été mis à disposition pour les besoins du projet). Le document devrait développer les orientations fournies dans « Un couple imprudent coûte des vies ».

Des mécanismes possibles permettant de fournir de telles informations aux opérateurs existent déjà dans le cadre de l'initiative de modernisation du transport routier du DfT.

C.8.2 Option B2 – Procédures obligatoires Une méthode

appropriée pour établir un système obligatoire peut consister à introduire une législation appropriée. Voici quelques exemples possibles :

- Introduire une législation rendant obligatoire la déclaration au DfT de tout incident de détachement de roue, qu'un accident corporel résulte ou non de l'événement. Les méthodes et niveaux de reporting appropriés devraient être convenus avec la VOSA, l'ACPO et d'autres parties prenantes (par exemple, les compagnies d'assurance).
- Introduire une législation rendant obligatoire pour chaque opérateur d'introduire une politique d'entreprise formellement documentée décrivant, pour son personnel, la procédure à suivre suite au changement de roue sur un véhicule lourd. La politique devrait préciser clairement à qui incombe la responsabilité de garantir que la politique

a été mis en œuvre (direction, personnel de maintenance ou chauffeurs individuels). Pour soutenir cette législation, une note d'information serait rédigée (en collaboration avec des experts de l'industrie) et distribuée à tous les opérateurs de véhicules lourds enregistrés pour fournir des conseils sur les méthodes appropriées de serrage des écrous après le changement d'une roue.

Il couvrirait les procédures à adopter pour toutes les combinaisons écrou/goujon de roue existantes. Les entreprises seraient encouragées à intégrer cette note d'information (ou les conseils qu'elle contient) dans leur document de politique d'entreprise.

- Introduire une législation pour inclure dans l'examen de conduite des véhicules lourds quelques questions pour tester les connaissances du conducteur sur les procédures de changement de roue.
- Introduire une modification des exigences imposées aux titulaires de permis O afin de rendre spécifiquement obligatoire la tenue d'un journal de l'historique de tous les changements de roues pour chaque véhicule lourd avec les dates et le kilométrage du véhicule et les enregistrements de re-serrage. Une copie du journal devrait être transportée dans chaque véhicule lourd et serait soumise à une inspection par les organismes chargés de l'application de la loi tels que VOSA et la police.

C.8.3 Faiblesses possibles des procédures potentielles

La principale faiblesse de toute approche procédurale visant à résoudre le problème du montage des roues reste la difficulté de faire respecter les politiques et de garantir leur mise en œuvre universelle. Par exemple, l'enquête auprès des conducteurs a montré qu'un nombre important de conducteurs n'effectuent pas toujours leurs contrôles quotidiens, bien qu'il s'agisse d'une exigence spécifique.

C.8.4 Coût/bénéfice

Certaines informations ont été obtenues sur les coûts de maintenance. Par exemple, le re-serrage a été évalué à 6 £ par roue. Sur cette base, le coût total du resserrage de toutes les roues de la flotte britannique de véhicules lourds s'élèverait à environ 15,5 millions de livres sterling. Au moins un opérateur consulté a déclaré qu'il resserrait désormais les écrous de roue chaque semaine pour tous les véhicules afin d'éviter le détachement des roues. Si cela était fait chaque semaine pour tous les véhicules, le coût annuel pour l'industrie serait d'environ 806 millions de livres sterling.

Dans la pratique, de nombreux opérateurs/conducteurs resserrent déjà leurs roues soit à intervalles réguliers, soit chaque fois qu'une roue a été déposée et remplacée pour une raison quelconque. Le tableau C17 montre le surcoût du resserrage hebdomadaire pour différentes proportions de la population poids lourds.

Tableau C17. Coûts supplémentaires pour le re-serrage hebdomadaire

Pourcentage de roues nécessitant un resserrage	Coûts annuels supplémentaires (en millions de livres sterling)
1%	8.1
2%	16.1
dix%	80,6

Les avantages seraient d'économiser une partie des coûts d'incidents et d'accidents évoqués dans la section 6. Le resserrage ne serait pas rentable si plus d'environ 2 % des roues nécessitaient une attention hebdomadaire.

Il est à noter que pour les opérateurs qui mettent déjà en œuvre ce type de pratique, ce coût pourrait être considéré comme un coût supplémentaire de l'option « ne rien faire ». Un nouveau calcul des mêmes chiffres montre qu'un programme hebdomadaire d'entretien des roues coûterait en moyenne environ 1 532 £ par véhicule et par an.

C.8.5 Commentaire

Il est reconnu que les procédures décrites dans cette option, notamment les procédures obligatoires, imposeraient une charge supplémentaire significative à l'industrie des véhicules lourds.

À la lumière de la politique gouvernementale actuelle visant à réduire plutôt qu'à augmenter les charges imposées par la réglementation, ces procédures obligatoires pourraient ne pas être appropriées dans le climat actuel.

C.9 Option C – Réintroduire les filetages directionnels Les filetages directionnels

(filetages à gauche sur les roues du côté proche) étaient généralement utilisés il y a environ 15 ou 20 ans. Ils avaient été introduits à l'origine pour lutter contre le déroulement des écrous de roue car, avec les écrous de roue conventionnels situés sur les roues latérales, tout mouvement de déroulement se faisait dans le même sens de rotation que celui provoqué par le mouvement vers l'avant du véhicule.

Les filetages directionnels ne sont plus proposés en option sur les véhicules neufs. L'une des raisons de leur retrait était le coût supplémentaire du stock de deux jeux d'écrous et, plus important encore, le fait qu'un goujon de roue pouvait être endommagé par l'utilisation imprudente d'un écrou avec le mauvais sens de filetage, surtout s'il était forcé sur le goujon avec un système hydraulique. clé.

Il a été suggéré qu'un retour à l'utilisation de filetages directionnels pourrait entraîner une diminution des pertes de roues. Un opérateur a noté : « Nous n'avions jamais perdu de roues lorsque nous avons un filetage L/H sur le N/S/ R ». Différents points de vue sont partagés sur leur valeur, mais il semble probable que, malgré ce commentaire cité, les filetages directionnels n'empêcheraient pas, en eux-mêmes, toute perte de force de serrage. Cependant, une fois qu'une perte de force de serrage s'est produite, les filetages directionnels peuvent ralentir le processus de déroulement des écrous de roue sur les roues du côté extérieur. Il est donc peu probable que la réintroduction des filetages directionnels réduise le coût des écrous de roue desserrés pour les opérateurs, mais elle pourrait réduire les coûts des incidents de détachement de roue.

Les résultats des tests recueillis lors des essais accélérés de véhicules utilisant les filetages directionnels n'ont montré aucune différence significative par rapport aux filetages OEM standard (à droite).

Cependant, comme décrit dans le rapport final du projet, les essais sur les véhicules n'ont pas été concluants quant à l'efficacité relative d'une série de contre-mesures potentielles conçues pour empêcher ou atténuer le détachement des roues des véhicules lourds. Cependant, si l'on supposait que les filetages directionnels offraient effectivement un certain niveau d'avantages À partir de filetages à droite standard, les coûts par véhicule qui pourraient être dépensés pour atteindre un rapport coût-bénéfice de 1 au cours de la première année de mise en œuvre peuvent être calculés, comme indiqué ci-dessous :

- En supposant une efficacité à 100 % pour empêcher tous les détachements de roues – entre environ 10,70 £ et 25,40 £ par véhicule
- En supposant que la fréquence d'apparition du côté proche soit réduite à celle du hors-jeu (équivalent à une réduction à 42 % du niveau actuel) – entre environ 4,50 £ et 10,70 £ par véhicule
- En supposant que le biais devient de 60 % proche et 40 % hors jeu (ce qui équivaut à une réduction à 52 % du niveau actuel) – entre environ 5,60 £ et 13,20 £ par véhicule

C.10 Option D – Mettre en œuvre un examen de la conception des fixations des moyeux et des roues Certains

répondants ont suggéré que la conception de base du moyeu et des écrous de roue pourrait contribuer au problème de détachement des roues, même s'il convient de noter que 75 % des fabricants et 38 % des les opérateurs n'étaient pas d'accord avec cela. Deux problèmes principaux ont été évoqués :

- La fixation par ergot est la méthode standard utilisée pour localiser les roues ces dernières années. Il a été introduit principalement pour diviser les fonctions de localisation et de rétention des anciennes fixations coniques BS et sphériques DIN. Certains commentaires ont été faits selon lesquels la conception de l'embout semble avoir conduit à davantage de cas de desserrage et de détachement des roues, bien que l'opinion contraire soit également soutenue.
- Certains répondants estiment que la disposition « normale » de dix goujons de 22 mm de diamètre aurait pu être adéquate pour maintenir une fixation sécurisée des roues il y a 20 ou 30 ans, mais pas avec les véhicules actuels, en particulier avec les charges et forces plus élevées des véhicules modernes.

Le but de cette option serait de déterminer si les charges de serrage seraient maintenues de manière plus cohérente (avec un régime de resserrage approprié) avec un passage à 12 goujons par roue (au lieu de 10) ou avec des goujons de plus grand diamètre (éventuellement 26 mm au lieu de 22). /24mm) ou avec les deux changements ensemble.

Certains répondants pensaient qu'un changement aussi important dans la conception roue/moyeu n'était pas une option pratique pour l'industrie et, en outre, la force de serrage supplémentaire qui pourrait être obtenue de cette manière pourrait affecter ou même endommager d'autres composants du véhicule, en particulier les tambours de frein.

Une alternative pourrait être une refonte complète de la fonction de support du moyeu et de la roue.

L'examen des normes dans l'industrie du transport aérien a montré qu'il existe différentes conceptions qui ne reposent pas uniquement sur la force de serrage.

Cette option a le potentiel d'éliminer complètement les problèmes de fixation des roues. Ainsi, les avantages en termes de réduction des incidents et des accidents sont équivalents aux coûts décrits pour l'option A et entre 16 et 34 £ par véhicule pourraient être dépensés pour y parvenir et atteindre un rapport coût-bénéfice de un. Cependant, certains grands opérateurs mettent déjà en œuvre des contrôles périodiques du couple à des intervalles de 1 à 6 semaines. Les coûts d'entretien dérivés pour l'option B ont montré que le coût par véhicule d'un contrôle hebdomadaire du couple était d'environ 1 532 £ par an. On ne sait pas combien de véhicules sont soumis à ce type de régime au niveau national, mais si l'on supposait que 1 % de tous les véhicules bénéficient actuellement de ce type d'entretien, le coût annuel pour l'industrie serait d'environ 8,1 millions de livres sterling. Si 10 % des véhicules étaient soumis à un tel entretien, cela coûterait environ 80,6 millions de livres sterling par an.

Si une conception de fixation des roues sans entretien pouvait être mise en œuvre, cela permettrait d'économiser les coûts des problèmes de fixation des roues, mais également les coûts des régimes de maintenance qu'au moins certains opérateurs emploient actuellement. Cependant, il n'existe actuellement aucune proposition visant à modifier la conception de la fixation des roues, de sorte que les coûts réels de cette mesure ne sont pas encore connus. Les coûts de conception, de développement et de mise en œuvre du changement seront probablement importants, mais les coûts permanents par véhicule une fois que le nouveau modèle sera en production pourraient aller de moins cher qu'actuellement à considérablement plus cher, selon le modèle.

C.11 Option E – Exiger que des dispositifs de retenue des écrous de roue soient installés sur tous les Véhicules

Cette option nécessiterait l'installation de dispositifs de retenue des écrous de roue appropriés sur tous les véhicules lourds. Cela pourrait être mis en œuvre en tant qu'exigence d'homologation pour les véhicules neufs à condition que des normes harmonisées soient convenues par l'Union européenne, mais aux fins de cette analyse, il a été supposé qu'une modernisation serait nécessaire, de sorte qu'au moment où cette mesure a été mise en œuvre, tous les véhicules lourds (poids lourds et PSV) actuellement immatriculés en Grande-Bretagne devraient être équipés d'un dispositif de retenue des écrous.

Au cours de la phase 2 de ce projet, TRL a entrepris des tests pour évaluer l'efficacité d'une gamme de contre-mesures potentielles conçues pour prévenir ou atténuer le détachement des roues des véhicules lourds. Ces tests n'ont pas pu fournir de résultats concluants sur l'efficacité relative des différents dispositifs car il n'a pas été possible de développer une procédure de test réaliste par rapport aux conditions réelles et qui aboutissait à un desserrage constant des écrous OEM standard. Par conséquent, pour cette option, les scénarios théoriques suivants ont été considérés :

- 1) Tous les accidents et pertes résultant de fixations de roues desserrées et/ou de détachements de roues sont éliminés par l'installation d'un dispositif de rétention d'écrou ;
- 2) Les incidents de détachement des roues sont éliminés grâce à l'installation d'un dispositif de retenue des écrous, mais la perte du collier au fil du temps est toujours évidente et nécessiterait toujours un entretien de routine ; et
- 3) L'efficacité des divers dispositifs de rétention des écrous repose sur l'hypothèse que les résultats des tests Junkers de ce projet sont représentatifs de leur efficacité réelle.

Pour cette option, une gamme de dispositifs a été envisagée et une analyse a été entreprise pour chacun sur la base des conditions et hypothèses suivantes.

Le coût associé à l'achat de chacun de ces appareils a été obtenu, lorsque cela était possible, auprès du fabricant et les chiffres utilisés dans l'option sont présentés dans le tableau 18 ci-dessous. Si ces données n'étaient pas disponibles, un coût estimé pour chaque appareil était utilisé. Le coût unitaire estimé pour un faible volume représente le prix approximatif en supposant qu'une seule entreprise ou un seul opérateur achète un lot pour l'adapter à ses propres véhicules. Les coûts de volume élevés supposent qu'une réduction d'environ 50 % pourrait être obtenue si ces appareils étaient produits et achetés en grand nombre, suffisamment pour équiper l'ensemble de la flotte britannique.

Tableau C18. Coûts d'achat de diverses contre-mesures

Appareil	Coût unitaire (£)		Coût par roue (£)*1	
	Volume bas	Volume élevé	Volume bas	Volume élevé
Écrou DAF	2,00 £	1,00 £	20,00 £	10,00 £
Roue sûre	4,75 £	2,38 £	47,50 £	23,75 £
Verrouillage du disque	3,65 £	1,83 £	36,50 £	18,25 £
Visilok	11,50 £	8,05 £	115,00 £	80,50 £
Spirale * 2	4,00 £	2,00 £	40,00 £	20,00 £
Ric-clip	2,87 £	1,44 £	14,36 £	7,18 £
Lien de contrôle	1,00 £	0,80 £	5,00 £	4,00 £
Verrouillage	1,50 £	0,75 £	7,50 £	3,75 £

*1 : En supposant 10 goujons de roue par roue.

*2 : Coût estimé par TRL car les coûts du fabricant n'étaient pas disponibles au moment de la rédaction

Les données des statistiques des transports (DfT, 2009) montrent qu'en 2008, il y avait 547 300 véhicules lourds (poids lourds et PSV) immatriculés en Grande-Bretagne, dont environ 55 000 étaient de nouvelles immatriculations. Les données peuvent être ventilées par nombre d'essieux et par poids brut du véhicule, ce qui permet d'estimer qu'il y a environ 25,8 millions de goujons de roue sur la flotte britannique, les nouvelles immatriculations représentant environ 259 000 d'entre eux.

Pour les analyses ultérieures, il a été supposé que les paramètres suivants restaient constants pendant la période de 10 ans sur laquelle l'analyse a été prise en compte :

- Nombre d'immatriculations de véhicules neufs
- Évaluations des pertes
- Coût de l'entretien régulier

C.11.1 Option E1 : Éliminer 100 % des problèmes de fixation des roues.

Pour ce scénario, il a été supposé que pour l'année de mise en œuvre, tous les véhicules actuellement immatriculés devraient être équipés d'un dispositif de rétention des écrous. Par conséquent, le coût associé a été calculé en multipliant le coût du dispositif (par roue) par le nombre de roues de la flotte britannique. Par exemple, pour le dispositif Disc-lock, la limite inférieure du coût serait un coût de volume élevé de 18,25 £. x 2,58 millions de roues = 47,2 millions de livres sterling, et le coût limite supérieur serait le faible coût de volume de 36,50 £ x 2,58 millions de livres sterling de roues = 94,3 millions de livres sterling.

Pour les années suivantes, il a été supposé que les dispositifs de rétention des écrous ne devraient être installés que sur les nouvelles immatriculations. Pour les dispositifs qui seraient installés à la place des écrous OEM standard (c'est-à-dire les écrous de roue de remplacement), le coût a été calculé comme la différence entre le dispositif de rétention d'écrou et les écrous OEM standard, par exemple pour le dispositif Wheelsure, le coût le plus bas pour les nouvelles inscriptions serait 23,75 £ - 10 £ = 13,75 £ par roue. Pour les autres dispositifs conçus pour être installés en plus des écrous de roue OEM standard, le coût total de ces dispositifs a été utilisé.

En éliminant 100 % de tous les accidents et victimes associés à des problèmes de fixation des roues et/ou au détachement des roues, il a été estimé que des économies potentielles de 9,1 à 18,7 millions de livres sterling par an pourraient être réalisées, comme l'illustre le tableau C16.

L'analyse de l'option D suppose qu'entre 1 % et 10 % des véhicules sont actuellement soumis à un contrôle hebdomadaire du couple. Si cet entretien pouvait être éliminé en installant un dispositif de rétention des écrous, cela pourrait potentiellement offrir une économie supplémentaire comprise entre 8,1 et 80,6 millions de livres sterling par an.

Compte tenu des différents coûts pour chaque dispositif, les périodes d'équilibre suivantes (tableau C19) ont été estimées en supposant que chacune était efficace à 100 % pour éliminer les problèmes de fixation des roues et les détachements des roues. Sans surprise, il a montré que les appareils ayant le coût par roue le plus bas offraient le délai le plus court pour atteindre le seuil de rentabilité. On peut également constater que la réduction des coûts de chaque appareil serait essentielle pour réduire le délai nécessaire avant d'atteindre un rapport bénéfice/coût de 1.

Tableau C19. Délai estimé pour atteindre le seuil de rentabilité en supposant une efficacité de 100 % pour éliminer les problèmes de fixation et de détachement des roues.

Appareil	Nombre d'années jusqu'au seuil de rentabilité	
	Estimation inférieure	Estimation supérieure
Roue sûre	1	10+
Verrouillage du disque	1	7
Visilok	1	10+
Spiralique	1	9
Ric-clip	1	3
Lien de contrôle	1	1
Verrouillage	1	2

C.11.2 Option E2 : Éliminer uniquement les détachements de roues Le scénario

ci-dessus supposait que tous les incidents de problèmes de fixation de roues et de détachements de roues seraient éliminés. En réalité, il est peu probable que cela se produise. Par conséquent, pour ce scénario, il a été supposé que chaque dispositif serait incapable d'empêcher une certaine perte de force de serrage mais serait capable d'empêcher les écrous de roue de tomber, éliminant ainsi le détachement des roues.

Pour ce scénario, les mêmes coûts d'achat des différents appareils que ceux utilisés dans l'option E1 ont été appliqués. En utilisant les chiffres associés uniquement aux détachements de roues dans le tableau C16, il a été estimé qu'il pourrait y avoir une économie annuelle en matière de victimes comprise entre 5,8 et 13,9 millions de livres sterling. Enfin, comme ce scénario suppose qu'il subsisterait une certaine perte de force de serrage, les avantages potentiels d'une maintenance réduite n'ont pas été exploités.

Le tableau 20 montre le temps estimé pour atteindre le seuil de rentabilité, si chacun de ces dispositifs était installé sur le parc de véhicules. Cela peut être constaté sans les avantages potentiels liés à la prévention de la perte des colliers et à la réduction de la maintenance ; le temps nécessaire à chaque appareil pour atteindre un rapport bénéfice/coût de 1 est augmenté de plusieurs années par rapport au scénario selon lequel 100 % de tous les problèmes seraient éliminés.

Tableau C20. Délai estimé pour atteindre le seuil de rentabilité en supposant que seuls les problèmes de détachement des roues ont été éliminés.

Appareil	Nombre d'années jusqu'au seuil de rentabilité	
	Estimation inférieure	Estimation supérieure
Roue sûre	6	10+
Verrouillage du disque	4	10+
Visilok	10+	10+
Spiralique	5	10+
Ric-clip	2	10+
Lien de contrôle	1	3
Verrouillage	1	5

C.11.3Option E3 : Efficacité des dispositifs basée sur les résultats de Junkers Au cours de la phase 2 de ce projet, les

tests Junkers ont été utilisés pour comparer dans quelle mesure les différents dispositifs maintenaient la force de serrage lorsqu'ils étaient soumis à de fortes vibrations. Pour les besoins de ce scénario, il a été supposé que les résultats des tests Junkers représentent les performances relatives des différents appareils en service normal. Étant donné que les essais sur les véhicules n'ont pas fourni de résultats concluants, la validité de cette approche doit être traitée avec prudence car il est douteux que les résultats des tests Junkers soient véritablement indicatifs de leur efficacité dans le monde réel, d'autant plus qu'il est reconnu que les tests Junkers sont particulièrement efficaces. un test rigoureux et les écrous de roue standard se sont desserrés en quelques minutes.

Le tableau C21 montre la proportion moyenne de la force de serrage initiale retenue par chaque dispositif lors des tests Junkers. Ces chiffres ont été normalisés par rapport au résultat des écrous de roue OEM standard pour estimer leur efficacité relative dans la prévention des problèmes de fixation des roues et/ou du détachement des roues. Par exemple, lors des tests Junkers, les écrous de roue OEM standard ont conservé en moyenne 29 % de la force de serrage initiale enregistrée au début de chaque test. Il a été supposé que tout appareil donnant le même résultat (ou moins) n'offrirait aucun avantage supplémentaire par rapport aux écrous standards.

Si un dispositif avait conservé 100 % de sa force de serrage initiale, on supposerait qu'il serait également efficace à 100 % pour empêcher la perte de roue. Tout résultat entre ces extrêmes représenterait donc une efficacité relative de chaque dispositif pour empêcher la perte du collier ou le détachement de la roue.

Tableau C21. Estimation de l'efficacité réelle des appareils sur la base des résultats des tests Junkers.

Appareil	Proportion moyenne de la force de serrage initiale retenue lors des tests Junkers (%)	Efficacité estimée du dispositif basée sur Résultats Junkers (%)
Écrous OEM standards	29,4	0
Roue sûre	85,6	80
Verrouillage du disque	79,6	71
Visilok	89,2	85
Spiralique	92,7	90
Ric-clip	44,7	22
Lien de contrôle	42,6	19
Verrouillage	40,3	15

Pour ce scénario, les mêmes coûts estimés que ceux utilisés dans les deux scénarios précédents pour chaque appareil ont été appliqués. Cependant, les avantages estimés en termes de pertes et d'entretien utilisés dans l'option E1 ont été multipliés par l'efficacité estimée de chaque dispositif pour calculer le nombre approximatif d'années nécessaires à chaque dispositif pour atteindre un rapport bénéfice/coût de 1, comme indiqué. dans le tableau C22.

Tableau C22. Délai estimé pour atteindre le seuil de rentabilité, en supposant que les résultats des tests Junkers représentent l'efficacité réelle de chaque appareil.

Appareil	Nombre d'années jusqu'au seuil de rentabilité	
	Estimation inférieure	Estimation supérieure
Roue sûre	1	10+
Verrouillage du disque	1	10+
Visilok	3	10+
Spiralique	1	dix
Ric-clip	1	10+
Lien de contrôle	1	7
Verrouillage	1	10+

C.12 Option F – Exiger que des indicateurs de mouvement des écrous de roue soient installés sur tous les véhicules

Cette option nécessiterait l'installation d'indicateurs de mouvement d'écrou de roue approuvés sur tous les véhicules lourds.

Il convient de souligner que leur objectif est simplement d'alerter les conducteurs et les ingénieurs de maintenance de tout mouvement des écrous de roue ; leur utilisation ne peut pas empêcher le desserrage des écrous de roue et ne peut empêcher le détachement de la roue que si elle est utilisée avec diligence.

Le prix de détail de ces appareils est actuellement d'environ 42 pence chacun. En supposant qu'un indicateur soit placé sur chaque poteau (et en utilisant le chiffre de 25,8 millions de poteaux au total issu de l'option E), équiper l'ensemble de la flotte britannique coûterait environ 10,8 millions de livres sterling. Si, comme dans l'option E, le prix unitaire était réduit de moitié grâce aux économies d'échelle qui résulteraient d'un montage obligatoire, le coût total de l'équipement de l'ensemble de la flotte britannique serait réduit à environ 5,4 millions de livres sterling.

Comme indiqué ci-dessus, les indicateurs n'entraîneraient pas à eux seuls un moindre desserrage des roues. Leur intérêt est de fournir aux conducteurs une méthode simple et rapide pour confirmer la sécurité des écrous de roue (ou autre) et ont donc le potentiel d'être efficaces pour réduire le détachement des roues, sous réserve d'une utilisation correcte par les conducteurs et les opérateurs. Ils ne seraient efficaces que si les conducteurs/opérateurs utilisaient systématiquement les indicateurs et prenaient les mesures correctives nécessaires. Il n'y aurait donc aucun avantage attendu d'une réduction des factures de maintenance.

Si l'on suppose que ces dispositifs n'affecteront pas le desserrage des écrous de roue mais élimineraient le détachement des roues, les bénéfices se situeraient entre 5,8 et 13,9 millions de livres sterling par an. Cela donnerait un rapport coût-bénéfice compris entre 0,5 et 2,6 la première année. Cependant, compte tenu de l'implication humaine dans cette solution, il semble peu probable que le problème du détachement des roues soit entièrement éliminé.

C.13 L'option B de l'essai d'impact sur

les petites entreprises impliquerait la collecte de données sur les cas de détachement de roue.

L'option C introduirait des procédures opérationnelles pour maintenir un contrôle strict du serrage et du resserrage des écrous de roue.

Ces deux options affecteront probablement davantage les petites entreprises que les moyennes ou les grandes entreprises. En fait, sur la base des résultats de l'enquête auprès des opérateurs (en particulier le tableau 8 de la sous-section 3.3.2.2), la majorité des grandes entreprises effectuent déjà ces tâches.

C.14 Évaluation de la concurrence

Le fardeau administratif des options B et C affecterait probablement davantage les petites entreprises que les grandes entreprises. Toutefois, cela ne devrait pas affecter la concurrence, car les grandes et les petites entreprises ne seront probablement pas en concurrence directe et les entreprises de taille similaire seront probablement également affectées.

C.15 Application, sanctions et surveillance Quatre des six

options (c'est-à-dire A, D, E et F) seraient non réglementaires. En conséquence, elles ne seraient pas exécutoires et aucune sanction ne pourrait être appliquée.

L'option B, la création d'une base de données sur les détachements de roues, pourrait être réalisée grâce à des efforts volontaires ou via une procédure obligatoire, éventuellement habilitée et soutenue par la législation.

L'option C comprend deux procédures alternatives – C1 (qui serait volontaire) et C2 (obligatoire). Dans ce dernier cas, l'application se ferait par le biais de toute nouvelle législation habilitante.

C.16 Conclusions et recommandations

Diverses preuves sur la nature et la fréquence des problèmes de fixation des roues au sein du parc de véhicules lourds britanniques ont été rassemblées et présentées.

Des données sur les coûts de ces problèmes ont également été collectées et rapportées – les coûts pour la communauté résultant des accidents de la route ainsi que les coûts supportés par les opérateurs pour résoudre les problèmes.

Un certain nombre d'options visant à résoudre ou à contribuer à résoudre ces problèmes ont été proposées et évaluées dans la mesure où cela est actuellement possible. Il n'est pas possible, à l'heure actuelle, de recommander la meilleure option car l'efficacité de ces options n'est pas encore connue.

Phase 2 - rapport final

Les recherches de TRL au cours de la phase 1 de ce projet se sont concentrées sur l'estimation de la fréquence des problèmes de fixation des roues et l'identification de contre-mesures potentielles pour prévenir ou atténuer les problèmes futurs. Le projet a estimé qu'il y avait entre 7 500 et 11 000 cas d'écrous de roue desserrés et entre 150 et 400 détachements de roues, entraînant entre 10 et 27 accidents corporels et 3 à 7 accidents mortels chaque année au Royaume-Uni.

Cette deuxième phase du projet a de nouveau été commandée par le ministère britannique des Transports (DfT) et s'est appuyée sur les recherches menées en 2006 par TRL afin d'identifier les meilleures pratiques en matière de serrage et d'entretien des roues et d'évaluer l'efficacité potentielle des contre-mesures identifiées.

Il s'agit du rapport final de projet pour la phase 2 du projet. Il décrit les méthodologies et les résultats des tests de la deuxième phase du projet, y compris une analyse mathématique de la force de serrage requise lors de la conduite normale, des tests en laboratoire et sur véhicule pour étudier diverses procédures de serrage et de re-serrage initiaux, ainsi que des tests d'usure accélérés. ont également été réalisés pour évaluer l'efficacité des différentes contre-mesures.

Autres titres de ce domaine

- PPR086 Décrochage des roues d'un véhicule lourd : fréquence d'occurrence, meilleures pratiques actuelles et solutions potentielles. I Knight, M Dodd, C Grover, RS Bartlett et T Bright 2006
- PPR258 Élaboration d'un rapport final amélioré sur les procédures mondiales harmonisées d'essai d'impact latéral. J. Elway. 2008
- PPR260 Procédures d'essai de compatibilité et de choc frontal – travaux supplémentaires pour prendre en charge VC-COMPAT : rapport final. H Davies, MJ Edwards et A Thompson. 2008
- PPR291 Évaluation du mannequin Q dans le projet EC CHILD. C Visvikis, M Le Claire, S Adams, J Carroll et al. 2007
- PPR293 Une évaluation de la durabilité et de la fiabilité des freins de stationnement à commande hydraulique typiques installés sur les quadricycles. CJ Grover. 2007

Code de prix : 3X

ISSN0968-4093

TRL
Maison Crowthorne, trajet de neuf milles
Wokingham, Berkshire RG40 3GA
Royaume-Uni
Tél. : +44 (0) 1344 773131
F: +44 (0) 1344 770356
E: enquiries@trl.co.uk
W : www.trl.co.uk

Publié par IHS



Willoughby Road, Bracknell
Berkshire RG12 8FB
Royaume-Uni
Tél. : +44 (0) 1344 328038
F: +44 (0) 1344 328005
E-mail : trl@ihs.com
W : <http://emeastore.ihs.com>

ISBN 978-1-84608-861-2



9 781846 088612

PPR475