

Problème avec l'ensemble de roulements
cartouches
Mise à jour présentée à la Commission du
transport en commun

Le 31 mai 2024



CONFEDERATION LINE PROJECT: TUNNEY'S PASTURE TO BLAIR STATION

- Mot d’ouverture
- 1.0 Analyse des causes profondes du problème avec l’ensemble de roulements cartouches
- 2.0 Approche pour résoudre le problème
- 3.0 Mesures d'atténuation
- 4.0 Surveillance en temps réel – initiatives
- 5.0 Prochaines étapes

- Alstom a résumé le problème comme suit : le véhicule est soumis à des charges latérales supérieures au niveau estimé lors de la phase de conception.
- En mai 2023, Alstom a formulé un certain nombre de recommandations visant l'infrastructure de la voie afin de résoudre ce problème :
 - Gestion du coefficient de frottement
 - Contact avec le rail de retenue
 - Stabilisation de la voie à haute température
 - Réduction de l'usure et de l'ondulation des rails
 - Amélioration de l'interface roue-rail
- En février 2024, Alstom a publié un rapport d'analyse des causes profondes qui identifiait un certain nombre de facteurs contributifs et tirait les conclusions suivantes :
 - La conception actuelle du véhicule était adaptée à l'usage prévu.
 - La cause profonde des charges élevées est l'interface roue/rail, qui comprend la combinaison intégrée du profil des roues, du profil des rails, de la géométrie de la voie et des rails et du(des) coefficient(s) de frottement à l'interface.

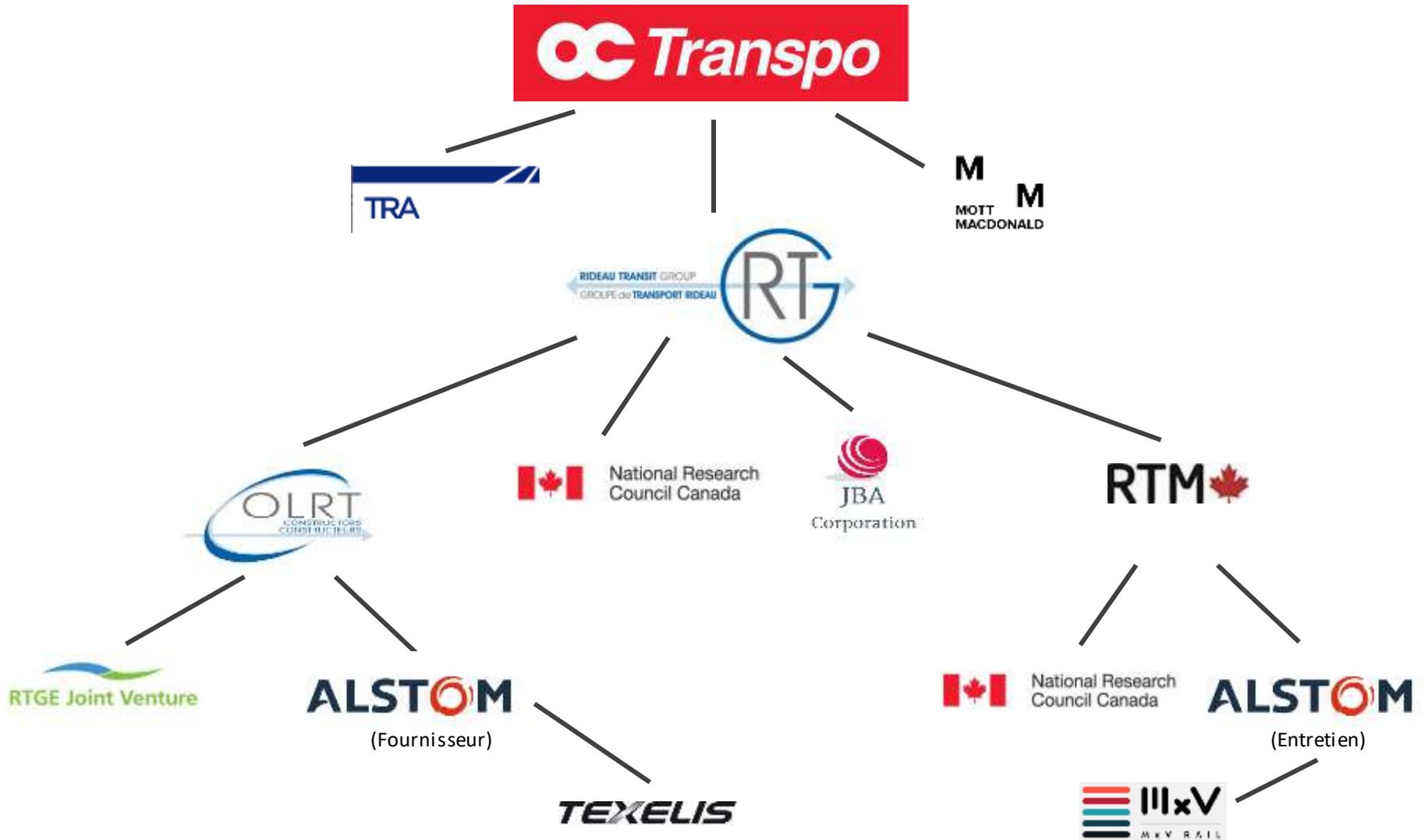
Mot d'ouverture

- Le GTR a consacré les 12 derniers mois à analyser les différents rapports publiés par Alstom afin de mieux comprendre le problème et, plus important encore, d'évaluer comment le problème peut être résolu de manière satisfaisante.
- Pour ce faire, le GTR a bénéficié du soutien technique de deux consultants indépendants :
 - Le Conseil national de recherches Canada (CNRC)
 - James Boyle and Associates (JBA)
- Au besoin, le GTR a effectué des analyses et des tests indépendants pour approfondir sa compréhension de la question.

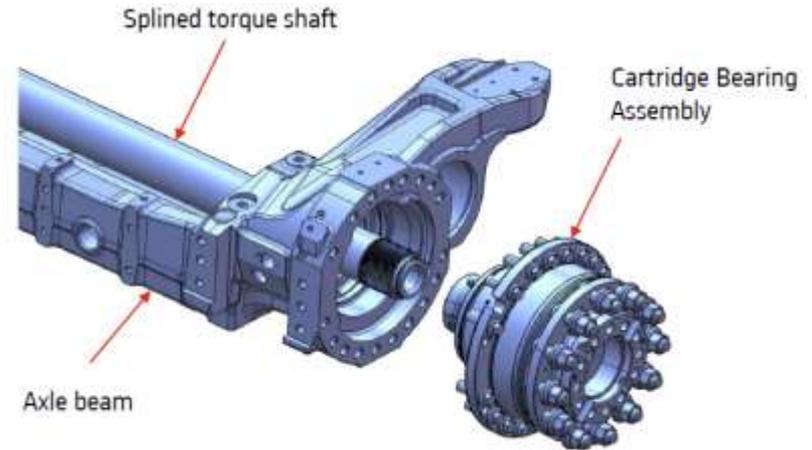
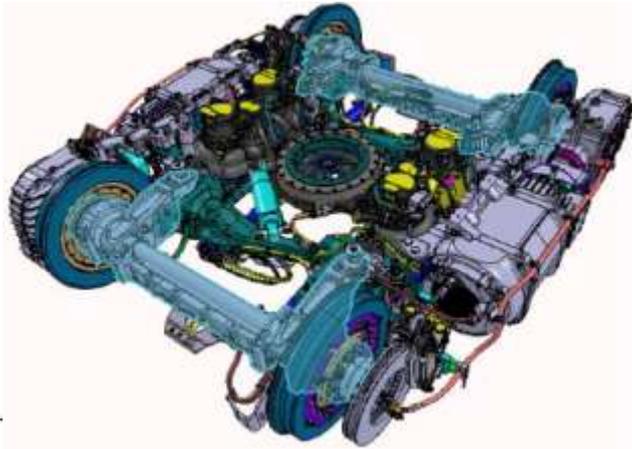
Mot d'ouverture

- En mai 2024, JBA a publié son rapport relevant un certain nombre de divergences dans l'analyse des causes profondes d'Alstom qui doivent être corrigées.
- Entre-temps, le GTR continue d'améliorer l'infrastructure pour aider à atténuer le problème.
- L'objectif de la présentation d'aujourd'hui est de fournir une mise à jour à la Commission du transport en commun et au Sous-comité du TLR sur les mesures d'atténuation actuellement déployées et celles qui seront mises en œuvre dans les prochains mois.

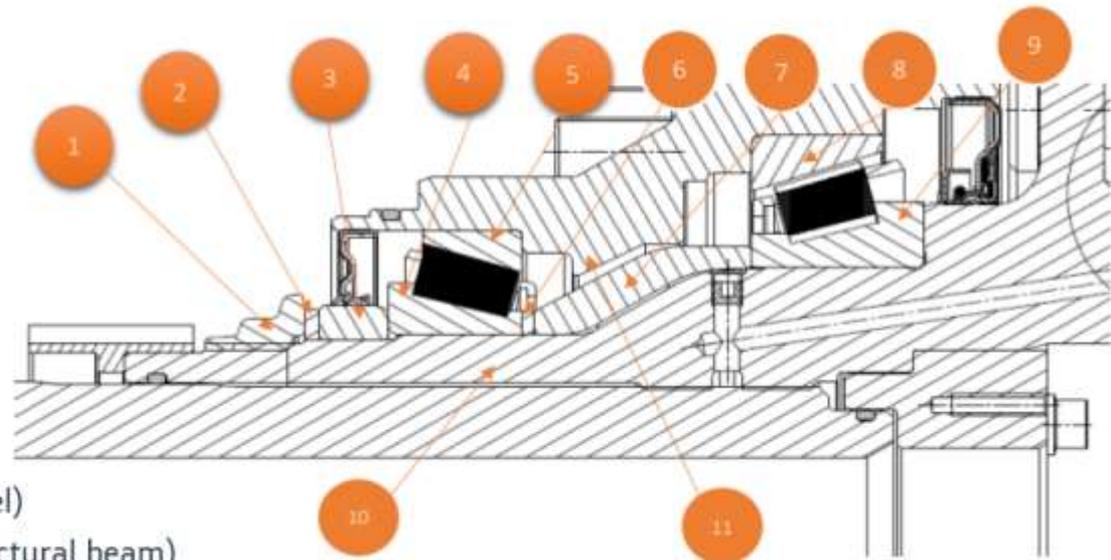
Mot d'ouverture



Sections de l'ensemble de roulements cartouches



1. Nut (crimped on hub)
2. Tab washer (tabs located in hub slots)
3. Seal seat ring
4. Inner ring of small bearing
5. Outer ring of small bearing
6. Bearing preload set washer
7. Spacer
8. Outer ring of large bearing
9. Inner ring of large bearing
10. Rotating hub (centered and bolted to the wheel)
11. Fixed housing (centered and bolted to the structural beam)



Évolution de la compréhension de la question par Alstom

Mai 2022

Charges latérales excessives
générées par la conception de la
voie



Mai 2023

Le système engendre des charges
latérales excessives



Février 2024

La cause profonde des charges élevées
est l'interface roue/rail, qui comprend
la combinaison intégrée du profil des
roues, du profil des rails, de la
géométrie de la voie et des rails et
du(des) coefficient(s) de frottement à
l'interface (partie supérieure des rails et
face intérieure des rails)

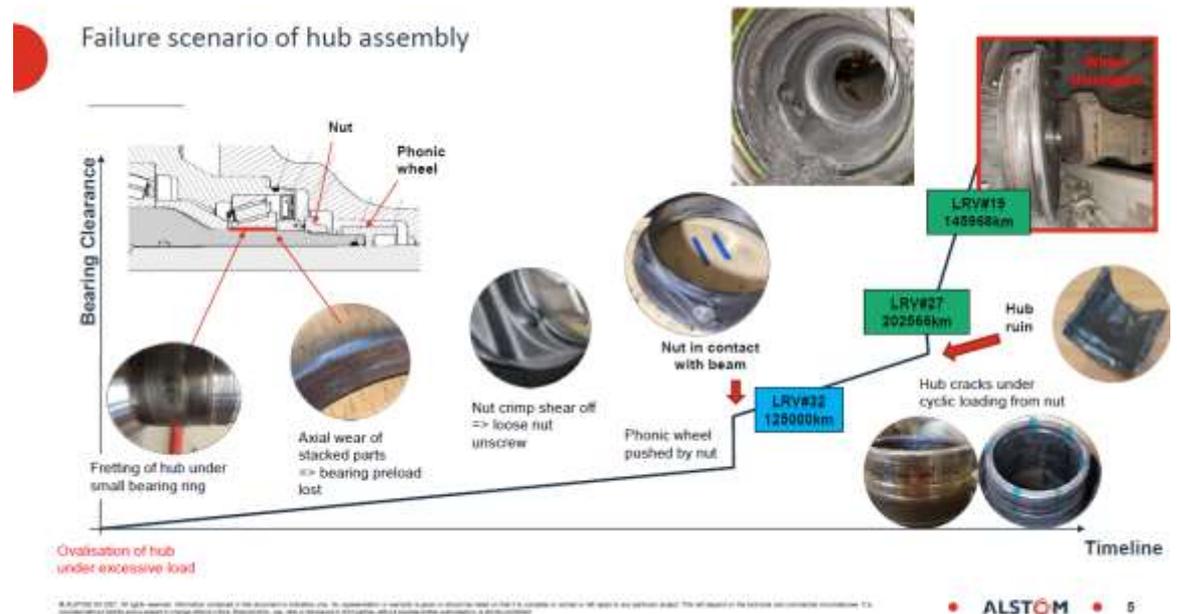
Analyse d'Alstom de la séquence de défaillance

Table 4. CBA Failure Sequence

Stage	Description	Reference CBAs or Events
1	Fretting under the small bearing	-
2	Wear of parts in the assembly leading to axial play	Pry Bar Checks →100 CBAs have failed to date
3	Loss of preload on the assembly/nut	LRV 18 Investigation
4	Micro-rotation of the nut	-
5	Damage to nut crimps	-
6	Loss of nut crimps (nut unlocks)	-
7	Nut begins to unscrew	LRV 02 Investigation
8	Completely loose CBA	LRV 32 Incident
9	Hub fractures	LRV 26 Investigation LRV 27 Incident
10	Dislocation of wheel	LRV 19 Incident

Il reste un certain nombre de questions en suspens :

- Pourquoi certains ensembles de roulements cartouches génèrent-ils un jeu d'essieu à 70 000 km alors que d'autres peuvent facilement atteindre 400 000 km?
- Comment se fait-il que les deux ensembles de roulements cartouches aux deux extrémités d'un même essieu ne présentent pas les mêmes schémas d'usure?



Approche de JBA par rapport au début de la séquence de défaillance et des forces qui s'exercent sur le moyeu

À propos du dévissage de l'écrou

- La force axiale exercée sur le siège de la bague intérieure du petit roulement favorisera une usure de contact microscopique (« glissement partiel ») sur l'interface siège/roulement.
- Le petit roulement peut tourner sur la broche après avoir perdu l'ajustement sur la broche, mais sans entraîner un jeu radial mesurable.
- Une fois cette rotation lancée, l'écrou peut se dévisser, car la rotation n'a pas encore suffisamment usé les butées du roulement pour relâcher la précharge dans la broche et éliminer la pression nécessaire pour dévisser l'écrou.

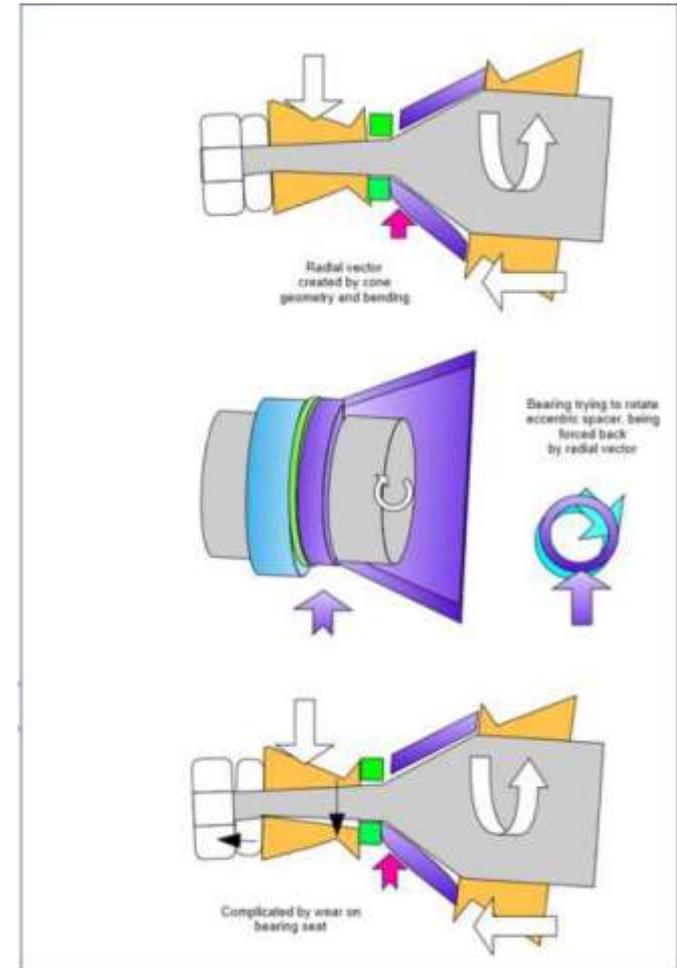


Figure 88 - Mechanism for rotational force and fretting on spacer.

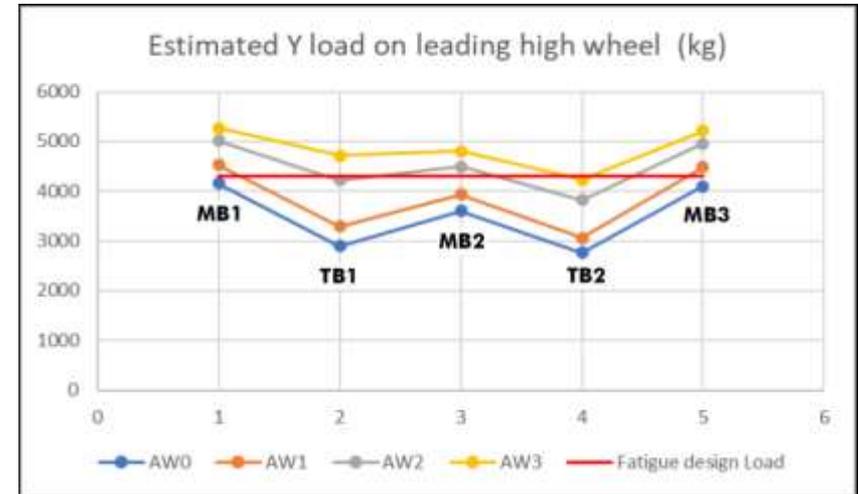
Commentaires de JBA sur l'infrastructure

- En résumé, la Ligne de la Confédération d'Ottawa n'a pas de caractéristiques uniques et est actuellement entretenue conformément aux normes applicables. Ces normes sont conformes aux normes s'appliquant à des chemins de fer similaires, et rien de particulier ou d'unique ne pourrait causer des dommages aux trains qui utilisent la ligne.

Mesure des charges latérales

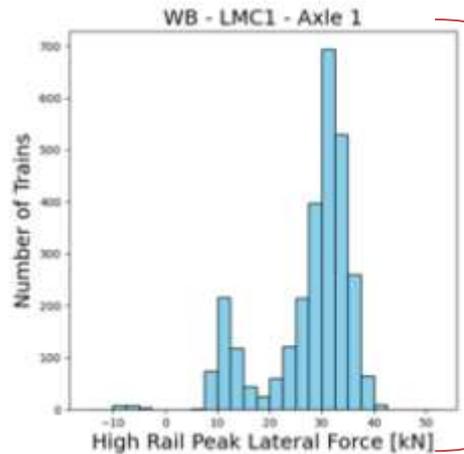
Ce graphique résume la situation actuelle :

- Les charges latérales augmentent avec l'embarquement des passagers.
- Les forces sont plus élevées sur les bogies moteurs de tête et de queue (MB1 et MB3).
- Les charges latérales sur les bogies de queue (TB1 et TB2), qui ne sont pas motorisés, sont inférieures à la « charge de conception en fatigue » indiquée dans la condition AW2.
- On a observé un jeu axial sur tous les essieux.



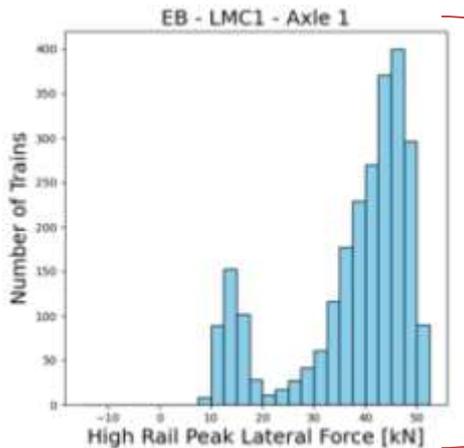
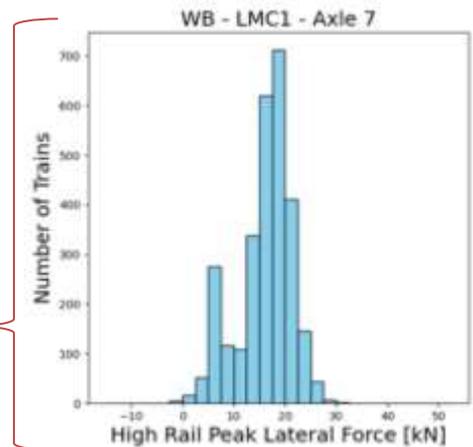
1.0 Analyse des causes profondes du problème

Mesure des charges latérales (projet d'instrumentation au niveau de la voie C-280 du CNRC) :



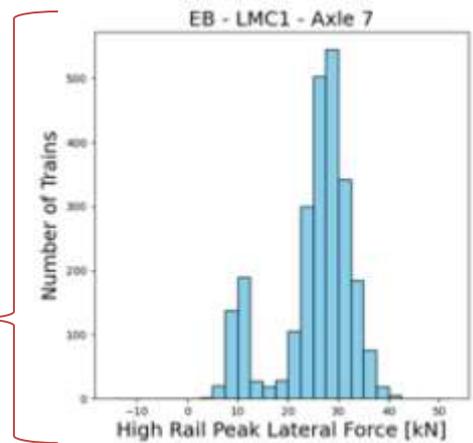
WB-280 peak high rail lateral force when LMC1 is the leading unit

Axle	95 th percentile [kN]	Median [kN]	Mean [kN]
1	36.56	30.54	27.69
2	2.33	-4.51	-3.55
3	26.51	20.51	19.26
4	4.39	-1.44	-0.67
5	28.11	22.45	20.7
6	3.04	-2.83	-2.25
7	23.17	17.13	16.06
8	6.35	1.97	2.01
9	32.77	25.97	23.51
10	4.22	-3.28	-2.4

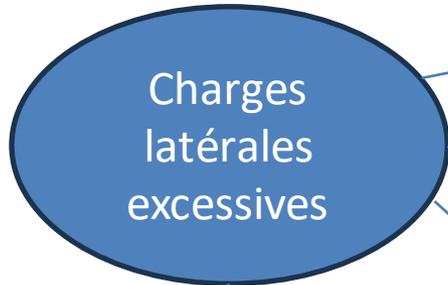


EB-280 peak high rail lateral force when LMC1 is the leading unit

Axle	95 th percentile [kN]	Median [kN]	Mean [kN]
1	49.71	41.67	37.83
2	6.22	-5.53	-4.13
3	37.72	30.93	28.57
4	4.88	-1.38	-0.46
5	44.25	35.25	33.1
6	5.73	-3.21	-2.34
7	34.38	27.09	25.35
8	5.54	1.27	0.61
9	47.99	39.27	36.16
10	7.73	-4.24	-2.59



2.0 Approche pour résoudre le problème



Alstom – évaluation technique du GTR/JBA/CNRC

Il faut que les intervenants s'entendent sur le mode de défaillance et la séquence de défaillance pour identifier la solution permanente.

Mesures d'atténuation reliées à la sécurité

- Limites de vitesse temporaires – en cours d'évaluation
- Ajout d'une tige à l'écrou
- Fréquence d'inspection
- Remplacement de l'ensemble de roulements cartouches selon le kilométrage

Initiatives à court terme

- Modificateur de frottement du rail supérieur
- Réglage du rail de retenue
- Maintien du ballast

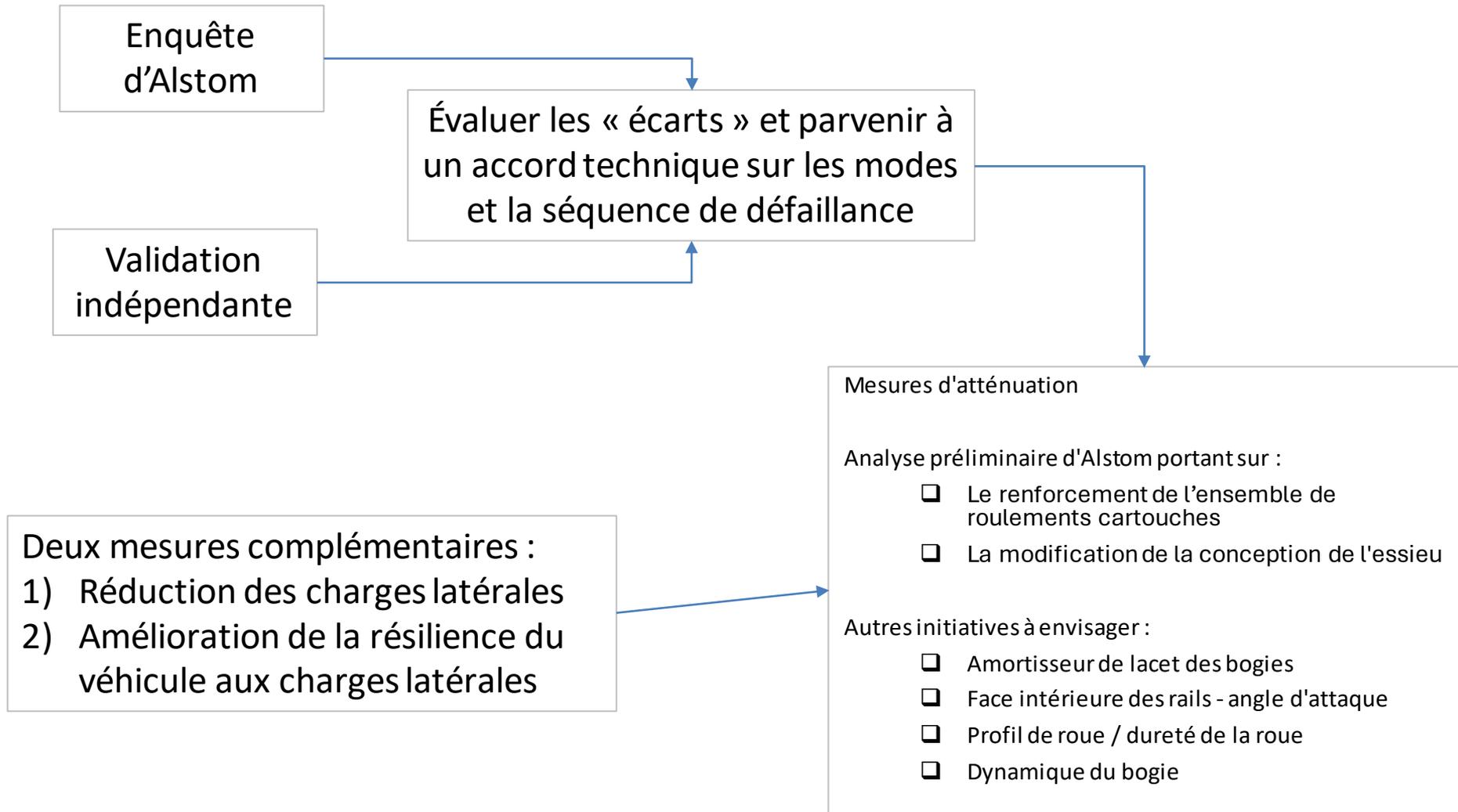
Initiatives à long terme

- Modification du véhicule
- Optimisation de l'interface roue-rail pour réduire la charge latérale
- Surveillance à bord des trains

Améliorations non liées recommandées par Alstom

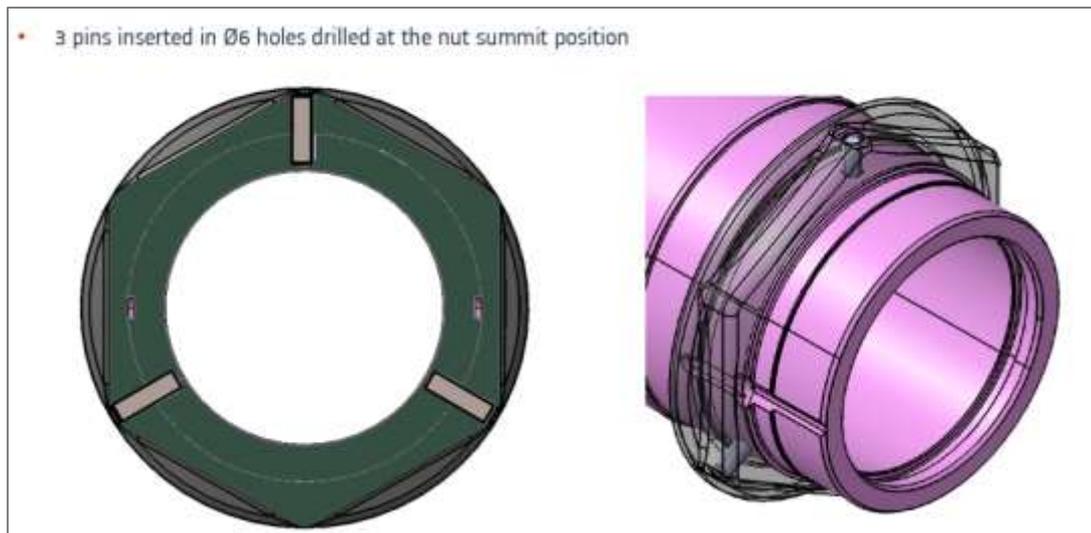
- Rail plus dur
- Prolongement du rail de retenue

2.0 Approche pour résoudre le problème



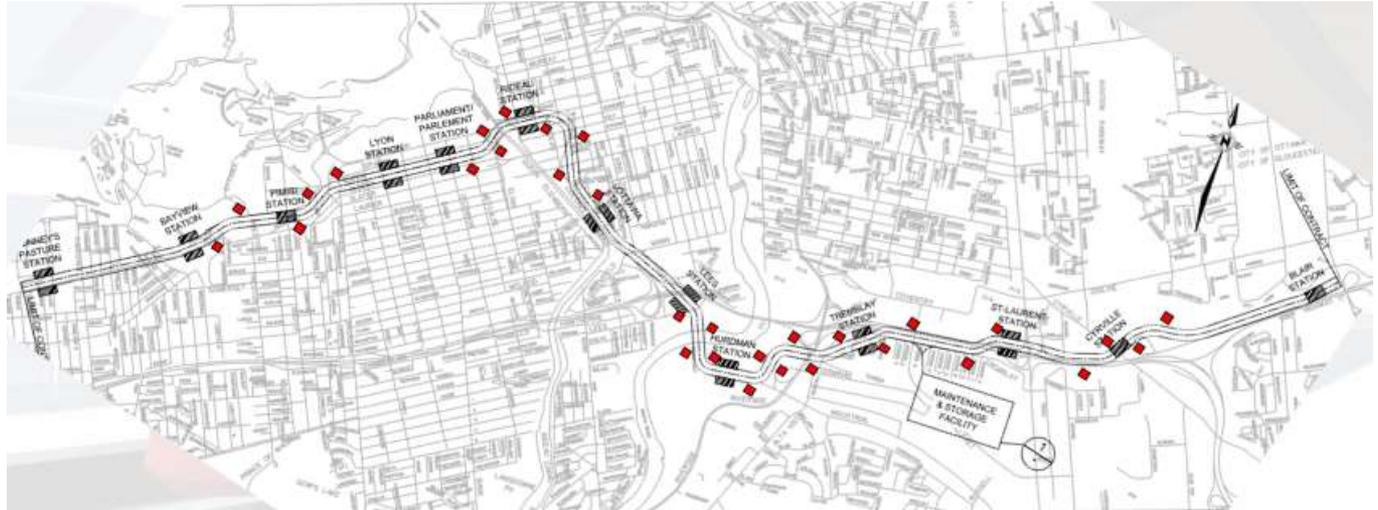
3.1 Encadrement par ajout d'une tige à l'écrou

- Le dévissage de l'écrou est le mode de défaillance qui peut avoir un impact catastrophique.
- En août 2023, on a proposé d'ajouter une tige à l'écrou comme mesure d'encadrement supplémentaire.
- Après une analyse et des essais, la modification a été approuvée aux fins de déploiement dans le parc en janvier 2024.
- Le déploiement dans tout le parc permettra de modifier le plan d'encadrement expliqué dans la note de sécurité d'Alstom.



3.2 Gestion du coefficient de frottement

- RTM met actuellement en œuvre un système de modification du frottement sur le rail supérieur (en voie).
 - 21 unités installées au-dessus du sol et activées
 - 10 unités seront installées dans le tunnel à l'automne 2024
- Mises à l'essai en cours pour valider l'efficacité
- En plus de réduire les charges latérales, la lubrification du rail supérieur devrait également réduire :
 - le taux de croissance de l'ondulation;
 - le bruit.



3.3 Contact avec le rail de retenue

- Le réglage du rail de retenue (adjacent au rail inférieur des courbes serrées) pour éviter le contact a été identifié comme une priorité l'été dernier.
- Toutes les courbes ont été inspectées, et leur rail de retenue a été ajusté.
- RTM passe d'une inspection visuelle à une inspection paramétrique pour assurer la conformité aux critères d'absence de contact.
 - Surveiller les paramètres de la voie et confirmer la stabilité du rail de retenue dans des conditions de température élevée.

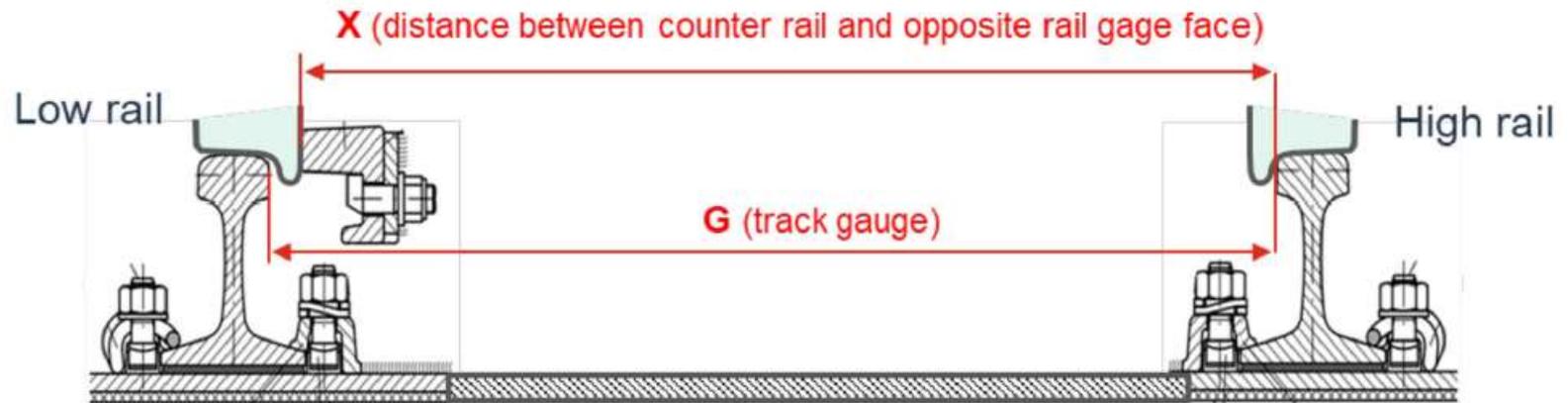


Figure 11 Restraining rail position and X dimension (Alstom)

3.4 Stabilisation de la voie à haute température

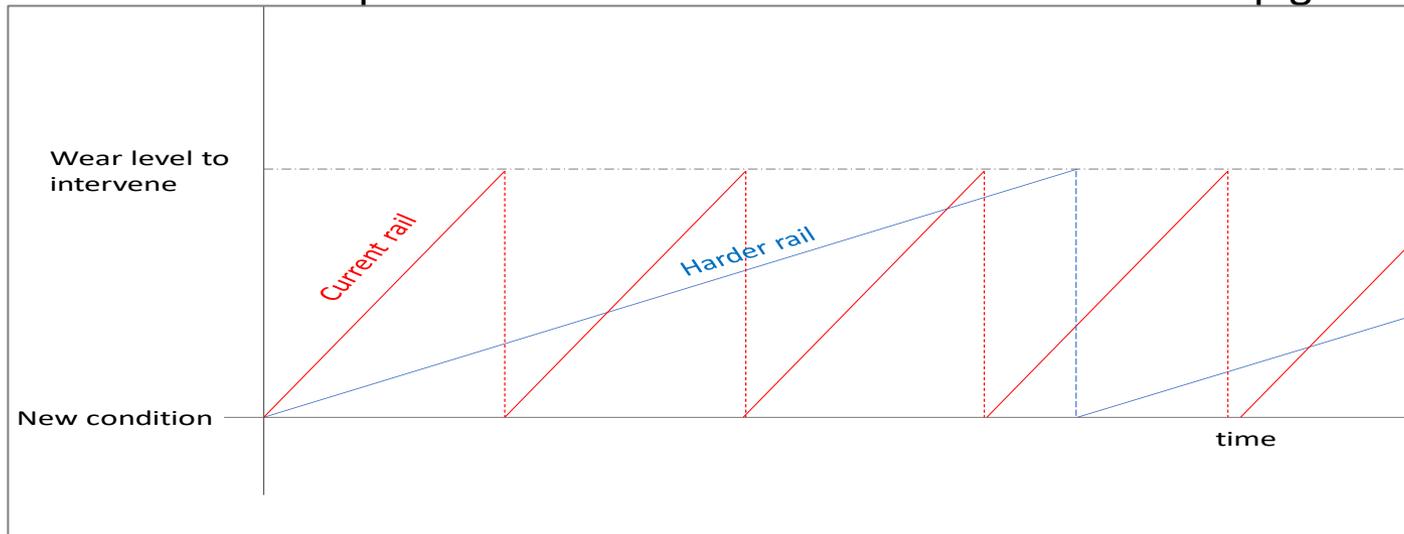
- L'infrastructure de la Ligne de la Confédération dans les zones au niveau du sol est principalement composée d'une voie ballastée.
- L'entretien du ballast est l'un des composants clés permettant de limiter le mouvement latéral de la voie et éviter aux rails de se bomber et de se déformer.
 - Dernière campagne à l'été 2021
 - La prochaine campagne est prévue pour l'automne 2024.
- Le RTG et RTM ont également analysé les zones où un système de rétention peut aider à maintenir la stabilité du ballast.



L'usure et l'ondulation des rails sont deux préoccupations soulevées par Alstom dans leur recommandation de remplacer le rail dans les courbes serrées par des rails plus durs.

Les considérations suivantes s'appliquent :

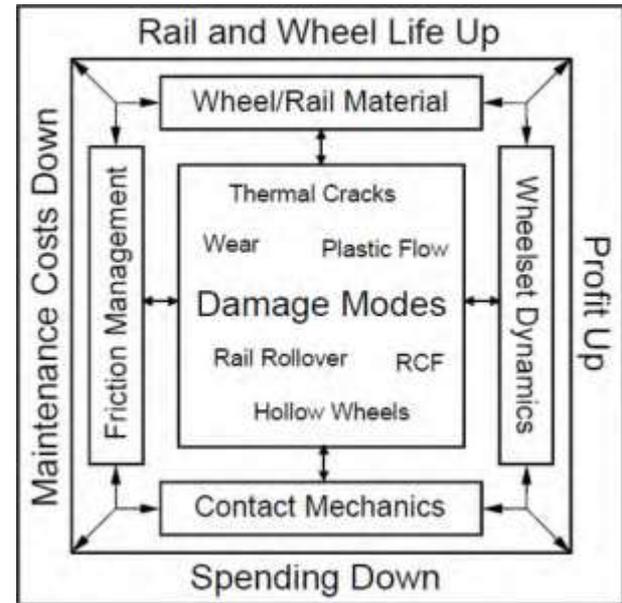
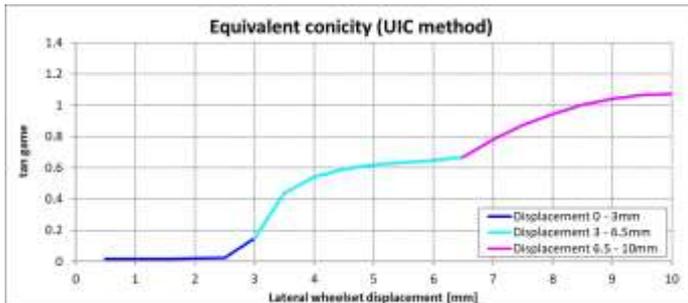
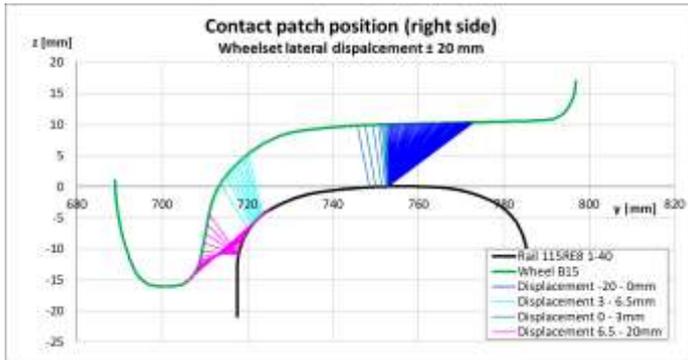
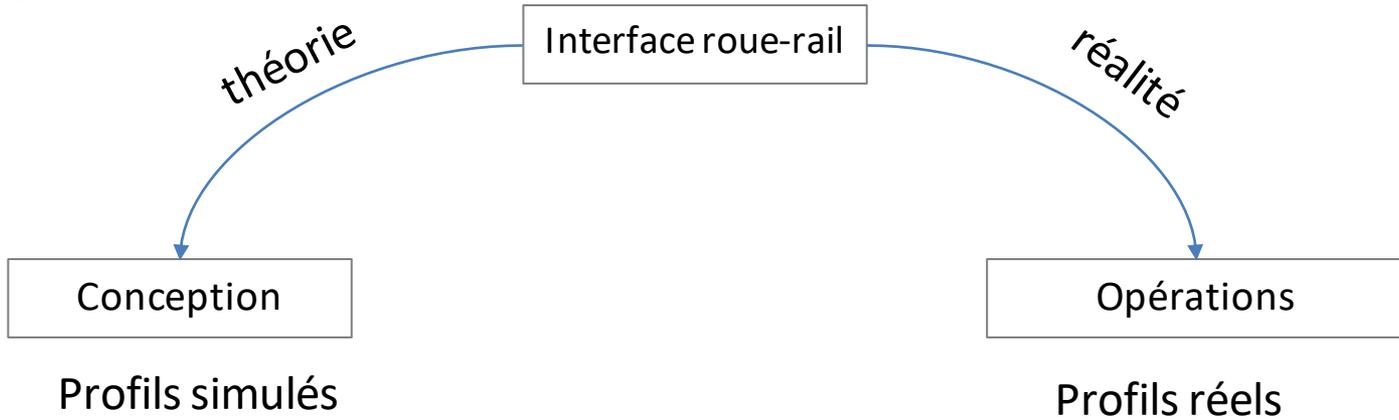
- Un rail plus dur n'empêche pas l'ondulation ou l'usure de la face intérieure du rail, il influence seulement sur le taux d'usure.
- La lubrification du boudin est la méthode la plus efficace pour réduire l'usure de la face intérieure des rails dans les courbes.
- La lubrification du rail supérieur réduit l'ondulation et l'usure du champignon du rail.



- Il y a une différence entre la dureté de la roue et la dureté du rail précisées dans la conception de la Ligne de la Confédération.
- La pose d'un rail plus dur est une initiative légitime visant à réduire l'usure qui sera prise en considération lorsque le rail actuel sera prêt à être remplacé.
 - Rien ne justifie d'accélérer le remplacement du rail existant.
 - Les rails plus durs présentent leurs propres défis comme la fatigue de contact de roulement (FCR), l'augmentation de l'usure des roues, etc.
- Il existe d'autres moyens d'arriver à un résultat semblable.
 - Un examen de la dureté de la roue permettrait d'atteindre un objectif similaire.



3.6 Améliorations de l'interface roue-rail



3.6 Améliorations de l'interface roue-rail

Plusieurs éléments à prendre en compte :

- Profil du rail
- Profil de roue/conicité
- Dureté de la roue/du rail
- Paramètres géométriques de la voie (écartement, inclinaison)
- Alignement de la voie
- Gestion du frottement (rail supérieur, boudin)
- Modes d'endommagement du rail (ondulation, FCR, schémas d'usure, etc.)
- Dynamique du bogie (raideur dans la courbe, angle d'attaque, roue résiliente, etc.)
- Conditions météorologiques

Résultats escomptés :

- Amélioration de la maintenabilité (réduction des taux d'usure, amélioration de la fiabilité)
- Seuils d'entretien (critères de meulage et de reprofilage des roues, limites d'usure)
- Économies (réduction des interventions)
- Impact sur les charges latérales

Plus il y a de paramètres à étalonner, plus l'analyse est complexe

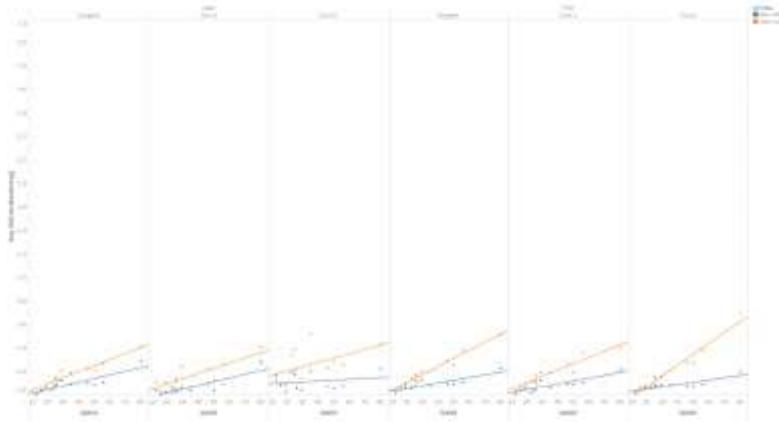
4.0 Initiatives de surveillance en temps réel



- La configuration du véhicule Citadis d'Ottawa présente un certain nombre de problèmes pour le déploiement des technologies de surveillance existantes.
- En 2023, nous avons mis sur pied un programme pilote de neuf mois pour mettre à l'essai un dispositif de détection des vibrations à batterie à bord des trains.
 - Les résultats n'étaient pas concluants.
- Les mises à l'essai ont été transférées aux installations du CNRC à Ottawa afin de créer un environnement où les cartouches défectueuses peuvent être testées en toute sécurité.
- Des mises à l'essai sont en cours.

4.0 Initiatives de surveillance en temps réel

0.045 in axle play with 0.002in axle play



Lateral, 7,500-10,000Hz

Nous avons testé des essieux avec différents niveaux de jeu d'essieu.

Voici ce que suggèrent les résultats préliminaires :

- Les schémas de vibration, à haute fréquence, pourraient servir à identifier les défaillances.

Ces résultats sont préliminaires et nécessiteront d'autres tests pour les confirmer.

5.0 Prochaines étapes

Échéancier	Mesure à prendre
Mai 2024	Modificateur de frottement du rail supérieur (au niveau du sol)
Mai 2024	Plan de gestion du contact avec le rail de retenue
Juin 2024	Atelier sur les modifications des véhicules
Juin-juillet 2024	Essai avec un essieu instrumenté pour l'évaluation du rail supérieur
Oct. 2024	Campagne de meulage
Oct. 2024	Remise en état du ballast
Oct.-nov. 2024	Modificateur de frottement du rail supérieur (tunnel)
À déterminer	Détection précoce – schéma de vibration
À déterminer	Retrait des limites de vitesse temporaires

Des questions?

Merci de votre attention.