

Council Member Inquiry Form
Demande de renseignement d'un membre du Conseil

Subject: Cant Angles in LRT Curves

Objet : Angles d'inclinaison des rails dans les courbes du tracé du train léger

Submitted at: Transit Commission

Présenté au: Commission du transport en commun

From/Exp.:

Date: May 17, 2024

File/Dossier : TC-2024-02

Councillor/Conseiller C. Hill

Date: 17 mai 2024

To/Destinataire:

General Manager, Transit Services Department / Directrice générale, Services de transport en commun

Inquiry:

Following comments made at the October 12th, 2023, Transit Meeting about the track infrastructure in or around Lees and Hurdman station and the potential for excessive lateral pressure on the wheel assembly system resulting from the track cant angle in the turns at:

- Lees Station Curve
- Hurdman West Curve
- Hurdman East Curve (immediately leaving the station)
- Hurdman East Curve (100m further East)

What are the cant angles at the above curves?

What safety regulations was the consortium obligated to meet when planning and constructing the above infrastructure? Do the above cant angles meet those regulations?

Does the current cant of the above curves differ from the original design for the project, if at all?

How do the above cant angles compare to industry best practice for LRT systems at the designed speeds in North America more broadly and Calgary, Edmonton and Toronto specifically?

To what degree are the current problems with the wheel bearing assembly and axle systems caused by or worsened as a result of excessive lateral force due to the cant angle design and construction at the above locations?

Demande de renseignement :

Les questions suivantes font suite aux commentaires présentés à la réunion de la Commission du transport en commun du 12 octobre 2023 concernant l'infrastructure ferroviaire dans les stations Lees et Hurdman et les alentours, et la potentielle pression latérale excessive sur l'ensemble de support des roues causée par l'angle d'inclinaison des rails dans :

- la courbe à la station Lees;
- la courbe à l'ouest de la station Hurdman;
- la courbe à l'est de la station Hurdman, juste après la sortie de la station;
- la courbe 100 mètres plus à l'est de la station Hurdman.

Quels sont les angles d'inclinaison des rails dans ces courbes?

Quels règlements de sécurité le consortium devait-il observer lors de la planification et de l'aménagement de l'infrastructure ci-dessus? Les angles d'inclinaison des rails en question ici respectent-ils ces règlements?

L'inclinaison actuelle des courbes ci-dessus diffère-t-elle de la conception d'origine du projet?

Quelle comparaison peut-on établir entre ces angles d'inclinaison et les pratiques exemplaires de l'industrie pour les réseaux de train léger aux vitesses employées en Amérique du Nord en général, et à Calgary, Edmonton et Toronto plus précisément?

Dans quelle mesure les problèmes actuels en lien avec l'ensemble de support des roues et le système de roulement d'essieux sont-ils causés ou aggravés par la force latérale excessive découlant des angles d'inclinaison conçus et aménagés aux lieux susmentionnés?

Response (Date: 2024-May-31)

Q1. What are the cant angles at the above curves?

- **Lees Station Curve**
- **Hurdman West Curve**
- **Hurdman East Curve (immediately leaving the station)**
- **Hurdman East Curve (100m further East)**

A1. The four curves of interest on the Confederation Line have been designed with the following values for actual superelevation:

- Lees Station Curve (C210) – 55mm
- Hurdman West Curve (C220) – 80mm
- Hurdman East Curve (C230) – 55mm
- Hurdman East Curve (C240) – 55mm

The design speed at which a light rail vehicle (LRV) travels through a curve is a function of several parameters including the vehicle, bogie and wheel design, the radius and length of the curve, the cant of the rail and the elevation of the outside rail of the track relative to the inside rail; the track cant or superelevation. When designing a track with superelevation, two key considerations are the actual superelevation and the unbalanced superelevation in order to safely accommodate a range of actual speeds for the vehicle and its passengers.

The actual superelevation is the difference in elevation between the high rail and the low rail on a curve. The unbalanced superelevation is the difference between the actual superelevation and the superelevation required to create stable equilibrium conditions for the specific dynamic qualities of the vehicle.

Considerations for designing superelevation include the importance of passenger comfort. When travelling a curve at high speeds, a track with insufficient superelevation would cause discomfort to passengers, who would feel like they are being pushed towards the outside of the curve. Alternatively, when traversed more slowly than the design speed, passengers may experience a lean “into” the curve. Therefore, the degree of superelevation is calculated to ensure the passenger experience is comfortable at the anticipated range of speeds for the LRV.

Q2. What safety regulations was the consortium obligated to meet when planning and constructing the above infrastructure? Do the above cant angles meet those regulations?

A2. In North America, railroad track design for a railway such the Confederation Line follows a series of guidelines and recommended practices from establish railway engineering associations and groups. These recommendations have been set out and improved upon by railway engineering professionals over decades of application and

experience. Additionally, these recommended practices and guidelines are recognized as acceptable design standards by both Transport Canada and the Federal Railroad Administration for Canada and the United States respectively. While the Confederation Line is not federally regulated by Transport Canada, in the event of a report or request made to them, Transport Canada would apply these design practices as the set criteria standards when evaluating the railway.

The Confederation Line Project Agreement references two different track design standards to guide track design:

- The American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association's (AREMA) Manual for Railway Engineering which describes principles and plans regarding engineering, design, and construction of railways.
- Transit Cooperative Research Program (TCRP) Report 57 – Track Design Handbook for Light Rail Transit.

These chosen design standards are in line with industry best practices in North America and Canadian railways operated by Canadian National Rail and VIA Rail.

The standard pertaining to superelevation on the Confederation Line can be found in the Project Agreement (PA) which specifies that the maximum actual superelevation (Ea) shall be no more than 150mm for ballasted Track and direct fixation or embedded Track. The maximum unbalanced superelevation (Eu) shall be 115mm.

As set out within the PA, track geometry measurements, which includes superelevation in curves, are required to be taken once annually by the maintainer, Rideau Transit Maintenance (RTM). However, RTM's internal safety and inspection rules require the geometry measurements to be taken twice annually. If a measurement is found to be outside of the acceptable prescribed maintenance tolerance, the consortium is obligated to realign the track to the original measurement. Until the track fix has been implemented and verified, a mitigation – such as a temporary speed restriction– would be established.

Q3. Does the current cant of the above curves differ from the original design for the project, if at all?

A3. Rideau Transit Maintenance (RTM) has provided the track geometry report based on measurements taken in April 2024. The table below compares the actual superelevation as designed to the measured superelevation for east bound and west bound track.

The maintenance tolerance for superelevation on the Confederation Line is +/- 8mm. Per those standards, the four curves listed are within tolerance.

Confederation Line Curves	Designed actual superelevation (mm)	West Bound Track Avg. actual superelevation (mm)	East Bound Track Avg. actual superelevation (mm)
Lees Station Curve (C210)	55	60	60
Hurdman West Curve (C220)	80	75	74
Hurdman East Curve (C230)	55	56	53
Hurdman East Curve (C240)	55	56	56

Over time, it is not uncommon for the superelevation of a curve to change due to settling of the track, which is largely caused by the repeated load of vehicles travelling on the track. The maintainer of the track (RTM) is obligated to monitor the condition and measurements of the track – including superelevation in curves – as well as make any required adjustments if a measurement falls outside of maintenance tolerance.

OC Transpo’s Transit Rail Systems maintains a comprehensive oversight plan that includes annual third-party track audits, reviews of the maintainer’s maintenance plans and detailed records and the of regular track inspections.

Q4. How do the above cant angles compare to industry best practice for LRT systems at the designed speeds in North America more broadly and Calgary, Edmonton, and Toronto specifically?

A4. Within the designated track design standards used, track engineers design and construct light rail railways to best fit the unique needs and specifications of the overall network and rail system.

With regard to superelevation in curves, track engineers adhere to design standards like the AREMA Manual for Railway Engineering and will design the degrees of track superelevation dependent on several factors such as curve length and radius, the specific LRV’s bogie design, and the anticipated train speeds through the curve. The result is that each Railway has different values for actual superelevation, but all are expected to follow the same design principles and best industry practice.

Q5. To what degree are the current problems with the wheel bearing assembly and axle systems caused by or worsened as a result of the excessive lateral force due to the cant angle design and construction at the above locations?

A5. Since the discovery of issues with the cartridge bearing assembly, several testing programs have occurred. These are being reviewed and analyzed as contributory components of the root cause analysis. Preliminary information provided to the City so far does not indicate that the design adopted for actual superelevation has contributed to the issues with the bearing assembly. However, the City has still to receive the final

Consolidated Report into the Cartridge Bearing Assembly Failure from RTG; it is expected that a complete analysis of all the contributory factors, including actual superelevation as designed and maintained will be included. Staff are expecting to receive this report by end of Summer 2024.

Réponse (Date: le 31 mai 2024)

Q1. Quels sont les angles d'inclinaison des rails dans ces courbes?

- **Courbe à la station Lees**
- **Courbe à l'ouest de la station Hurdman**
- **Courbe à l'est de la station Hurdman, juste après la sortie de la station**
- **Courbe 100 mètres plus à l'est de la station Hurdman**

R1. Les quatre courbes en question sur la Ligne de la Confédération ont été conçues en prévoyant les dévers réels suivants :

- Courbe à la station Lees (C210) – 55 mm
- Courbe à l'ouest de la station Hurdman (C220) – 80 mm
- Courbe à l'est de la station Hurdman (C230) – 55 mm
- Courbe à l'est de la station Hurdman (C240) – 55 mm

La vitesse de base à laquelle une voiture de train léger emprunte une courbe varie en fonction de plusieurs paramètres, comme la conception du véhicule, du bogie et des roues, le rayon et la longueur de la courbe, l'inclinaison des rails, et le dévers (différence de niveau entre les rails extérieur et intérieur). Lors de la conception d'une voie ferrée comportant un dévers, il faut principalement tenir compte du dévers réel et de l'insuffisance de dévers pour assurer une plage de vitesses réelles sécuritaire pour le véhicule et les personnes à bord.

Le dévers réel correspond à la différence de niveau entre les rails inférieur et supérieur dans une courbe. L'insuffisance de dévers, quant à elle, désigne la différence entre le dévers réel et le dévers nécessaire pour que le véhicule maintienne un équilibre stable selon ses caractéristiques dynamiques.

Pour concevoir un dévers, il faut notamment tenir compte du confort des passagères et passagers. En effet, si le dévers des rails est insuffisant, le confort des personnes à bord sera compromis lorsque le véhicule empruntera la courbe à grande vitesse : elles se sentiront tirées vers l'extérieur de la courbe. Toutefois, si le train circule plus lentement que la vitesse de base, les passagères et passagers se sentiront bien stables dans la courbe. Par conséquent, le dévers se calcule de manière à assurer le confort des personnes à bord dans la plage de vitesses prévue pour la voiture de train léger.

Q2. Quels règlements de sécurité le consortium devait-il observer lors de la planification et de l'aménagement de l'infrastructure ci-dessus? Les angles d'inclinaison des rails en question ici respectent-ils ces règlements?

R2. En Amérique du Nord, les voies ferrées comme celle de la Ligne de la Confédération sont conçues dans le respect des lignes directrices et des pratiques recommandées émanant des associations et groupes d'ingénierie de chemins de fer établis. Ces recommandations ont été adoptées et améliorées par des ingénieurs professionnels pendant des décennies d'application et d'expérience. De plus, ces pratiques et lignes directrices recommandées sont reconnues comme étant des normes de conception acceptables par Transports Canada et la Federal Railroad Administration pour le Canada et les États-Unis, respectivement. La Ligne de la Confédération n'est pas assujettie à la réglementation fédérale de Transports Canada, mais si on lui soumet un rapport ou une demande, Transports Canada appliquerait ces pratiques de conception en tant que normes de critères établis pour évaluer la voie ferrée.

L'Entente du projet de la Ligne de la Confédération fait référence à deux normes de conception des voies ferrées :

- Le *Manual for Railway Engineering* de l'American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association (AREMA), qui décrit les principes et plans d'ingénierie, de conception et d'aménagement de chemins de fer;
- Le document *Transit Cooperative Research Program (TCRP) Report 57 – Track Design Handbook for Light Rail Transit*.

Ces normes de conception choisies sont conformes aux pratiques exemplaires du secteur en Amérique du Nord et des chemins de fer canadiens exploités par le Canadien National et VIA Rail.

La norme relative aux dévers de la Ligne de la Confédération, présentée dans l'Entente, établit que le dévers réel ne doit pas dépasser 150 mm pour les voies ballastées et les voies à attache directe ou encastrées. L'insuffisance de dévers maximum est de 115 mm.

Comme le prévoit l'Entente, la mesure de la géométrie de la voie, qui inclut le dévers dans les courbes, doit être prise une fois par année par Rideau Transit Maintenance (RTM), qui est responsable de l'entretien. Toutefois, les règles de sécurité et d'inspection internes de RTM exigent que la mesure de la géométrie soit faite deux fois par année. En cas de valeur hors de l'intervalle acceptable d'entretien prescrit, le consortium doit remettre la voie dans son état d'origine. En attendant la correction et la vérification subséquente, une mesure d'atténuation est mise en place.

Q3. L'inclinaison actuelle des courbes ci-dessus diffère-t-elle de la conception d'origine du projet?

R3. Rideau Transit Maintenance (RTM) a fourni un rapport sur la géométrie de la voie se fondant sur les mesures prises en avril 2024. Le tableau ci-dessous présente une comparaison du dévers réel prévu dans les plans avec le dévers mesuré pour les voies en direction est et ouest.

L'intervalle acceptable d'entretien pour les dévers de la Ligne de la Confédération est de +/- 8 mm. Les quatre courbes se situent dans cet intervalle.

Courbes de la Ligne de la Confédération	Dévers réel prévu dans les plans (mm)	Voie en direction ouest Dévers réel moyen (mm)	Voie en direction est Dévers réel moyen (mm)
Courbe à la station Lees (C210)	55	60	60
Courbe à l'ouest de la station Hurdman (C220)	80	75	74
Courbe à l'est de la station Hurdman (C230)	55	56	53
Courbe à l'est de la station Hurdman (C240)	55	56	56

Au fil du temps, il n'est pas rare que le dévers d'une courbe change en raison du tassement de la voie, causé en grande partie par le poids des véhicules passant à répétition sur la voie. Le responsable de l'entretien a l'obligation de surveiller l'état des rails et de mesurer la voie ferrée – y compris le dévers dans les courbes –, ainsi que d'effectuer les ajustements nécessaires en cas de valeur hors de l'intervalle acceptable d'entretien.

L'équipe chargée des systèmes du TLR d'OC Transpo maintient un plan de supervision exhaustif qui inclut des vérifications annuelles de la voie ferrée par de tierces parties, des examens des plans d'entretien et dossiers détaillés du responsable de l'entretien, et des inspections régulières de la voie ferrée.

Q4. Quelle comparaison peut-on établir entre ces angles d'inclinaison et les pratiques exemplaires de l'industrie pour les réseaux de train léger aux vitesses employées en Amérique du Nord en général, et à Calgary, Edmonton et Toronto plus précisément?

R4. Les ingénieurs et ingénieurs ferroviaires conçoivent et aménagent les voies de train léger dans le respect des normes désignées de conception de voies ferrées, mais aussi de manière à répondre le mieux possible aux besoins et aux spécifications définis pour l'ensemble du réseau et du système ferroviaire.

En ce qui concerne le dévers dans les courbes, ils observent les normes de conception comme le *Manual for Railway Engineering* de l'AREMA et s'appuient sur plusieurs facteurs, comme la longueur et le rayon de la courbe, la conception du bogie des voitures de train léger, et les vitesses prévues dans la courbe. Ainsi, le dévers réel diffère d'un réseau à l'autre, mais est toujours censé respecter les mêmes principes de conception et pratiques exemplaires du secteur.

Q5. Dans quelle mesure les problèmes actuels en lien avec l'ensemble de support des roues et le système de roulement d'essieux sont-ils causés ou aggravés par la force latérale excessive découlant des angles d'inclinaison conçus et aménagés aux lieux susmentionnés?

R5. Depuis la découverte de problèmes liés à l'ensemble de roulements cartouches, plusieurs programmes d'essai ont été exécutés. Les résultats sont en cours d'examen et d'analyse, en appui à l'analyse des causes profondes. D'après les données préliminaires transmises à la Ville jusqu'ici, il n'y aurait pas de lien avec le dévers réel adopté. Néanmoins, la Ville n'a pas encore reçu le rapport consolidé final du Rideau Transit Group (RTG) sur la défaillance de l'ensemble de roulements cartouches, rapport qui devrait comprendre une analyse complète des facteurs contributifs, notamment le dévers réel prévu dans les plans et maintenu en place. Le personnel devrait recevoir ce rapport d'ici la fin de l'été 2024.

Standing Committees / Commission Inquiries:

Demande de renseignements des Comités permanents / Commission :

Response to be listed on the Agenda of Joint Meeting of Transit Commission and Light Rail Sub-Committee, scheduled on May 31, 2024.

La réponse devrait être inscrite à l'ordre du jour de la réunion de la Réunion conjointe de la Commission du transport en commun et du Sous-comité du train léger prévue le 31 mai 2024.