



Urban railway ground vibrations induced by localized defects: using dynamic vibration absorbers as a mitigation solution

Georges Kouroussis, Sheng-yang Zhu, Bryan Olivier, Daniel Ainalis,
Wan-ming Zhai

Key words: *dynamic vibration absorber; turnout; rail joint; ground vibration; Brussels tram*

Cite this as: Georges Kouroussis, Sheng-yang Zhu, Bryan Olivier, Daniel Ainalis, Wan-ming Zhai, 2019. Urban railway ground vibrations induced by localized defects: using dynamic vibration absorbers as a mitigation solution. *Journal of Zhejiang University-SCIENCE A (Applied Physics & Engineering)*, 20(2):83-97.

<https://doi.org/10.1631/jzus.A1800651>

Context of the problem

Railways and vibratory nuisances

ex.: the tram T2000 circulating in Brussels



Des riverains en guerre contre le tram

STIB

288 PLAINTES pour nuisances

▶ Les contestations portent surtout les vibrations des trams T2000, a précisé la ministre Grouwels au député Philippe Pivin

▶ Fin octobre, une pétition, concernant les problèmes de vibrations du tram 62 - reliant l'arrêt Bienfaiteurs (Schaerbeek) à l'arrêt Da Vinci (Evere) - avait récolté 186 signatures. Des riverains qui y exprimaient tout leur ressenti sur les nuisances vibratoires et sonores de ce tram mais sans

avoir eu de réponse de la ministre Brigitte Grouwels (CD&V). Suite à une question du député-bourgmestre Philippe Pivin (MR), cette dernière s'est penchée sur le problème. Il ressort qu'en 2010, 285 plaintes ont été introduites à l'encontre des nuisances liées aux trams. 75 % de celles-là visaient des nuisances sonores et vibratoires dont une majorité concernant la circulation du T2000 (seulement trois pour les T3000). 2011 ? Jusque fin novembre, ce sont 288 plaintes qui ont été déposées dont 78 % visaient ces mêmes nuisances. Une étude de la Stib effectuée en novembre a révélé que les normes prévues dans la convention Stib-Bruxelles Environnement étaient dépassées dans le cas des T2000. Dès lors, le député s'interroge sur le fait que la ministre n'ait donné aucune réponse sur le coût des nombreux T2000 laissés en dépôt. "Qu'en fera-t-on ? Qu'est-ce que cela coûte ? Est-il possible de les revendre ?", questionne-t-il.

UNE INCONNUE demeure aussi sur le lien de causalité avéré entre la circulation des T2000 et les dommages constatés chez les riverains.

R. Le.

Un lien entre la circulation des T200 et les dommages des riverains ? Silence de la ministre. © DIDIER BALMERAERTS

"288 complaints for nuisances" ("above all vibrations")

Case study: the T2000 tram

Purpose of this study



Problem

Excessive ground vibration levels



? Mitigation solution ?

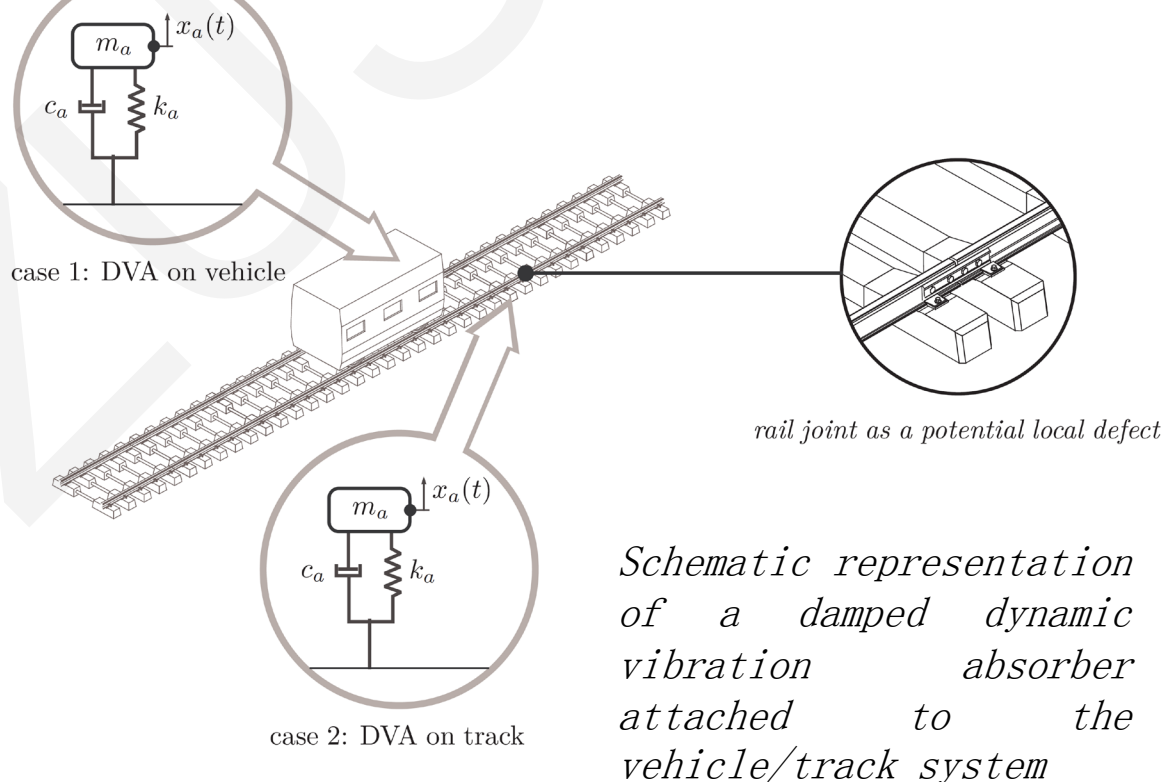
This research focuses on the evaluation of DVAs (dynamic vibration absorbers) as a mitigation measure :

- by using a dedicated prediction model,
- by analysing the ground vibration (level and frequency) based on a real case (T2000 tram),
- by comparing the different and possible DVA locations.

DVA design

Optimising and calibrating the DVA using:

- a pure numerical prediction model^[1],
- a time-frequency analysis to detect the main contributor mode,
- the modal decomposition theory.



[1] G. Kouroussis et al. "Prediction of ground vibrations induced by urban railway traffic: an analysis of the coupling assumptions between vehicle, track, soil, and buildings". In: International Journal of Acoustics and Vibration 18.4 (2013), pp. 163–172.

Results

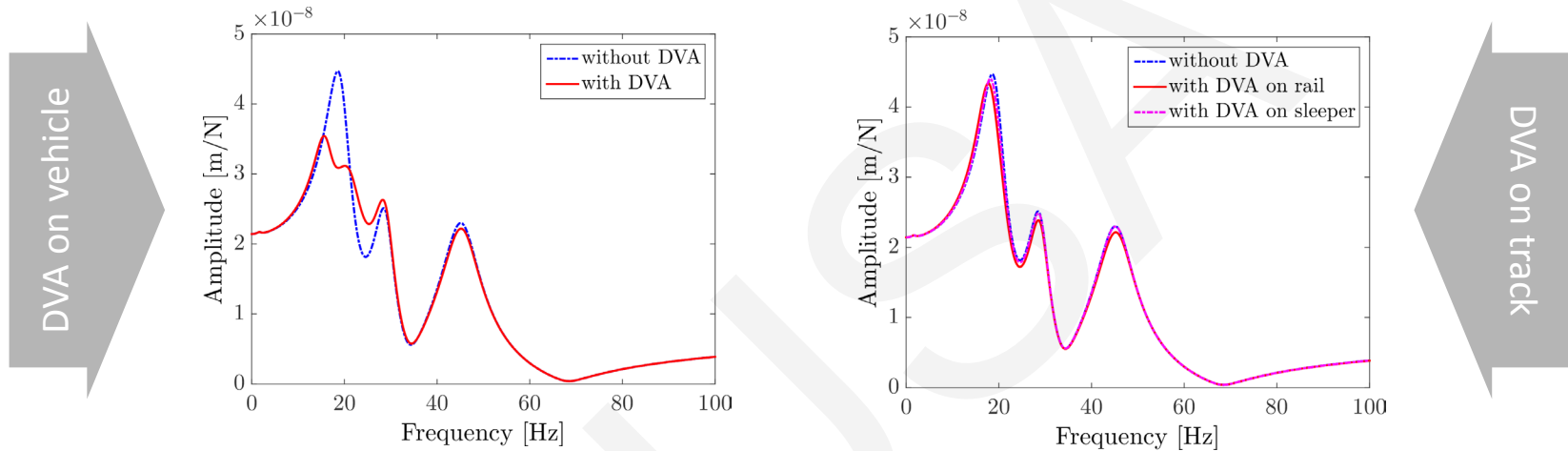
- The bogie bounce mode is responsible for the high vibration level: target eigenfrequency (middle car: $f_a = 21.2 \text{ Hz}$ $f_a = 18.2 \text{ Hz}$).
- The mass value m_a was fixed to 100 kg:
 - $\mu \approx 0.1$ when DVA placed on the vehicle,
 - $\mu = 0.01$ when DVA placed on the rail,
 - $\mu = 0.001$ when DVA placed on a sleeper.
- Analysing the frequency response function between the vertical wheel displacement $X_{wheel,i}$ and the wheel/rail force $F_{wheel/rail}$ (driving point):

$$FRF = \frac{X_{wheel,i}}{F_{wheel/rail}}$$

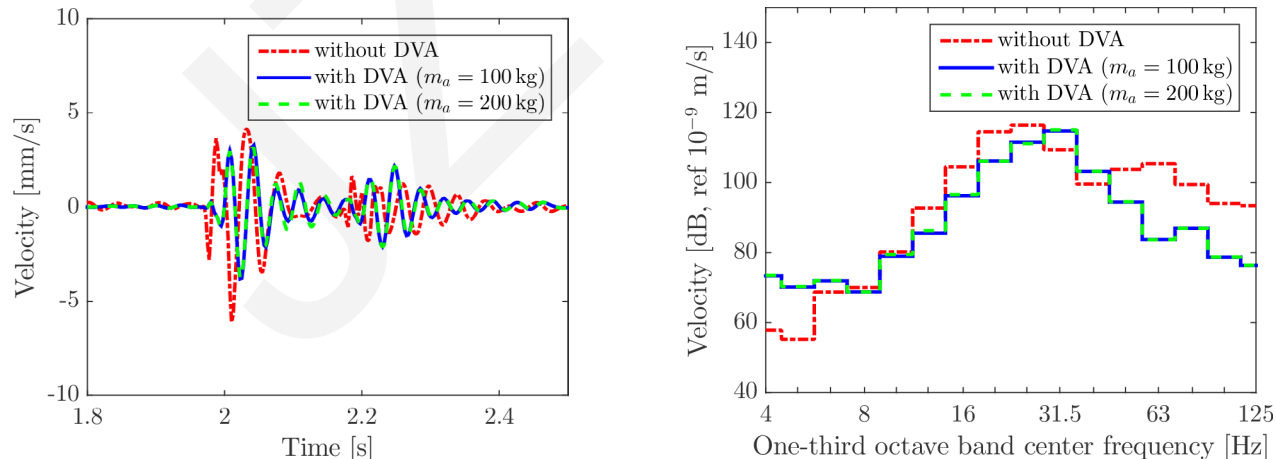
- Optimizing DVA stiffness k_a and damping c_a for each case.

Results

- Frequency response function analysis



- Ground vibration time history and frequency content



Concluding remarks

- Compared to similar vehicles (same configuration and axle loads), T2000 generates abnormal vibrations (vehicle effect).
- Proof-of-concept: using a DVA to reduce the observed levels.
- Virtual prototyping: on the use of numerical tools (already validated).
- A DVA placed on the vehicle, close to the excitation contributor, is more efficient than DVAs located on the track.
- Compared with a previous solution using a less-stiff material in the resilient wheels^[2] (a vibration reduction of 70% was observed by dividing the original resilient material stiffness by a factor of 10!).

[2] G. Kouroussis et al. "Efficiency of resilient wheels on the alleviation of railway ground vibrations". In: *Journal of Rail and Rapid Transit* 226.4 (2012), pp. 381–396.