

Peut-on utiliser un train pour « voir » le sous-sol des voies ferrées ?

Application à la surveillance de l'aléa fontis

Théo REBERT | Mines Paris (Fontainebleau) & Sercel (Massy)

Introduction : aléas fontis et géophysique

Les infrastructures ferroviaires sont sujettes à de forts aléas géotechniques. La gestion de ces risques permet de garantir la sécurité et la fiabilité du réseau ferré.

L'aléa fontis est un affaissement du sous-sol de la plateforme. L'affaissement peut être brutal dans le cas de l'effondrement de cavités souterraines. Une image géophysique haute-résolution du sous-sol pourrait détecter la présence de ces cavités avant qu'elles s'effondrent.

Cependant, en proche surface, les méthodes d'imagerie conventionnelles (sismique active) sont limitées en bande de fréquence, ce qui rend la détection fiable de cavité très difficile.

L'objectif de cette thèse est d'essayer d'améliorer la résolution des images en exploitant une source très énergétique : un train qui roule (fig. 1).

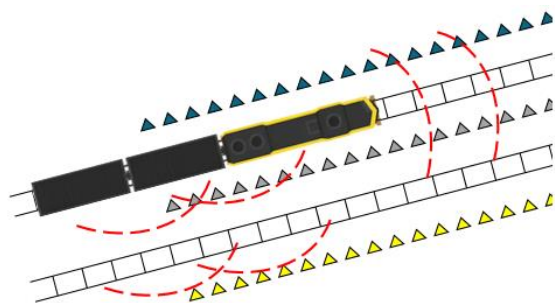


Figure 1. Trois lignes d'accéléromètres entourant deux rails. Les tirets rouges figurent quelques fronts d'ondes émis par le passage du train noir.

Imagerie passive : du bruit ambiant au train

Des sources sismiques non-contrôlées sont couramment utilisées en imagerie sismique. Ces méthodes d'imagerie passive reposent sur la mesure du « bruit ambiant ». C'est-à-dire, des ondes provenant de sources incohérentes non-contrôlées et distribuées partout autour de la zone imagée [1]. Les trains sont eux fortement cohérents, et leur champ d'onde a une structure nette. La théorie du bruit ambiant permet d'obtenir de beaux

résultats [2], mais n'exploite pas toute l'information contenue dans le signal.

L'idée de la thèse est de passer du train comme source « ambiante » au train comme source contrôlée. Ceci permettrait d'atteindre des résolutions sans précédent en imagerie de proche surface, et de confirmer l'intérêt des méthodes sismiques à cette échelle.

Quel est le champ d'onde émis par un train ?

Pour simuler les ondes sismiques émises par un train, il faut déjà connaître sa cinématique. C'est-à-dire déterminer le nombre de roues et leur trajectoire individuelle au cours du temps. Un algorithme de moindres carrés non-linéaires a été proposée pour résoudre ce nouveau problème de façon efficace en utilisant le gradient de l'état adjoint.

Une fois la cinématique connue, on cherche à simuler le champ d'onde émis par le passage du train. Cependant, les simulations sismologiques des trains sont coûteuses [3]. Simplifier ces simulations ouvrira la porte aux méthodologies type inversion de forme d'ondes, capables de révéler toute la résolution contenue l'enregistrement sismique [4].

Références bibliographiques :

- [1] N. M. Shapiro et M. Campillo, « Emergence of broadband Rayleigh waves from correlations of the ambient seismic noise: correlations of the seismic noise », *Geophys. Res. Lett.*, vol. 31, n° 7, p. n/a-n/a, avr. 2004, doi: 10/c8qsm5.
- [2] R. Tarnus *et al.*, « A Case Study for Underground Imaging Using Trains as Seismic Signal to Investigate Subsidence Phenomena », *NSG2022 28th Eur. Meet. Environ. Eng. Geophys. Sep 2022 Vol. 2022 P1 - 5*, vol. 2022, n° 1, p. 1-5, 2022, doi: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.202220033>.
- [3] F. Lavoué *et al.*, « Understanding Seismic Waves Generated by Train Traffic via Modeling: Implications for Seismic Imaging and Monitoring », *Seismol. Res. Lett.*, vol. 92, n° 1, p. 287-300, oct. 2020, doi: 10.1785/0220200133.
- [4] H. Chauris, « Full waveform inversion », in *Seismic imaging: a practical approach*, EDP Sciences, 2019, p. 123-146. doi: 10.1051/978-2-7598-2351-2.c007.