

Séquence

Les modes de protection contre les vibrations émises par le passage d'un TGV

Sciences technologiques et production ; sciences de l'ingénieur



Table des matières

1 Description.....	3
2 Quelles sont les conséquences des vibrations dues au passage d'un TGV ?	3
2.1 Prérequis - Compréhension des phénomènes.....	3
2.1.1 Activité de l'élève.....	3
2.1.2 Production attendue.....	4
2.1.3 Astuce pour l'élève.....	4
2.2 Analyse du besoin.....	4
2.2.1 Activité de l'élève.....	4
2.2.2 Consigne.....	4

2.2.3 Vibrations : attention ça tremble !.....	5
2.2.4 Conseil à l'enseignant.....	5
3 Comment les vibrations émises par le passage d'un TGV se propagent-elles dans le sol ?	6
3.1 Description et mise en oeuvre du protocole expérimental.....	6
3.1.1 Rôle de l'enseignant.....	6
3.1.2 Activité de l'élève.....	6
3.1.3 Consigne.....	6
3.1.4 Astuce pour l'élève.....	7
3.1.5 Mesurer les vibrations.....	7
3.1.6 Vibrations : attention ça tremble !.....	7
4 En quoi le ballast peut-il constituer une solution de réduction des vibrations ?	8
4.1 Simulation.....	8
4.1.1 Activité de l'élève.....	8
4.1.2 Consigne.....	9
4.1.3 Vibrations : attention ça tremble !.....	9
4.1.4 Mesurer les vibrations.....	9
4.2 Investigation.....	10
4.2.1 Activité de l'élève.....	10
4.2.2 Consigne.....	10
4.2.3 Production attendue.....	10
4.3 Restitution et bilan.....	10
4.3.1 Activité de l'élève.....	10

1 Description

Cette séquence traite des vibrations dans le sol causées par le passage d'un TGV. Celles-ci sont transmises par le sol aux bâtiments avoisinants, pouvant causer une gêne pour les riverains ou des dommages matériels aux immeubles. Leur réduction est donc un point à ne pas négliger lors de l'élaboration d'une nouvelle ligne à grande vitesse.

2 Quelles sont les conséquences des vibrations dues au passage d'un TGV ?



2.1 Prérequis - Compréhension des phénomènes

- Durée : 15 minutes
- En classe entière
- Rechercher

2.1.1 Activité de l'élève

En utilisant leur cours ou leur manuel, les élèves définissent le phénomène vibratoire et ses caractéristiques principales :

- vitesse de propagation ;
- vitesse particulière ;
- unité de mesure et spectre en fréquence.

2.1.2 Production attendue

Une représentation générale du problème à l'aide d'un schéma est préconisée. Elle fera apparaître la source (TGV + voies), le sol et un bâtiment. On y représentera les vibrations générées depuis la source et leur propagation.

2.1.3 Astuce pour l'élève

La vitesse particulière est la vitesse instantanée des particules de matière ; c'est une quantité vectorielle (une composante pour les trois directions de l'espace). La vitesse de propagation est la vitesse de propagation de la perturbation (par exemple, $c_0 = 343 \text{ m/s}$ dans l'air).

2.2 Analyse du besoin

- Durée : 45 minutes
- En classe entière
- Observer

2.2.1 Activité de l'élève

Par des recherches, les élèves définissent la notion de nuisance vibratoire (ressenti, effets à long terme sur les structures), ils associent les vibrations aux bruits et aux dangers potentiels.

À l'aide de l'animation « vibrations », ils mesurent les vibrations devant la maison au passage du TGV sans protection (ballast le plus fin), les comparent aux normes et concluent sur le besoin de réduction des vibrations.

Fichier(s) :

- [Montage expérimental](#)

2.2.2 Consigne

En vous appuyant sur vos recherches, définissez la notion de nuisance liée aux vibrations et citez des réglementations concernant les vibrations de structure. L'animation « Vibrations » doit vous permettre d'exprimer et de quantifier clairement le besoin de réduction des vibrations au passage d'un TGV.

2.2.3 Vibrations : attention ça tremble !



Cette animation numérique traite des vibrations produites par le passage d'une rame de TGV, de leur effet sur la stabilité des voies et des impacts sur les ouvrages riverains. Dans son module le plus évolué, l'utilisateur peut apprécier l'influence du ballast et de la nature des matériaux qui le constituent.

Une version pour tablette est aussi téléchargeable sur Google Play sous le nom de "**Vibre LGV**".

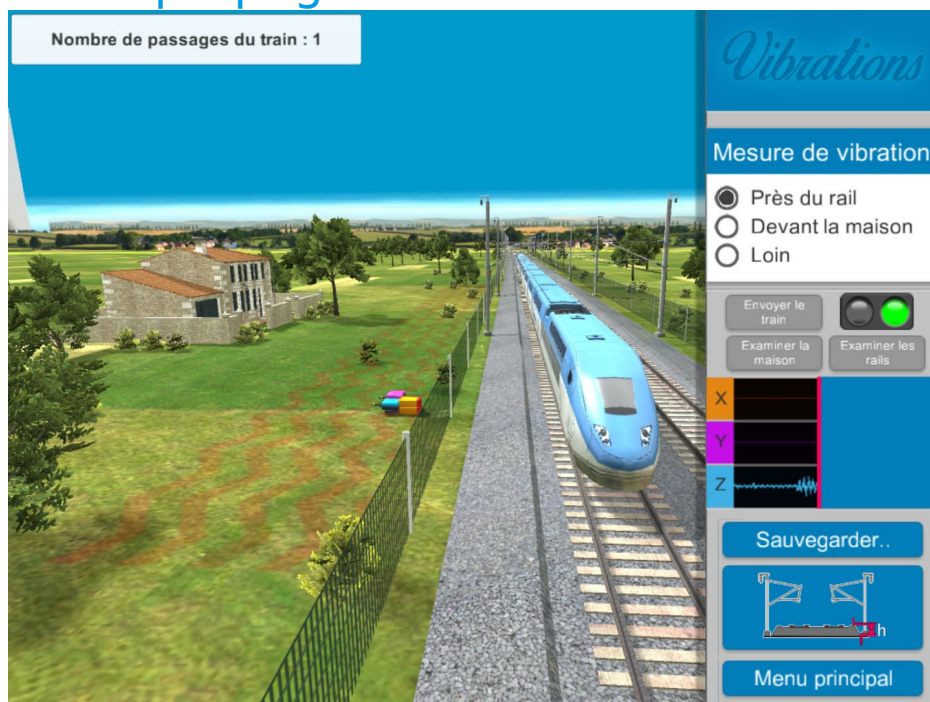
Fichier(s) secondaire(s) :

- [Animation pour Mac](#)
- [Animation pour Windows](#)

2.2.4 Conseil à l'enseignant

L'animation est utilisée dans sa configuration niveau « lycée » où un dispositif de mesure permet d'enregistrer la vitesse particulière aux différents points de mesure (près du rail, devant la maison et au loin) et selon différentes directions.

3 Comment les vibrations émises par le passage d'un TGV se propagent-elles dans le sol ?



3.1 Description et mise en oeuvre du protocole expérimental

- Durée : 30 minutes
- En classe entière
- Expérimenter

3.1.1 Rôle de l'enseignant

L'enseignant fait comprendre le comportement du sol par l'évolution du spectre en fréquence et son atténuation suivant l'éloignement de la source.

3.1.2 Activité de l'élève

Les élèves sont invités à décrire un protocole expérimental permettant de caractériser les vibrations émises par un TGV. À l'aide de l'animation numérique, ils mettent en œuvre « virtuellement » ce protocole et relèvent les signaux issus des vibrations qu'ils visualisent et analysent en utilisant un logiciel d'édition audio. Les élèves comparent les différents signaux et discutent avec leur professeur de la nature de ces différences.

3.1.3 Consigne

Décrivez la démarche que vous envisagez pour caractériser les vibrations émises par le passage d'un TGV. À l'aide de l'animation « Vibrations », vous mettrez en

œuvrer cette démarche puis vous visualiserez et analyserez les signaux que vous aurez relevés au moyen d'un logiciel d'édition audio.

3.1.4 Astuce pour l'élève

Les élèves peuvent par exemple étudier la propagation des vibrations dans le sol (ballast le plus fin) en observant les vibrations s'éloignant de la source et analyser le comportement du sol.

Ne pas hésiter à multiplier le nombre de passages de train jusqu'à observer des dommages sur les rails et la maison !

3.1.5 Mesurer les vibrations

Le montage expérimental

Les vibrations sont mesurées en trois endroits : devant la voie, devant la maison, derrière la maison. Un accéléromètre Dytran 3100B à conditionneur intégré, de sensibilité égale à 100 mV/g, est fixé à 3 mètres de la voie. En champ libre, deux séries de 3 géophones Sensor SM-6, de sensibilité égale à 28 V/m/s, sont positionnés devant et derrière la maison pour former un repère orthonormé permettant de mesurer les vibrations verticales Z ainsi que les vibrations longitudinales Y dans le sens de la voie et latérales X perpendiculaires à la voie.

3.1.6 Vibrations : attention ça tremble !



Cette animation numérique traite des vibrations produites par le passage d'une rame de TGV, de leur effet sur la stabilité des voies et des impacts sur les ouvrages riverains. Dans son module le plus évolué, l'utilisateur peut apprécier l'influence du ballast et de la nature des matériaux qui le constituent.

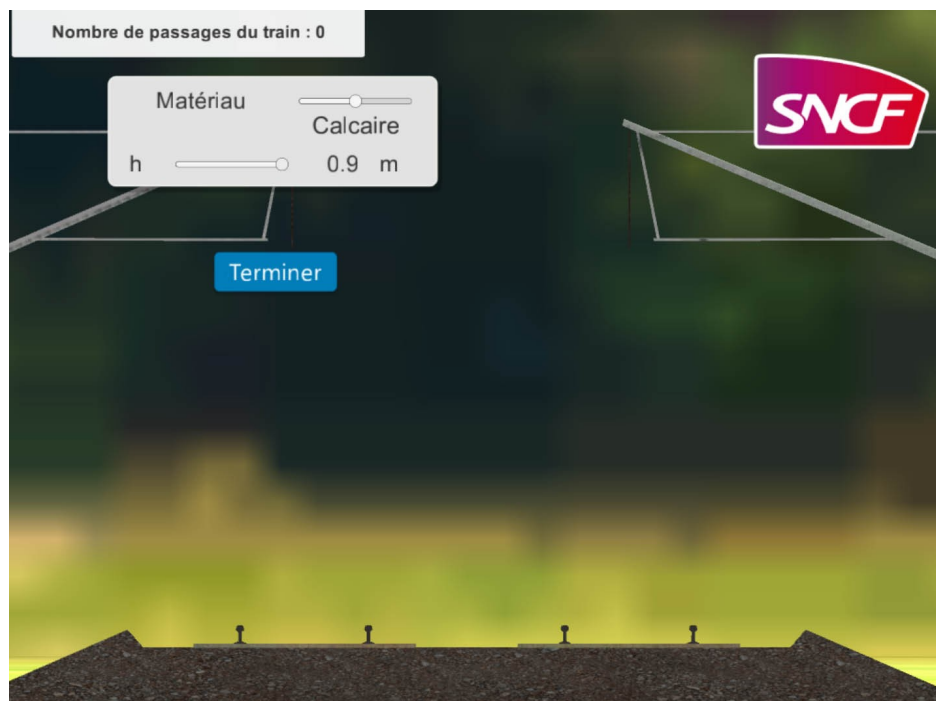
Une version pour tablette est aussi téléchargeable sur Google Play sous le nom de

"Vibre LGV".

Fichier(s) secondaire(s) :

- [Animation pour Mac](#)
- [Animation pour Windows](#)

4 En quoi le ballast peut-il constituer une solution de réduction des vibrations ?



4.1 Simulation

- Durée : 15 minutes
- En classe entière
- Simuler

4.1.1 Activité de l'élève

Les élèves sont invités à décrire la démarche qu'ils envisagent pour analyser les performances de protection du ballast et à la mettre en œuvre au moyen de l'animation « Vibrations ». Ils relèvent les signaux sur un point de mesure, en faisant varier l'épaisseur du ballast, et comparent les spectres en fréquence. Ils peuvent changer le matériau du ballast et reprendre les mesures. Les résultats obtenus leur permettent de conclure quant aux performances de ce mode de protection.

4.1.2 Consigne

Décrivez la démarche que vous envisagez pour analyser les performances de protection du ballast. À l'aide de l'animation « Vibrations », vous mettrez en œuvre cette démarche puis vous visualiserez et analyserez les signaux que vous aurez relevés.

4.1.3 Vibrations : attention ça tremble !



Cette animation numérique traite des vibrations produites par le passage d'une rame de TGV, de leur effet sur la stabilité des voies et des impacts sur les ouvrages riverains. Dans son module le plus évolué, l'utilisateur peut apprécier l'influence du ballast et de la nature des matériaux qui le constituent.

Une version pour tablette est aussi téléchargeable sur Google Play sous le nom de "**Vibre LGV**".

Fichier(s) secondaire(s) :

- [Animation pour Mac](#)
- [Animation pour Windows](#)

4.1.4 Mesurer les vibrations

Le montage expérimental

Les vibrations sont mesurées en trois endroits : devant la voie, devant la maison, derrière la maison. Un accéléromètre Dytran 3100B à conditionneur intégré, de sensibilité égale à 100 mV/g, est fixé à 3 mètres de la voie. En champ libre, deux séries de 3 géophones Sensor SM-6, de sensibilité égale à 28 V/m/s, sont positionnés devant et derrière la maison pour former un repère orthonormé permettant de mesurer les

vibrations verticales Z ainsi que les vibrations longitudinales Y dans le sens de la voie et latérales X perpendiculaires à la voie.

4.2 Investigation

- Durée : 15 minutes
- En classe entière
- Rechercher

4.2.1 Activité de l'élève

À partir de l'étude des documents annexes, les élèves proposent différentes solutions pour améliorer l'efficacité du ballast.

4.2.2 Consigne

En vous appuyant sur les documents annexes, proposez, sous forme discursive et avec l'aide de schémas, différents moyens d'optimiser les performances de protection du ballast.

Fichier(s) :

- https://www.reseau-canope.fr/etincel/system/files/projet_rivas_up3m2da1.pdf
- https://www.reseau-canope.fr/etincel/system/files/vibrations_trafic_ferroviaire_up3m2da2.pdf
- https://www.reseau-canope.fr/etincel/system/files/granulats_up3m2da3.pdf

4.2.3 Production attendue

Les élèves peuvent proposer d'ajouter un tapis sous ballast, positionner des murs enterrés, etc.

4.3 Restitution et bilan

- Durée : 15 minutes
- En collaboration
- Communiquer

4.3.1 Activité de l'élève

Les élèves préparent un exposé collectif de leurs recherches, observations et conclusions.