



Chevaucher l'onde

Comment repousser les limites du « mur de la caténaire » ?

Activités : Modéliser – Quantifier les écarts

Activité 1 :

⇒ Définir la vitesse de l'onde de la caténaire

A partir de la vidéo proposée et de l'animation « Chevaucher l'onde », expliquer comment est générée l'onde de la caténaire ?

Expliciter ses conséquences.

Activité 2 :

⇒ Performance technique : Déterminer la vitesse critique du mur d'onde.

Modélisation de la vitesse de l'onde de la caténaire

Modéliser l'équation mathématique de la vitesse de propagation de l'onde de la caténaire en fonction de la force de tension de la caténaire.

→ Tracer la caractéristique $V_{\text{onde}} = f(F_{\text{tension}})$ à l'aide d'un tableur (Excel).

On donne :
$$v = \sqrt{\frac{F}{\rho \cdot S}}$$

V : vitesse de propagation de l'onde de la caténaire (m/s)

F : Force de traction (tension) de la caténaire (N)

ρ : Masse volumique de l'alliage de cuivre (kg/m^3)

S : surface de la section de la caténaire (m^2)

→ Déterminer la masse volumique ρ de l'alliage utilisé à partir de la masse linéique donnée dans le dossier ressources.

La surface de la section de la caténaire S sera déterminée à l'aide de la modélisation 3D ou des données techniques.

On prendra : $0 < F_{\text{tension}} < 35000 \text{ N}$

Activité 3 :

⇒ Quantifier et expliquer les écarts entre les deux valeurs précédentes.

A partir de documentation et des données techniques, donner la tension maximale appliquée sur la caténaire F_{tension} . En déduire la vitesse potentielle du train à la limite du mur de la caténaire.

A partir de documentation et des données techniques, déterminer la vitesse commerciale du TGV.

Faire apparaître les deux zones (couleur) sur le graphe précédent ; $V_{\text{onde}} = f(F_{\text{tension}})$

Quantifier et expliquer les écarts entre les deux valeurs précédentes.



Activité 4 :

⇒ Repousser les limites du « mur de la caténaire »



Problème technique : Quelles seraient les solutions technologiques envisagées pour augmenter la vitesse commerciale du TGV ?

Formuler des hypothèses techniques permettant de repousser le mur de la caténaire et donc d'augmenter la vitesse commerciale du TGV.

Argumenter auprès de votre professeur.

Activité 5 :

⇒ Résistance des matériaux

Afin de repousser la limite du « mur de la caténaire », les ingénieurs ont opté pour une augmentation de la tension de la caténaire. Cette dernière est portée à $F_{tension} = 30000 \text{ N}$

Déterminer la contrainte maximale et l'allongement de la caténaire pour un canton à l'aide du logiciel multiphysique approprié.

Vérifier la résistance à la rupture du matériau.

Bilan 1 :

Expliciter les avantages d'une telle solution technologique.

Activité 6 :

⇒ Etude des Effets thermiques

Les températures sur la ligne LGV Poitiers-Bordeaux peuvent varier entre -25°C et $+50^{\circ}\text{C}$

Etudier les effets de la dilation thermique subie par la caténaire ($-25^{\circ}\text{C} < T < 50^{\circ}\text{C}$) à l'aide du logiciel multiphysique approprié.

Bilan 2 :

Discuter avec votre professeur de la combinaison « Force de tension – Effets thermiques » sur l'allongement et la résistance de la caténaire pour un canton.

Conclusion – Soutenance :

Proposer, sous forme discursive, des arguments à partir des activités, pour valider le choix du matériau utilisé pour la fabrication de la caténaire afin de repousser le « mur de la caténaire ».

Présenter votre étude et vos résultats à l'ensemble de la classe.

