



LYCÉE LA MARTINIÈRE MONPLAISIR LYON
SCIENCES INDUSTRIELLES POUR L'INGÉNIEUR
CLASSE PRÉPARATOIRE M.P.S.I.
ANNÉE 2021 - 2022

C1 : PERFORMANCES STATIQUES ET CINÉMATIQUES DES SYSTÈMES COMPOSÉS DE CHAÎNE DE SOLIDES

TD 8 - Cinématique du solide (C3-4)

23 Novembre 2021

Compétences

- **Analyser**
 - Décrire le besoin et les exigences.
- **Modéliser**
 - Déterminer les caractéristiques d'un solide ou d'un ensemble de solides indéformables.
 - Modéliser la cinématique d'un ensemble de solides.
 - Vérifier la cohérence du modèle choisi en confrontant les résultats analytiques et/ou numériques aux résultats expérimentaux.

Exercice 1 : Modélisation d'un pantographe de TGV

1 Présentation

Le pantographe est un système liant la caténaire (câble électrique), assurant l'alimentation en électricité de la rame (motrice), au circuit électrique du train.

Il est essentiellement constitué d'un archet (figure 1(b)), frottant sur la caténaire, articulé autour de deux bras inférieur et supérieur et de deux bielles. La mise en mouvement du pantographe et la maintien de l'archet sur la caténaire est assurée par un coussin pneumatique et d'une came (non représentée).

Ce système a permis de répondre à un ensemble d'exigences rassemblées au sein d'un cahier des charges dont un extrait est fourni figure 2 sous forme d'un diagramme d'exigences.

La modélisation et le paramétrage du pantographe sont donnés par la figure 3.

La résolution de l'équation mathématique associée à la loi entrée/sortie du système est difficile à résoudre. Une simulation du comportement du pantographe a été réalisée et a permis de tracer l'évolution de la hauteur l en fonction de l'angle d'entrée θ_1 (figure 4).

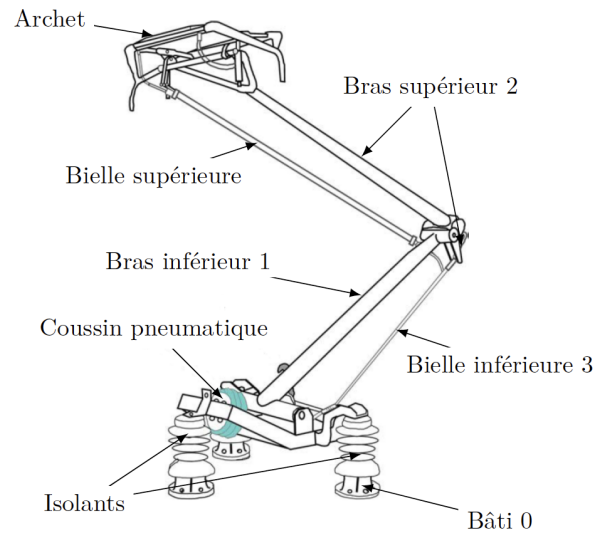
2 Vitesse d'impact du pantographe sur la caténaire

Objectif : Déterminer la vitesse d'impact du pantographe sur la caténaire lors de la phase de montée du pantographe.

La modélisation du système retenue est celle de la figure 3. On se propose ici de déterminer de deux manières différentes la vitesse du point E lié au bras supérieur 2 dans son mouvement par rapport au train 0.



(a) Vue d'un pantographe sur une motrice TGV



(b) Description d'un pantographe

FIGURE 1

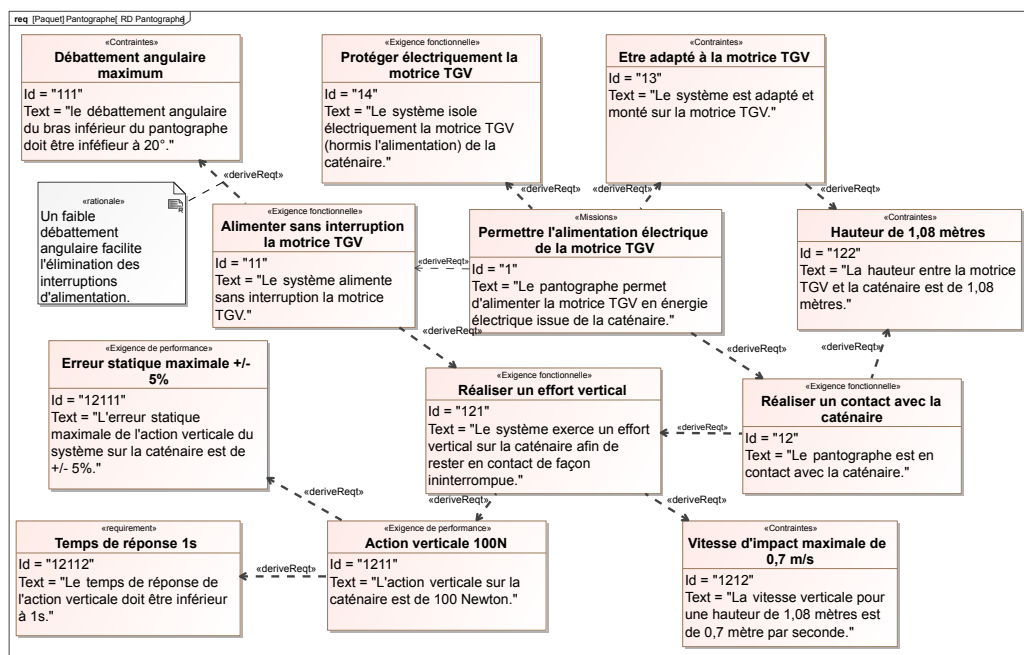


FIGURE 2 – Diagramme d'exigences extrait du cahier des charges du système pantographe

a) Dérivation du vecteur position

Q 1 : Exprimer le vecteur position \overrightarrow{AE} sous sa forme la plus simple.

Q 2 : En déduire le vecteur vitesse $\overrightarrow{V}(E \in 2/0)$ en utilisant la formule de dérivation vectorielle.

b) Torseurs cinématique

Q 3 : Déterminer l'expression des torseurs cinématiques $\{V(1/0)\}$ au point A, $\{V(2/1)\}$ au point C, $\{V(3/0)\}$ au point B et $\{V(2/3)\}$ au point D.

Q 4 : En déduire l'expression $\overrightarrow{V}(E \in 1/0)$ et $\overrightarrow{V}(E \in 2/1)$.

Q 5 : En déduire la vitesse $\overrightarrow{V}(E \in 2/0)$.

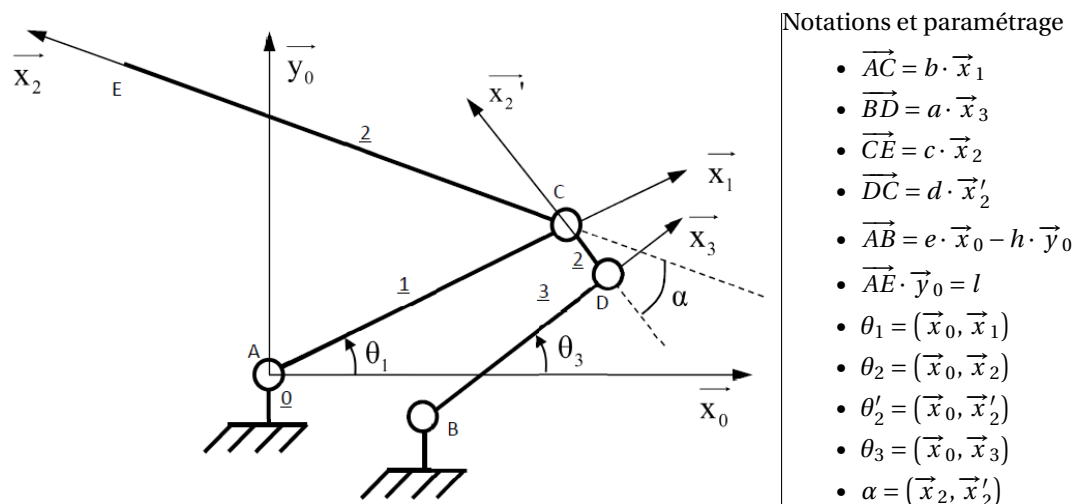
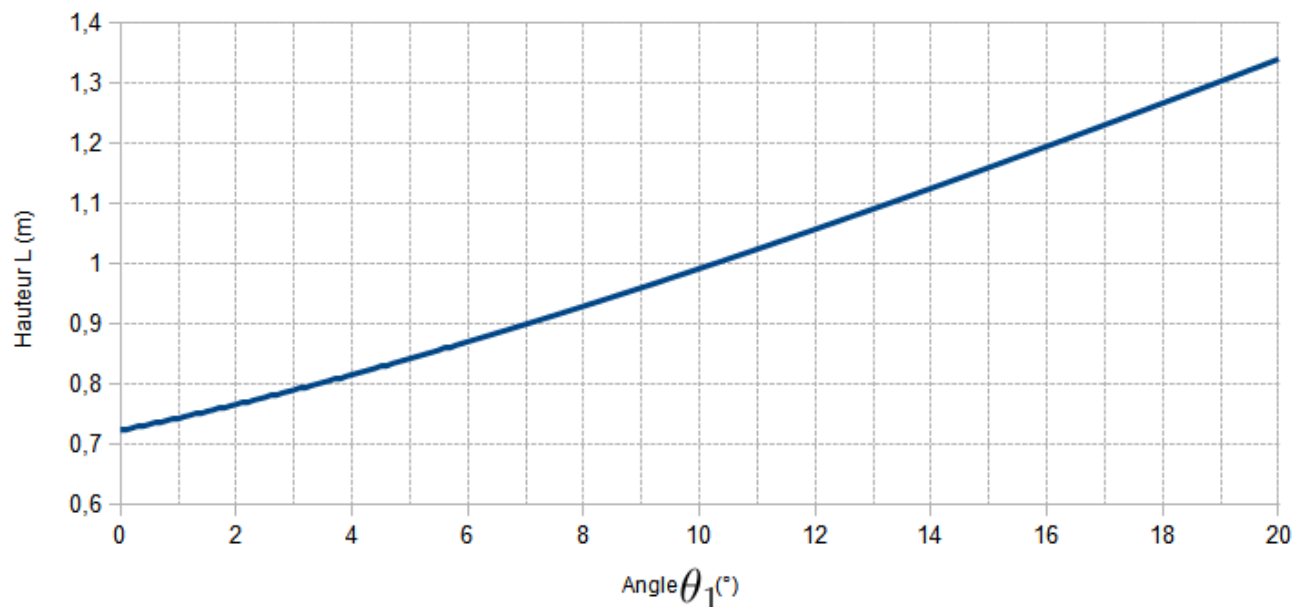


FIGURE 3 – Paramétrage du modèle associé au pantographe

FIGURE 4 – Évolution de la hauteur l en fonction de l'angle θ_1

c) Vitesse d'impact de l'archet sur la caténaire

Q 6 : Déterminer alors l'expression de la vitesse d'impact de l'archet sur la caténaire en fonction des paramètres θ_1 et θ_2 .

L'évolution de la norme de la vitesse d'impact archet/caténaire est donnée sur la 5 en fonction du paramètre angulaire θ_1 pour une vitesse d'entrée $\dot{\theta}_1 = 20^\circ/s$.

Q 7 : L'exigence 1212 est-elle vérifiée? Justifier.

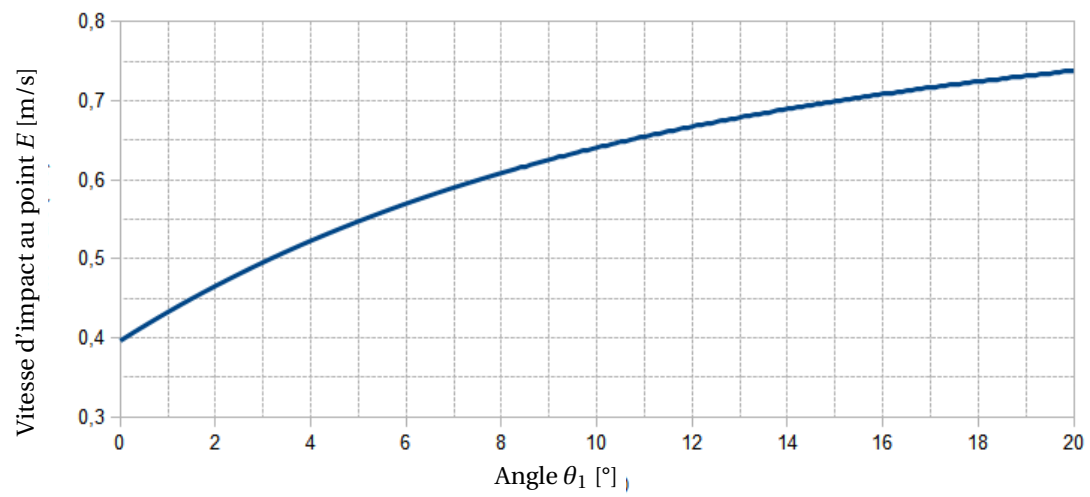


FIGURE 5 – Évolution de la vitesse d'impact archet/caténaire en fonction de θ_1 pour $\dot{\theta}_1 = 20^\circ/s$