

Étude des cycles de résonance d'un système masse-ressort

Mehdi ESSALHI, MP₁-MPi, 2026-2027

2 février 2026

Professeur encadrant : Chauchat Antoine

Motivations pour le choix du sujet (50 mots)

citer la
résonanc

La résonance fascine par sa capacité à amplifier l'énergie dans des systèmes oscillants simples comme la balançoire ou destructeurs comme le pont de Tacoma Narrows. Ainsi j'ai toujours voulu savoir comment ce phénomène pouvait devenir aussi central dans le domaine du génie civil.

Ancrage du sujet au thème de l'année (50 mots)

La résonance incarne parfaitement « Boucles et Cycles » : à chaque cycle d'excitation proche de la fréquence propre, l'énergie s'accumule au lieu de se dissiper, formant une boucle énergétique amplificatrice. Le système masse-ressort illustre ce principe fondamental, de l'expérience simple aux structures complexes.

Positionnement thématique

Physique ondulatoire et acoustique, Mécanique newtonienne et systèmes oscillants, Génie mécanique et génie civil

Mots-clefs

Mots-clefs – Résonance – Oscillateur harmonique amorti – Facteur de qualité
– Amortisseur à masse accordée – Vibrations de structures

Keywords – Resonance – Damped harmonic oscillator – Quality factor – Tuned mass damper – Structural vibrations

Bibliographie commentée (650 mots maximum)

La résonance apparaît lorsqu'un système oscillant reçoit une excitation périodique proche de sa fréquence propre. L'équation du mouvement d'un oscillateur harmonique amorti masse-ressort soumis à une force $F_0 \cos(\omega t)$ s'écrit $mx'' + cx' + kx = F_0 \cos(\omega t)$ [1].

Les grandeurs clés sont : pulsation propre $\omega_0 = \sqrt{k/m}$, coefficient d'amortissement $\lambda = c/(2m)$, facteur de qualité $Q = \omega_0/(2\lambda)$. Dans le régime forcé stationnaire, l'amplitude $A(\omega)$ présente un maximum voisin de ω_0 , avec un pic d'autant plus étroit que Q est élevé [2][3].

Dans le génie civil, le pont de Tacoma Narrows (1940) illustre les limites de la résonance linéaire : flottement aéroélastique avec rétroaction structure-écoulement d'air conduisant à une instabilité [5].

Le Taipei 101 utilise un amortisseur à masse accordée (TMD) de 660 tonnes dont la fréquence propre est accordée sur le premier mode du bâtiment (≈ 0.16 Hz). Le TMD entre en résonance contrôlée en opposition de phase, dissipant l'énergie vibratoire via ses amortisseurs visqueux [4][6].

Quel
modèle
simple

Manque de
lien avec le
paragraphe
précédent

Problématique retenue (50 mots)

Comment modéliser et caractériser expérimentalement la résonance d'un système masse-ressort amorti soumis à une excitation périodique, et en quoi ce modèle permet-il de comprendre le rôle des amortisseurs à masse accordée dans la maîtrise des vibrations de grandes structures comme les ponts et les gratte-ciel ?

Objectifs du TIPE (100 mots maximum)

1. Établir le modèle différentiel d'un oscillateur harmonique amorti forcé et en déduire les lois de résonance (amplitude $A(\omega)$, déphasage, rôle du facteur de qualité).
2. Mesurer expérimentalement la courbe d'amplitude en fonction de la fréquence sur un montage masse-ressort excité mécaniquement.
3. Analyser les écarts théorie-expérience et transposer les résultats au génie civil : fonctionnement des TMD (Taipei 101) et limites du modèle face au flottement aéroélastique (Tacoma Narrows).

Références

- [1] Unisciel, *Oscillateur harmonique amorti*, https://uel.unisciel.fr/physique/syst_oscillants/, consulté en 2026.
- [2] PCSI2 Fabert, *Oscillateurs amortis – S07*, <https://pcsi2.net/wp-content/uploads/physique/S07-Oscillateurs-amortis.pdf>, consulté en 2026.
- [3] *Systèmes oscillants*, <http://psychosmose.free.fr/physics/ondes/Systèmes%20oscillants.pdf>, consulté en 2026.
- [4] A.Y. Tuan, G.Q. Shang, *Vibration Control in a 101-Storey Building Using a Tuned Mass Damper*, JASE, 2014.
- [5] *A Comprehensive Review of the Aeroelastic Collapse of Tacoma Narrows*, JETNR, 2024.
- [6] *The Analysis of Tuned Mass Dampers of Taipei 101 Tower*, Semantic Scholar, consulté en 2026.