

MÉCANIQUE

CHAPITRE 3 : MOUVEMENTS D'UN SYSTÈME MASSE-RESSORT

Oscillateur harmonique. Exemple de l'oscillateur mécanique.	Établir et reconnaître l'équation différentielle qui caractérise un oscillateur harmonique ; la résoudre compte tenu des conditions initiales. Caractériser le mouvement en utilisant les notions d'amplitude, de phase, de période, de fréquence, de pulsation. Réaliser un bilan énergétique.
oscillateur mécanique amorti par frottement visqueux.	Analyser, sur des relevés expérimentaux, l'évolution de la forme des régimes transitoires en fonction des paramètres caractéristiques. Prévoir l'évolution du système à partir de considérations énergétiques. Écrire sous forme canonique l'équation différentielle afin d'identifier la pulsation propre et le facteur de qualité. Décrire la nature de la réponse en fonction de la valeur du facteur de qualité. Déterminer la réponse détaillée dans le cas d'un régime libre ou d'un système soumis à un échelon en recherchant les racines du polynôme caractéristique. Déterminer un ordre de grandeur de la durée du régime transitoire selon la valeur du facteur de qualité.

I Système masse-ressort sans dissipation horizontal en régime libre

A Présentation du système

- 1) Schéma
- 2) Hypothèses
- 3) Bilan des forces

B Mise en équation

- 1) Notations
- 2) À l'équilibre
- 3) Équation différentielle du mouvement

C Résolution

- 1) Solution générale
- 2) Équation horaire du mouvement

D Caractéristiques du mouvement

- 1) Amplitude et phase à l'origine
- 2) Période/Fréquence/Pulsation
- 3) Valeur moyenne

4) Représentation

E Aspects énergétiques

1) Énergies

- (a) Énergie cinétique
 - (b) Énergies potentielles et forces conservatives
 - (c) Énergie mécanique
- 2) Bilan énergétique
 - (a) Système conservatif
 - (b) Conservation de l'énergie mécanique pour un système conservatif

II Autres cas

A Directions et sens

B Dissipations

C Régimes

Questions de cours / Applications directes du cours :

1. Donner l'expression vectorielle avec un schéma du rappel élastique.
2. Donner la pulsation propre d'un système masse-ressort.
3. Quelle est la longueur à l'équilibre d'un système masse-ressort sans dissipation : horizontal, vertical (suspendu, dépendu), sur un plan incliné (suspendu,dépendu)?
4. Quelle est la constante de raideur d'une association de ressorts : en parallèle, en série?
5. Comment mesurer la constante de raideur d'un ressort : en statique, en dynamique?
6. Donner l'équation différentielle de l'oscillateur harmonique sans second membre/avec second membre constant.
Préciser le nom et l'unité SI de la grandeur physique qui intervient.
7. Donner les deux formes de la solution générale de l'équation différentielle de l'oscillateur harmonique sans second membre/avec second membre constant en précisant les relations entre les deux couples de constantes qui interviennent.
8. Donner l'équation différentielle de l'oscillateur amorti sans second membre/avec second membre constant.
Préciser le nom et l'unité SI des grandeurs physiques qui interviennent.
9. Déterminer les conditions sur le facteur de qualité à partir du discriminant de l'équation caractéristique pour différencier les 3 régimes en précisant leurs noms.
10. Donner les solutions générales de l'équation différentielle de l'oscillateur amorti sans second membre/avec second membre constant dans :
 - le régime aperiodique (avec racines réelles en fonction de ω_0 et Q)
 - le régime aperiodique critique (avec τ_c en fonction de ω_0)
 - le régime pseudo-periodique (avec ω_p et τ_p en fonction de ω_0 et Q en donnant les deux formes et en précisant les relations entre les deux couples de constantes qui interviennent).
11. Pour un système masse-ressort en régime libre :
 - (a) horizontal, vertical (suspendu, dépendu), sur un plan incliné (suspendu,dépendu)
 - (b) sans dissipation, avec frottements solides, avec frottements fluides de type visqueux
 - Déterminer l'équation différentielle du mouvement.
 - Déterminer l'équation horaire du mouvement.
 - Caractériser le mouvement.
12. Comment résoudre les exercices de système masse-ressort en régime sinusoïdal forcé?
13. ...

MÉCANIQUE

CHAPITRE 4 : ÉNERGÉTIQUE DU POINT MATÉRIEL

Puissance, travail et énergie cinétique Puissance et travail d'une force dans un référentiel.	Reconnaître le caractère moteur ou résistant d'une force.
Théorèmes de l'énergie cinétique et de la puissance cinétique dans un référentiel galiléen, dans le cas d'un système modélisé par un point matériel.	Utiliser le théorème approprié en fonction du contexte.
Champ de force conservative et énergie potentielle Énergie potentielle. Lien entre un champ de force conservative et l'énergie potentielle. Gradient.	Établir et citer les expressions de l'énergie potentielle de pesanteur (champ uniforme), de l'énergie potentielle gravitationnelle (champ créé par un astre ponctuel), de l'énergie potentielle élastique. Déterminer l'expression d'une force à partir de l'énergie potentielle, l'expression du gradient étant fournie. Déduire qualitativement, en un point du graphe d'une fonction énergie potentielle, le sens et l'intensité de la force associée.
Énergie mécanique Énergie mécanique. Théorème de l'énergie mécanique. Mouvement conservatif.	Distinguer force conservative et force non conservative. Reconnaître les cas de conservation de l'énergie mécanique. Utiliser les conditions initiales.
Mouvement conservatif à une dimension.	Identifier sur un graphe d'énergie potentielle une barrière et un puits de potentiel. Déduire d'un graphe d'énergie potentielle le comportement qualitatif : trajectoire bornée ou non, mouvement périodique, positions de vitesse nulle.
Positions d'équilibre. Stabilité.	Déduire d'un graphe d'énergie potentielle l'existence de positions d'équilibre. Analyser qualitativement la nature, stable ou instable, de ces positions.
Petits mouvements au voisinage d'une position d'équilibre stable, approximation locale par un puits de potentiel harmonique.	Établir l'équation différentielle du mouvement au voisinage d'une position d'équilibre.

I Puissance et travail d'une force

1) Puissance

2) Travail

II Énergie cinétique

1) Définition

2) Théorème de la puissance cinétique

$$\frac{d\mathcal{E}_c(M/\mathcal{R}_g)}{dt} = \mathcal{P}(\vec{F})$$

3) Théorème de l'énergie cinétique

$$\Delta_{AB}\mathcal{E}_c(M/\mathcal{R}_g) = W_{A \rightarrow B}(\vec{F})$$

III Énergies potentielles

1) Définitions

(a) Force conservative et énergie potentielle

(b) Force dissipative/non-conservative

2) Énergies potentielles des forces conservatives usuelles

de pesanteur (d'Archimède),
élastique,
électrique,
gravitationnelle et électrostatique

IV Énergie mécanique

1) Définition

2) Théorème de l'énergie mécanique

$$\Delta_{AB}\mathcal{E}_m(M/\mathcal{R}_g) = W_{A \rightarrow B}(\vec{F}_{nc})$$

3) Théorème de la puissance mécanique

$$\frac{d\mathcal{E}_m(M/\mathcal{R}_g)}{dt} = \mathcal{P}(\vec{F}_{nc})$$

3) Conservation de l'énergie mécanique pour système conservatif

$$\frac{d\mathcal{E}_m(M/\mathcal{R}_g)}{dt} = 0 \Leftrightarrow \mathcal{E}_m(M/\mathcal{R}_g) = \mathcal{E}_{m0} \Rightarrow \Delta_{AB}\mathcal{E}_m(M/\mathcal{R}_g) = 0$$

V Mouvement conservatif à une dimension

A Système

- 1) à un degré de liberté
- 2) conservatif à un degré de liberté

B Graphe d'énergie potentielle

- 1) Équilibres
 - (a) Position d'équilibre
 - (b) Stabilité de l'équilibre
 - (c) Au voisinage de l'équilibre stable
 - 2) États énergétiques
 - (a) Énergies
 - (b) État lié ou état de diffusion
 - (c) Puits de potentiel et barrière de potentiel
-

Questions de cours / Applications directes du cours :

1. Donner la définition de la puissance et du travail élémentaire d'une force. Préciser son unité.
2. Caractériser la force selon le signe de sa puissance ou de son travail élémentaire.
3. Donner la définition du travail sur un chemin d'une force.
4. Donner l'expression du travail sur un chemin d'une force constante.
5. Donner la définition de l'énergie cinétique. Préciser son unité et son signe.
6. Énoncer le théorème de la puissance cinétique.
7. Énoncer le théorème de l'énergie cinétique.
8. Dans quelle(s) situation(s) utilise-t'on le TPC ou le TEC?
9. Donner la relation générale entre une force conservative et son énergie potentielle.
10. Préciser l'unité et le signe de l'énergie potentielle.
11. Citer au moins 2 forces non-conservatives qui ne travaillent pas.
12. Citer les deux forces dissipatives.
13. Citer une force non-conservative qui travaille mais qui n'est pas dissipative.
14. Citer 6 forces conservatives.
15. Déterminer l'énergie potentielle de pesanteur.
16. Déterminer l'énergie potentielle de la poussée d'Archimède.
17. Déterminer l'énergie potentielle élastique.
18. Déterminer l'énergie potentielle gravitationnelle.
19. Déterminer l'énergie potentielle électrostatique.

20. Donner la définition de l'énergie mécanique.
Préciser son unité et son signe.
21. Énoncer le théorème de la puissance mécanique.
22. Énoncer le théorème de l'énergie mécanique.
23. Dans quelle(s) situation(s) utilise-t'on le TPm ou le TEm ?

24. Donner la définition d'un système conservatif.
25. Énoncer la conservation de l'énergie mécanique sous ses deux formes.
26. Comment déterminer la constante de l'intégrale première du mouvement ?
27. Dans quelle(s) situation(s) utilise-t'on les CEm ?

28. Citer des exemples de systèmes conservatifs à un degré de liberté.
29. Quelle est la relation entre la force conservative et son énergie potentielle pour un système conservatif à un degré de liberté ?
Quel est le sens et quelle est l'intensité de la force associée à un graphe d'énergie potentielle d'un système conservatif à un degré de liberté ?
30. Définir la position d'équilibre d'un système conservatif à un degré de liberté mathématiquement et graphiquement.
Définir la position d'équilibre stable/instable d'un système conservatif à un degré de liberté mathématiquement et graphiquement.
31. Qu'est-ce-que l'approximation locale par un puits de potentiel harmonique au voisinage d'un équilibre stable d'un système conservatif à un degré de liberté ?
32. Où lire l'énergie cinétique sur un graphe d'énergie potentielle d'un système conservatif à un degré de liberté ?
Où sont les positions de vitesse nulle ?
33. Définir et représenter un état lié/de diffusion dans un graphe d'énergie potentielle d'un système conservatif à un degré de liberté.
34. Définir un puits de potentiel et une barrière de potentiel.

35. Déterminer la vitesse finale d'un point matériel M de masse m en chute libre sans vitesse initiale depuis une hauteur H dans le champ de pesanteur terrestre à partir du Principe fondamental de la Dynamique, du théorème de l'énergie cinétique et de la conservation de l'énergie mécanique.
36. Déterminer l'équation différentielle du mouvement du pendule simple dans le cadre de l'approximation linéaire dite limite des "petites" oscillations à partir du Principe fondamental de la Dynamique, du théorème de la puissance cinétique et de la conservation de l'énergie mécanique.
37. ...