

LP 24 : Oscillations libres et forcées

EI : OH, conservation de l'énergie, position d'équilibre, caractéristiques du mouvement

Niveau : L1

Pré-requis :

- Notion de forces : poids, réaction du support (lycée)
- Mécanique du point : PFD (lycée)
- Notions d'énergétique : E_p , E_c , E_m , condition de conservation de l'énergie (lycée)

Difficultés :

- Mathématiques : mise en équation et résolution
- Sens de la force de rappel

Activités :

- TP : mettre en œuvre le modèle de l'oscillateur harmonique et déterminer des périodes
- TD : étudier le cas de l'OH avec deux ressorts de part et d'autre de la masse
- TD : étudier le cas de l'OH en prenant en compte les frottements

Biblio :

- Mécanique, **Benson**
- Physique, **Hecht**
- Dunod tout en un 2013, **Sanz**

Manip : Duffait p262

- Mesure de la constante de raideur des ressorts

On place le ressort sur une potence avec une masse connue, on mesure la longueur à vide et l'allongement avec la masse, $\mathbf{F} = -k(l-l_0)\mathbf{u}_z$ et $\mathbf{P} = -mg\mathbf{u}_z$ et PFD à l'équilibre

- Détermination de la période d'oscillation

On relie le capteur à un convertisseur des distances et à la pizza pour latis, on lance l'acquisition avec 1000points/50ms/10s en faisant passer un aimant devant le capteur et l'aimant est relié aux deux ressorts sur un coussin d'air, on calcule T et F et la pulsation et on peut comparer à la valeur théorique ($f_{exp} > f_{théo}$ à cause des frottements)

- Montrer la conservation de l'énergie (ou non en raison des frottements non considérés)

On peut voir les effets dissipatifs car l'amplitude diminue au cours de l'acquisition, pour $E_m = \text{const}$ il faut recalculer E_p et E_c

Introduction pédagogique :

Cette leçon se place au début d'une séquence portant sur les ondes et plutôt en début d'année. Étant donné que c'est une leçon placée en tout début de l'année, une attention particulière sera prise sur les notions décrites et la méthode d'étude d'un système en mécanique pour l'utilisation du PFD afin que les élèves prennent de bonnes habitudes. De plus, le modèle de l'oscillateur harmonique sera un modèle revu par la suite dans une séquence de mécanique dans le cadre des oscillations faibles, raison de plus pour qu'il soit bien détaillé et traité ici.

Objectifs :

- Savoir ce qu'est un OH et savoir mettre le système en équation
- Connaître les caractéristiques du mouvement et les transferts énergétiques mis en jeu

Introduction :

Dans l'espace, les astronautes mesurent leur masse à l'aide d'un siège oscillant soumis à l'action d'un ressort. Cette expérience peut facilement être mise en place en laboratoire : sur un coussin d'air, on place un solide, de masse m représenté par un point M, relié à deux ressorts de constantes de raideurs k et k' . En écartant le point M de sa position d'équilibre, la masse oscille tel un OH ce qui permet de déduire la masse m . On va chercher à décrire et comprendre le phénomène.

Plan :

1. Modèle de l'OH
1. Force de rappel
2. Mise en équation
3. Position à l'équilibre

Mercier Iris

- II. Résolution de l'équation différentielle
 - 1. Solution mathématique
 - 2. Caractérisations du mouvement
- III. Aspects énergétiques
 - 1. Expressions des énergies
 - 2. Conservation de l'énergie mécanique

Leçon :

I. Modèle de l'OH

1. Force de rappel

[Sanz p25](#), dessiner le schéma de l'OH avec les forces et les exprimer à l'équilibre et hors équilibre ([Hecht p452](#) pour le sens de la force de rappel), on ne considère pas les frottements

[Sanz p26](#), introduire la force de rappel, expression + unités + le cas des sens

-> on cherche l'équation du mouvement

2. Mise en équation

[Sanz p26](#), mise en équation : définir système, référentiel, BDF, PFD, projection

[Sanz p27](#), dire l'encadrer sur l'OH, dire que c'est une équation différentielle du second ordre, avec second membre, linéaire, à coefficient constant, introduire la pulsation propre

-> reformulons l'équation obtenue

3. Position à l'équilibre

Écrire le PFD à l'équilibre et en déduire la position d'équilibre, réécrire l'equa diff

-> on cherche à résoudre l'équation différentielle

II. Résolution de l'équation différentielle

1. Solution mathématique

[Sanz p29](#), donner l'équation générale de la solution de l'équation différentielle + xeq

[Sanz p27](#), dire la position du problème avec les CI

[Sanz p29](#), graphe avec les différentes solutions en fonction des CI

-> comment caractériser le mouvement avec cette solution ?

2. Caractérisations du mouvement

[Benson p463](#), donner les caractéristiques

[Sanz p31](#), pour l'amplitude et la période (parler d'isochronisme) + parler de la phase (=caractérise la manière dont vont démarre les oscillations)

[Benson p464](#), propriétés d'un OH

- Mesure de la constante de raideur des ressorts
- Détermination de la période d'oscillation

-> étudions les aspects énergétiques du ressort

III. Aspects énergétiques

1. Expressions des énergies

[Sanz p30](#), expression de chaque énergie

-> étudions maintenant l'énergie mécanique

2. Conservation de l'énergie mécanique

[Sanz p31](#), somme des E_p et E_c , mettre les schéma du [Benson p472](#)

[Benson p471](#), la partie sur la conservation de l'énergie

Conclusion :

Un OH est un oscillateur idéal dont l'évolution au cours du temps est sinusoïdal et dont la fréquence ne dépend pas des CI et dont l'amplitude et l'énergie mécanique sont des constantes. On verra dans la suite que le modèle de l'OH est souvent utilisé comme représentation simplifiée donnant le nom d'approximation harmonique. Toute oscillation d'amplitude suffisamment faible pourra être considérée approximativement comme un mouvement harmonique simple. C'est ce qu'on verra dans la prochaine séquence de mécanique avec l'exemple du pendule simple.