

MODULE: PHYSIQUE 03

VIBRATIONS

Présenté par

Pr Fouad BOUKLI HACENE

Professeur

Email: bhfouad@yahoo.fr

fouad.boukli-hacene@enp-oran.dz

SYLLABUS

Unité d'Enseignement	Intitulé de la Matière	Code	Semestre
UEF212	Physique 3 : VIBRATIONS	PHY3	3

	Cours	TD	TP	Total	Crédits	Coefficient
V H S	28h30	22h30	09h00	60h00	4	4

PRE-REQUIS :

- Identifier les différents types de forces.
- Calculer les énergies cinétique et potentielle.
- Résoudre des équations différentielles d'ordre deux.

OBJECTIFS:

- Introduction du formalisme de Lagrange.
- Comprendre les différents régimes d'oscillations.
- Comprendre les oscillations dans des systèmes à plusieurs degrés de liberté.

CONTENU DE L'ENSEIGNEMENT

Chapitre 1 : Généralités sur les oscillations (Cours : 04h30', TD : 03h00)

1. Rappels mathématiques

2. Définitions générales

- Coordonnées, nombre de degrés de liberté..
- Energie cinétique ; énergie potentielle, énergie totale
- Système conservatif
- Système dissipatif

3. Etat d'équilibre

- Cas d'équilibre stable
- Cas d'équilibre instable

Suite

4. Oscillations:

- Méthode de Newton
- Méthode de moment cinétique
- Principe de conservation de l'énergie totale

Chapitre 2 : Mouvement oscillatoire libre (Cours : 04h30', TD : 03h00)

1. Définitions et propriétés

- Formalisme de Lagrange-Euler

2. Exemples d'applications :

- Oscillateurs mécanique : Masse- Ressort ; pendules (pesant et simple)
- Oscillateurs électrique : Modèle L-C
- Oscillateur acoustique : Modèle résonateur d'Helmutz

3. Bilan énergétique

Chapitre 3 : Mouvement oscillatoire amorti (Cours : 04h30', TD : 03h00)

1. Définitions et propriétés :

- Equation du mouvement :
 - Force de frottement visqueuse
 - Force de frottement solide-solide
- Equivalence Electromécanique
- Mouvement pseudo-périodique
- Mouvement critique
- Mouvement apériodique

2. Propriété -Décrement logarithmique

3. Bilan énergétique

Suite

Chapitre 4 : Mouvement forcé (Cours : 07h30', TD : 06h00)

1. Définitions et Propriétés

- Equation du mouvement pour une force sinusoïdale : Régime transitoire- Régime permanent

2. Résolution mathématique

- Cas d'un amortissement fort
- Cas d'un amortissement critique
- Cas d'un amortissement faible
- Cas d'absence de l'amortissement

3. Phénomène de résonance

4. Notion d'impédance

5. Notions de Bande passante et facteur de qualité

6. Bilan énergétique

- Equation du mouvement pour une excitation quelconque

7. Equivalence électromécanique

8. Exemples d'applications :

- Vibration des moteurs

Suite

Chapitre 5 : Mouvement oscillatoire à plusieurs degrés de liberté (Cours : 07h30, TD : 06h00)

1. Définitions

- Systèmes simples non couplé
- Systèmes complexes couplés

2. Types de couplage

3. Cas d'étude de deux systèmes mécaniques couplés libre

- Système d'équation différentielle
- Système linéaire
- Notions pulsation propres
- Solutions générales

4. Systèmes couplés identiques

- Phénomène de battement
- Principe de superpositions
- Systèmes couplés forcés
- Notions de résonance et anti-résonance

5. Equivalence électromécanique

6. Applications techniques

- Vibrations des véhicules
- Etouffeur dynamique

Chapitre 6 : Mouvement anharmonique (Cours : 02h00, TD : 01h30)

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

TRAVAUX PRATIQUES :(09h00)

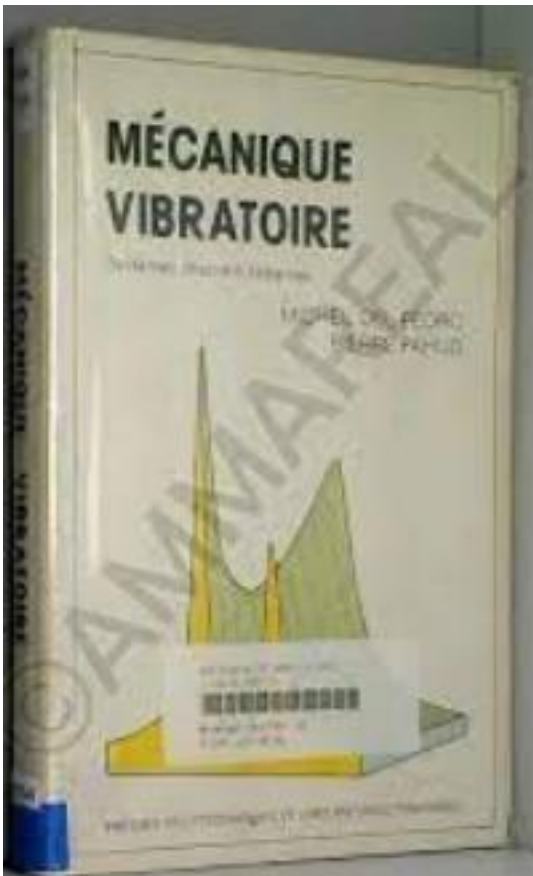
- Oscillations forcées : Pendule de Pohl.
- Pendules couplés.
- Moment d'inertie et vibrations de torsion.
- Résonance mécanique

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- Ondes, Jean-Claude Hulot, éditions Nathan.
- Ondes et physique moderne, M. Séhuin, éditions De Boeck.
- Physique des ondes, C. Frère, éditions Ellipses.
- Polycopié Physique des vibrations « Dr.Fouad Boukli Hacène et Dr Mohamed Mebrouki

MODALITES D'EVALUATION :

Interrogations, Travaux pratiques, Examen final et Examen de rattrapage





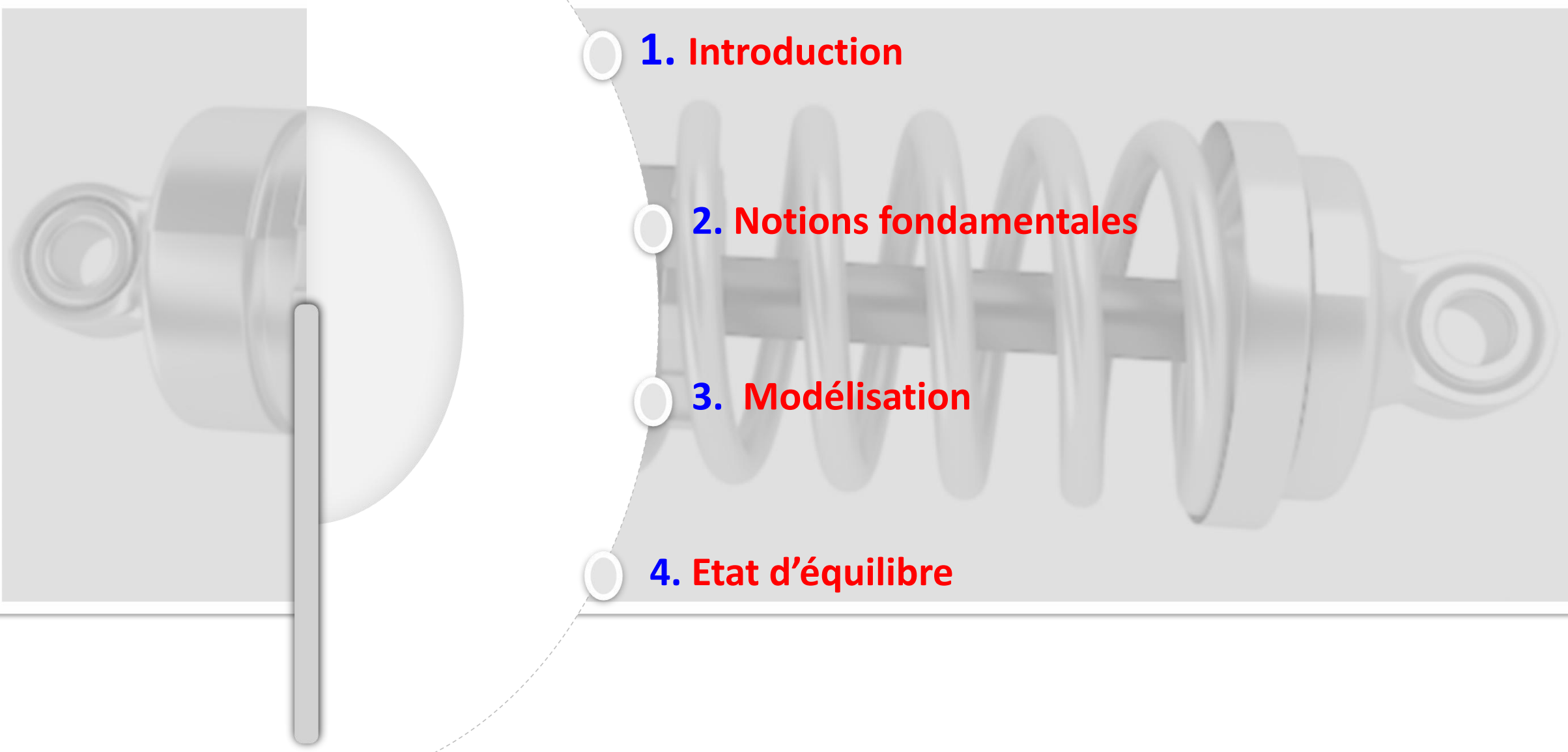
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE MAURICE AUDIN D'ORAN

Département: **Formation préparatoire**
Module: **Vibrations**
Niveau : **Deuxième année**

CHAPITRE 1

GÉNÉRALITÉS SUR LES VIBRATIONS

Présenté par
Pr. Fouad BOUKLI HACENE
bhfouad@yahoo.fr



○ **1. Introduction**

○ **2. Notions fondamentales**

○ **3. Modélisation**

○ **4. Etat d'équilibre**

OBJECTIFS

- 1. Les coordonnées généralisées d'un système en mouvement
- 2. Le nombre de degrés de liberté
- 3. Le calcul des énergies cinétiques et potentielles
- 4. L'état d'équilibre
- 5. Les différentes méthodes de calculs des équations différentielles du mouvement

INTRODUCTION

- La **vibration** est un phénomène oscillatoire d'un corps en mouvement autour de sa position d'équilibre.
- On définit un **mouvement périodique** par une action qui se répète et dont chaque cycle elle se reproduit d'une manière identique. La durée d'un cycle est appelée période, mesurée par la seconde et est définie comme suit :

$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0}$$



- Où ω_0 est appelée la **pulsation propre** du mouvement.
- Elle est liée à la fréquence des oscillations.
- Elle est mesurée en **rad.s⁻¹**

$$\omega_0 = 2\pi f_0$$

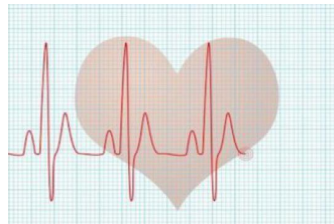
SUITE

- On définit la **fréquence** comme étant le nombre d'oscillations qui ont lieu par unité de temps t .
- Elle est mesurée **en Hertz**:

$$f_0 = \frac{1}{T_0}$$

Exemples:

- Les battements du cœur,
- Le mouvement d'une balançoire,

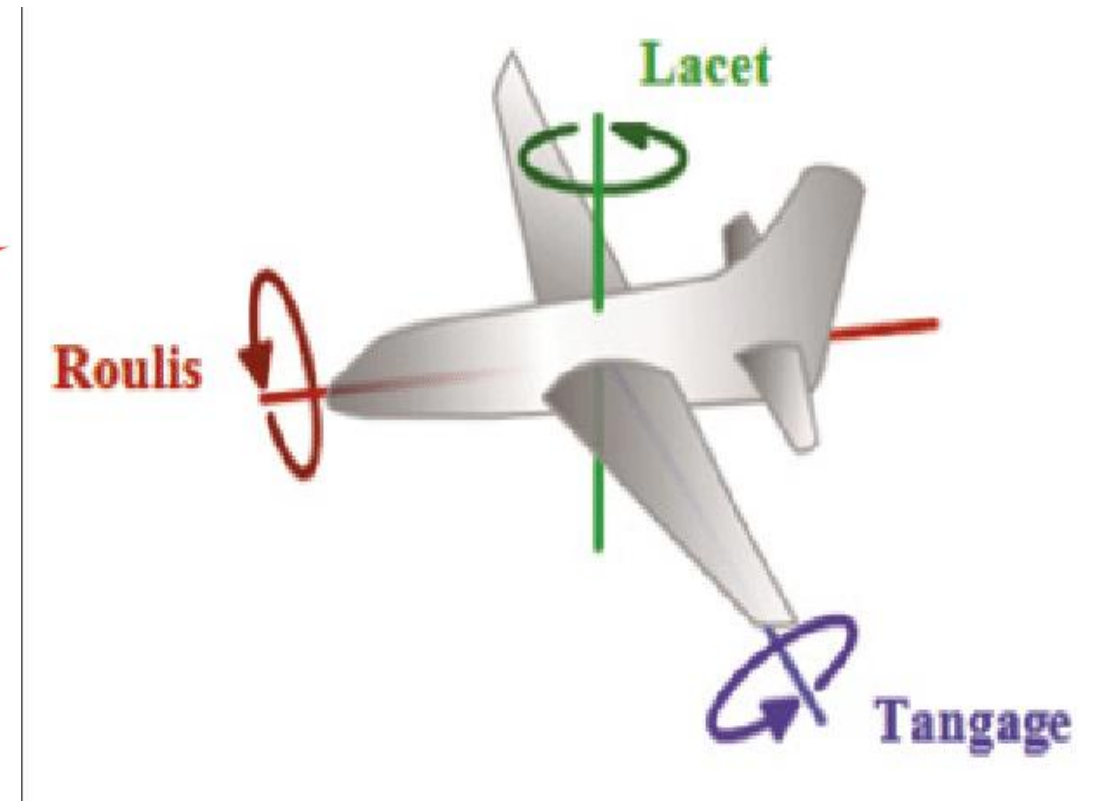
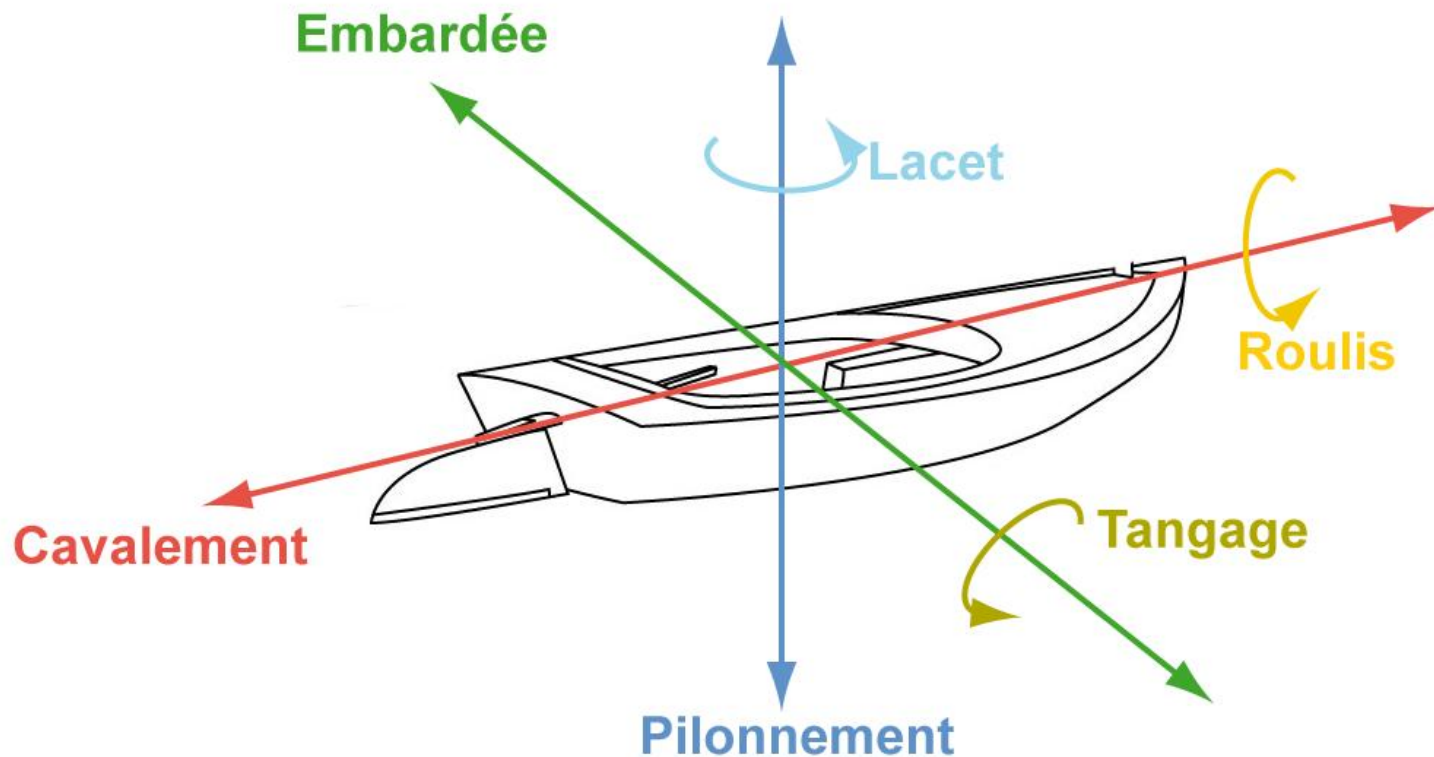


- Les vibrations transmises par les machines portatives



DIFFÉRENTES FORMES D'OSCILLATIONS

- Le **tangage** est un mouvement de rotation autour de l'axe transversal d'un objet en mouvement.
- Le **lacet** désigne le mouvement de rotation d'un bateau autour d'un axe vertical coaxial au mât, il modifie le cap du bateau sur un plan horizontal

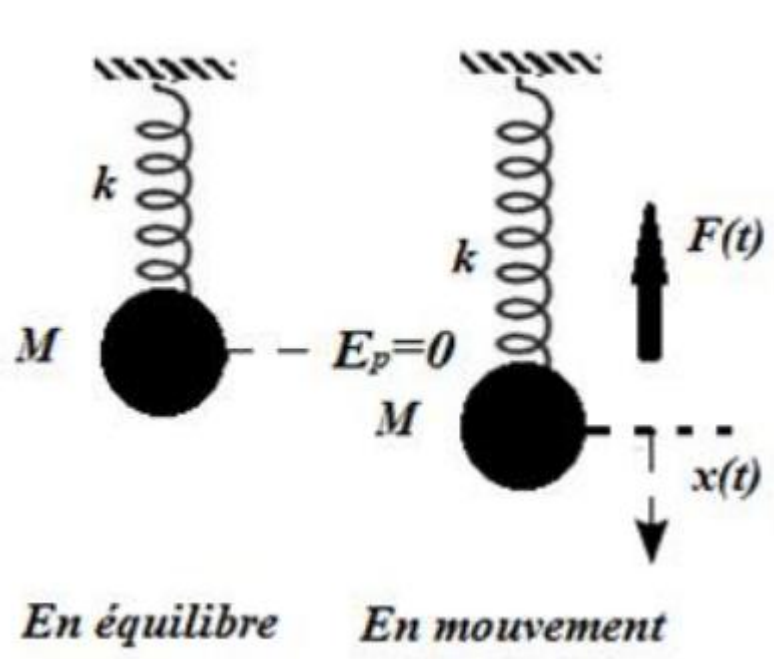


REMARQUES

- Un système physique oscillant est repéré par la coordonnée généralisée q qui est défini par l'écart par rapport à la position d'équilibre stable.
- On définit n le nombre de degrés de liberté par le nombre de mouvements indépendants d'un système physique.
- Le nombre de degrés de liberté détermine le nombre d'équations différentielles du mouvement.

MODÉLISATION PHYSIQUE

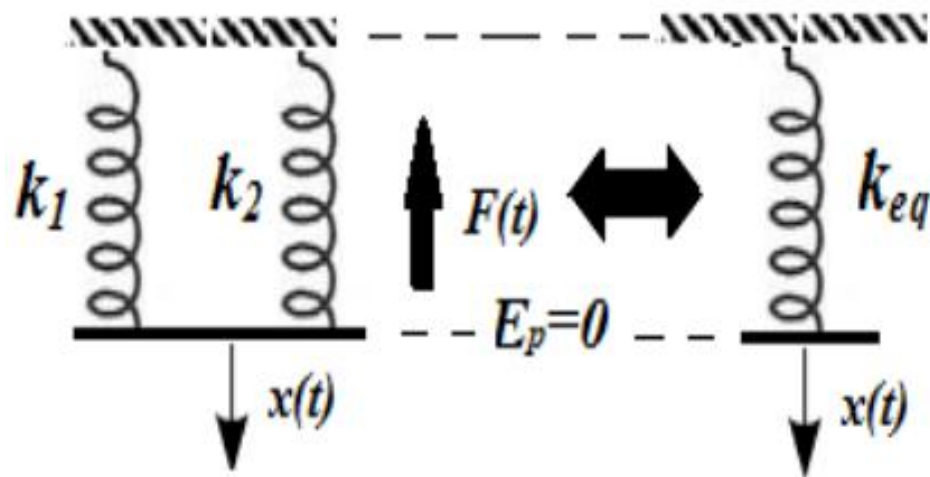
- On associe à tous les systèmes physiques un système (**Masse–Ressort**) qui constitue un **excellent modèle représentatif** pour étudier **les oscillations**.
- Le schéma est décrit comme suit:



- ✓ $F(t)$ s'appelle la **force de rappel** qui est proportionnelle à l'allongement $x(t)$.
- ✓ La constante k est appelée **la constante de raideur**.

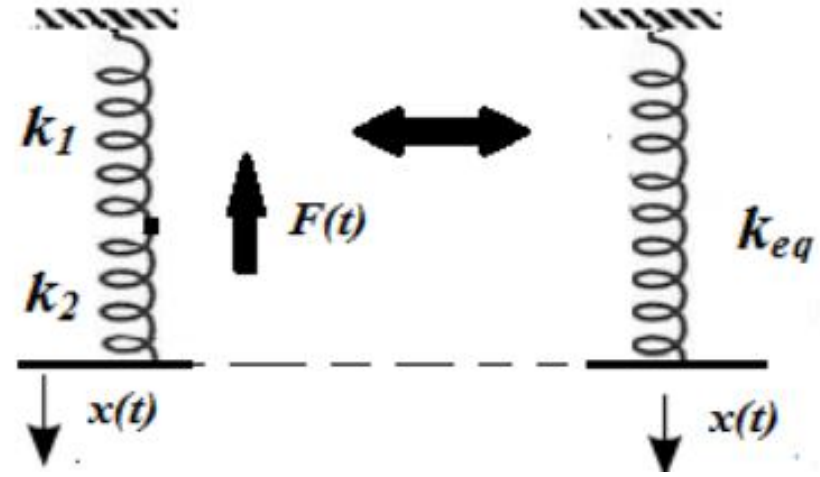
La représentation de plusieurs ressorts

- La représentation de plusieurs ressorts se présente en deux cas :



Ressorts en Parallèle

$$k_{//eq} = k_1 + k_2$$



Ressorts en Série

$$\frac{1}{k_{seq}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

ENERGIE TOTALE

- **L'énergie totale du système** est définie par la somme de deux types d'énergies :
- **L'énergie cinétique** d'un système mécanique s'écrit sous la forme :

$$E_c = \sum_{n \geq 1} \frac{1}{2} m_i \dot{q}_i^2$$

- **L'énergie potentielle** d'un système mécanique s'écrit à partir de développement limité de Taylor sous la forme:

$$E_p = E_p(0) + \left. \frac{\partial E_p}{\partial q} \right|_{q=0} q + \frac{1}{2} \left. \frac{\partial^2 E_p}{\partial q^2} \right|_{q=0} q^2 + \frac{1}{6} \left. \frac{\partial^3 E_p}{\partial q^3} \right|_{q=0} q^3 + \dots$$

SUITE

- Si l'allongement est infinitésimal; **l'énergie potentielle** prend la forme quadratique en fonction de l'écart par rapport à la position d'équilibre représentée comme suit:

$$E_p \cong \frac{1}{2} \frac{\partial^2 E_p}{\partial q^2} \Big|_{q=0} q^2$$

$$\frac{\partial^2 E_p}{\partial q^2}$$



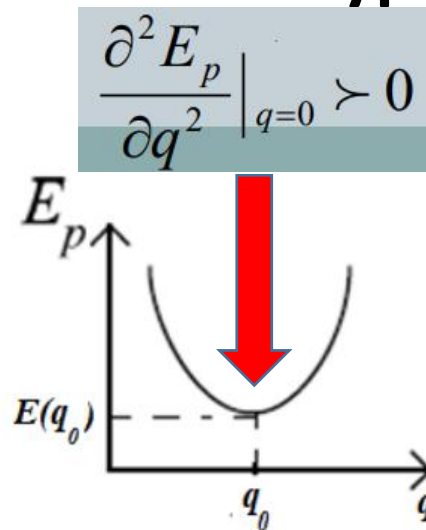
est appelée la **constante de rappel**.

POSITION D'ÉQUILIBRE

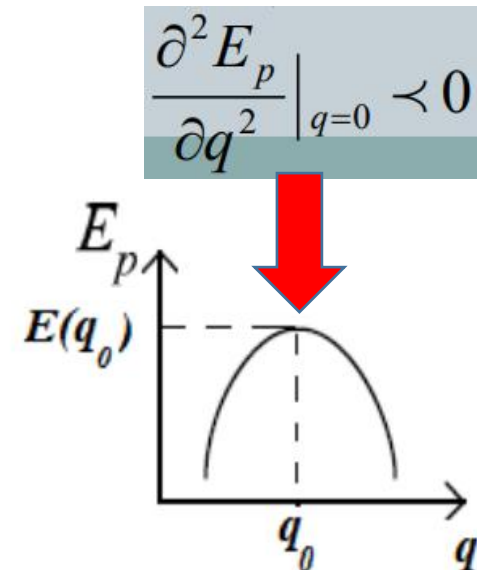
- La valeur $q=0$ correspond à la position d'équilibre du système caractérisée par:

$$\left. \frac{\partial E_p}{\partial q_i} \right|_{q=0} = 0$$

- Il existe deux types d'équilibre:



Point d'équilibre stable



Point d'équilibre instable

☐ CE QU'IL FAUT RETENIR!

- **La vibration est un phénomène oscillatoire d'un corps en mouvement autour de sa position d'équilibre**
- **Le nombre de degrés de liberté le cas général n est défini par le nombre de mouvements indépendants d'un système physique,**
- **Le nombre n détermine le nombre d'équations différentielles du mouvement**



**MERCI POUR VOTRE
ATTENTION**