PROGRAMME DE COLLE DE PHYSIQUE

Semaine du 04/10 au 09/10

M3 - Énergie mécanique

Tout exercice sur le sujet.

Extrait du programme :

3. Énergie mécanique	
Énergie mécanique	Distinguer une énergie cinétique d'une énergie potentielle.
Conservation de l'énergie	Identifier les cas de conservation de l'énergie mécanique. Déduire d'un graphe d'énergie potentielle ou d'une expression d'une énergie mécanique une vitesse ou une position en des points particuliers. Déduire d'un graphe d'énergie potentielle le comportement borné ou non de la trajectoire.
Non conservation de l'énergie mécanique Modèle d'ordre 1	Distinguer force conservative et force non conservative. Reconnaître les cas de conservation de l'énergie mécanique. Énoncer le théorème liant l'énergie mécanique à la puissance des forces non conservatives. Étudier un système modélisé par une équation différentielle linéaire d'ordre 1 à coefficients constants ; interprétation qualitative du temps caractéristique. Exploiter numériquement une interaction dissipative amenant à une équation différentielle linéaire ou non linéaire.

M4 - Oscillations libres (cours+exercices)

Connaissance préalable : signal sinusoïdal

– amplitude, phase, pulsation, fréquence, période d'un signal sinusoïdal. Connaître les relations

$$f = \frac{1}{T} \qquad \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

– connaître les valeurs moyennes :
$\langle\cos(\omega t + \varphi)\rangle = \langle\sin(\omega t + \varphi)\rangle = 0$; $\langle\cos^2(\omega t + \varphi)\rangle = \langle\sin^2(\omega t + \varphi)\rangle = 1/2$.
– valeur efficace d'un signal. Cas d'un signal sinusoïdal.
– formes équivalentes : $x(t) = x_m\cos(\omega t+\varphi) = A\cos\omega t + B\sin\omega t$. Savoir passer d'une forme à l'autre.
– connaître le lien entre mouvement sinusoïdal et projection d'un mouvement circulaire uniforme.

Oscillations libres

– savoir déduire graphiquement d'un potentiel harmonique l'amplitude des oscillations et la vitesse en un point donné connaissant la valeur de l'énergie mécanique.

– savoir établir l'équation du mouvement horizontal sans frottement d'un système masse-ressort sous la forme

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0 \qquad \text{avec } \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

et connaître sa solution : $x(t) = A\cos\omega_0 t + B\sin\omega_0 t = x_m\cos(\omega t + \varphi)$.
Savoir déduire A et B des conditions initiales en position et en vitesse. On constate l'isochronisme des oscillations.

– Description du mouvement harmonique : tracé de $x(t)$ et $\dot{x}(t)$; points d'arrêt, point de vitesse maximale.

– Étude énergétique du mouvement harmonique : tracé de $E_c(t)$ et $E_p(t)$. On vérifie $E_m = E_c + E_p = cte = \frac{1}{2}kx_m^2$.

– Savoir établir l'équation du mouvement vertical sans frottement d'une masse accrochée à un ressort. En notant $X = x - x_e$ l'écart à la position d'équilibre x_e, on retrouve l'équation de l'oscillateur harmonique $\ddot{X} + \omega_0^2 X = 0$.

- Généralisation : l'équation $\ddot{x}+\omega_0^2 x = K$ avec $K=\omega_0^2 x_e,\ x_e$ correspondant à la position d'équilibre, admet comme solution :

$$x(t) = x_e + A\cos\omega_0 t + B\sin\omega_0 t = x_e + x_m(\cos\omega t+\varphi)$$

les constantes A et B (ou x_m, φ) se déduisant des conditions initiales en position et en vitesse.
- Portrait de phase de l'oscillateur harmonique.
- Approximation harmonique : savoir effectuer un développement limité à l'ordre 2 de l'énergie potentielle au voisinage d'une position d'équilibre stable avec $\left(\frac{\mathrm{d}^2E_p}{\mathrm{d}x^2}\right)_{x=x_e} > 0$ pour retrouver l'équation de l'oscillateur harmonique :

$$\ddot{X}+\omega_0^2 X = 0 \qquad \text{avec } X = x-x_e \quad \text{et } \omega_0 = \sqrt{\frac{1}{m}\left(\frac{\mathrm{d}^2E_p}{\mathrm{d}x^2}\right)_{x=x_e}}$$

- Pendule simple : savoir établir l'équation des petites oscillations en effectuant un développement limité à l'ordre 2 de E_p au voisinage de 0.

$$\ddot{\theta}+\omega_0^2\theta = 0 \quad \text{avec } \omega_0=\sqrt{\frac{g}{\ell}}$$

il y a alors **isochronisme des petites oscillations**.
Pour des oscillations d'amplitude plus élevées savoir déduire de $\frac{\mathrm{d}E_m}{\mathrm{d}t}=0$ l'équation du mouvement :

$$\ddot{\theta}+\omega_0^2\sin\theta = 0$$

Portrait de phase du pendule simple : savoir commenter les différentes trajectoires de phase.

<u>Oscillations amorties</u> :
On reprend l'étude du mouvement horizontal d'une masse et on ajoute un amortisseur qui crée une force d'amortissement de puissance $\mathcal{P}_{nc} = -\alpha v^2$.
- savoir établir l'équation du mouvement et la mettre sous la forme

$$\ddot{x}+\frac{\omega_0}{Q}\dot{x}+\omega_0^2 x = 0$$

savoir nommer et interpréter ω_0 et Q.
- savoir lui associer l'équation caractéristique :

$$r^2+\frac{\omega_0}{Q}r+\omega_0^2 = 0$$

- $\Delta < 0$ ($Q > 1/2$) : régime pseudo-périodique : savoir établir l'expression de la solution et la tracer. Estimation graphique du facteur de qualité (pour $Q \geqslant 5$). Interprétation énergétique du facteur de qualité (pour $Q \geqslant 5$) admise. Décrément logarithmique δ : savoir retrouver à partir de la formule fournie $\delta \simeq \frac{\pi}{Q}$ (pour $Q \geqslant 5$).
- $\Delta = 0$ ($Q = 1/2$) : régime critique. Savoir établir l'expression de la solution et la tracer.
- $\Delta > 0$ ($Q < 1/2$) : régime apériodique. Savoir établir l'expression de la solution et la tracer.
  On remarque que c'est le régime critique qui permet le retour le plus rapide à la position d'équilibre.
  – Portraits de phase associés aux trois régimes.
- Généralisation : connaître la forme générale des solutions de l'équation

$$\ddot{x}+\frac{\omega_0}{Q}\dot{x}+\omega_0^2 x = \omega_0^2 x_e$$

– Analogie électrique : à partir de l'équation différentielle fournie, savoir établir des équivalences avec le problème mécanique et retrouver par identification l'expression de la pulsation propre et le facteur de qualité.

Outils mathématiques à maîtriser :
– résolution d'une équation différentielle du second ordre linéaire à coefficients constants (cf polycopié).

– développement limité d'une fonction au voisinage d'un point

4. Oscillations libres	
Interprétation avec le graphe de l'énergie potentielle	Expliquer l'existence d'oscillations autour d'une position d'équilibre stable. Prévoir l'amplitude des oscillations et la vitesse maximale.
Oscillateur non amorti	Identifier et utiliser le modèle de l'oscillateur harmonique. Étude expérimentale d'un oscillateur harmonique.
Portrait de phase	Interpréter un portrait de phase fourni ou relevé expérimentalement.
Non conservation de l'énergie mécanique. Modèle d'ordre 2	Utiliser le modèle de l'oscillateur harmonique amorti par frottements fluides. Résoudre et interpréter les solutions de l'équation différentielle canonique. Identifier les différents régimes et exploiter les courbes. Commenter le cas où le facteur de qualité est grand devant 1. Relier facteur de qualité et facteur d'amortissement.

Quelques rappels de chimie (cours + exercices simples)

– Rappels sur la structure de la matière. Tableau d'avancement d'une réaction chimique ; notion de réactif limitant.

Capacités exigibles : effectuer un bilan de matière lors d'une réaction chimique.

Th 0 - Introduction à la thermodynamique (cours)

– Système thermodynamique. Paramètre d'état intensif et extensif. Définition de la pression. Température absolue.

Notions et contenus	Capacités exigibles
État d'équilibre d'un système	Proposer un jeu de paramètres d'état permettant de caractériser un état d'équilibre. Différencier un **système ouvert** et un **système fermé**. Distinguer les **grandeurs intensives** et les **grandeurs extensives**

Th 1 - Les différentes formes d'énergie (cours)

Notions et contenus	Capacités exigibles
5. Formes d'énergie	
L'énergie fonction d'état Stockage de l'énergie	Citer différentes formes d'énergies et les paramètres les caractérisant ; énergie cinétique (vitesse), énergie potentielle (position), énergie électrostatique (tension), énergie magnétique (intensité).
Énergie interne U d'un système	Associer la modification de la température, le changement de phase d'un système, à la variation d'énergie interne.

Ce qu'il faut retenir :

L'énergie interne U d'un système macroscopiquement au repos dans le référentiel d'étude est la somme

- des énergies cinétiques de tous ses composants microscopiques (mouvement d'agitation thermique)
- des énergies potentielles d'interaction entre ses composants microscopiques

L'énergie interne U est une **fonction d'état extensive** du système.