MPSI 1 – Physique/Chimie
Programme de colle semaine 1

Remarque générale :

La colle commence toujours par une (ou plusieurs) questions de cours (par exemple, la démonstration d'un résultat important). La question de cours est suivie d'un ou plusieurs exercices.
Si le cours est su, la note finale est supérieure ou égale à 11.
Si le cours n'est pas su, la note finale est inférieure ou égale à 9.

L'oscillateur harmonique :

- Force de rappel d'un ressort (loi de Hooke) : $\boxed{\overrightarrow{F_R} = -k(l - l_0)\overrightarrow{u_x}}$ où k est la raideur du ressort, l_0 sa longueur à vide et $\overrightarrow{u_x}$ un vecteur unitaire orienté du point d'attache (fixe) du ressort vers son extrémité libre. Savoir interpréter le signe – (il ne faut pas le mettre si $\overrightarrow{u_x}$ est dirigé dans l'autre sens).

- Savoir établir, en appliquant la deuxième loi de Newton, l'équation différentielle satisfaite par l'élongation x du ressort : $\boxed{\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0 \quad où \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}}$ s'appelle la « pulsation propre ».

- Résolution de l'équation différentielle : savoir qu'il faut chercher des solutions sous la forme $x(t) = e^{rt}$ (où r est une constante à déterminer) puis aboutir aux trois écritures équivalentes :
$x(t) = \lambda e^{i\omega_0 t} + \mu e^{-i\omega_0 t}$, $\boxed{x(t) = A\cos(\omega_0 t) + B\sin(\omega_0 t)}$ ou $\boxed{x(t) = X_m \cos(\omega_0 t + \varphi)}$.

Utiliser de préférence l'écriture $x(t) = A\cos(\omega_0 t) + B\sin(\omega_0 t)$ pour déterminer les constantes A et B à partir des conditions initiales.

Savoir que $\boxed{X_m = \sqrt{A^2 + B^2}}$ et savoir le démontrer !

Savoir représenter graphiquement x(t).

Connaître l'expression de la période en fonction de la pulsation : $\boxed{T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0}}$.

- Aspects énergétiques : connaître l'expression de l'énergie cinétique $\boxed{E_c = \frac{1}{2}mv^2}$ et de l'énergie potentielle élastique (associée à la force de rappel du ressort) : $\boxed{E_p = \frac{1}{2}k(l - l_0)^2}$.

Etre capable de vérifier que l'énergie mécanique $\boxed{E_m = E_c + E_p}$ est bien constante pour un oscillateur harmonique (si l'oscillateur est vertical, ne pas oublier l'énergie potentielle de pesanteur : E_p = mgz si l'axe (Oz) pointe vers le haut, ou E_p = - mgz si (Oz) va vers le bas).

Propagation d'un signal : *(uniquement questions de cours ou exercices simples)*

- Connaître la forme générale d'un signal sinusoïdal $s(t) = S\cos(\omega t + \varphi)$ où S est l'amplitude, φ la phase initiale et ω la pulsation. Savoir relier la pulsation, la fréquence et la période : $\boxed{T = \frac{2\pi}{\omega} \; et \; f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}}$.

- Savoir ce qu'est la représentation de Fresnel d'un signal sinusoïdal.

- Savoir déterminer graphiquement le déphasage entre deux signaux sinusoïdaux de même fréquence à partir de la lecture du décalage temporel : relation $\boxed{\Delta\varphi = \omega\Delta t}$.

- Décomposition en série de Fourier : savoir que tout signal périodique de fréquence f (pulsation ω) est décomposable comme une série de signaux sinusoïdaux de fréquences multiples de f :

$\boxed{s(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{+\infty} a_n \cos(n\omega t + \varphi_n)}$ où a_0 est la valeur moyenne du signal (en général nulle).
Vocabulaire : savoir ce qu'est le « fondamental », ce que sont les harmoniques, et ce que représente le spectre d'un signal.

- Onde : connaître la définition et pouvoir donner des exemples dans différents domaines de la physique. Savoir la différence entre une onde transversale et une onde longitudinale.

- Modèle d'une onde progressive (qui se propage à la vitesse c sans se déformer). Savoir que l'on peut écrire $\boxed{s(x,t) = f(x - ct)}$ ou $\boxed{s(x,t) = F\left(t - \frac{x}{c}\right)}$ pour une onde allant dans le sens de (Ox) et $s(x,t) = g(x + ct)$ ou $s(x,t) = F\left(t + \frac{x}{c}\right)$ pour une onde allant dans le sens opposé à (Ox).

- Onde progressive sinusoïdale : connaître (ou savoir retrouver) la forme générale : $\boxed{s(x,t) = A\cos(\omega t - kx + \varphi)}$ où $k = \frac{\omega}{c}$ est la pulsation spatiale ($\vec{k} = k\overrightarrow{u_x}$ est le « vecteur d'onde »).
Comprendre qu'une telle onde est doublement périodique (dans le temps et dans l'espace) avec une période temporelle $T = \frac{2\pi}{\omega}$ et une période spatiale (appelée « longueur d'onde ») : $\lambda = \frac{2\pi}{k}$. Relation $\boxed{\lambda = cT}$ entre longueur d'onde et période temporelle.

- Connaître des ordres de grandeurs de fréquences et de longueurs d'ondes pour des ondes sonores ou lumineuses.

<u>Superposition de deux ondes :</u> *(questions de cours uniquement)*

- Superposition de deux signaux sinusoïdaux de même fréquence et interférences :

Savoir que quand on ajoute deux signaux sinusoïdaux $s_1(t) = A_1\cos(\omega t + \varphi_1)$ et $s_2(t) = A_2\cos(\omega t + \varphi_2)$ l'amplitude du signal total est donnée par la « formule des interférences » : $\boxed{A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\Delta\varphi)}}$ où $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ est le déphasage entre les deux signaux, et être capable de démontrer cette formule (par calcul direct ou en utilisant la représentation de Fresnel).
Cas particuliers où $\Delta\varphi = 0[2\pi]$ (interférences constructives) et $\Delta\varphi = \pi[2\pi]$ (interférences destructives).

- Localisation des franges d'interférences : savoir retrouver que, si deux sources S_1 et S_2 émettent des ondes en phase, le déphasage entre les signaux en un point M de l'espace vaut : $\boxed{\Delta\varphi = k(r_2 - r_1) = \frac{2\pi}{\lambda}(r_2 - r_1)}$, où $r_2 = S_2M$ et $r_1 = S_1M$. En déduire que les interférences en M sont constructives si $r_2 - r_1$ est un multiple de la longueur d'onde λ, et qu'elles sont destructives si $r_2 - r_1 = \frac{\lambda}{2} + n\lambda$.

- Connaître les formules trigonométriques de base : $\cos(a+b) = \dots$, $\cos(a-b) = \dots$, $\cos(\pi - \alpha) = \dots$, $\cos(\frac{\pi}{2} - \alpha) = \dots$