# En attendant l'oral (2)

## Optique

**[1]** On considère une onde plane arrivant en incidence normale sur des fentes d'Young distantes d'une longueur $a$. La figure d'interférence est projetée par une lentille de focale $f'$ sur un écran situé dans son plan focal image.
**1 -** Donner l'expression de l'intensité observée sur l'écran, et déterminer l'expression de l'interfrange.
**2 -** On rajoute un troisième trou, de même taille, au milieu des deux autres. Reprendre l'étude.

## Physique quantique

**[2]** On considère une étoile sphérique de rayon $R$ et de masse $m$.
**1 -** Estimer par analyse dimensionnelle l'énergie potentielle gravitationnelle de cette étoile. Que se passerait-il si l'étoile n'était soumise qu'à cette force ?
**2 -** On considère un électron confiné dans une boîte quantique 1D de largeur $a$. Déterminer son énergie cinétique minimale.
**3 -** Même question pour une boite tridimensionnelle cubique de côté $a$.
**4 -** Déterminer le nombre d'électrons dans l'étoile. On pourra considérer que l'étoile est composée uniquement d'hydrogène ionisé. En déduire le côté du cube dans lequel chaque électron est confiné.
**5 -** Déterminer l'énergie cinétique totale.
**6 -** Quel est le rayon de l'étoile à l'équilibre ?

## Éléments de correction

**[1]**

**1 -** Pour établir l'expression de la différence de marche, on doit parler du principe du retour inverse de la lumière (*Si la source était en M, les rayons seraient parallèles au rayon (OM) à gauche de la lentille*), du théorème de Malus (*Les surfaces d'onde restent perpendiculaires aux rayons lumineux*) et de la définition d'une surface d'onde (*Chemin optique identique entre la source et tout point d'une même surface d'onde*). On utilise ensuite la formule de Fresnel (*interférence entre 2 rayons lumineux cohérents*) pour écrire :

$$I = 2I_o\left(1+\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}\frac{ax}{f'}\right)\right)$$

L'interfrange est la période de $I(x)$ (on peut aussi dire que $\delta$ varie de $\lambda$ lorsque $x$ varie de $i$).

**2 -** La différence de marche entre deux rayons successifs est toujours $\delta = ax/f'$. Cette fois, trois ondes cohérentes se superposent en $M$ : on ne peut plus utiliser la formule de Fresnel, il faut refaire une démonstration équivalente (revoir le cours si nécessaire) :

$$s_{tot} = s_1 + s_2 + s_3$$

avec :

$$s_1 = s_2 \mathrm{e}^{i\varphi}$$
$$s_3 = s_2 \mathrm{e}^{-i\varphi}$$

On passe ensuite à l'intensité en écrivant :

$$I = \frac{1}{2}\mathrm{Re}(s_{tot}.s_{tot}^*)$$

**[2]**

**1-** On peut partir de l'expression de la force de gravitation :

$$\vec{F} = -G\frac{m_1.m_2}{r^2}\vec{u}_r$$
$$\vec{F} = -\overrightarrow{\mathrm{grad}}(E_p) \Rightarrow E_p = -G\frac{m_1.m_2}{r}$$

Par analyse dimensionnelle, on estime :

$$E_p \simeq -G\frac{m^2}{R}$$

*Le calcul exact dans lequel on construit la boule en lui ajoutant progressivement une petite masse dm donne* $3/5$ *de la valeur estimée.*

**2 -** Calcul exact, dessin ou estimation à partir des inégalités d'Heisenberg.

$$\varphi(x) = A\sin\left(\frac{\pi x}{a}\right)$$
$$\lambda = 2a$$
$$E_c = \frac{p^2}{2m} = \frac{h^2}{8ma^2}$$

**3 -** À trois dimension, on peut obtenir par analogie avec le résultat précédent :

$$\varphi(x) = A\sin\left(\frac{\pi x}{a}\right).\sin\left(\frac{\pi y}{a}\right).\sin\left(\frac{\pi z}{a}\right)$$

En injectant ce résultat dans l'équation de Schrödinger, on obtient :

$$E_c = 3.\frac{h^2}{8ma^2}$$

**4 -** On note $m_H$ la masse d'un atome d'hydrogène (à savoir exprimer en fonction de la masse molaire et du nombre d'Avogadro) :

$$N = \frac{m}{m_H}$$

**5 -** $N$ électrons d'énergie $E_c$ ...

**6 -** On peut comparer l'énergie cinétique totale et l'énergie potentielle : si l'énergie cinétique est trop importante ou trop faible par rapport à l'énergie potentielle l'étoile n'est pas stable.