PARTIE C: 15 points

PB 1 (5 pts) : Comment mesurer sa masse en apesanteur ?

Dans une capsule spatiale, est embarqué un système original permettant de se peser, bien qu'étant en apesanteur. Il s'agit d'une chaise attachée à l'extrémité d'un ressort. L'autre extrémité du ressort est attachée à un point fixe de l'engin spatial. L'axe du ressort passe par le centre de gravité de l'engin. La constante de raideur du ressort est $k = 605.6\ N.m^{-1}$.

1. Lorsque la capsule est fixée sur sa base terrestre de lancement, la chaise (vide)oscille à la période $T_0 = 1.28195$s.Calculer la masse m_0 de la chaise

$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m_0}{k}}$ d'où on déduit $m_0 = 25.21$ kg

2. Lorsque la capsule est en orbite autour de la Terre, l'astronaute s'assoie sur la chaise et mesure la période T' des oscillations de la chaise : T'= 2.33044 s. Après mure réflexion, il mesure à nouveau la période d'oscillation de la chaise vide, et trouve $T'_0 = 1.27395$ s. En déduire la masse m de l'astronaute.

Expérience 2 : système de 2 points en interaction (la chaise de masse m_0 et l'engin de masse M)

de masse réduite $m'_0 = m_0M/(M+m_0)$; $T'_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m'_0}{k}}$

d'où on déduit M = 2001 kg

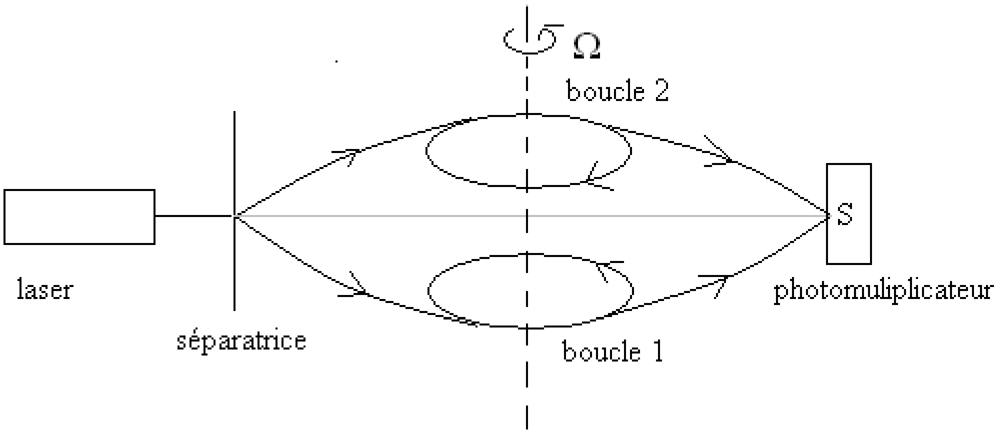
Expérience 1 : système de masse réduite m' (la chaise pleine de masse $m + m_0$ et l'engin de masse M) avec $T' = 2\pi\sqrt{\frac{m'}{k}}$; soit m'= 83.31 kg.

Or $m' = \frac{M(m+m_0)}{M+m+m_0}$ d'où $m = \frac{Mm'}{M-m'} - m_0$ = 61.72 kg.

PB 2 (5 pts):

Dans un gyromètre à fibre optique, la lumière émise par une diode laser est divisée en 2 et introduite dans 2 fibres optiques identiques, enroulées sur elles-mêmes, de sorte que les fibres soient parcourues en sens inverse (cf figure). Le temps de parcours des boucles est le même dans les deux sens lorsque le gyromètre est immobile, mais lorsque le gyromètre est en rotation, il existe une différence de temps de parcours Δt entre les 2 signaux lumineux.. Ceux-ci sont ensuite recombinés au niveau du photomultiplicateur S, qui mesure l'intensité résultante.

On note Ω la vitesse de rotation mesurée par le gyromètre, qui correspond à la vitesse de rotation des boucles autour de leur axe de révolution ; D le diamètre des boucles, N le nombre d'enroulements constituant les boucles.



1. Exprimer la relation entre la différence de temps de parcours Δt des 2 signaux et la vitesse de rotation Ω (le calcul sera mené dans l'approximation de la cinématique classique).

Si $\Omega=0$, $t_1 = t_2 = N\pi D/c$

Si $\Omega>0$, on raisonne dans le référentiel lié à la Terre, immobile : l'onde 1 a un parcours rallongé, effectué en un temps t_1, d'un arc de cercle $\Omega t_1 D/2$ tandis que l'onde 2 aura un parcours raccourci, effectué en t_2, d'un arc de cercle $\Omega t_2 D/2$

$$t_1 = \frac{N\pi D}{c} + \frac{\Omega t_1 D}{2c}$$
$$t_2 = \frac{N\pi D}{c} - \frac{\Omega t_2 D}{2c}$$

soit $\Delta t = t_1 - t_2 = \frac{N\pi D}{c}\left(\frac{1}{1-\Omega D/2c} - \frac{1}{1+\Omega D/2c}\right) = \frac{N\pi D}{c}\frac{\Omega D/c}{1-(\Omega D/2c)^2}$

ce qui donne $\Delta t \approx \frac{N\pi D^2\Omega}{c^2}$

2. La diode laser émet une onde plane, monochromatique de longueur d'onde dans le vide λ. Qu'enregistre-t-on en S lorsque Ω varie? En déduire la plus petite valeur Ω_1 de la vitesse de rotation que l'on peut ainsi mesurer (correspondant à une intensité nulle).A.N : D = 30 cm; N = 1000; λ = 0,8 μm

2. Δt entraîne une différence de chemin optique $\Delta L=c\Delta t$, donc un déphasage $\Delta\varphi=2\pi/\lambda\ \Delta L$. On observe donc que l'interférence entre les 2 ondes va faire varier l'intensité selon la valeur de Ω.

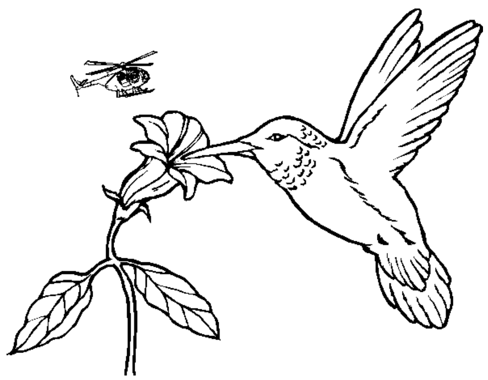
La première interférence destructive observée (minimum détecté par le photodétecteur) correspond à $\Delta\varphi = \pi$ ou $\Delta L = \lambda/2$

soit $\Omega_1 = \dfrac{c\lambda}{2\pi ND^2}$ = 0,42 rad.s^{-1}

<u>PB 3</u> (5 pts): le vol d'un colibri…

Un colibri a une masse m = 10 g. Il vole un peu comme un hélicoptère, sauf qu'au lieu d'être en rotation, ses ailes ont un mouvement de va et vient, et développent une force de poussée à l'aller et au retour du mouvement.

La surface de la section verticale balayée par les ailes est S= 0.01 m^2. La masse volumique de l'air est ρ =1kg.m^{-3}



NB : Dans cette question, vous allez devoir faire des hypothèses et estimer la valeur de certains paramètres ou de certaines grandeurs physiques. Les points seront donnée sur la qualité de ces hypothèses et de ces estimations ; explicitez les donc succinctement mais clairement. Même si vos estimations quantitatives vous semblent mauvaises ou hasardeuses, tentez votre chance en modélisant le problème à l'aide de vos hypothèses.

1. Estimer la puissance mécanique nécessaire pour que le colibri puisse se maintenir en vol

Le mouvement des ailes dévie vers le bas une certaine masse d'air, m', à la vitesse v. La masse d'air vaut approximativement m'= $\rho S \Delta x$, où Δx est l'amplitude verticale du mouvement. Soit a l'accélération de la masse d'air : a=v/ Δt ; la force de poussée correspondante est F=m'a, et équilibre le poids du colibri, soit m'a = mg = m'v/ Δt = $\rho S v^2$

D'où $v=\sqrt{\frac{mg}{\rho S}}$

La puissance est alors P=Fv = $\rho S v^3 = \sqrt{\frac{(mg)^3}{\rho S}}$ AN P = 0.3W

2. Estimer la masse de sucre que le colibri doit consommer (sous forme de nectar) pour demeurer en vol pendant 1 heure.

Le pouvoir calorique du sucre est d'environ 4kcal/g, soit environ 20kJ/g (on peut aussi faire une estimation à partir des pouvoirs caloriques des aliments usuels) ; la masse m cherchée est telle que $P=m.20.10^3/3600=5m$
D'où m=1/15g
Si on estime le rendement animal à environ 1/3, il faudra donc une masse = 200mg = 1/50 de la masse du colibri
Si on tient compte de la résistance de l'air, et du fait que le nectar n'est pas du pur sucre, la masse doit être encore plus importante.