

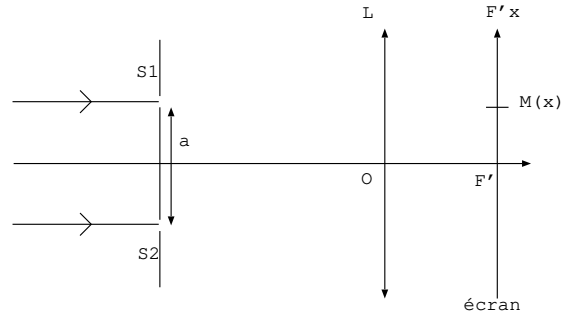
DS 2 de physique

Le sujet comprend trois exercices indépendants à traiter dans l'ordre de votre choix. Il est demandé de numéroté les pages au format i/N où N est le nombre total de pages et i le numéro de la page.

Tout résultat doit être justifié et il est demandé de prendre soin de la présentation et de la rédaction.

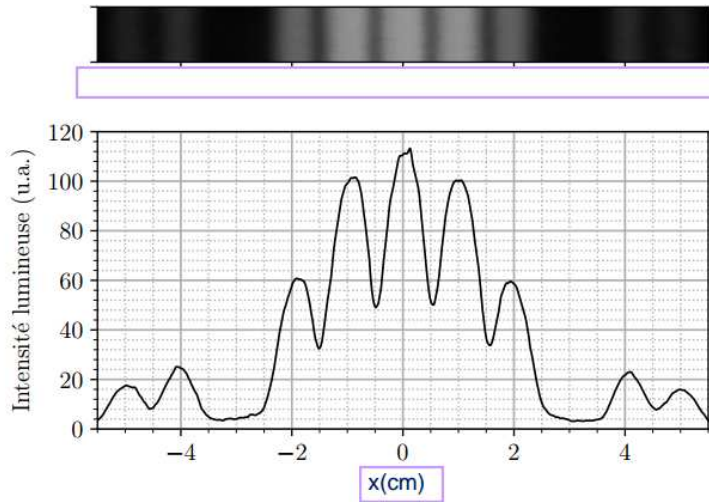
I. Montage de Fraunhofer

Un écran opaque percé de deux fentes d'Young identiques de largeur b et dont les centres notés S_1 et S_2 sont distants de a , est éclairé par une onde plane de longueur d'onde $\lambda = 632 \text{ nm}$. On observe la figure d'interférences dans le plan focal image d'une lentille convergente L de focale $f' = 40 \text{ cm}$.



1. Reproduire le schéma sur votre copie et représenter les rayons qui interfèrent en M . Démontrer l'expression de la différence de marche entre ces deux rayons en fonction des données et de x , position de M sur l'écran. Définir la notion d'interfrange et démontrer l'expression de l'interfrange.

On donne la photo de la figure d'interférences et la courbe donnant l'intensité lumineuse, l'axe des abscisses est le même sur les deux figures, il s'agit de la position x donnée en cm .



2. Préciser la direction de S_1S_2 .

3. La tache centrale de diffraction sur l'écran a pour largeur Δx . On propose pour expression de Δx :

a- $\Delta x = \frac{2f'\lambda}{b}$ b- $\Delta x = \frac{2f'b}{\lambda}$ c- $\Delta x = \frac{2\lambda}{f'b}$

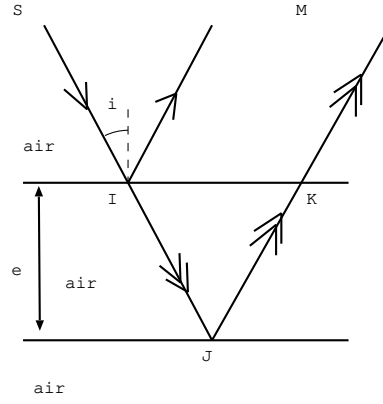
Sans calcul, donner, parmi les expressions proposées, l'expression cohérente en utilisant des arguments qualitatifs. Mesurer la largeur Δx de la tache centrale de diffraction sur la photo et en déduire une estimation de la largeur b des fentes.

4. Mesurer l'interfrange et en déduire une estimation de la distance a entre les fentes.

5. Définir la notion de contraste et déduire de la courbe intensité la valeur du contraste au centre de l'écran.

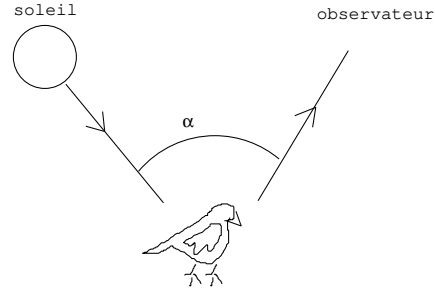
II. Le colibri aux mille couleurs

Le colibri est un oiseau-mouche possédant la faculté de faire jaillir des couleurs très vives qu'il ne possède pas à l'origine. En effet, un observateur peut voir le plumage de cet oiseau de différentes couleurs en fonction de l'angle d'observation. Ce phénomène est lié à la composition des plumes en réseau de microlamelles qui réfléchissent la lumière. Chaque microlamelle peut se modéliser par une lame à faces parallèles d'épaisseur e d'indice $n = 1$ (indice de l'air).

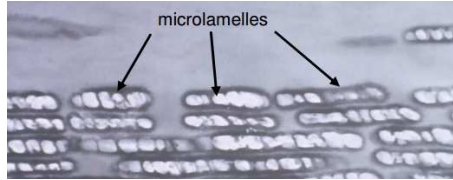


1. Montrer que la différence de marche entre les deux rayons partant de la source S (le soleil) sous incidence i et atteignant le point M à l'infini (un observateur lointain), s'écrit : $\delta_{2/1}(M) = 2e \cos i$ (on ne fait pas l'approximation des petits angles).

2. On définit l'angle α entre la direction de la lumière émise par le soleil et celle reçue par l'observateur après réflexion sur les plumes du colibri. Calculer la valeur de l'angle α correspondant à l'observateur qui voit le colibri de la couleur bleue et la valeur de l'angle α correspondant à l'observateur qui voit le colibri de la couleur rouge.



Données: seul l'ordre +1 est visible. Le spectre de la lumière visible s'étend entre les longueurs d'onde $\lambda = 400 \text{ nm}$ et $\lambda = 750 \text{ nm}$. On donne la photo des microlamelles du colibri avec un grandissement de 6000.

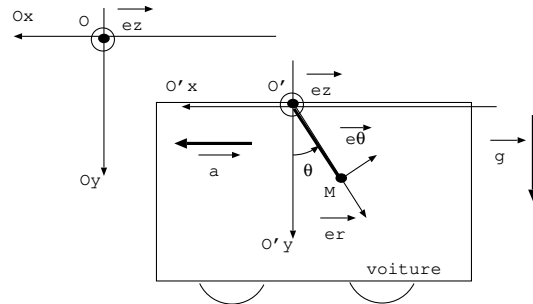


III. Le pendule

Le problème étudie le mouvement d'un pendule simple de longueur l , de masse m et suspendu au plafond en un point O' . Donnée: $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$.

Partie A: le pendule dans la salle de TP

Dans cette partie, le référentiel terrestre $\mathcal{R}_T$ est supposé galiléen. Le pendule se trouve dans une voiture qui possède une accélération constante notée $\vec{a} = a\vec{e}_x$ avec $a > 0$. On note $\mathcal{R}'(O', \vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z)$ le référentiel mobile lié à la voiture et $\mathcal{R}_T(O, \vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z)$ le référentiel fixe galiléen du laboratoire. Le pendule subit la force de frottement $\vec{f} = -mh\vec{v}(M)$. Donnée: $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$.



On repère la position du pendule par l'angle θ que fait la direction du pendule avec la verticale descendante $O'y$ et par les vecteurs de base polaire $(\vec{e}_r, \vec{e}_\theta, \vec{e}_z)$.

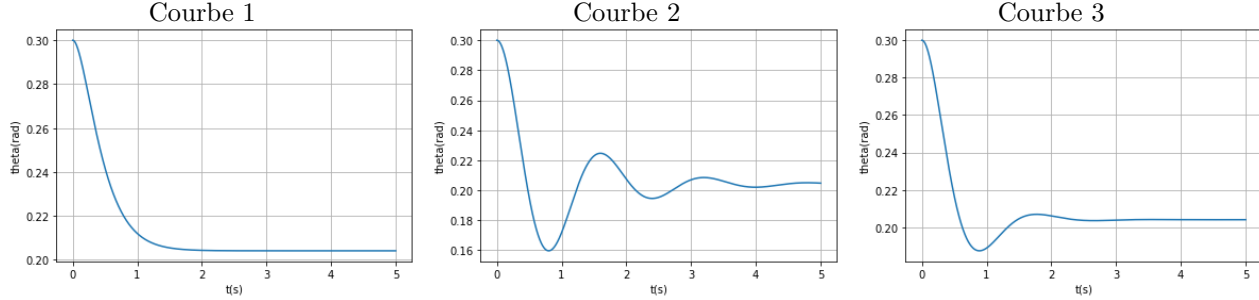
1. Que dire du référentiel $\mathcal{R}'$?
2. Exprimer la vitesse et l'accélération de M dans $\mathcal{R}'$ dans la base polaire.

3. Déduire de la relation fondamentale de la dynamique appliquée dans $\mathcal{R}'$, que dans l'hypothèse des petits angles, θ vérifie une équation différentielle de la forme:

$$\ddot{\theta} + \frac{\omega_0}{Q}\dot{\theta} + \omega_0^2\theta = \omega_0^2\theta_e$$

Exprimer θ_e , ω_0 et Q en fonction des données.

4. On réalise des simulations pour différentes valeurs de h , à savoir $h = 2 \text{ SI}$, $h = 4 \text{ SI}$ et $h = 8 \text{ SI}$. On obtient les courbes suivantes:



Donner l'unité de h et pour chacune des courbes donner la valeur de h correspondante en justifiant votre réponse et donner le nom du régime observé.

5. Pour la simulation correspondant à la courbe 2, donner l'expression de $\theta(t)$ en fonction de ω_0 , Q , t et de deux constantes d'intégration que vous ne chercherez pas à exprimer.

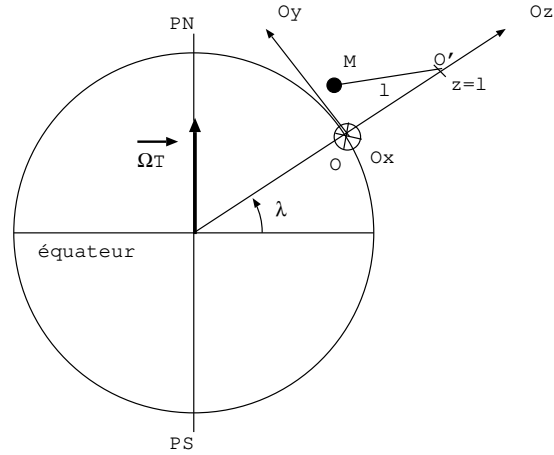
Déduire de la courbe, les valeurs numériques de θ_e , de la pseudo-période T et du décrément logarithmique défini par $\delta = \ln\left(\frac{\theta(t) - \theta_e}{\theta(t+T) - \theta_e}\right)$.

Partie B: le pendule de Foucault

Du point de vue historique, le pendule de Foucault est un pendule simple de longueur l , de masse m et écarté initialement de la position verticale d'une distance d . On note O' le point d'attache du pendule au plafond situé à la côté $z = l$ par rapport au plan horizontal Oxy . Oz désigne la verticale ascendante, Ox est tangent à un parallèle dirigé vers l'est et Oy est tangent à un méridien dirigé vers le nord. On note λ la latitude du lieu. Donnée: $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$.

On écarte le pendule d'une distance d très petite par rapport à sa longueur. Cela a pour conséquence que le mouvement de la masse est quasiment plan, on fait donc l'hypothèse que le vecteur position de M dans $\mathcal{R}_T$ s'écrit: $\vec{OM} = x(t)\vec{e}_x + y(t)\vec{e}_y$.

On note $\vec{\Omega}_T$ le vecteur associé à la rotation propre de la Terre autour de l'axe des pôles.



Dans toute cette partie, **on néglige tout frottement**.

6. Le référentiel terrestre n'est pas galiléen. Faire un bilan des forces exercées sur le pendule et montrer que la force d'inertie de Coriolis s'écrit $\vec{F}_{ic} = 2m\omega(\dot{y}\vec{e}_x - \dot{x}\vec{e}_y) + 2m\omega'\dot{x}\vec{e}_z$. Exprimer ω et ω' en fonction de Ω_T et λ . Pourquoi la force d'inertie d'entraînement n'intervient-elle pas explicitement dans le bilan des forces?

On admet que la tension du fil $\vec{T}_f$ avec les approximations faites peut s'écrire: $\vec{T}_f = -\frac{T_f}{l}(x\vec{e}_x + y\vec{e}_y) + T_f\vec{e}_z$.

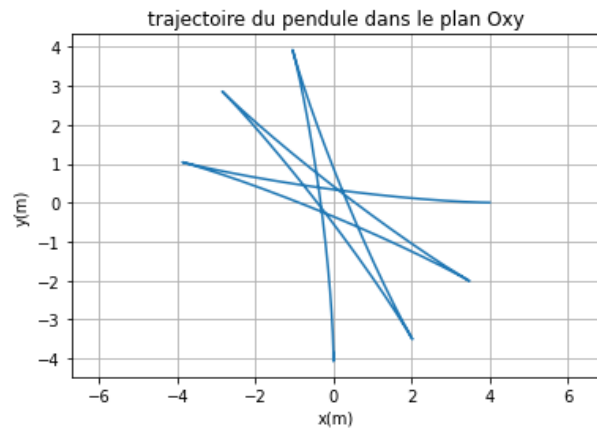
7. Sur Oz , on néglige la force d'inertie de Coriolis par rapport au poids, en déduire l'expression de T_f .

8. Montrer que $x(t)$ et $y(t)$ vérifie un système d'équations couplées de la forme: $\ddot{x} = -\omega_0^2x + 2\omega\dot{y}$ et $\ddot{y} = -\omega_0^2y - 2\omega\dot{x}$.

Exprimer ω_0 en fonction des données.

9. On donne le code suivant et le résultat de son exécution. Dans ce code, la valeur numérique de ω ne correspond pas à celle de l'étude, on adapte cette valeur pour observer le phénomène plus facilement.

```
1 import matplotlib.pyplot as plt
2 import numpy as np
3
4 m,l,g=30,67,9.8
5 omega0=(g/l)**0.5
6 omega=3.2e-2
7
8 lt=[0]
9 l1,l2=[4],[0]
10 l3,l4=[0],[0]
11 dt=0.005
12 N=10000
13 for i in range(N):
14     lt.append(lt[i]+dt)
15     C1=2*omega*l4[i]-omega0**2*l1[i]
16     C2=-2*omega*l3[i]-omega0**2*l2[i]
17     l3.append(l3[i]+C1*dt)
18     l4.append(l4[i]+C2*dt)
19     l1.append(l1[i]+l3[i]*dt)
20     l2.append(l2[i]+l4[i]*dt)
21
22 plt.plot(.....,.....)
23 plt.xlabel('x(m)')
24 plt.ylabel('y(m)')
25 plt.title('trajectoire du pendule dans le plan Oxy')
26 plt.grid()
27 plt.axis('equal')
28 plt.show()
```



9.a. Exprimer $x(t + dt)$ à l'aide d'un développement limité au premier ordre en dt pour dt petit. Faire de même pour $\dot{x}(t + dt)$.

9.b. Que représentent $C1$ (ligne 15), $C2$ (ligne 16) et les listes $l1$, $l2$, $l3$ et $l4$? Compléter le code ligne 22.

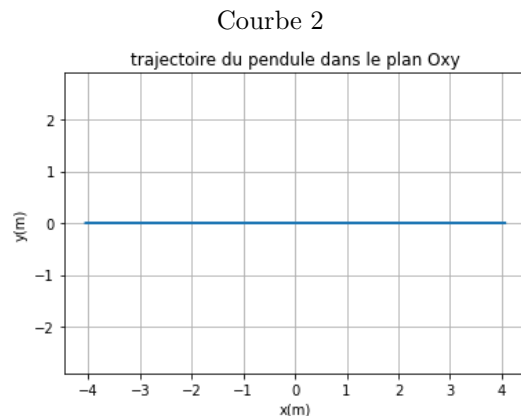
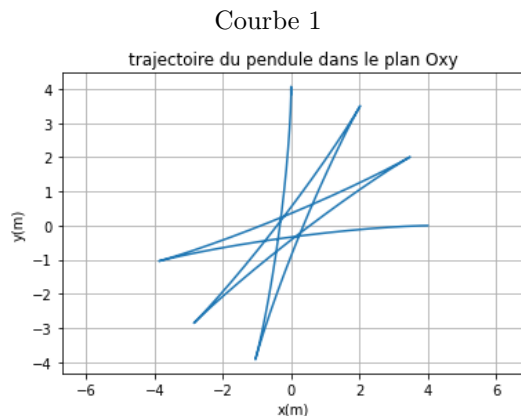
9.c. Dédurre du code les conditions initiales du pendule. Reproduire l'allure de la trajectoire sur votre copie et placer la position initiale du pendule et avec des flèches le sens de déplacement du pendule sur sa trajectoire au cours du temps.

9.d. On note T_0 et T les périodes associées aux pulsations ω_0 et ω , et Δt , la durée de la simulation. Dédurre du code les valeurs numériques de T_0 , T et ΔT .

9.e. Foucault a constaté que son pendule oscille et que le plan d'oscillations tourne au cours du temps. Sur la trajectoire représentée, préciser le nombre d'allers retours effectués par le pendule et l'angle ton a tourné le plan d'oscillations et le sens de rotation (sens horaire ou sens trigo) de ce plan.

Dédurre des questions précédentes, la signification des pulsations ω et ω_0 .

9.f. Sur les simulations suivantes, on a modifié la valeur numérique de ω ligne 6. Donner la valeur de ω qui correspond à chaque courbe.



9.g. Combien de temps met le plan d'oscillations du pendule de Foucault pour faire un tour complet à Toulon (latitude $\lambda = 43^\circ$)?