Excellent travail, 10/10

Blandinières Luca

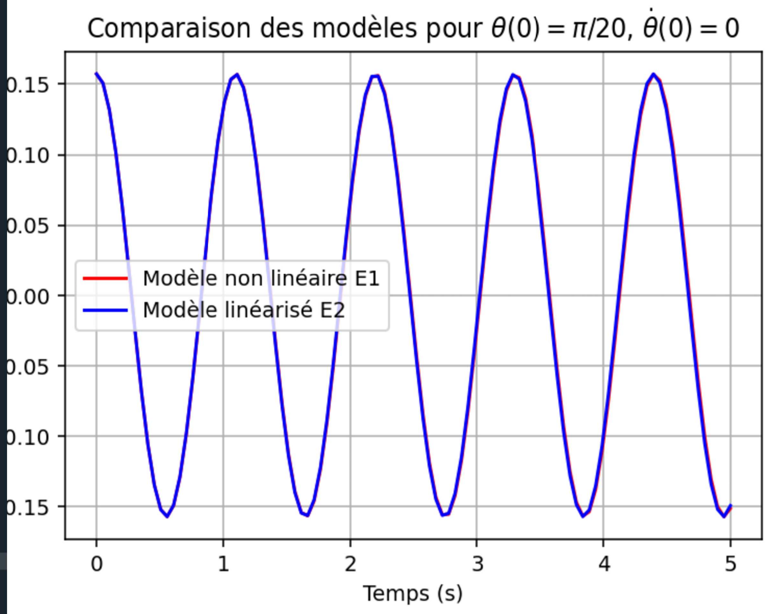
CN6:

1 En observant les courbes on constate que la période d'oscillation est plus grande plus grande pour le modèle non linéaire tandis que le modèle linéaire quand a lui a une même période quelque soit l'amplitude ce qui n'est pas vrai en réalité et qui suppose que l'on utilise l'APA qui est valable seulement pour les petites oscillations . De plus le modèle non linéaire montre un léger ralentissement des oscillations par rapport au modèle linéarisé,ainsi,la différence entre les courbes devient plus visible au fil du temps.
Par conséquent,si on veut une approximation simple et rapide, le modèle linéarisé peut suffire mais si on veut une description plus fidèle du mouvement, surtout pour de grandes amplitudes, le modèle non linéaire est préférable.

veux-tu dire que la période varie au fil des oscillations ou que cette période est différente de To? Ce n'est pas tres clair.

2

```python
# Importation des bibliothèques
import numpy as np
from scipy.integrate import odeint
import matplotlib.pyplot as plt

# Définition des constantes
N = 100       # Nombre de points
g = 9.81      # Intensité de pesanteur (m.s^-2)
L = 0.3       # Longueur du fil (m)
t0 = 0        # Instant initial
tf = 5        # Instant final
t = np.linspace(t0, tf, N)  # Temps

# Définition des équations différentielles
def E1(y, t):  # Modèle non linéaire
    theta = y[0]
    thetapoint = y[1]
    return np.array([thetapoint, -g/L * np.sin(theta)])

def E2(y, t):  # Modèle linéarisé
    theta = y[0]
    thetapoint = y[1]
    return np.array([thetapoint, -g/L * theta])

# Résolution pour les nouvelles conditions initiales
y0 = [np.pi/20, 0]  # CI : θ(0) = π/20 rad, θ(0) = 0
sol_E1 = odeint(E1, y0, t)  # Résolution E1
Theta_E1 = sol_E1[:, 0]
sol_E2 = odeint(E2, y0, t)  # Résolution E2
Theta_E2 = sol_E2[:, 0]

# Superposition des graphes
plt.figure()
plt.title(r"Comparaison des modèles pour $\theta(0)=\pi/20$, $\dot{\theta}(0)=0$")
plt.plot(t, Theta_E1, "-r", label="Modèle non linéaire E1")
plt.plot(t, Theta_E2, "-b", label="Modèle linéarisé E2")
plt.grid(True)
plt.xlabel("Temps (s)")
plt.ylabel(r"$\theta$ (rad)")
plt.legend()
plt.show()
```

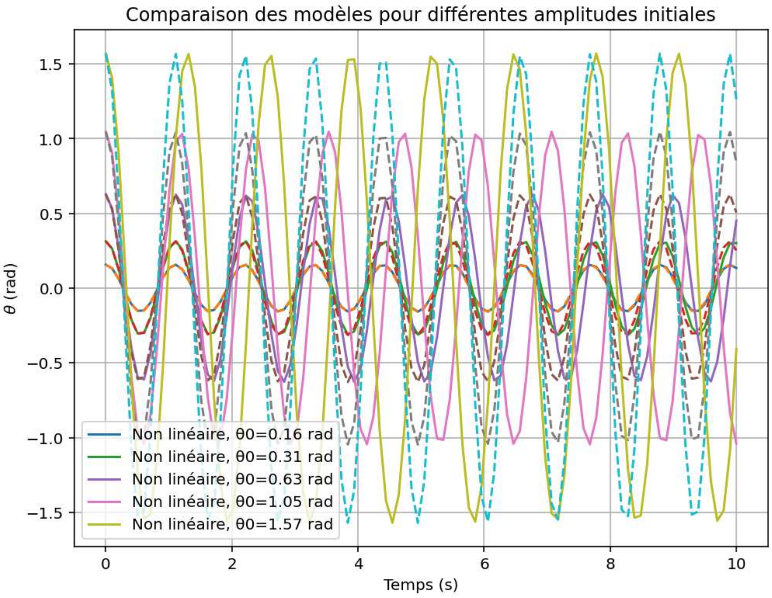


Avec thêta(0)=pi/20, les 2 modèles sont presque confondus car l'erreur due à l'approximation sin(theta)=thêta est très faible .Ainsi,pour des petites amplitudes (theta<0,2 rad),la linéarisation est précise.Par conséquent,pour de petites amplitudes, la linéarisation est une très bonne approximation.

négligeable

3

```python
import numpy as np
from scipy.integrate import odeint
import matplotlib.pyplot as plt

# Définition des constantes
N = 100      # Nombre de points
g = 9.81     # Intensité de pesanteur (m.s^-2)
L = 0.3      # Longueur du fil (m)
t0 = 0       # Instant initial
tf = 10      # Étude sur 10 s pour mieux voir la période
t = np.linspace(t0, tf, N)

# Définition des équations différentielles
def E1(y, t):  # Modèle non linéaire
    theta = y[0]
    thetapoint = y[1]
    return np.array([thetapoint, -g/L * np.sin(theta)])

def E2(y, t):  # Modèle linéarisé
    theta = y[0]
    thetapoint = y[1]
    return np.array([thetapoint, -g/L * theta])

# Liste des angles à tester
angles_initiaux = [np.pi/20, np.pi/10, np.pi/5, np.pi/3, np.pi/2]

plt.figure(figsize=(8, 6))
plt.title("Comparaison des modèles pour différentes amplitudes initiales")

# Boucle sur chaque angle
for theta0 in angles_initiaux:
    y0 = [theta0, 0]  # CI : θ(0) = teta0 rad, θ(0) = 0
    sol_E1 = odeint(E1, y0, t)  # Résolution E1
    Theta_E1 = sol_E1[:, 0]
    sol_E2 = odeint(E2, y0, t)  # Résolution E2
    Theta_E2 = sol_E2[:, 0]

    # Tracé des courbes
    plt.plot(t, Theta_E1, label=f"Non linéaire, θ0={round(theta0,2)} rad", linestyle="-")
    plt.plot(t, Theta_E2, linestyle="dashed")  # Courbe linéaire en pointillé

plt.grid(True)
plt.xlabel("Temps (s)")
plt.ylabel(r"$\theta$ (rad)")
plt.legend()
plt.show()
```



Pour thêta(0)=pi/10 (0,31rad) ,les courbes sont quasiment confondues et la periode est presque confondue, le modèle linéarisé reste une bonne approximation.

Pour thêta(0)=pi/5 (0,63rad) ,on commence à observer une légère divergence entre les modèles ,en effet,la période du modèle non linéaire est légèrement plus grande.

Pour thêta(0)=pi/3 (1,05ad) ,l’écart devient important et on observe une dissymétrie dans les oscillations du modèle non linéaire.

Pour théta(0)=pi/2 (1,57rad) ,Le modèle linéarisé n’est plus valide.

On peut estimer que l’approximation linéaire reste valable jusqu’à environ thêta=pi/10 Au-delà, il faut prendre en compte la non-linéarité pour obtenir une bonne précision.

ipm.