Nacelle articulée grande portée
(d'après ENS PSI 2019)

Le châssis a de fortes capacités à évoluer sur des terrains accidentés mais il est nécessaire de prévoir des dispositifs de protection (harnais…) afin d'assurer la sécurité de l'usager confronté au risque d'être éjecté de la nacelle.

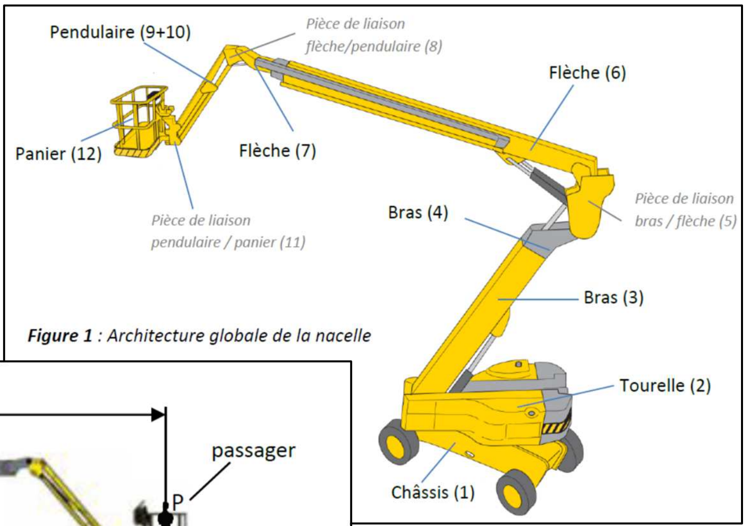

***Figure 1** : Architecture globale de la nacelle*

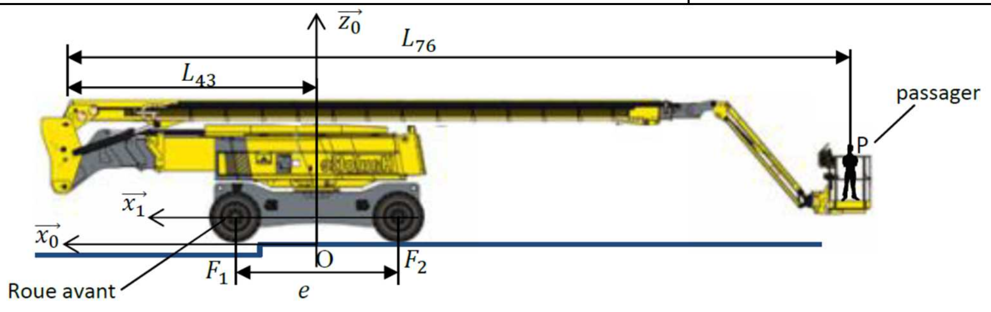

***Figure 4** : Géométrie dans la phase de roulage*

$e = F_1F_2 = 4\ m;$ $L_{43} = 6\ m\ ;$ $L_{76} = 20\ m$

Influence de la fréquence des ondulations du terrain

Le véhicule est en marche avant à une vitesse de 5 km/h (1.4 m/s) sur un terrain accidenté constitué de bosses et de creux successifs (***Figure 7***).
L'angle θ entre le châssis et l'horizontale suit la loi : $\theta(t) = \theta_0.\sin(\omega_1.t)$ d'amplitude θ_0 = 0.01 rad.
L'objectif est de valider que l'accélération du passager ne dépasse jamais 10 m/s² en norme.

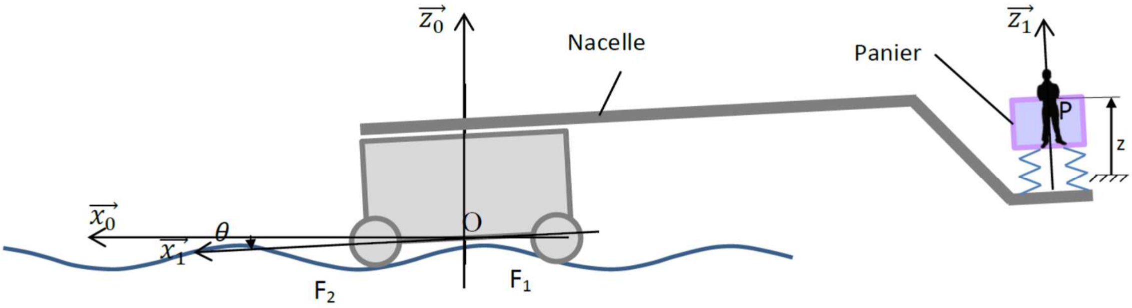

***Figure 7**: Modèle simplifié sur terrain accidenté*

z est la position de l'ensemble {panier, conducteur} par rapport au sol. En position initiale, z = 0.
Dans cette configuration, l'équation entre l'angle θ et z est : $\boldsymbol{m.\ddot{z} + f.\dot{z} + k.z = f.K_1.\dot{\theta} + k.K_1\theta.}$
m = 400 kg ; f = 20 $N/(m/s)$; $k = 1.10^4 N/m$; K_1 = 14 m.

$\Theta(p), Z(p), \Gamma(p)$ sont respectivement les transformées de Laplace de $\theta(t), z(t), \ddot{z}(t)$.

Q1 - Etablir la fonction de transfert $H(p) = \frac{\Gamma(p)}{\Theta(p)}$, la mettre sous forme canonique.

Q2 - Tracer les diagrammes de Bode asymptotiques et réels de H(p), si besoin à l'aide de Python (voir annexe).

Q3 - En déduire la plage de pulsations qu'il faut éviter pour s'assurer d'avoir une accélération $\ddot{z}(t)$ toujours inférieure à $10\ m/s^2$.

Q4 - En faisant l'hypothèse que la fréquence de θ est égale à la fréquence de parcours des ondulations du terrain, **donner** une condition sur l'espace entre deux bosses du terrain qui conduirait à une éjection du passager.

Q5 - Proposer un cas particulier de l'empattement (distance F_1F_2) du véhicule qui rendrait fausse l'hypothèse formulée Q4-

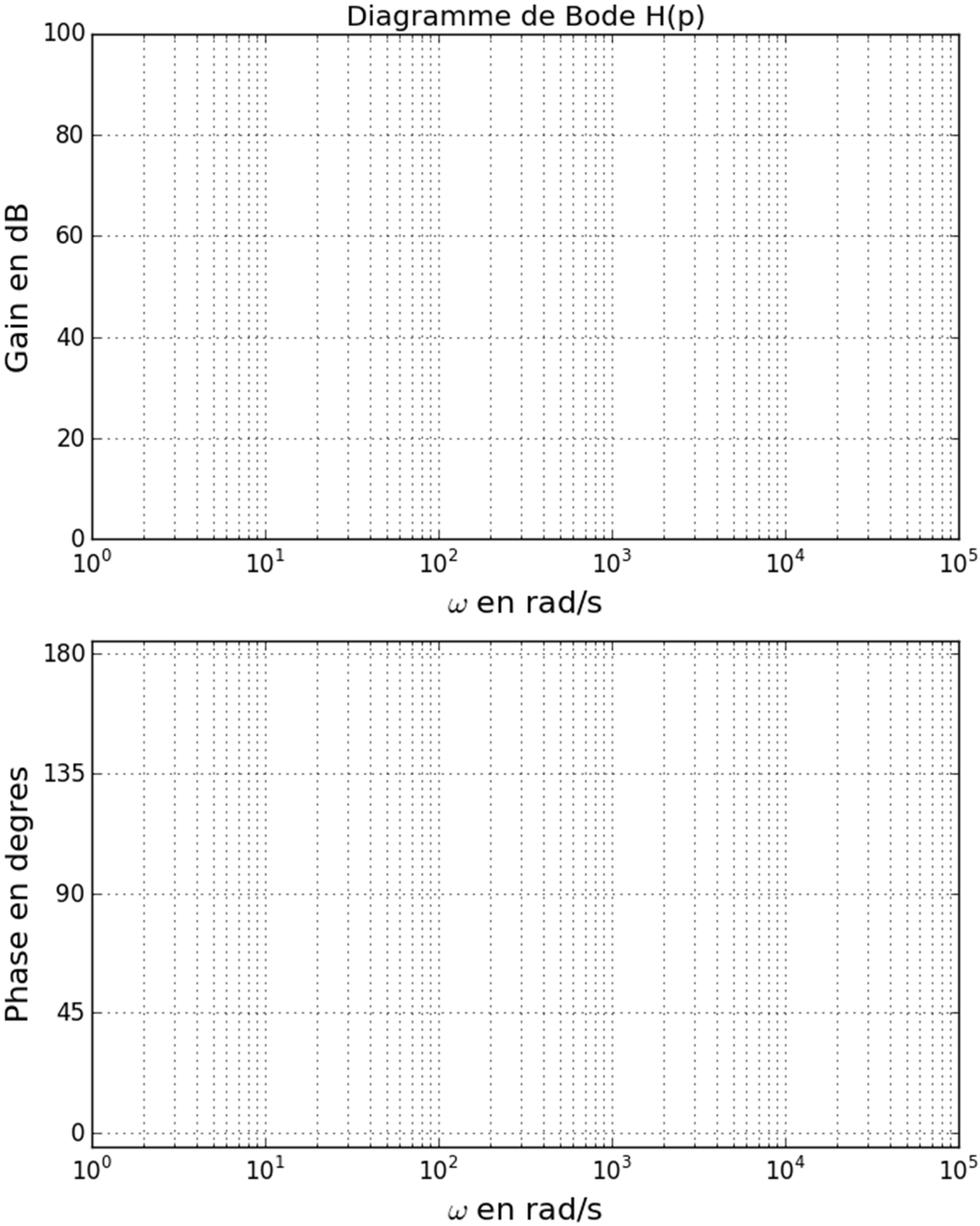
Diagramme de Bode H(p)
Gain en dB
100
80
60
40
20
0
10^0
10^1
10^2
10^3
10^4
10^5
ω en rad/s
Phase en degres
180
135
90
45
0
10^0
10^1
10^2
10^3
10^4
10^5
ω en rad/s

ANNEXE : Tracé d'un diagramme de Bode sous python

```
# Tracé du Diagramme de Bode de H(p) - sujet ENS PSI 2019
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# données
f, m, k, K1 = 20, 400, 1e4, 14

# Fonctions pour le tracé du diagramme de Bode
def H(omega):
	p = 1j*omega # imaginaire = 1j
	return  à compléter

# Gain en dB
def GdB(H):
	return 20*np.log10(np.abs(H))

# Déphasage
def Phi(H):
	return np.angle(H)*180/np.pi

# plage de pulsation
w = np.logspace(0,5,1000) # 1000 valeurs de 10**0 à 10**5 rad/s

# Tracé du diagramme de Bode
plt.close()
#---------------------------------
plt.figure(1,figsize=(7,9))# impose la taille de la fenêtre graphique

#-------- module ---------#
plt.subplot(211) # divise la fenêtre graphique en 2 lignes 1 colonne et trace dans la zone 1
plt.semilogx( w, GdB(H(w)),'b', lw=3) # tracé en échelle semilog

plt.ylim([0,100])
plt.ylabel('Gain en dB',fontsize=16)
plt.xlabel('$\omega$ en rad/s',fontsize=16)
plt.grid(True,which='both') # grille semilog
plt.title( 'Diagramme de Bode H(p)',fontsize=16)

#------- Déphasage --------#
plt.subplot(212) # divise la fenêtre graphique en 2 lignes 1 colonne et trace dans la zone 2
plt.semilogx(w,Phi(H(w)),'b',lw=3)

plt.ylim([-5,185])
plt.yticks([0,45,90,135,180])
plt.ylabel('Phase en degres',fontsize=16)
plt.xlabel('$\omega$ en rad/s',fontsize=16)
plt.grid(True,which='both') # grille semilog

plt.show()
```