

CONSTRUCTION PARASISMIQUE

Tipe 2021-2022

Réalisé par:

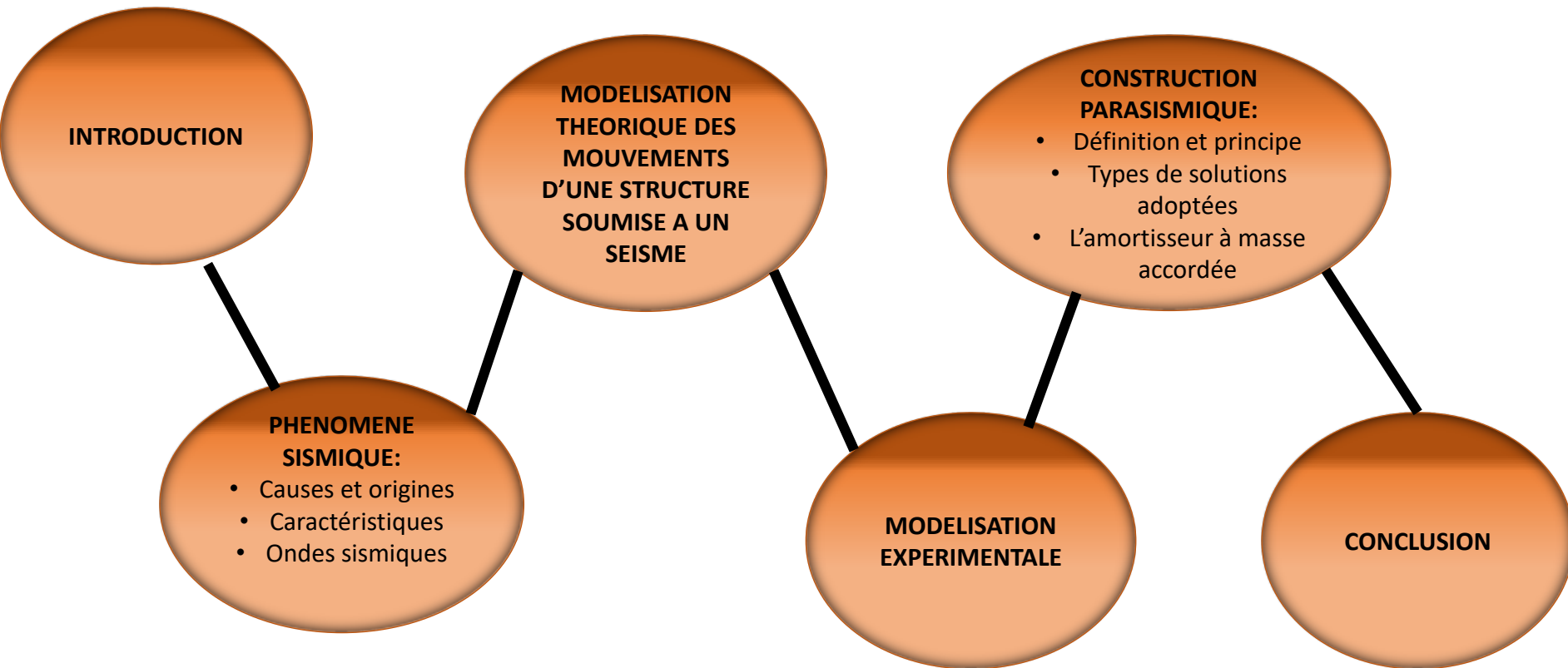
EL BEKKAI Oumaima

Professeur encadrant: ZOUNOUBI Aziz

NUM SCEI: 41039

Thème :santé-prévention

PLAN:



I-INTRODUCTION:



Fig 1.1

Séisme d'**HAÏTI**:
12 Janvier 2010
23 000 MORTS
Magnitude: 7,3



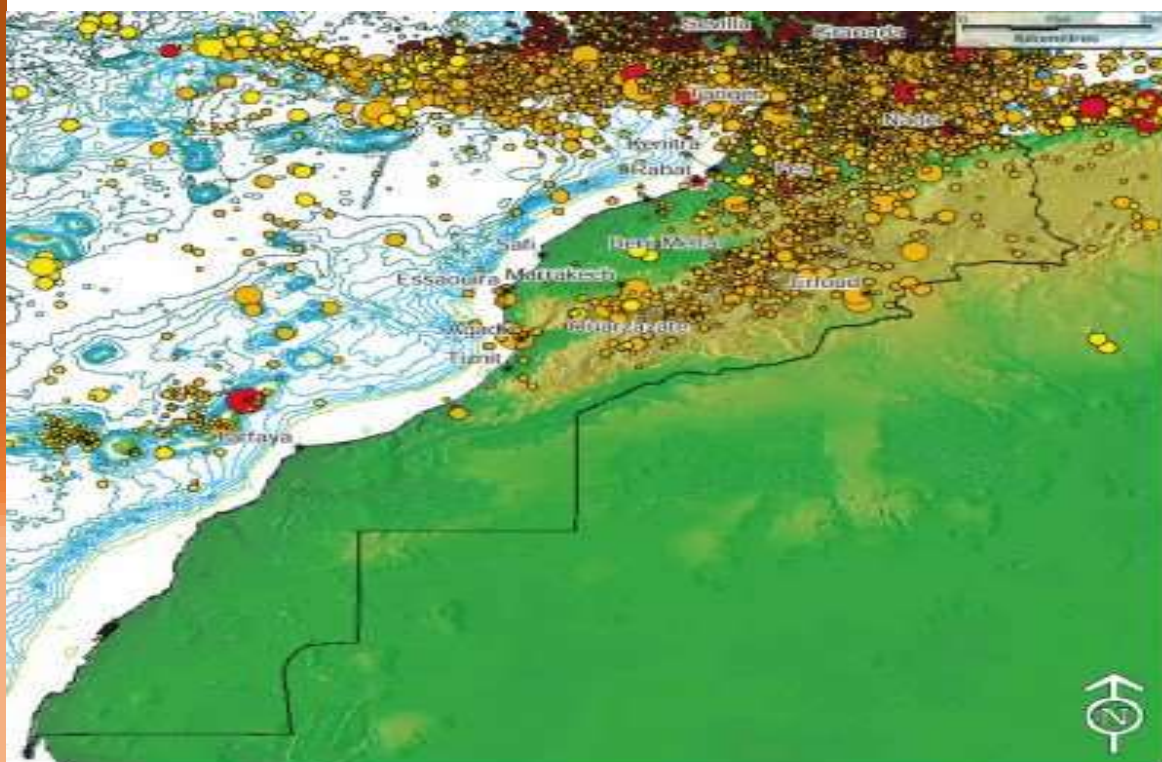
Fig 1.2

Séisme d'**AGADIR AU MAROC**:
29 Février 1960
12 000 MORTS
Magnitude: 5,7



Fig 1.3

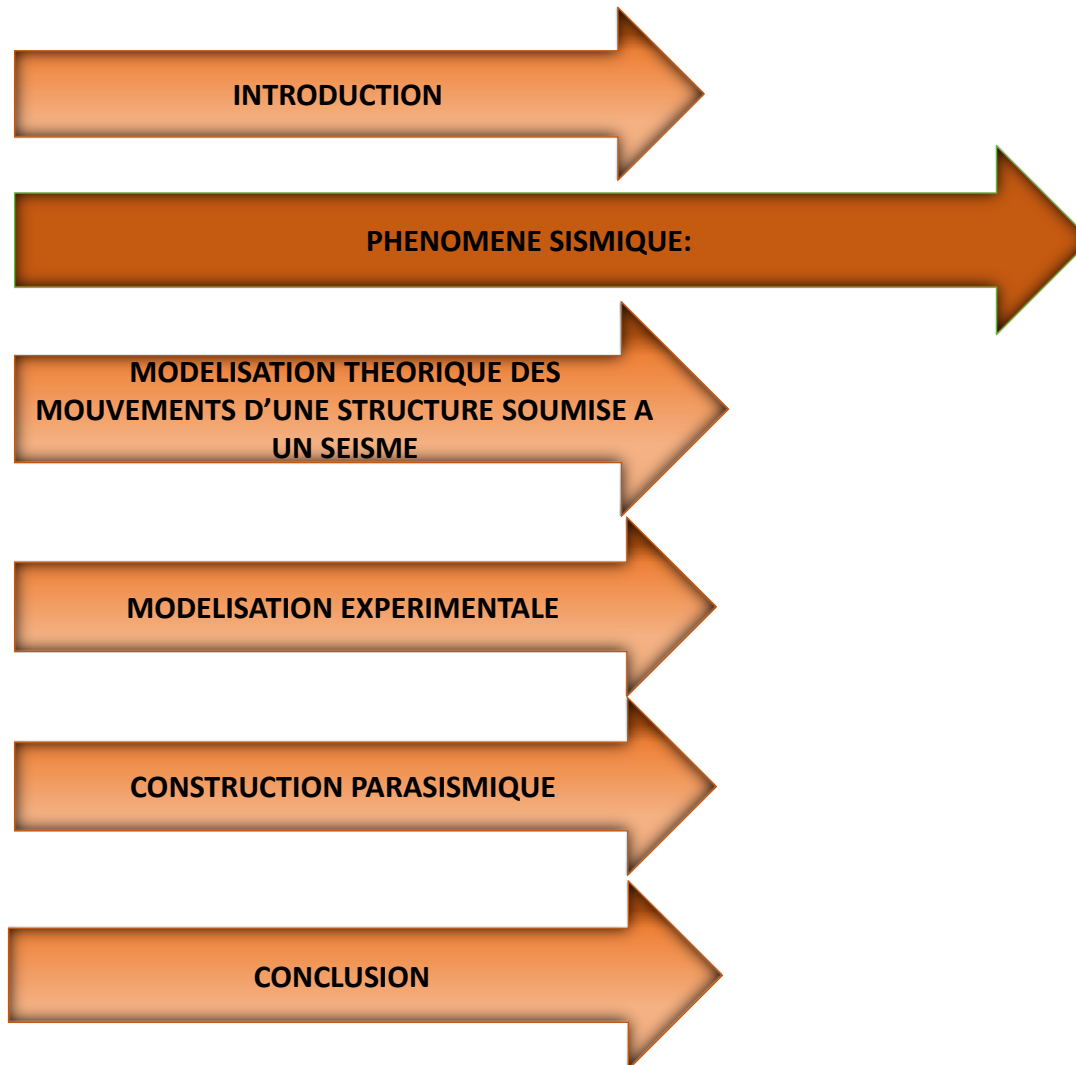
Séisme de **TOKYO AU JAPON** :
1^{er} Septembre
100 000 MORTS
Magnitude: 8,2



Le territoire marocain est soumis à une activité sismique appréciable due à l'interaction entre les plaques tectoniques africaine et eurasiennne



Fig1.4: Sismicité historique et instrumentale du Royaume du Maroc et des régions voisines [1]



II-PHENOMENE SISMIQUE:

Un séisme est une secousse du sol qui résulte de :

Tectonique des plaques

Activités humaines

Phénomènes naturels

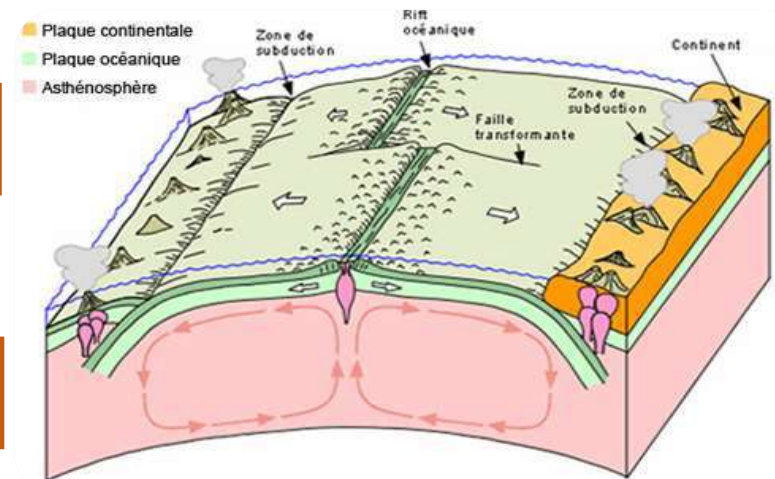


Schéma représentant le modèle de la tectonique des plaques

II-PHENOMENE SISMIQUE:

Un séisme est caractérisé par:

- Foyer ou hypocentre
- Epicentre
- Magnitude mesurée sur l'échelle de Richter
- Intensité

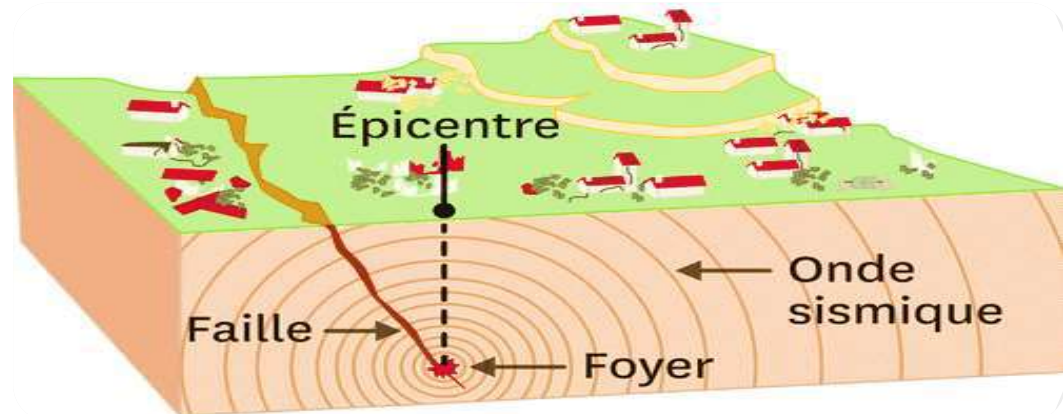
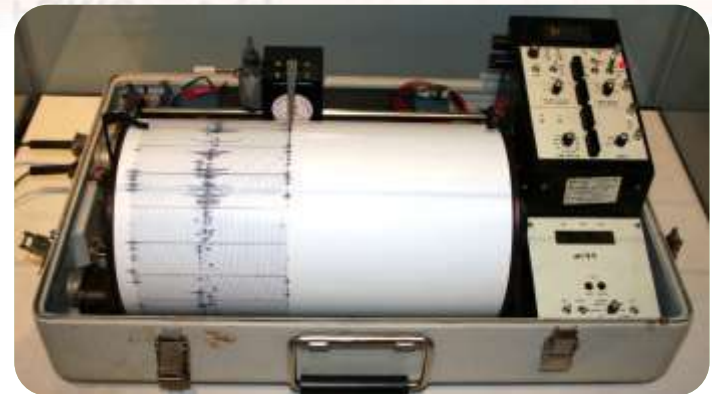


Schéma modélisant la propagation d'ondes sismiques



sismographe

II-PHENOMENE SISMIQUE:

LES ONDES SISMQUES

LES ONDES DE VOLUME

ONDE P

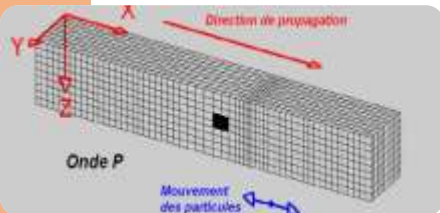


Fig 2.4

ONDE S

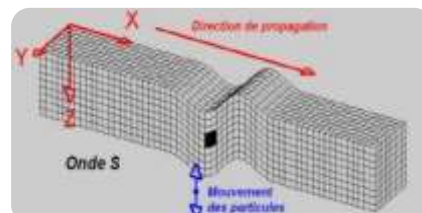


Fig 2.5

LES ONDES DE SURFACE

ONDE R

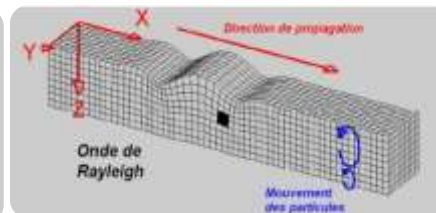


Fig 2.6

ONDE L

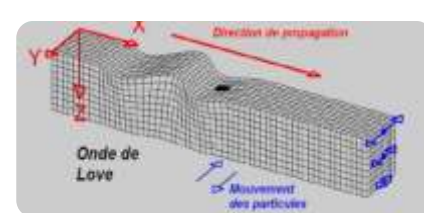
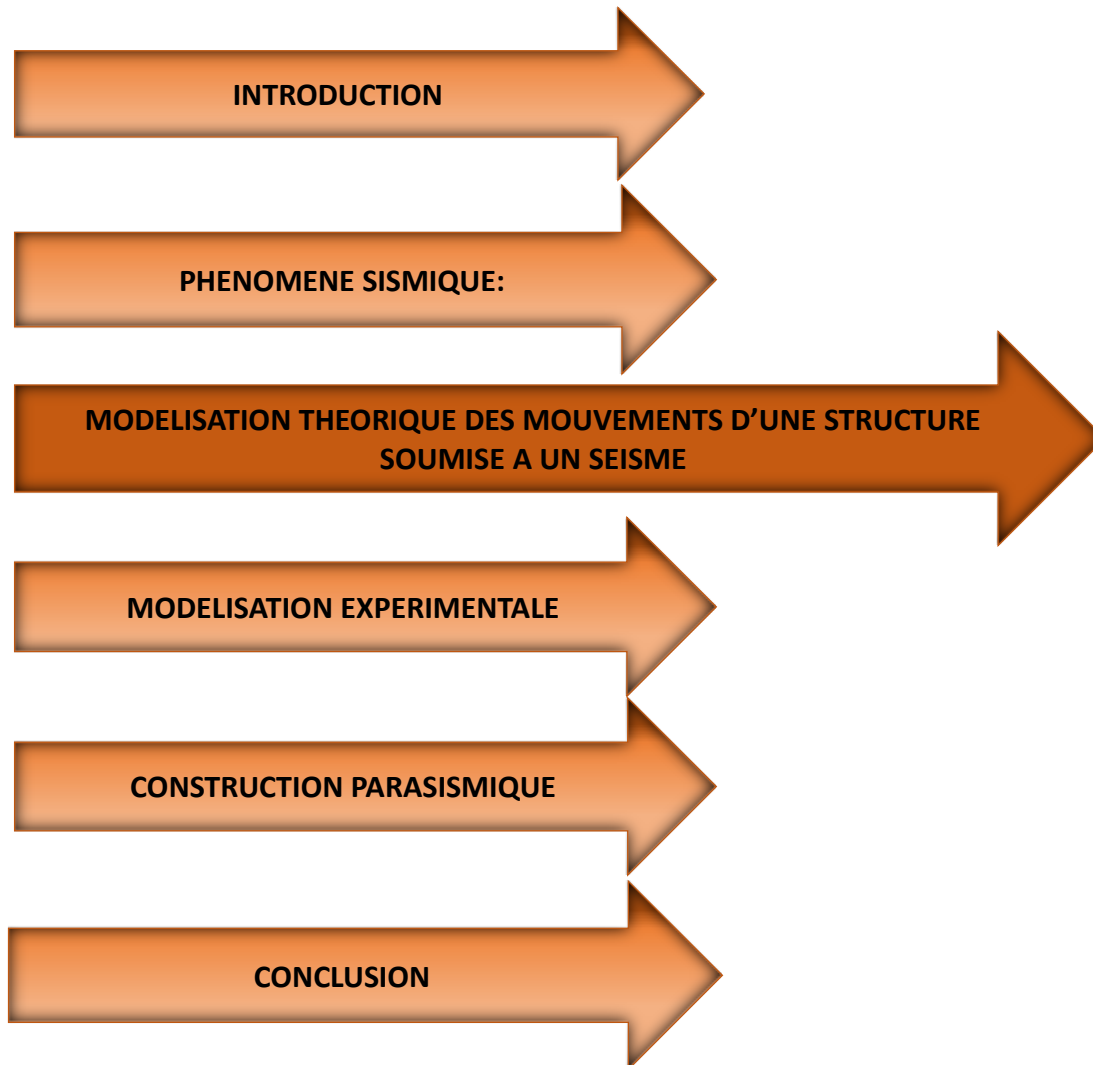


Fig 2.7



III-MODELISATION THEORIQUE DES MOUVEMENTS D'UNE STRUCTURE SOUMISE A UN SEISME

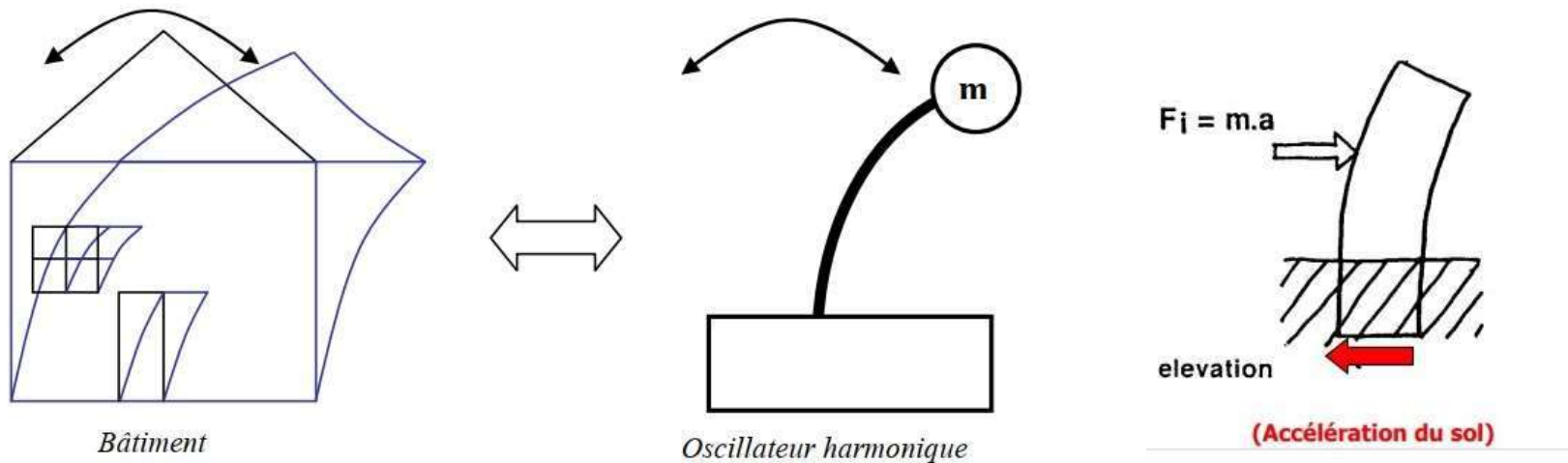
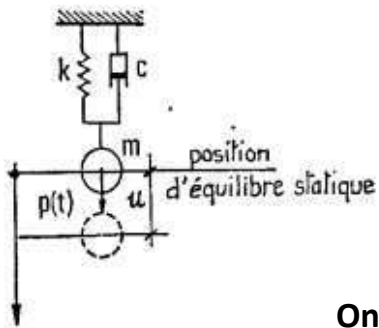


Fig 3 : comportement du bâtiment suite à une force sismique



Bilan des forces:

$F_1(t) = -ku(t)$: force de rappel du ressort

$F_2(t) = -c u'(t)$: résistance de l'amortisseur

$p(t)$: force extérieure imposée

D'après la 2ème loi de Newton:

$$\ddot{u} + \frac{c}{m}\dot{u} + \omega^2 u = \frac{1}{m}p(t) \quad [2]$$

On pose: $\omega^2 = \frac{k}{m}$

k : la raideur du système(N/m)

m :la masse du système(kg)

c : coefficient d'amortissement (N.s/m)

u le déplacement de la masse par rapport à la position d'équilibre

\dot{u} sa vitesse

\ddot{u} son accélération

Oscillateur simple

Oscillations
libres

Oscillations
forcés

Non
amorti: $C=0$

$$u(t) = A \sin(\omega t + \phi)$$

Amorti : C
non nul

Taux d'amortissement

$$\xi = \frac{c}{2m\omega}$$

$\xi > 1$
Pas d'oscillations

$$\xi < 1$$

$$\omega_d = \omega \sqrt{1 - \xi^2}$$

Oscillateur forcé

$$d(t) = u(t) + d_g(t)$$

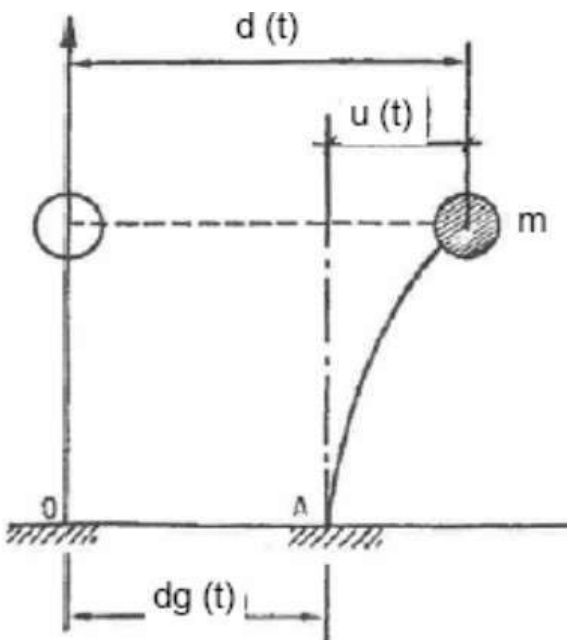
D'après la **2^{ème} loi de Newton** à la **masse m**:

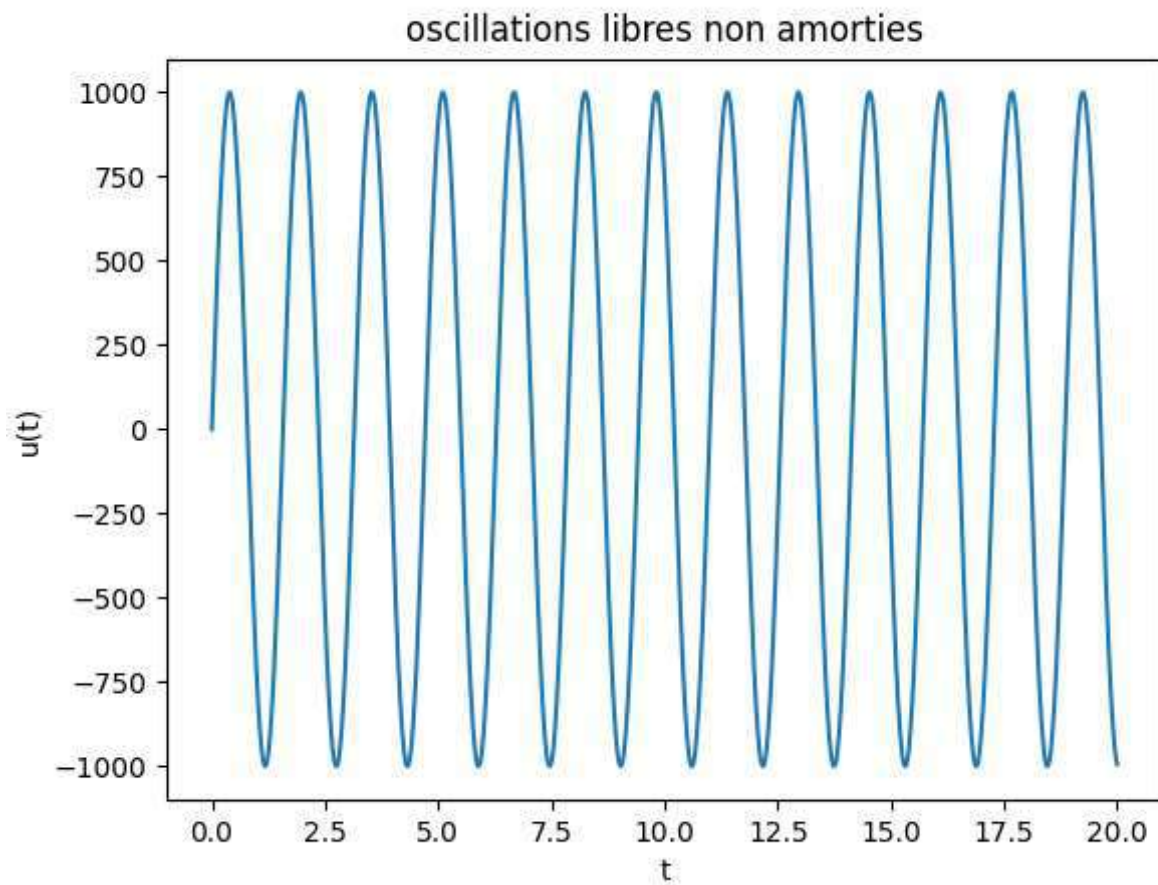
$$m u''(t) + c u'(t) + k u(t) = - m d_g''(t)$$

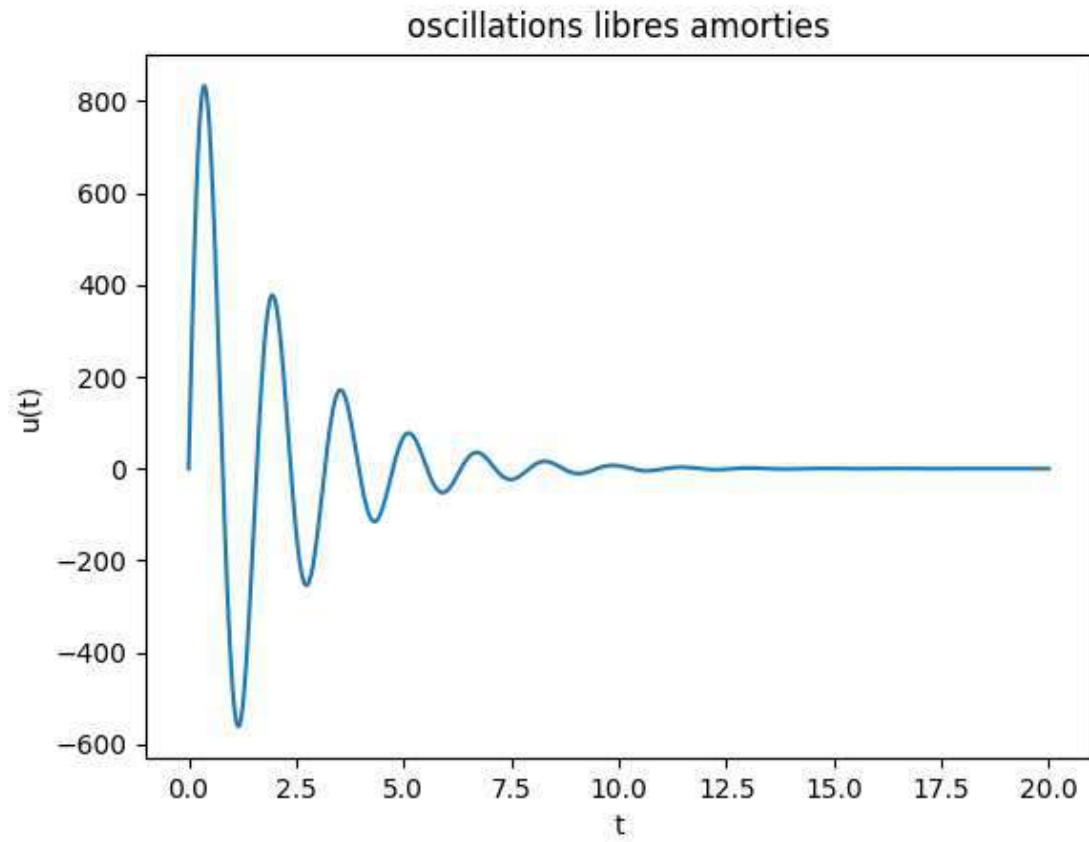
Avec :

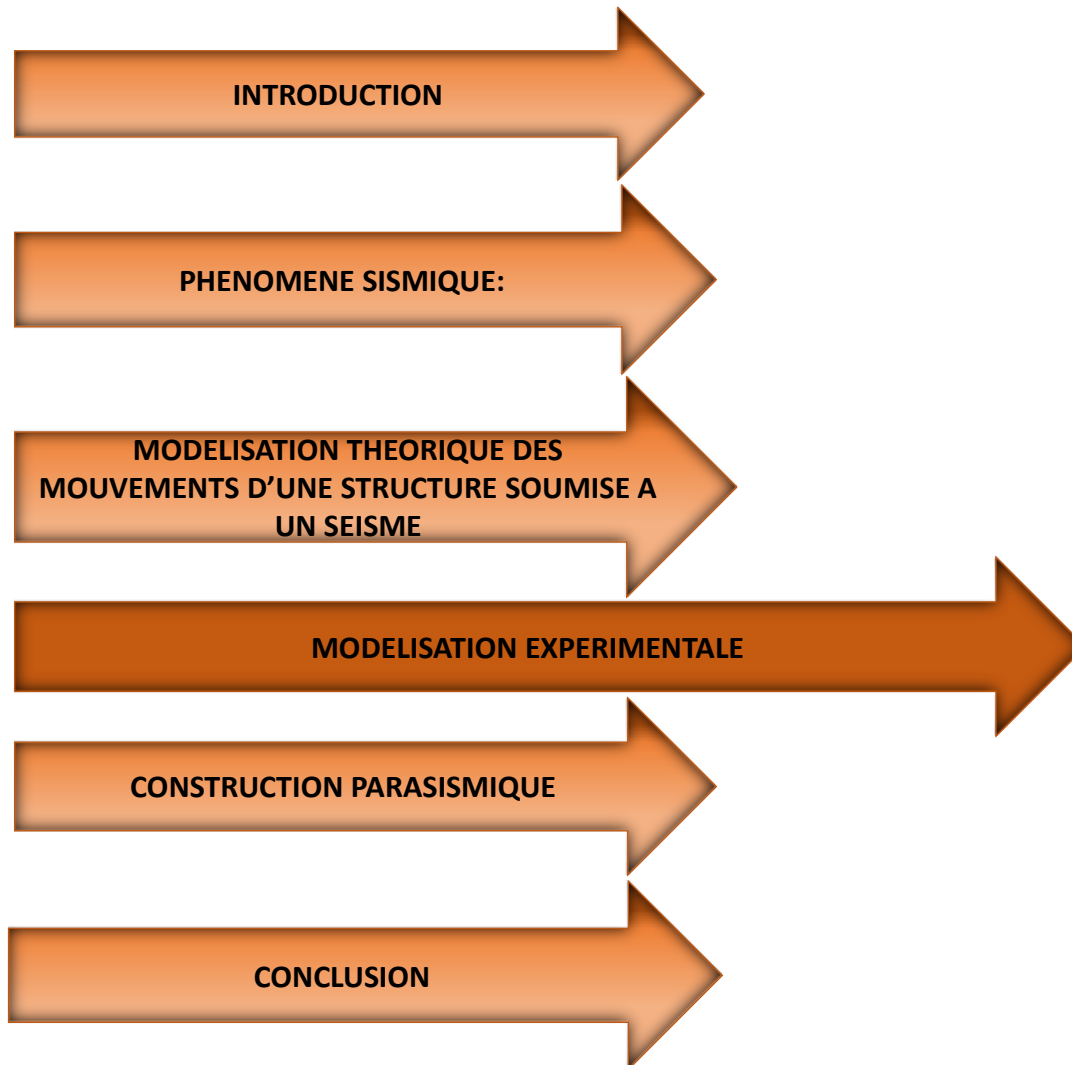
$d_g(t)$: déplacement du sol au point A variable dans le temps

$u(t)$: le déplacement de la masse par rapport à la position d'équilibre









IV-EXPERIENCE



Maquette représentant la
réponse suite à une vibration des
bâtiments de :

Largeur: 10 cm

Longueur: 15 cm

Hauteur: 40cm pour la 1ère

20cm pour la 2ème

Matériaux : bois



La fréquence propre
du bâtiment dépend
de sa hauteur

IV-EXPERIENCE



Maquette représentant la
réponse suite à une vibration
des bâtiments de:

Largeur: 10 cm

Longueur: 15 cm

Hauteur: 20 cm

Matériau : bois

Masse: 80 g pour la 1^{ère}
110 g pour la 2^{ème}

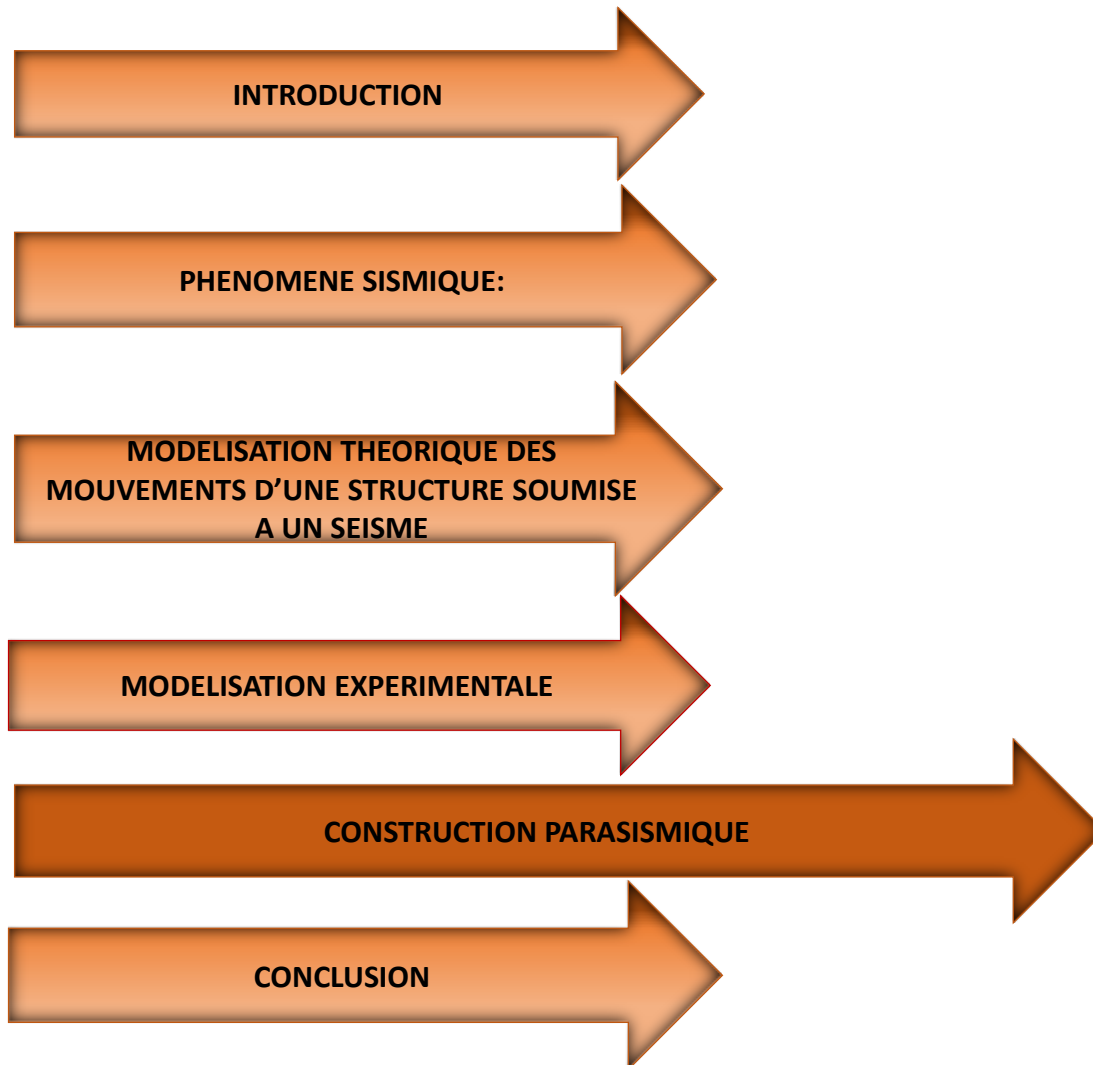
Plus la masse du
bâtiment augmente
plus sa vibration
diminue

IV-EXPERIENCE



Maquette représentant la réponse
des bâtiments suite à une vibration:
Largeur: 10 cm
Longueur: 15 cm
Hauteur: 20 cm
Matériau : bois





V-CONSTRUCTION PARASISMIQUE

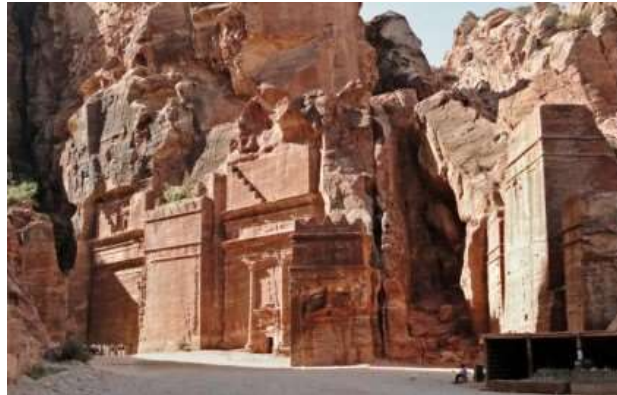


Fig 5.1:Qasr Al-Bint de Pétra

La construction parasismique (ou anti-sismique): regroupe l'étude du comportement des bâtiments et structures sujets à un changement dynamique du type sismique et la réalisation de bâtiments et infrastructures résistant aux séismes.



Fig 5.2: Pagode de Sakyamuni du temple Fogong

5.1/-Isolation parasismique

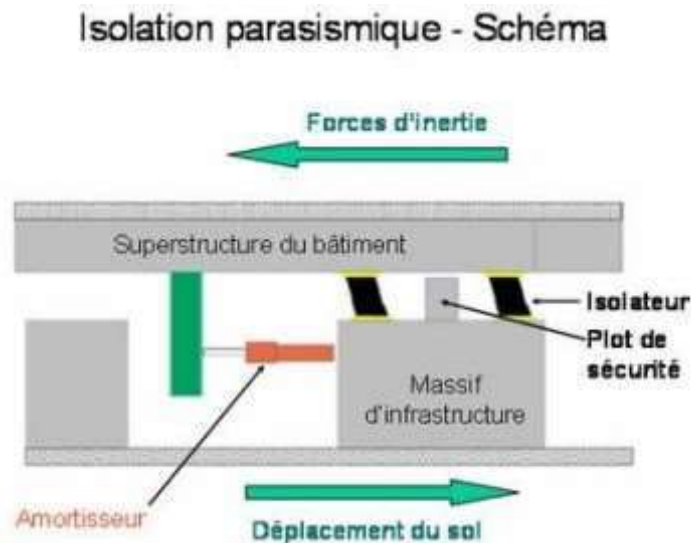


Schéma modélisant l'isolation
d'une structure

Il s'agit d'introduire un système en interface entre la construction et le sol susceptible de filtrer les oscillations sismiques d'où le terme d'isolation sismique

Il existe plusieurs **types d'isolateurs à la base**:

- Appuis à déformations
- Appuis à glissement
- Appuis à roulement

5.2/- Amortisseurs parasismiques

L'amortissement est le principe d'absorbance d'énergie produite par une vibration d'un matériau.

Il existe également plusieurs types d'amortisseurs dont on cite principalement:

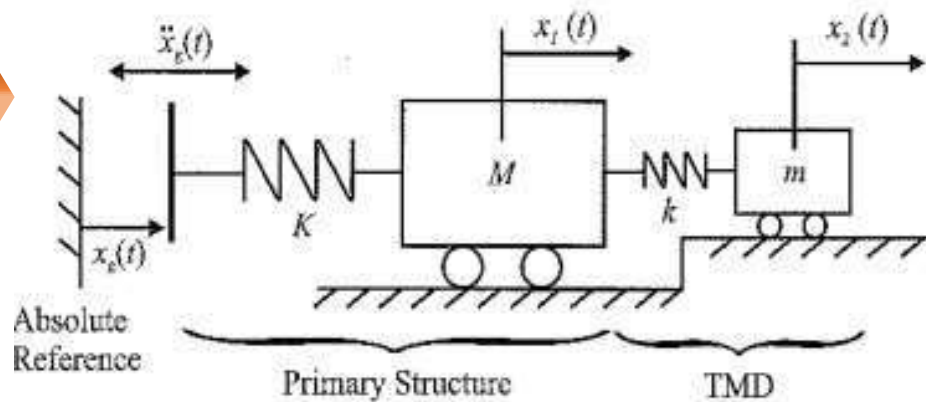
- Amortisseurs à frottements
- Amortisseurs visqueux
- Amortisseurs magnétiques
- **Amortisseurs à masse accordée**

5.3 /- Amortisseur à masse accordée

Le TMD (tuned mass damper):

Il s'agit d'un pendule fixé au sommet du bâtiment et qui va se mettre à osciller en présence de perturbations extérieures et limiter les déplacements du bâtiment en dissipant l'énergie apportée par les séismes.

Mise en problème



L'excitation du sol est définie par:

$$x_g(t) = x_0 \sin \bar{\omega} t$$

En appliquant la **2^{ème} loi de Newton** aux systèmes **{structure}** et **{TMD}** on obtient:

$$M\ddot{x}_1 + (K + k)x_1 - kx_2 = M\bar{\omega}^2 x_0 \sin \bar{\omega} t \quad [3]$$

$$m\ddot{x}_2 + k(x_2 - x_1) = m\bar{\omega}^2 x_0 \sin \bar{\omega} t$$

K	Raideur associée à la structure
k	Raideur associée au TMD
M	Masse de la structure
m	Masse du TMD
$x_1(t)$	Déplacement de la structure
$x_2(t)$	Déplacement du TMD

On pose:

$$x_1(t) = a_1 \sin \bar{\omega} t$$

$$x_2(t) = a_2 \sin \bar{\omega} t$$

En simplifiant on obtient:

$$a_1 \left(1 + \frac{k}{K} - \frac{\bar{\omega}^2}{\Omega_n^2} \right) - a_2 \frac{k}{K} = \frac{\bar{\omega}^2}{\Omega_n^2} x_0$$

$$-a_1 + a_2 \left(1 - \frac{\bar{\omega}^2}{\omega_a^2} \right) = \frac{\bar{\omega}^2}{\omega_a^2} x_0$$

Avec : $\Omega_n^2 = \frac{K}{M}$: Pulsation propre de la structure

$\omega_a^2 = \frac{k}{m}$: Pulsation propre du TMD

Le résultat optimal du TMD est donné par la condition:

$$\frac{1}{\Omega_n^2} \left(1 - \frac{\bar{\omega}^2}{\omega_a^2} \right) + \frac{1}{\omega_a^2} \left(\frac{k}{K} \right) = 0$$



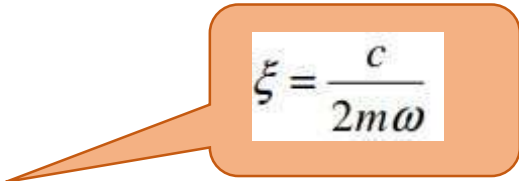
$$\omega_a = \frac{\bar{\omega}}{\sqrt{1 + \mu}}$$

$$\mu = m/M$$



Taux d'amortissement optimal

$$(\xi_s)_{opt} = \sqrt{\frac{3\mu}{8(1 + \mu)}}$$


$$\xi = \frac{c}{2m\omega}$$

CONCLUSION

- Ce n'est pas le séisme qui tue, ce sont les constructions
- **Eviter toute cassure ou tout effondrement de la structure** lié à un séisme
- L'efficacité du principe d'amortisseurs et d'isolation parasismique
- Les bonnes performances du TMD

**MERCI POUR
VOTRE ATTENTION**

ANNEXE

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import scipy.integrate as sp
w=4
m=100
C=0
psi=C/(2*m*w)
def F(z,t):
    return np.array([z[1],np.sin(w*t)/m-w**2*z[0]-2*psi*w*z[1]])
t=np.linspace(0,20,1000)
#conditions initiales:u(0)=0 et u'(0)=4000
sol=sp.odeint(F,[0,4000],t)
plt.plot(t,sol[:,0])
plt.title("oscillations libres non amorties")
plt.xlabel("t")
plt.ylabel("u(t)")
plt.show()
```

REMARQUE:

On reprend le même script pour la deuxième courbe puis on change la valeur de c: c=100

Références

- [1]: Les ouvrages d'art et le risque sismique : M. BOUCETTA
- [2]: <https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/61649/4/Chapitre%202%20R%C3%A9ponse%20%C3%A9lastique.pdf>
- [3]: Principles of passive supplemental damping and seismic isolation : C. CHRISTOPOULOS , A. FILIATRAULT