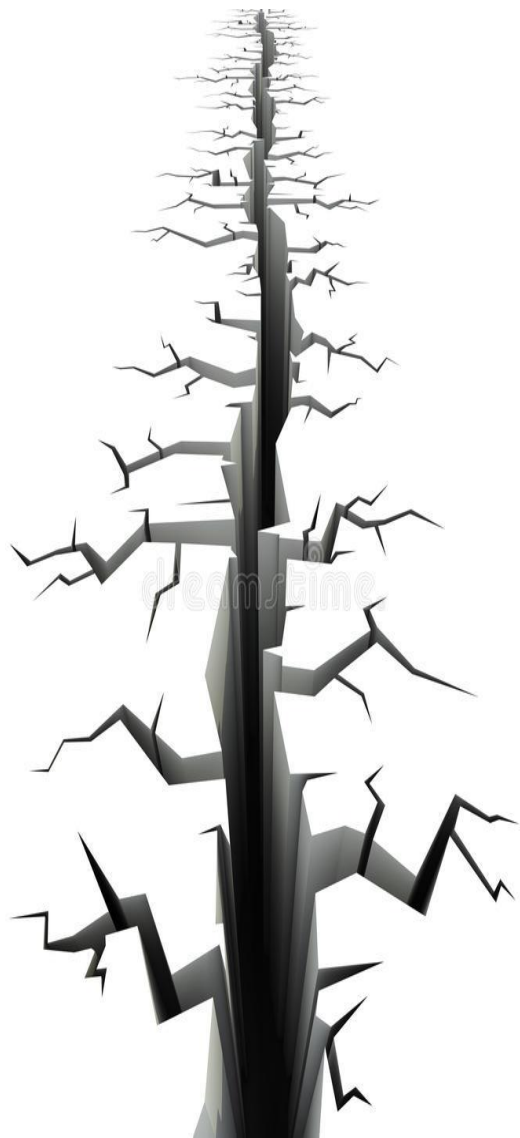




Prévention de la rupture d'un bâtiment en zone sismique

Objectif:

Comment éviter la rupture d'un bâtiment pendant un séisme?



Année scolaire : 2017/2018

Plan :

I- Introduction

II- Les caractéristiques des ondes de volume

III- Visite chantier

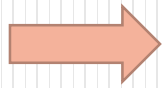
IV- Travaux effectuées

1- Etude statique

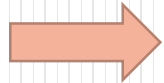
2- Etude dynamique

V- Conclusion

I- Introduction



Taiwan ,
Le 7 février 2018



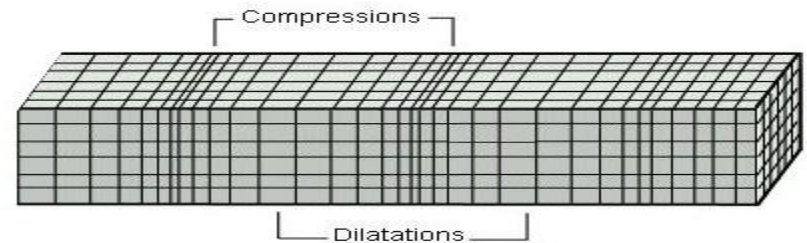
Shanghai,
Le 27 juin 2009



II- Les caractéristiques des ondes de volume

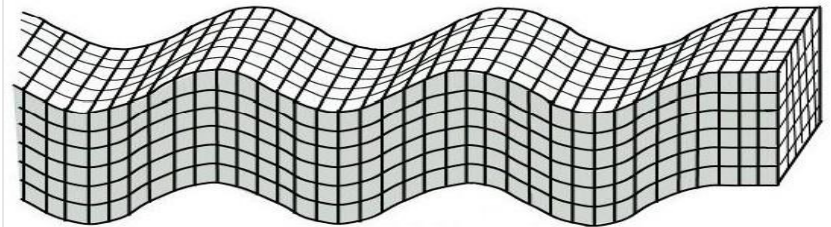
- **Ondes P :**

Elles sont des ondes de compressions longitudinales.



- **Ondes S :**

Elles sont des ondes transversales, perpendiculaires à la direction de propagation.



III- Visite chantier



En acier



En ciment

IV- Les travaux effectués

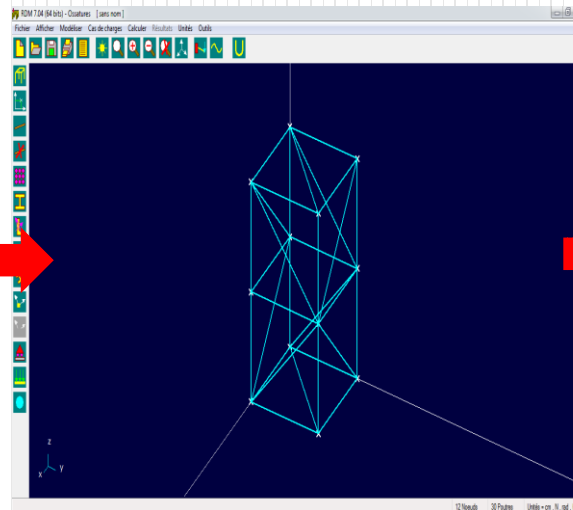
1- Etude statique

Hypothèses :

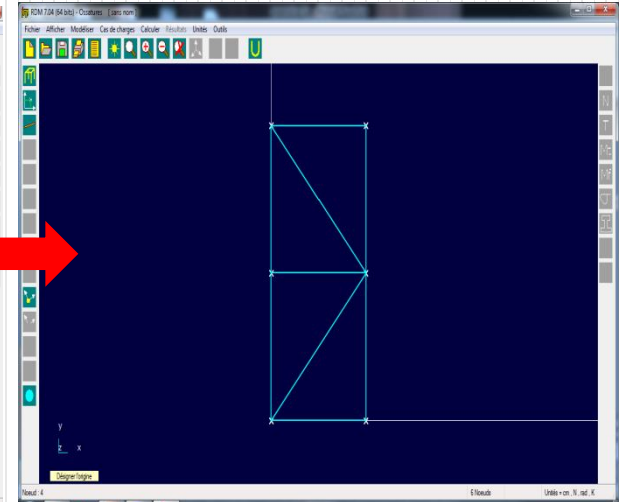
- La masse des poutres est négligeable par rapport à l'intensité des efforts de tension en jeu .
- Le problème est supposé plan .



Bâtiment réel a deux étages



Bâtiment a 3D
avec RDM7

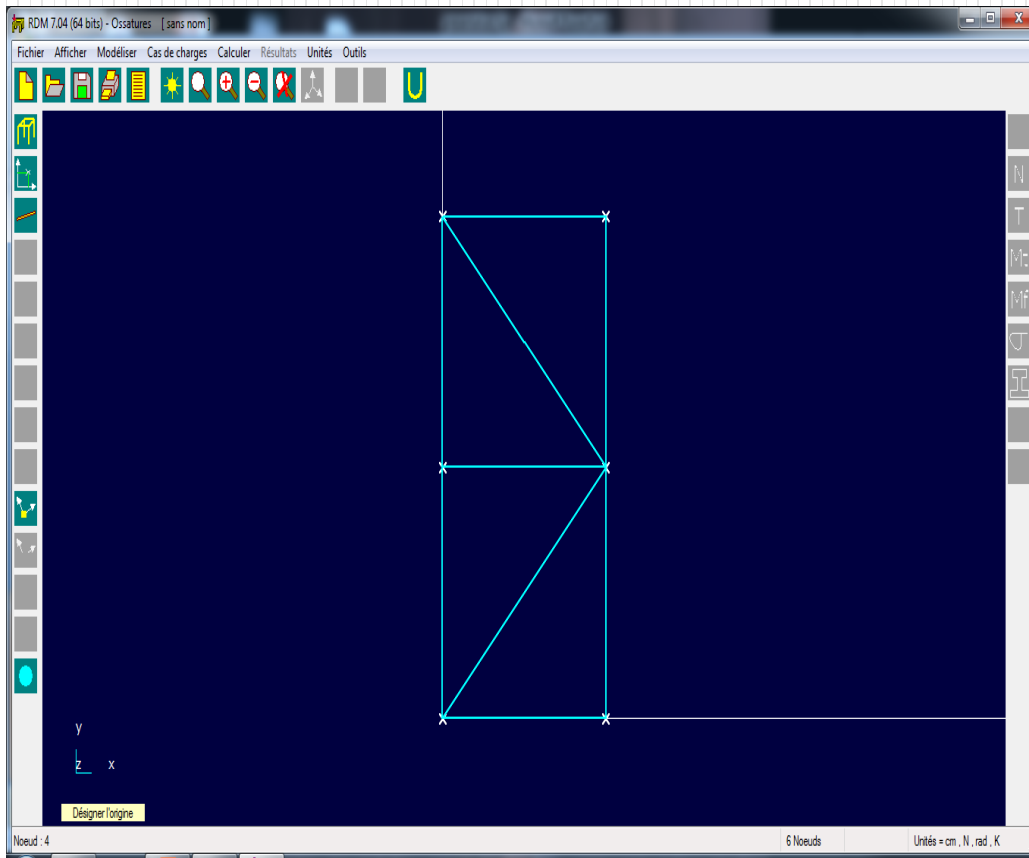


Bâtiment a 2D
avec RDM7

Calcul des fermes

Etape 1 : Modélisation du bâtiment (structure plane) :

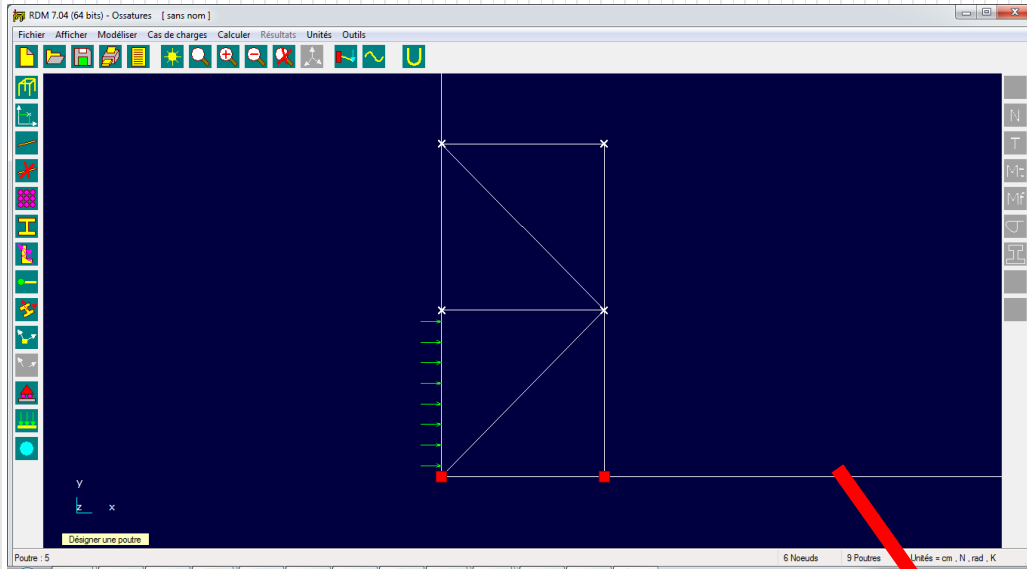
Logiciel utilisé : RDM7



Positions des nœuds:

X(cm)	Y(cm)
0	0
3	0
0	3
3	3
0	6
3	6

Etape2 : Effet du séisme sur la structure :

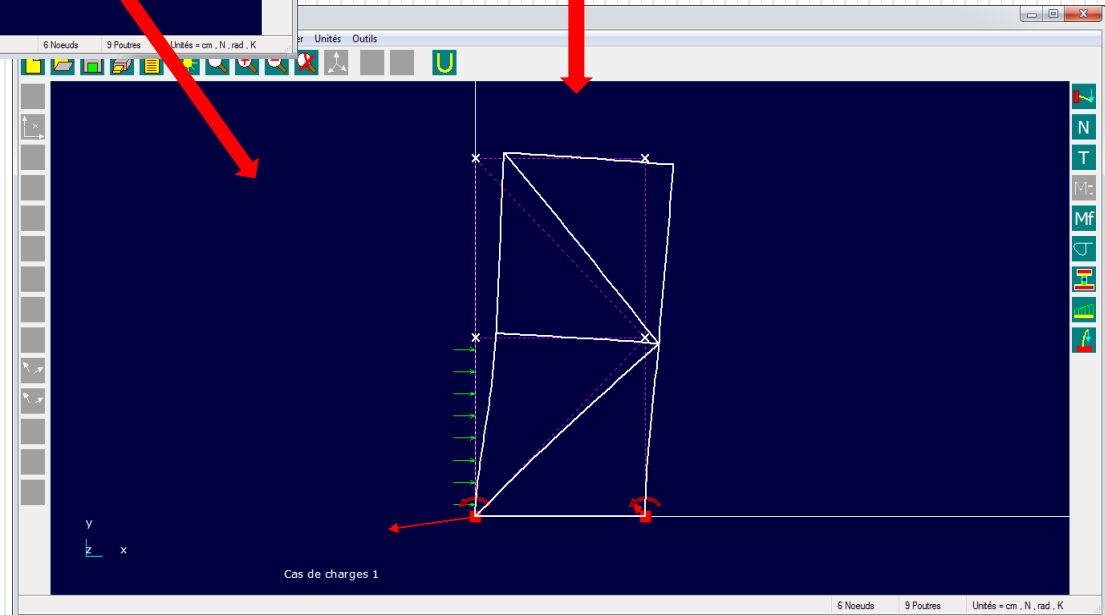


$$F = m \cdot a$$

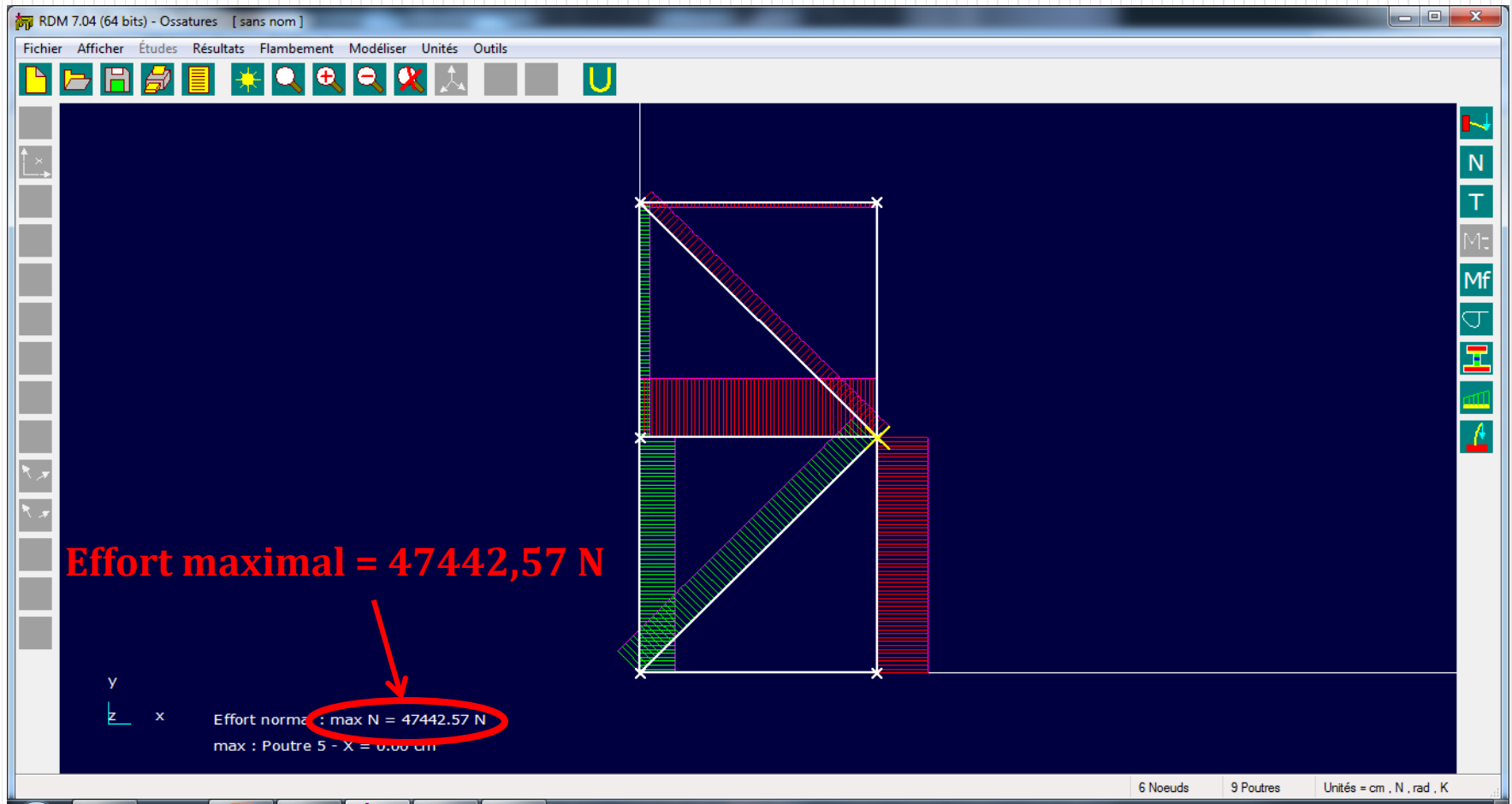
Tremblement observé:

$$m = 2 \cdot 10^4 \text{ kg}$$

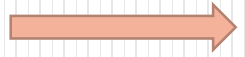
$$a = 5 \text{ m.s}^{-2}$$



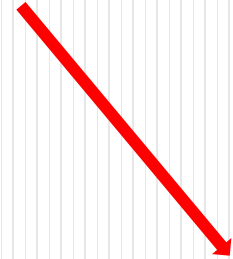
Etape 3: Détermination de la contrainte maximale:



Si l'effort maximal < Force du séisme



Rupture du bâtiment



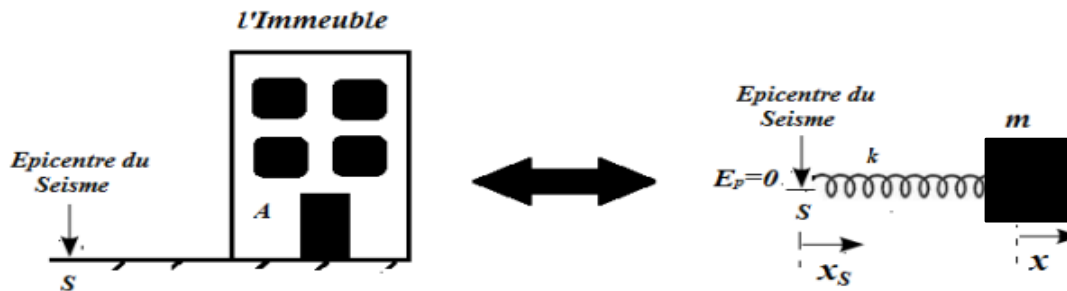
$$F=m.a$$

Comment peut-on donc éviter l'effondrement d'une structure en zone sismique ?

IV- Les travaux effectués

2- Etude dynamique

- Modélisation 1:



$F(t)$: Force du séisme

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

- PFD :

$$\frac{k}{m}x + \ddot{x} = F(t)$$

Résolution

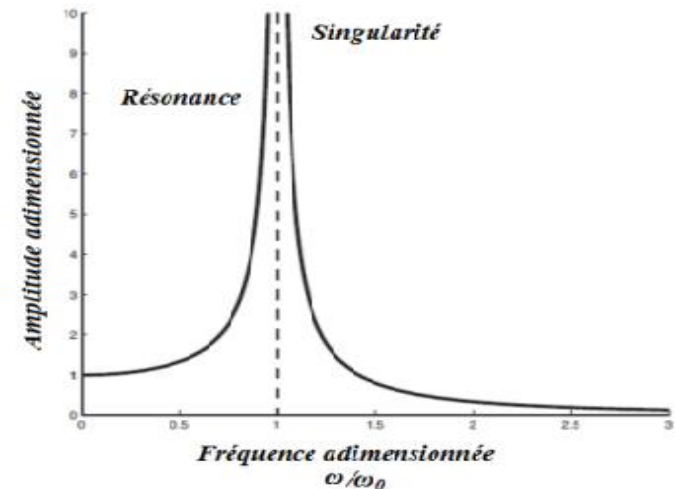
$$\underline{x}(t) = X_0 \cdot \exp(j\omega t + \varphi)$$

et

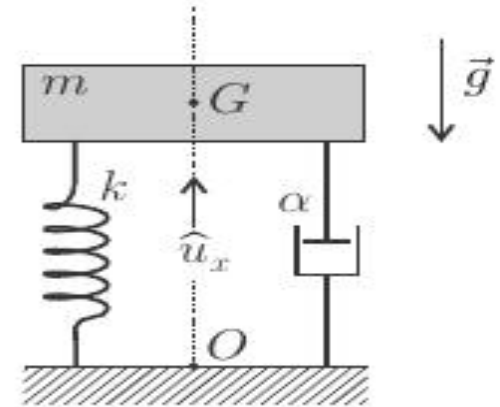
$$X_0(\omega) = \frac{Fm}{|\omega^2 - \omega_0^2|}$$

→ Effondrement du bâtiment

$X_0(\omega) \rightarrow \infty$ lorsque $\omega \rightarrow \omega_0$



- Modélisation 2:



- PFD: $\sum \vec{F}_{ext} = m \cdot \vec{a}$

$\longrightarrow m \cdot \vec{a} = \vec{T} + \vec{P} + \vec{f} + \vec{F}$

Projection sur l'axe (O, \vec{u}_x) : $m \cdot \ddot{X} + \alpha \cdot \dot{X} + k \cdot X = F$

Phénomène de résonance : (cas sinusoïdal)

On se place dans un régime sinusoïdale forcé .

$$\underline{F}(t) = Fm.\exp(j\omega t) \text{ et } \underline{X}(t) = Xm.\exp(j\omega t + \varphi)$$

On remplace $X(t)$ dans l'équation différentielle :

$$m.\ddot{\underline{X}} + \alpha.\dot{\underline{X}} + k.\underline{X} = F$$

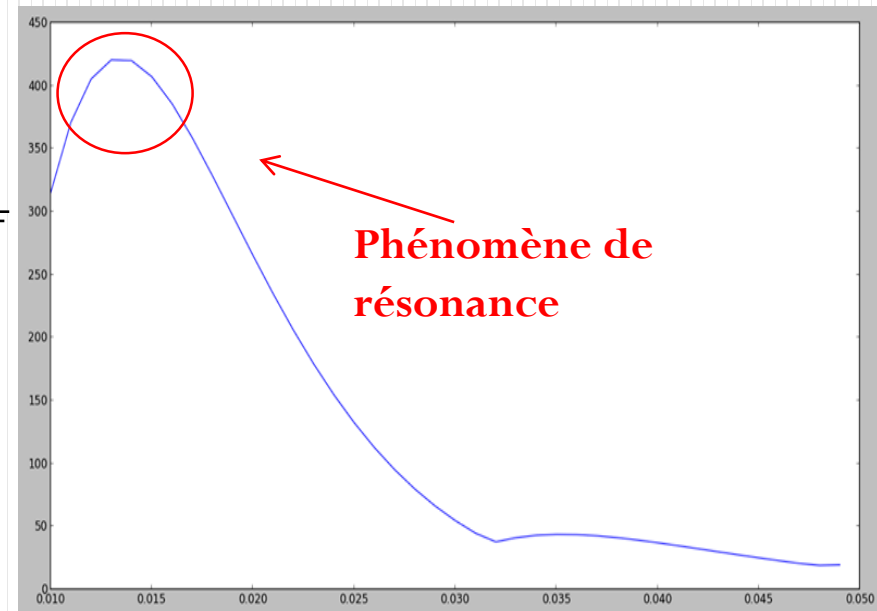
$$H(j\omega) = \left| \frac{\underline{X}}{\underline{F}} \right| = \frac{1}{\sqrt{(k - m\omega^2)^2 + (\omega.\alpha)^2}}$$

La pulsation propre:

$$\omega_o = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

La pulsation de résonance:

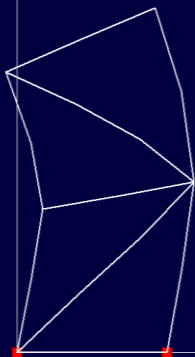
$$\Omega_r = \sqrt{\frac{k}{m} - \frac{\alpha^2}{2m^2}}$$



Courbe de résonance obtenue avec
Python

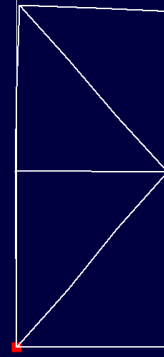
Observations des modes propres avec RDM7 :

Mode 1 :



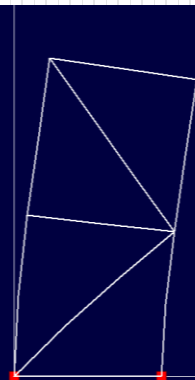
Mode 3 : Fréquence = 24353.000 Hz

Mode 2 :



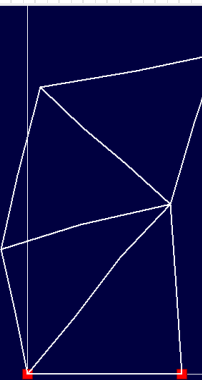
Mode 2 : Fréquence = 15275.000 Hz

Mode 3 :



Mode 1 : Fréquence = 7038.300 Hz

Mode 4 :



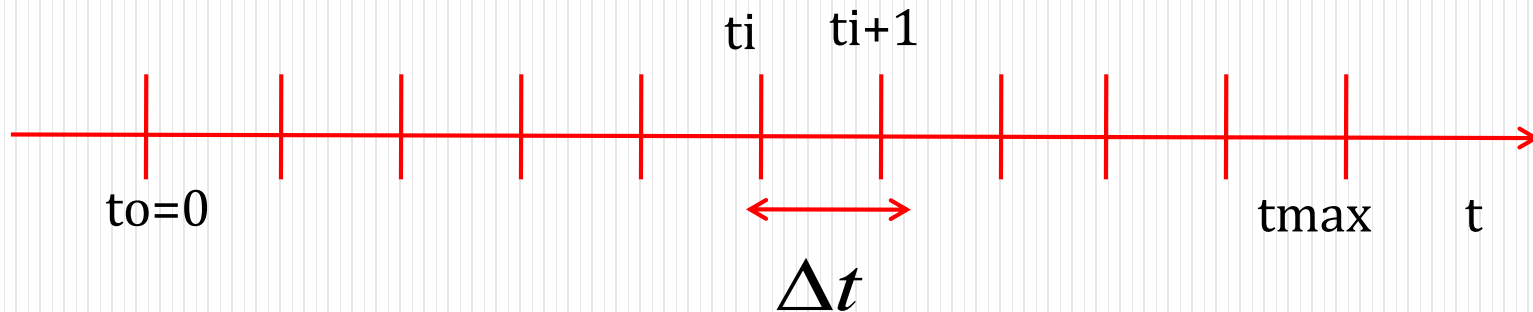
Mode 4 : Fréquence = 39898.000 Hz

Mode	1	2	3	4
Fréquence (Hz)	7038,3	15275,0	24353,0	39898,0

Méthode de résolution numérique

- **La méthode d'Euler explicite :**

- Idée : $\dot{X}=V$
- Hypothèse : $X(t)$ est de classe $C1$ entre $[t_0 ; t_{\max}]$



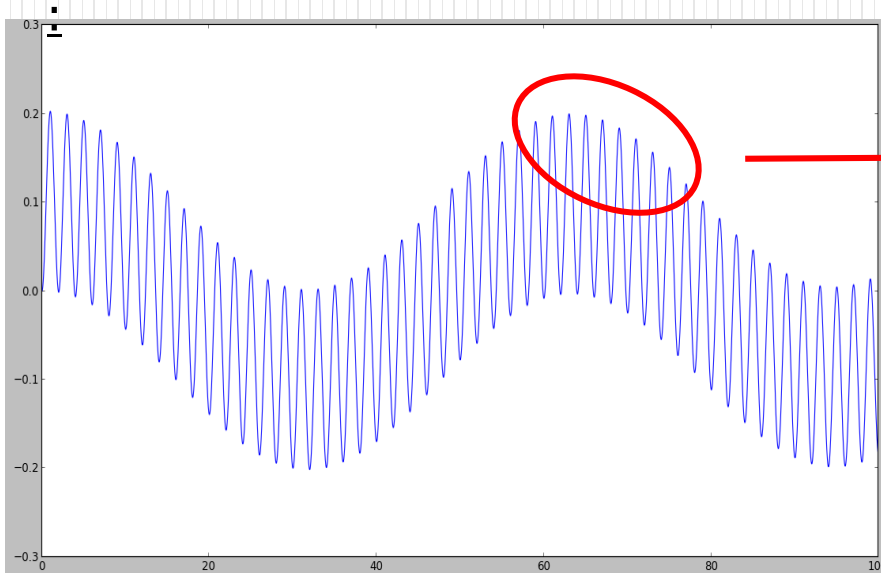
- La formule de Taylor à l'ordre 1 :

$$X(ti + \Delta t) \stackrel{\Delta t \ll 1}{=} X(ti) + \Delta t \cdot \frac{dX}{dt} + O(\Delta t^2)$$

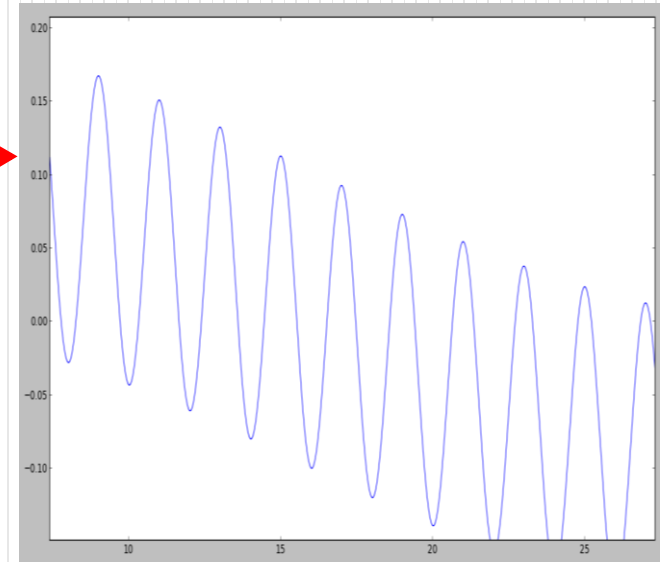
- Schéma numérique :

$$\begin{cases} Vi + 1 = Vi + \frac{\Delta t}{m} . (Fi - \alpha . Vi - k . Xi) \\ Xi + 1 = Xi + \Delta t . Vi \end{cases}$$

- Courbe obtenue avec python



Zoom



- La méthode d'Euler n'est pas précise.
- Alternative : méthode de Runge-kutta 2 et Runge-kutta 4 .

V-Conclusion et critiques :

Afin d'éviter les dégâts:

- Il faut que l'effort maximal appliqué soit supérieure à la force du séisme.
- Il faut que la fréquence du bâtiment soit différente de sa fréquence propre .

