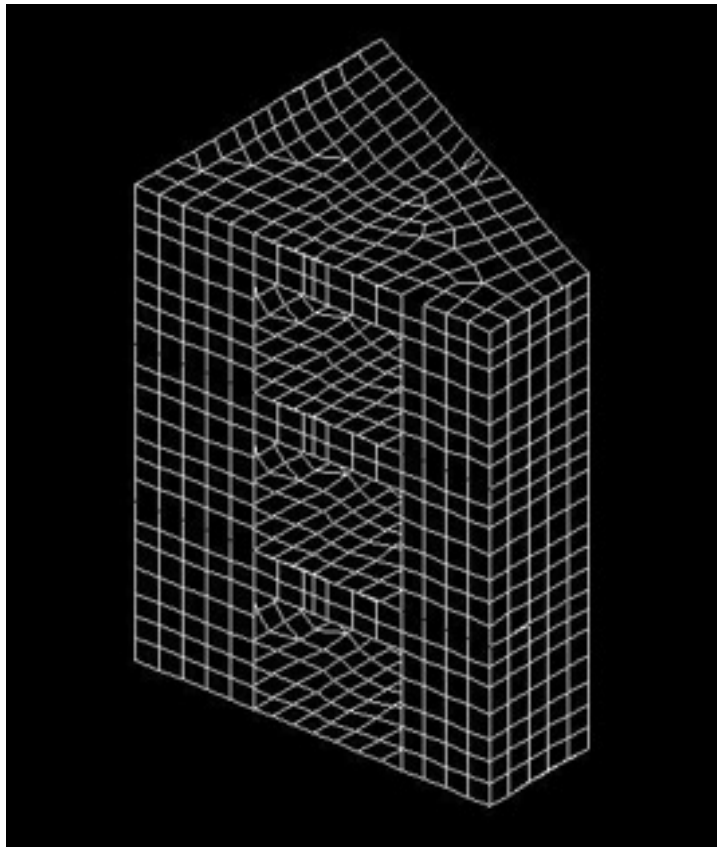


# PROJET SMART

---

Bâtiment sous charges sismiques



## INTRODUCTION

Au cours de notre cinquième année de l'ISA-BTP, nous avons suivi une formation théorique d'environ 20 heures portant sur les éléments finis en mécanique. Afin de mettre à profit ce cours, nous avons appris à nous servir d'un code de calcul CASTEM .

Afin d'acquérir les bases de code nous avons donc effectué un projet faisant appel au calcul aux éléments finis.

Dans cette optique, nous avons procédé à l'analyse d'une structure en 3D faisant face à un séisme.

En conséquence, notre projet s'articulera autour de trois parties principales. Dans un premier temps, il exposera les procédures mises en œuvre pour la modélisation du bâtiment ainsi que les différents problèmes rencontrés lors de celle-ci. Puis, dans un second temps, ce rapport présentera les hypothèses et les paramètres utilisés pour réaliser les calculs. Enfin, notre étude se terminera par une analyse sismique et une interprétation des résultats obtenus.

# 1ère Partie: MODELISATION DE LA STRUCTURE

## A-PRESENTATION DU BATIMENT

### 1-Généralités

Le bâtiment que nous avons étudié s'appuie sur une maquette effectuée pour le projet expérimental SMART 2013.

### 2-Caractéristiques géométriques

Ce bâtiment se présentant sous forme trapézoïdale est composé de 3 niveaux en béton non armé.

Chaque niveau se compose de voiles porteurs, d'un poteau sur le côté ouvert du bâtiment et d'une poutre reliant le poteau au mur ceci permettant la tenue du plancher.

Les dimensions du bâtiment sont les suivantes:

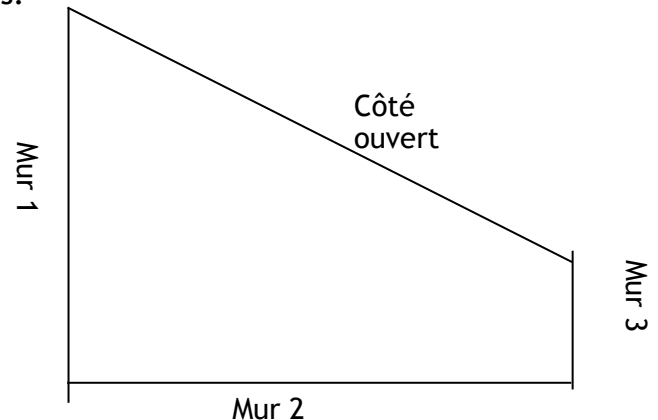
- Longueur Mur 1 = 2,50m
- Longueur Mur 2 = 3m
- Longueur Mur 3 = 1m
- Longueur côté ouvert = 2,80m
- Hauteur = 3,65m

Section des différents éléments:

- Voile = 10x120cm
- Poutre = 15x32,5cm
- Poteau = 20x20 cm
- Plancher: ep. 10cm

Dimensions des ouvertures:

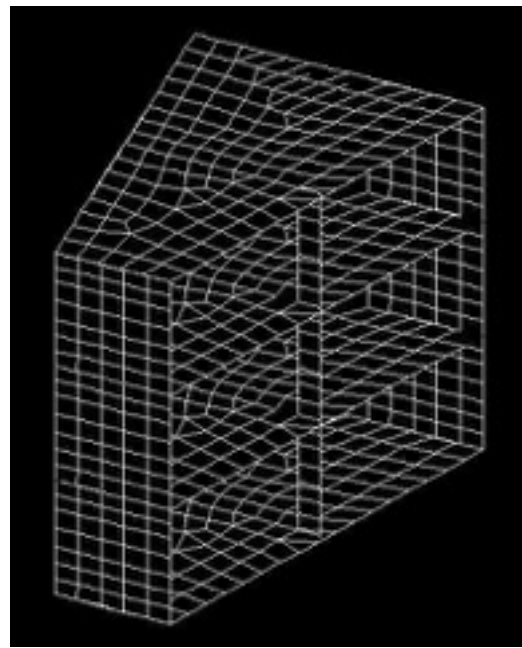
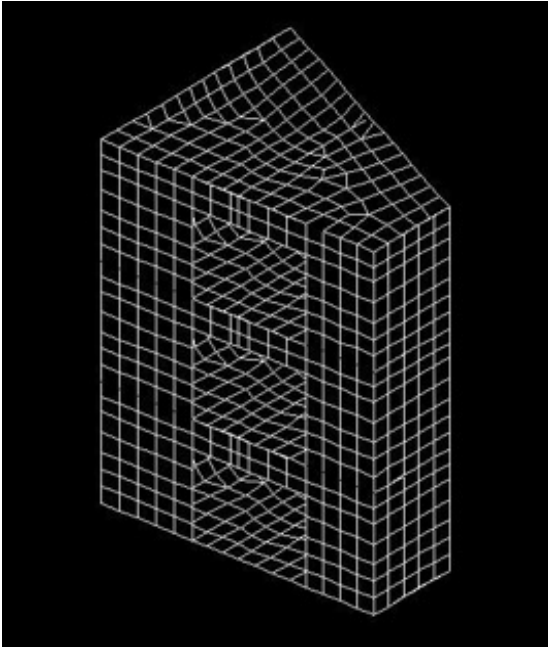
- Ouverture n° 1 = 50x50cm
- Ouverture n° 2 = 125x90cm



## B-PROCEDURE DE MODELISATION

Figure 1: Maquette étudiée

Voir directement notre programme en annexe.



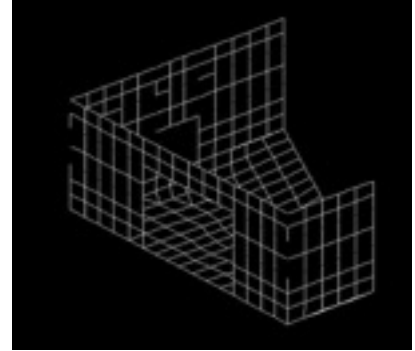
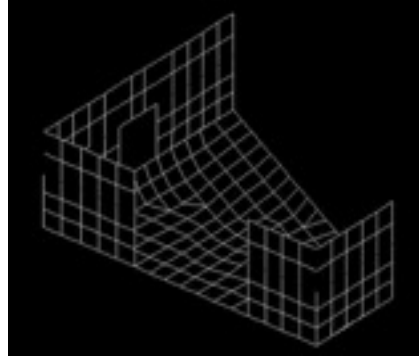
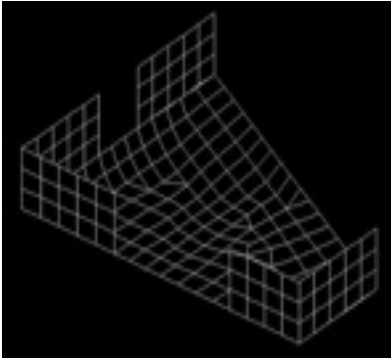
## C-LES DIFFICULTES RENCONTREES

### Liaison entre le maillage de la dalle et le poteau:

Au départ nous avons créé la dalle en fonction de son contour. Cependant, nous avons constaté que la modélisation du poteau n'était pas reliée au maillage de la dalle, le logiciel a donc considéré qu'il s'agissait de deux éléments disjoints. Pour corriger cela, nous avons donc construit 4 contours de dalle se rejoignant au niveau du poteau ce qui a conduit à une cohérence du maillage.

### Création des ouvertures:

Toujours dans un souci de cohérence et continuité de maillage nous avons dû construire nos murs en plusieurs étapes en fonction des dimensions des ouvertures.



### Création de la poutre et du poteau:

De-même que précédemment, le poteau et la poutre on était modélisés de façon continu par rapport au maillage du reste du bâtiment.

### Duplication des niveaux:

La duplication a provoqué la superposition de plusieurs points ce qui a engendré une sur-utilisation de la mémoire. Pour palier cela, nous avons utilisé la fonction "elim".

## 2ème Partie: LES HYPOTHESES ET LES PARAMETRES DE CALCULS

Nous avons effectué notre modèle avec une densité= 0,2. Nous avons essayé de réduire la densité, donc le maillage, pour avoir des résultats plus précis mais les calculs étant trop lourds nous sommes restés avec la densité initiale qui nous semble précise dans les résultats obtenus.

### A- Caractéristiques mécaniques

Hypothèses effectuées:

- Comportement élastique
- Masse volumique  $\rho = 2300 \text{ kg/m}^3$
- Module d'Young du béton = 32 MPA
- Coefficient de Poisson  $\nu = 0,2$

*Exemple extrait de notre programme:*

```
MOD1=MODELE GROUP1 MECANIQUE ELASTIQUE COQ4 COQ3;  
MAT1= MATE MOD1 YOUN 3.2E10 NU 0.2 EPAI EP1 RHO 2300;  
RIG1= RIGI MOD1 MAT1;
```

Remarque: les différents éléments (voiles, poteau, poutre, plancher) ont été définis avec des éléments de type coq3/coq4.

### B-Définition des conditions limites

Dans un souci de simplification nous n'avons pas modélisé les fondations du bâtiment, c'est pourquoi les appuis sont définis au niveau des droites du contour du niveau 0.

\*Conditions aux limites;

\*

```
CL1= BLOQ (D1 ET D2 ET D3 ET D4 ET D5 ET D6 ET D7 ET D8) Ux Uy Uz;  
CL2= BLOQ P8 Ux Uy Uz;
```

## 3ème Partie: LES RESULTATS OBTENUS ET LEUR ANALYSE

### A-Analyse modale

Avant d'effectuer l'analyse sismique du bâtiment, nous avons effectué une analyse modale afin de calculer les modes propres de la structure.

Pour cela, nous avons donc utilisé la fonction VIBRATION sur un intervalle de 100 fréquences.

\*Calcul des modes propres;

\*

SOL1= VIBR INTER 0. 100. MASTot RIGtot1;

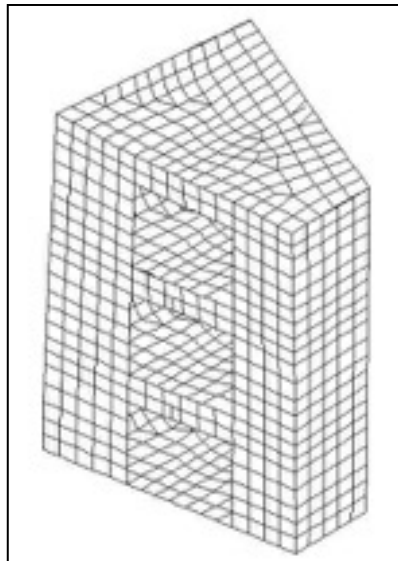
Sur cet intervalle 7 modes propres ont été calculés.

Puis nous avons déterminé le déplacement dû au premier mode (rang 1)

DEP1=TIRE SOL1 DEPLACEMENTS RANG 1;

DEF1=DEFO DEP1 TOUT;

TRAC DEF1 cach;



#### Interprétation:

Nous constatons une rotation du plancher haut, les points du bas étant bloqués, cela engendre de la torsion.

Cette torsion est certainement la conséquence du manque de mur (côté ouvert) donc d'un manque de contreventement.

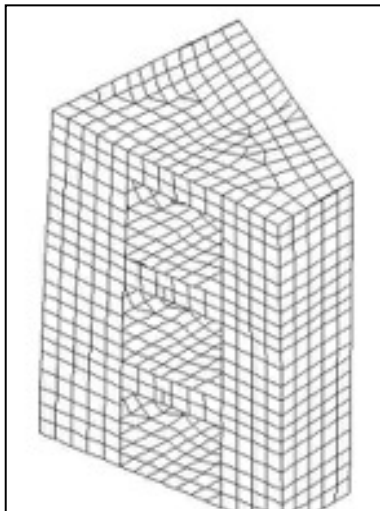


Figure 2: Mode 1

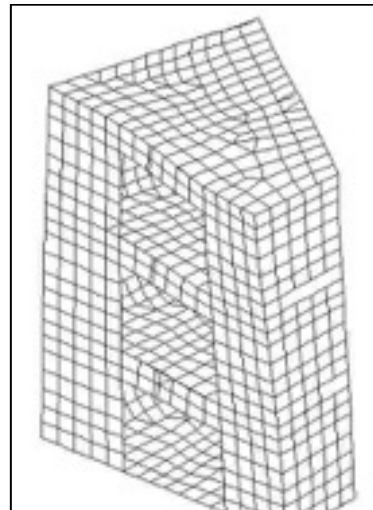


Figure 3: Mode 3

Ci-dessus la déformée suivant le 1er et le 3eme mode. On constate logiquement une différence dans la déformée de la structure (la déformée est dessinée avec une amplitude de 0,36).

La rotation est encore plus évidente avec le mode 3.

## B-Analyse sismique

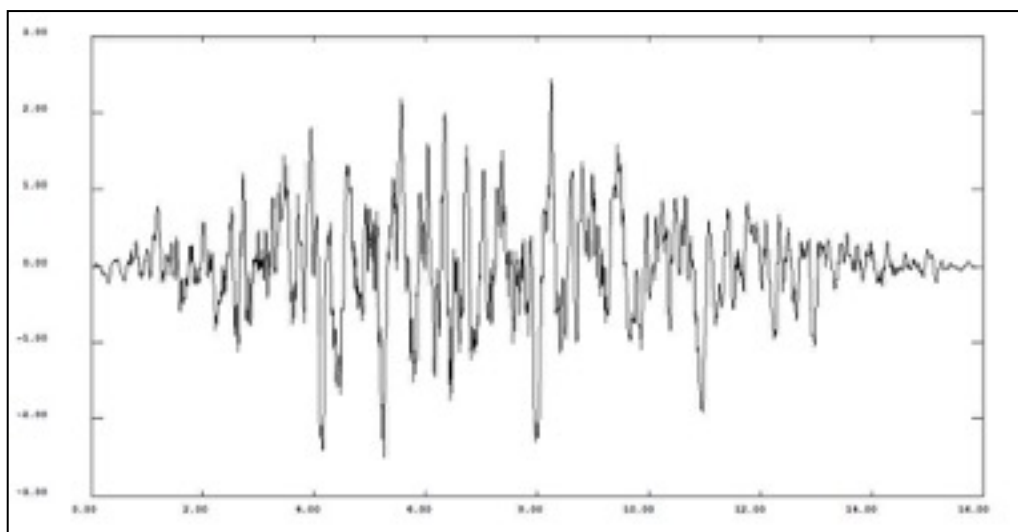
Nous avons appliqué un séisme suivant l'axe x .

```
CHX=MANU CHPO TOUT 'UX' 1.;
FX=-1.*MAStot*CHX;
char1=chargement FX EVOLA 'MECA';
```

1ère ligne: création d'un champ de points

2ème ligne: création de la force à appliquer sur ce champ

3ème ligne: évolution du chargement (dû à la force) en fonction du temps



Pour étudier le déplacement de notre bâtiment, nous avons réduit notre étude aux points d'extrémité du plancher haut qui est représentatif du déplacement global de la structure, les points du bas étant bloqués.



Ci-dessous le programme avec les points étudiés:

```
Point1=TOUT POINT PROCH (0. 0. (L8*NZ));  
point0=group1 pointT proch (p0 plus (3*vec6));  
POINT2=group1 pointT proch (p6 plus (3*vec6));  
POINT3=group1 pointT proch (p7 plus (3*vec6));
```

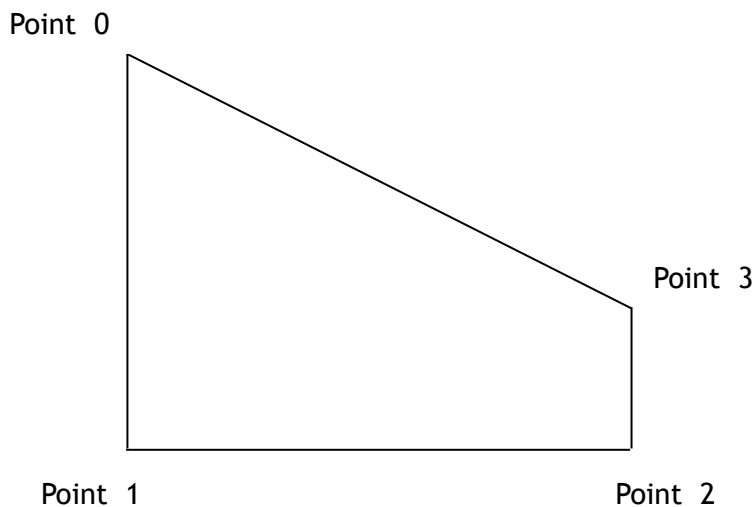
\*

\*evolution du déplacement des points 0,1 2, 3 selon les axes x et y

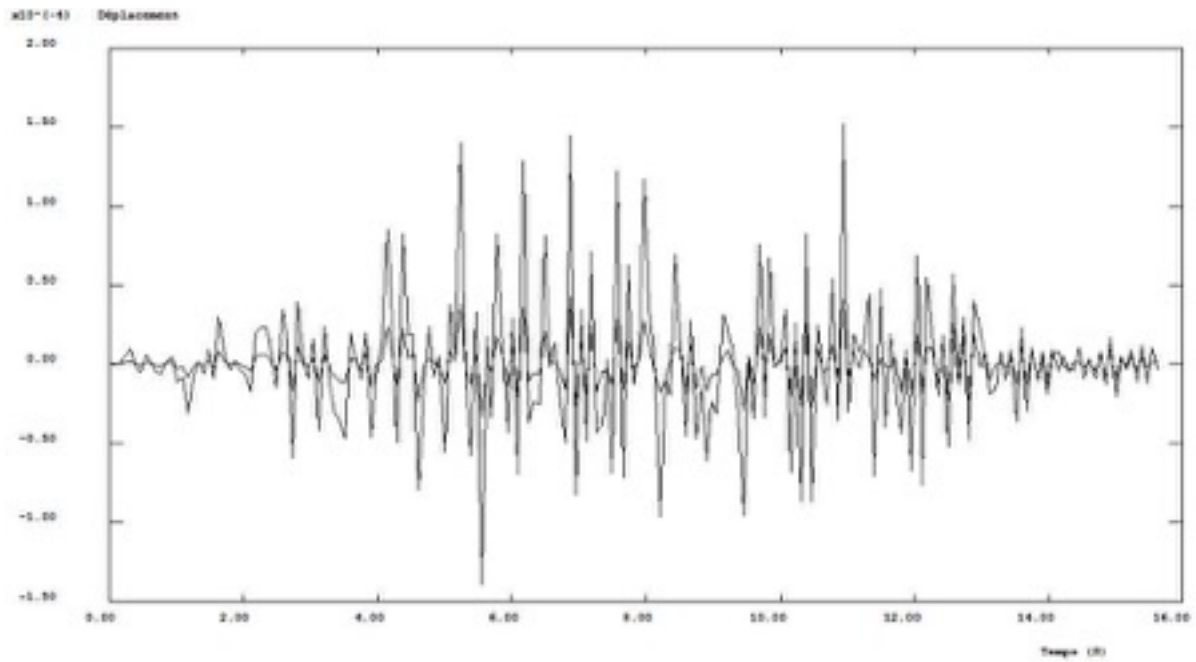
\*

```
EV0x=EVDEP Point0 TAB1 'UX';  
ev0y=EVDEP Point0 TAB1 'UY';  
EV1x=EVDEP Point1 TAB1 'UX';  
ev1y=EVDEP Point1 TAB1 'UY';  
EV2x=EVDEP Point2 TAB1 'UX';  
EV2y=EVDEP Point2 TAB1 'UY';  
EV3x=EVDEP Point3 TAB1 'UX';  
EV3y=EVDEP Point3 TAB1 'UY';
```

Schéma du plancher haut:



Graphique des déplacements du point 1 sur 16 secondes:

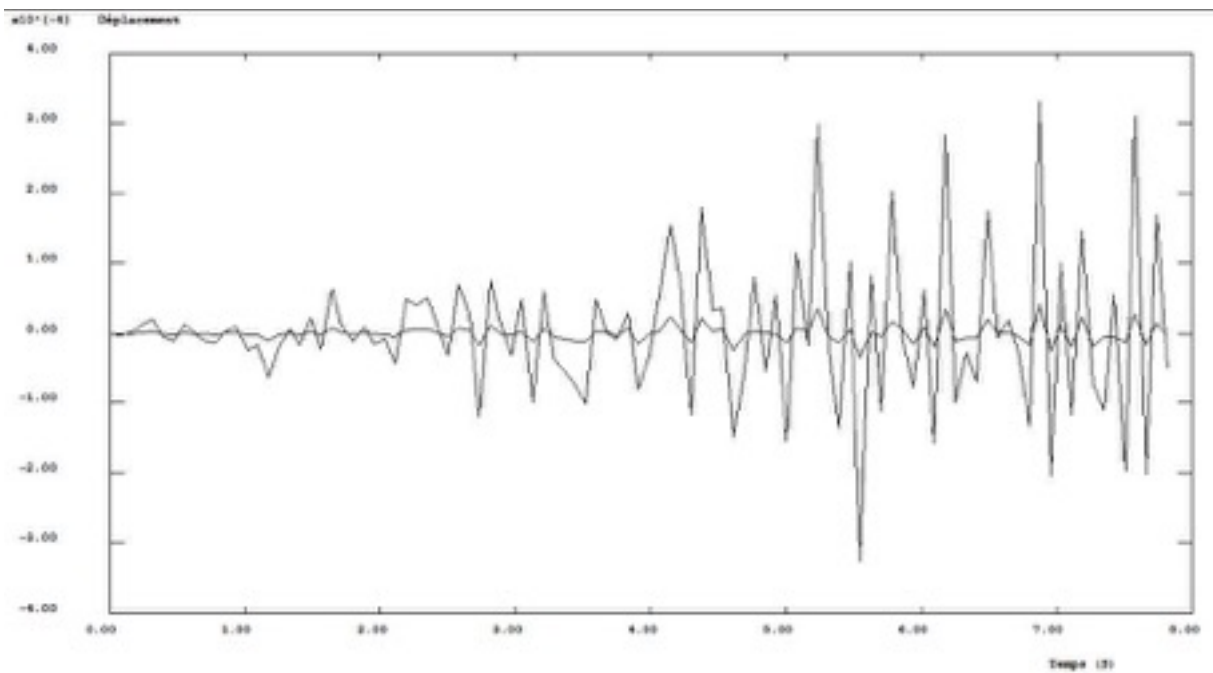


On constate une atténuation des oscillations des déplacements au bout de certain temps.

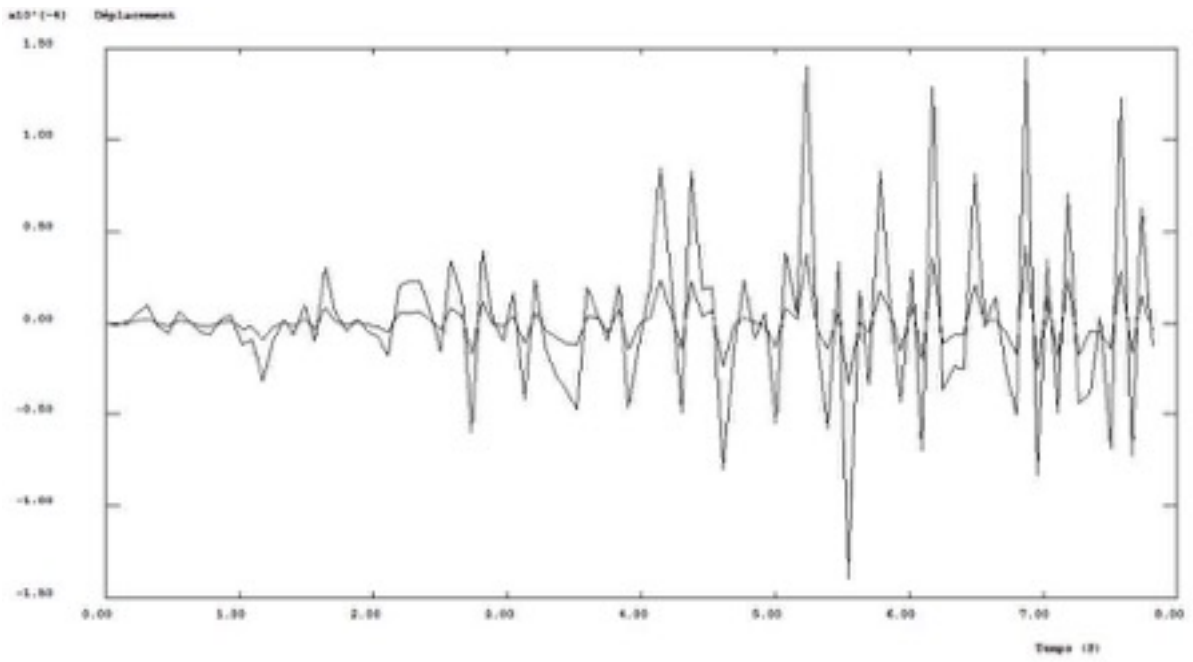
Dans un souci d'alléger les calculs nous avons travaillé sur un intervalle de 8 secondes.

Ci-dessous les graphiques des déplacements suivant le temps:

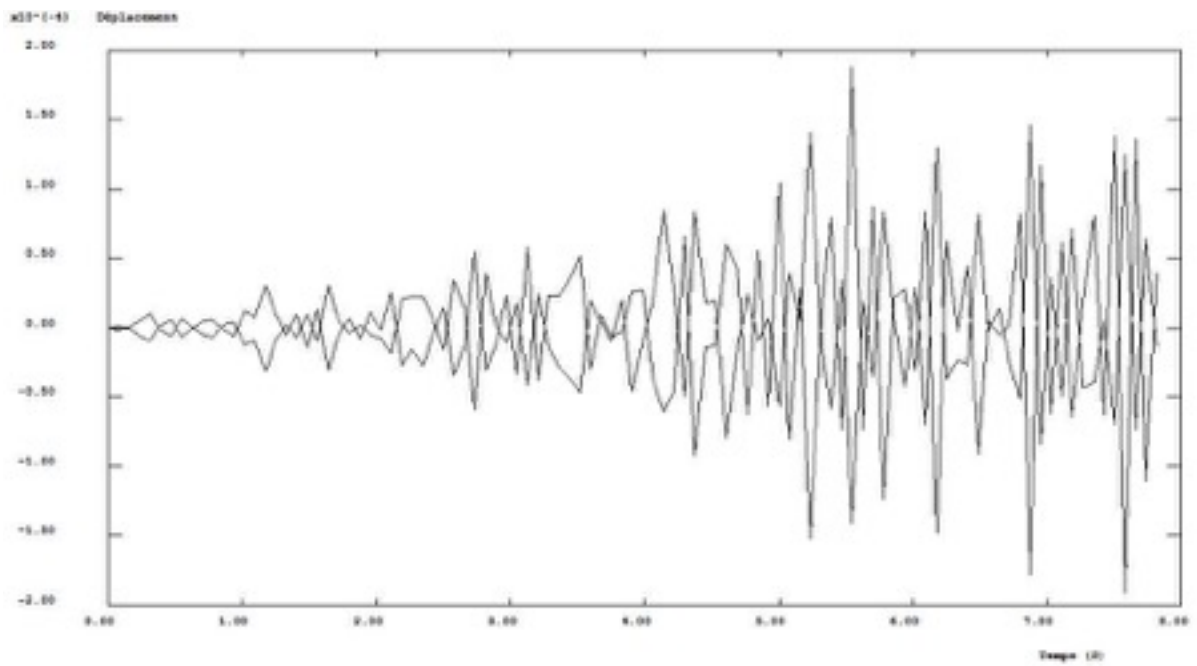
Déplacements point 0:



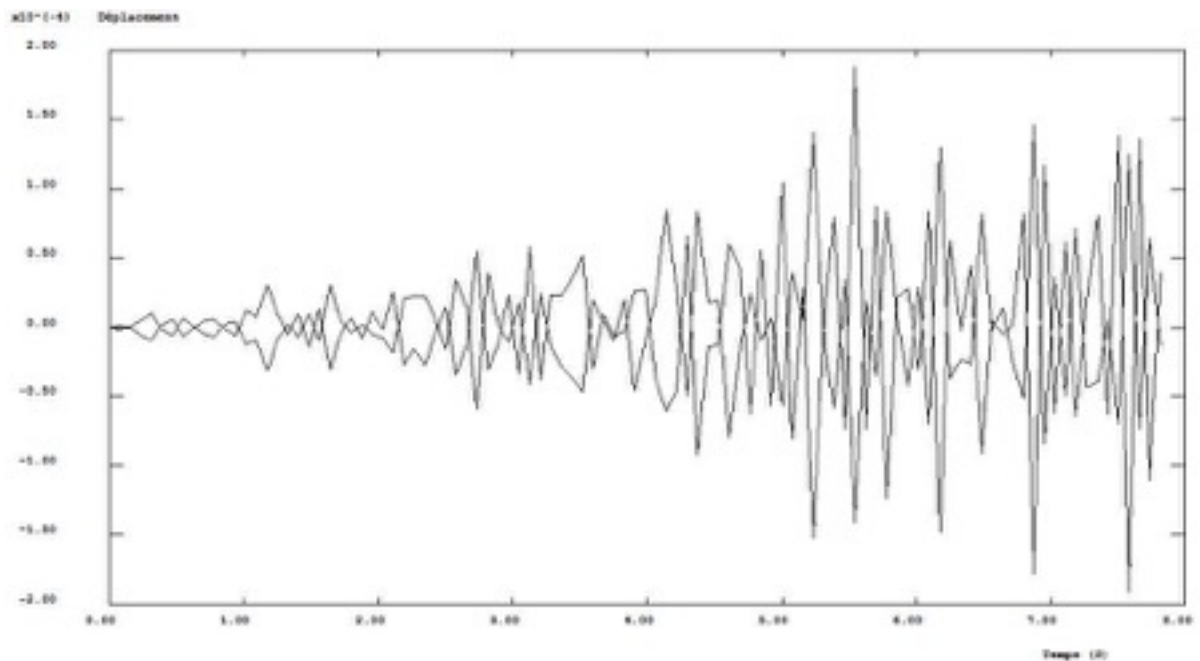
Déplacements point 1:



Déplacements point 2:



Déplacements point 3:



Interprétation:

Pour les points 0 et 1 on constate un déplacement significatif selon l'axe x alors que le déplacement selon l'axe y reste minime.

Au contraire pour les points deux et trois les déplacements sont importants selon les deux axes.

De ces constatations on peut en déduire que notre bâtiment subit de la torsion.

Ci-dessous le tableau des déplacements des points en fonction du temps:

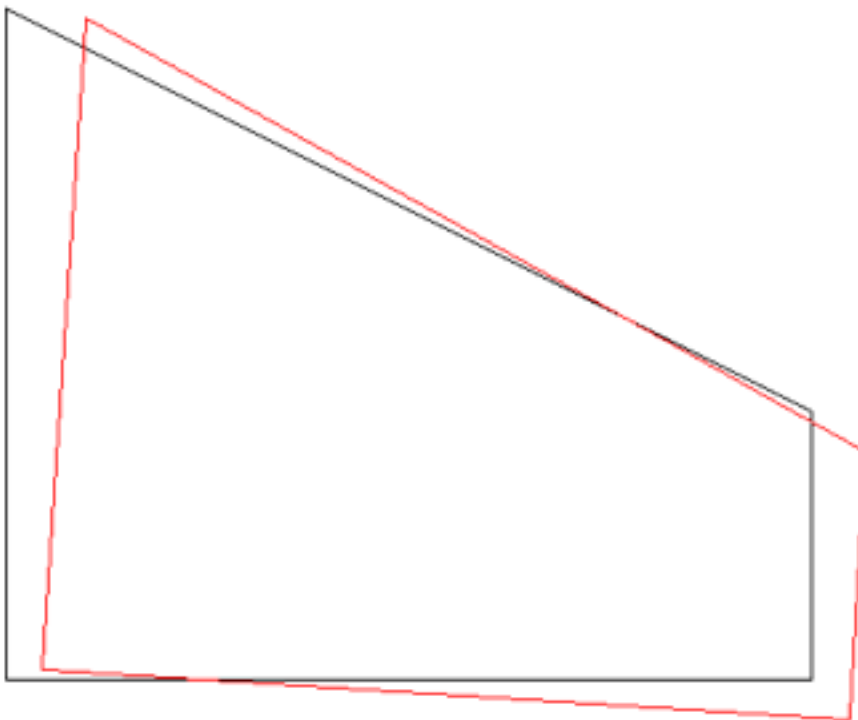
Temps (s)	Déplacement des points (m)							
	0 suivant x	0 suivant y	1 suivant x	1 suivant y	2 suivant x	2 suivant y	3 suivant x	3 suivant y
7.81250E-02	-2.29008E-06	-3.03179E-07	-1.13832E-06	-3.03740E-07	-1.14148E-06	1.07268E-06	-1.59502E-06	1.07585E-06
0.15625	4.34390E-07	6.38598E-08	2.44032E-07	6.38259E-08	2.43360E-07	-1.66053E-07	3.19762E-07	-1.66524E-07
0.23438	1.11034E-05	1.45656E-06	5.45848E-06	1.45959E-06	5.47654E-06	-5.28128E-06	7.69629E-06	-5.29697E-06
0.31250	1.99833E-05	2.63412E-06	9.88793E-06	2.63921E-06	9.91759E-06	-9.42143E-06	1.38905E-05	-9.44938E-06
0.39063	-2.67116E-06	-3.73643E-07	-1.42376E-06	-3.73774E-07	-1.42316E-06	1.12504E-06	-1.91919E-06	1.12831E-06
0.46875	-1.16749E-05	-1.48843E-06	-5.53635E-06	-1.49271E-06	-5.56443E-06	5.82062E-06	-7.96812E-06	5.83806E-06
0.54688	1.37300E-05	1.76044E-06	6.53892E-06	1.76543E-06	6.57056E-06	-6.80435E-06	9.38801E-06	-6.82470E-06
0.62500	1.65864E-06	2.33888E-07	9.51695E-07	2.33275E-07	9.48702E-07	-6.21817E-07	1.23276E-06	-6.23625E-07
0.70313	-1.02823E-05	-1.33534E-06	-5.09633E-06	-1.33734E-06	-5.11193E-06	4.85800E-06	-7.15194E-06	4.87250E-06
0.78125	-1.25605E-05	-1.69951E-06	-6.27246E-06	-1.70325E-06	-6.28749E-06	5.81497E-06	-8.76686E-06	5.83204E-06
0.85938	4.00424E-06	6.10915E-07	2.18623E-06	6.11910E-07	2.18168E-06	-1.57892E-06	2.90985E-06	-1.58328E-06
0.93750	9.75552E-06	1.16009E-06	4.44483E-06	1.16340E-06	4.47795E-06	-5.14703E-06	6.54592E-06	-5.16277E-06
1.0156	-2.42148E-05	-3.05927E-06	-1.15577E-05	-3.06651E-06	-1.16141E-05	1.20170E-05	-1.65712E-05	1.20531E-05
1.0938	-1.72513E-05	-2.36849E-06	-8.81418E-06	-2.37244E-06	-8.82603E-06	7.73250E-06	-1.21628E-05	7.75505E-06
1.1719	-6.47513E-05	-8.50696E-06	-3.19830E-05	-8.52317E-06	-3.20824E-05	3.06181E-05	-4.49738E-05	3.07092E-05
1.2500	-2.00279E-05	-2.51373E-06	-9.31947E-06	-2.52216E-06	-9.37537E-06	1.02222E-05	-1.35605E-05	1.02529E-05
1.3281	6.49270E-06	5.85610E-07	2.01941E-06	5.93435E-07	2.08265E-06	-4.65084E-06	3.78283E-06	-4.66544E-06
1.4063	-1.62115E-05	-1.77590E-06	-6.39695E-06	-1.78857E-06	-6.49384E-06	9.80070E-06	-1.02745E-05	9.83085E-06
1.4844	2.27923E-05	2.62559E-06	9.46733E-06	2.64153E-06	9.58156E-06	-1.31270E-05	1.47358E-05	-1.31671E-05
1.5625	-2.24645E-05	-2.65661E-06	-9.44276E-06	-2.67296E-06	-9.54881E-06	1.27468E-05	-1.45934E-05	1.27854E-05
1.6406	6.35773E-05	8.26517E-06	3.03462E-05	8.29087E-06	3.04858E-05	-3.13226E-05	4.35160E-05	-3.14156E-05
1.7188	1.15413E-05	1.31888E-06	5.70804E-06	1.31608E-06	5.73258E-06	-5.64228E-06	8.01469E-06	-5.66009E-06
1.7969	-1.03250E-05	-8.35705E-07	-3.96777E-06	-8.36454E-07	-4.04428E-06	6.64857E-06	-6.47025E-06	6.67055E-06
1.8750	9.28819E-06	4.33940E-07	2.48933E-06	4.37869E-07	2.60972E-06	-7.49040E-06	5.15688E-06	-7.51588E-06
1.9531	-1.43290E-05	-9.10352E-07	-4.22441E-06	-9.18728E-07	-4.38747E-06	1.08928E-05	-8.19510E-06	1.09291E-05
2.0313	-7.74349E-06	-2.10077E-06	-7.23777E-06	-2.09502E-06	-7.08326E-06	-1.18441E-06	-7.47853E-06	-1.19235E-06
2.1094	-4.28707E-05	-4.55985E-06	-1.74541E-05	-4.58175E-06	-1.76980E-05	2.54475E-05	-2.74891E-05	2.55275E-05
2.1875	4.85754E-05	5.47067E-06	2.04812E-05	5.49564E-06	2.07213E-05	-2.77522E-05	3.15820E-05	-2.78386E-05
2.2656	4.06711E-05	5.98434E-06	2.29702E-05	5.98205E-06	2.28988E-05	-1.54167E-05	3.00168E-05	-1.54593E-05
2.3438	5.07858E-05	6.41965E-06	2.29885E-05	6.44636E-06	2.31583E-05	-2.65754E-05	3.39915E-05	-2.66561E-05
2.4219	1.24212E-05	1.47701E-06	7.24171E-06	1.46664E-06	7.21883E-06	-4.81378E-06	9.29942E-06	-4.82767E-06
2.5000	-3.10404E-05	-3.49862E-06	-1.54403E-05	-3.49288E-06	-1.54970E-05	1.51446E-05	-2.16157E-05	1.51906E-05
2.5781	7.05974E-05	8.39690E-06	3.44470E-05	8.39915E-06	3.45938E-05	-3.47349E-05	4.87605E-05	-3.48402E-05
2.6563	2.76274E-05	4.71343E-06	1.41194E-05	4.74101E-06	1.41146E-05	-1.14538E-05	1.94987E-05	-1.14848E-05
2.7344	-1.19454E-04	-1.70168E-05	-5.98010E-05	-1.70707E-05	-5.99166E-05	5.42796E-05	-8.34822E-05	5.44367E-05
2.8125	7.54791E-05	1.16315E-05	3.93973E-05	1.16707E-05	3.93823E-05	-3.16401E-05	5.37485E-05	-3.17284E-05
2.8906	1.34246E-05	-4.36625E-07	2.51213E-06	-4.45030E-07	2.75576E-06	-1.30959E-05	6.77223E-06	-1.31424E-05
2.9688	-3.10740E-05	-1.47602E-06	-9.34343E-06	-1.48098E-06	-9.70000E-06	2.39295E-05	-1.78747E-05	2.40098E-05
3.0469	4.83312E-05	3.57120E-06	1.65986E-05	3.58861E-06	1.70369E-05	-3.36612E-05	2.90849E-05	-3.37714E-05
3.1250	-9.97456E-05	-1.04912E-05	-4.17019E-05	-1.05277E-05	-4.22267E-05	5.81287E-05	-6.46203E-05	5.83114E-05
3.2031	6.18040E-05	6.02841E-06	2.38980E-05	6.05715E-06	2.43146E-05	-3.86283E-05	3.88464E-05	-3.87518E-05
3.2813	-3.56348E-05	-3.43691E-06	-1.29439E-05	-3.45805E-06	-1.32208E-05	2.32267E-05	-2.18852E-05	2.33019E-05
3.3594	-5.54880E-05	-7.56303E-06	-2.96987E-05	-7.56693E-06	-2.96800E-05	2.34498E-05	-3.99482E-05	2.35161E-05
3.4375	-7.41244E-05	-1.05356E-05	-3.67568E-05	-1.05644E-05	-3.68497E-05	3.40778E-05	-5.15781E-05	3.41790E-05
3.5156	-1.00568E-04	-1.14680E-05	-4.71585E-05	-1.14857E-05	-4.74513E-05	5.20968E-05	-6.82967E-05	5.22545E-05
3.5938	4.89803E-05	3.88212E-06	1.99635E-05	3.88535E-06	2.02663E-05	-3.04058E-05	3.14073E-05	-3.05016E-05
3.6719	-1.32177E-06	2.91900E-06	4.48351E-06	2.93144E-06	4.20352E-06	9.41172E-06	2.25716E-06	9.44688E-06
3.7500	-8.17196E-06	-4.51172E-06	-9.71515E-06	-4.52952E-06	-9.41909E-06	-5.86748E-06	-9.18833E-06	-5.89324E-06
3.8281	2.89626E-05	7.45454E-06	2.04100E-05	7.47879E-06	2.01233E-05	-3.28189E-06	2.38924E-05	-3.28253E-06
3.9063	-8.00718E-05	-1.43136E-05	-4.62631E-05	-1.43487E-05	-4.60269E-05	2.66331E-05	-5.97647E-05	2.67025E-05
3.9844	-3.27237E-05	-4.90193E-07	-8.65413E-06	-4.90561E-07	-9.09453E-06	2.75998E-05	-1.80941E-05	2.76917E-05

4.0625	5.33597E-05	3.38640E-06	1.84786E-05	3.39908E-06	1.89600E-05	-3.75799E-05	3.22061E-05	-3.77011E-05
4.1406	1.55529E-04	2.37534E-05	8.48102E-05	2.37866E-05	8.46525E-05	-6.13780E-05	1.12943E-04	-6.15514E-05
4.2188	7.35949E-05	6.84366E-06	2.80034E-05	6.88288E-06	2.85120E-05	-4.68699E-05	4.59898E-05	-4.70167E-05
4.2969	-1.16642E-04	-1.31950E-05	-4.95371E-05	-1.32577E-05	-5.00815E-05	6.62309E-05	-7.60674E-05	6.64332E-05
4.3750	1.80015E-04	2.27241E-05	8.28911E-05	2.28092E-05	8.34189E-05	-9.27298E-05	1.21356E-04	-9.30071E-05
4.4531	3.27074E-05	3.69175E-06	1.85809E-05	3.66219E-06	1.85622E-05	-1.33667E-05	2.41754E-05	-1.34094E-05
4.5313	3.60130E-05	7.06849E-06	1.94806E-05	7.11347E-06	1.93951E-05	-1.28498E-05	2.60943E-05	-1.28793E-05
4.6094	-1.49504E-04	-2.37686E-05	-8.01267E-05	-2.38371E-05	-7.99853E-05	5.96594E-05	-1.07748E-04	5.98220E-05
4.6875	-4.92992E-05	-6.46069E-07	-1.28941E-05	-6.41080E-07	-1.35898E-05	4.17679E-05	-2.71533E-05	4.19122E-05
4.7656	8.04356E-05	3.30834E-06	2.36560E-05	3.32495E-06	2.46199E-05	-6.30189E-05	4.59430E-05	-6.32312E-05
4.8438	-5.57047E-05	7.97447E-07	-8.27783E-06	7.75016E-07	-9.35172E-06	5.56734E-05	-2.68253E-05	5.58670E-05
4.9219	5.38728E-05	-1.25247E-06	5.71188E-06	-1.21875E-06	6.85412E-06	-5.68556E-05	2.45385E-05	-5.70536E-05
5.0000	-1.54445E-04	-1.24887E-05	-5.55032E-05	-1.25589E-05	-5.67803E-05	1.03758E-04	-9.44734E-05	1.04093E-04
5.0781	1.14560E-04	8.54218E-06	3.81600E-05	8.60839E-06	3.92478E-05	-8.10008E-05	6.82305E-05	-8.12647E-05
5.1563	-1.65120E-05	2.37622E-06	6.00736E-06	2.33247E-06	5.29120E-06	2.79667E-05	-2.76109E-06	2.80668E-05
5.2344	2.99154E-04	3.74469E-05	1.39757E-04	3.75625E-05	1.40589E-04	-1.52131E-04	2.02874E-04	-1.52591E-04
5.3125	-2.11584E-05	-4.04272E-06	-1.08102E-05	-4.07558E-06	-1.08030E-05	8.31780E-06	-1.49373E-05	8.34017E-06
5.3906	-1.36588E-04	-1.34249E-05	-5.81535E-05	-1.34470E-05	-5.88436E-05	7.94194E-05	-8.91180E-05	7.96685E-05
5.4688	1.01895E-04	6.04573E-06	3.35337E-05	6.06895E-06	3.45429E-05	-7.40983E-05	6.04129E-05	-7.43412E-05
5.5469	-3.26479E-04	-3.36926E-05	-1.39712E-04	-3.37772E-05	-1.41303E-04	1.87402E-04	-2.13473E-04	1.87988E-04
5.6250	8.18393E-05	6.67539E-07	1.75341E-05	6.82465E-07	1.88303E-05	-7.40806E-05	4.27193E-05	-7.43331E-05
5.7031	-1.12774E-04	-4.92034E-06	-3.42462E-05	-4.93209E-06	-3.55306E-05	8.69322E-05	-6.50781E-05	8.72226E-05
5.7813	2.03538E-04	1.79550E-05	8.29500E-05	1.79752E-05	8.41934E-05	-1.24459E-04	1.30494E-04	-1.24857E-04
5.8594	-4.73714E-06	6.30373E-06	9.03519E-06	6.35499E-06	8.38770E-06	2.17267E-05	3.77554E-06	2.18146E-05
5.9375	-7.86586E-05	-1.49331E-05	-4.30909E-05	-1.50254E-05	-4.29116E-05	2.79263E-05	-5.73164E-05	2.79927E-05
6.0156	6.40290E-05	1.06214E-05	2.91426E-05	1.07244E-05	2.92665E-05	-3.08320E-05	4.30230E-05	-3.09142E-05
6.0938	-1.57802E-04	-2.08037E-05	-6.98627E-05	-2.09397E-05	-7.04044E-05	8.35050E-05	-1.04712E-04	8.37496E-05
6.1719	2.83278E-04	3.57199E-05	1.28497E-04	3.58875E-05	1.29401E-04	-1.48110E-04	1.89803E-04	-1.48551E-04
6.2500	-9.87796E-05	-1.05776E-05	-3.68984E-05	-1.06847E-05	-3.75583E-05	6.22984E-05	-6.13580E-05	6.24856E-05
6.3281	-2.67903E-05	-6.27558E-06	-2.38084E-05	-6.21947E-06	-2.33873E-05	-1.83415E-06	-2.50608E-05	-1.84137E-06
6.4063	-6.87171E-05	-6.26689E-06	-2.53989E-05	-6.32914E-06	-2.58814E-05	4.47699E-05	-4.25163E-05	4.49030E-05
6.4844	1.75241E-04	2.06444E-05	8.12389E-05	2.07124E-05	8.17423E-05	-9.12111E-05	1.18477E-04	-9.14793E-05
6.5625	-5.27925E-06	9.49525E-07	-2.03194E-06	9.53467E-07	-2.06406E-06	4.88040E-06	-3.33043E-06	4.88814E-06
6.6406	1.88065E-05	1.82263E-06	1.41679E-05	1.79165E-06	1.39749E-05	-4.26982E-06	1.60662E-05	-4.27096E-06
6.7188	-2.87084E-05	-4.13681E-06	-2.46385E-05	-4.07640E-06	-2.42099E-05	1.78679E-06	-2.63597E-05	1.77592E-06
6.7969	-1.34055E-04	-1.64506E-05	-5.06293E-05	-1.65855E-05	-5.15331E-05	8.16293E-05	-8.35555E-05	8.18915E-05
6.8750	3.30567E-04	4.20919E-05	1.44754E-04	4.23029E-05	1.46081E-04	-1.77970E-04	2.18255E-04	-1.78519E-04
6.9531	-2.03905E-04	-2.61307E-05	-8.28349E-05	-2.63203E-05	-8.39262E-05	1.16679E-04	-1.30686E-04	1.17045E-04
7.0313	9.99179E-05	1.39656E-05	3.51743E-05	1.41285E-05	3.59209E-05	-6.19176E-05	6.07429E-05	-6.21155E-05
7.1094	-1.16693E-04	-1.82002E-05	-4.90987E-05	-1.83608E-05	-4.95938E-05	6.15906E-05	-7.58673E-05	6.17801E-05
7.1875	1.46419E-04	2.44845E-05	7.10207E-05	2.46388E-05	7.12107E-05	-6.52748E-05	1.00969E-04	-6.54664E-05
7.2656	-7.36632E-05	-1.74677E-05	-4.36725E-05	-1.75807E-05	-4.33423E-05	1.88469E-05	-5.57143E-05	1.88907E-05
7.3438	-1.10968E-04	-4.47328E-06	-3.88127E-05	-4.43578E-06	-3.98338E-05	8.03903E-05	-6.71744E-05	8.06506E-05
7.4219	5.40422E-05	-4.76029E-06	3.33483E-06	-4.78471E-06	4.60958E-06	-6.33474E-05	2.31171E-05	-6.35649E-05
7.5000	-1.96993E-04	-1.32459E-05	-6.88512E-05	-1.32847E-05	-7.05704E-05	1.37334E-04	-1.19286E-04	1.37776E-04
7.5781	3.09087E-04	2.84312E-05	1.22595E-04	2.85188E-05	1.24542E-04	-1.91662E-04	1.96156E-04	-1.92267E-04
7.6563	-2.01866E-04	-1.61681E-05	-7.23029E-05	-1.62369E-05	-7.39371E-05	1.36176E-04	-1.23334E-04	1.36612E-04
7.7344	1.69363E-04	1.49929E-05	6.26764E-05	1.50535E-05	6.39302E-05	-1.10596E-04	1.04720E-04	-1.10948E-04
7.8125	-5.00993E-05	-3.26890E-06	-1.27862E-05	-3.29316E-06	-1.34022E-05	4.02783E-05	-2.74377E-05	4.04110E-05

Les déplacements nous semblent très petits, nous supposons qu'il s'agit d'un problème d'échelle dans la définition du programme.

A partir du tableau, nous avons pu tracer le modèle en prenant en compte les déplacements pour illustrer le comportement de la structure. Nous avons pris les déplacements pour  $T=5,2344$  s.

Ci-dessous, nous pouvons voir en noir notre structure de base et en rouge notre structure après déplacements.



Pour ce cas nous avons

obtenu une rotation de  $4^\circ$  pour notre bâtiment  
Ce résultat nous confirme donc que notre bâtiment subit de la torsion.

## CONCLUSION

Pour conclure, nous pouvons dire qu'il aurait été intéressant de comparer les résultats de calcul renvoyés par le logiciel Cast3m à un calcul établis à la main. Cependant, nos connaissances en calcul sismique ne nous ont pas permis d'établir cette comparaison.

Ainsi, nous avons pu voir à travers cette étude que le logiciel Cast3m permet de résoudre des problèmes complexes difficiles à traiter par calcul à la main. Cependant, il s'agit également d'un logiciel difficile à prendre en main pour des débutants et qui nécessite un recul suffisant pour l'interprétation des résultats. Or, nous manquons de connaissance en calcul sismique, ce qui nous a posé quelques problèmes lors de l'exploitation de nos résultats.

Ce module nous a tout de même permis de découvrir la modélisation par éléments fini, et la réflexion que celle-ci apporte quant à l'exploitation des résultats.



## Programme

Opti DIME 3 ELEM cub8;

\*

\*Création des dimensions ;

\*

DENS1=0.2;

L1=1;

L2=1.500;

L3=1.250;

L4=0.500;

L5=0.750;

L6=1.500;

L7=1.750;

L8= 1.200;

EP1=0.1;

EP2=0.15;

EP3=0.2;

x1=L1;

x2=L2;

x3=L1+L3;

x4=L1+L3+L5;

y1=L1;

y2=L1+L4;

y3=2.\*L1+L4;

y4=L6;

y5=L7;

z1=L8;

NZ=3;

\*

\*Création des points du plancher 0 ;

\*

densite dens1;

P3=0. 0. 0.;

P0=0. y3 0.;

P1=0. y2 0.;

P2=0. y1 0.;

P4=x1 0. 0.;

P5=x3 0. 0.;

P6=x4 0. 0.;

P7=x4 y1 0.;

p8=x2 y4 0.;

P9=x2 y5 0.;

P20=x2 0. 0.;

\*

\*Construction du plancher RDC

\*

D1=DROI P0 P1;

D2=DROI P2 P3;

D3=DROI P3 P4;

D4=DROI P5 P6;

D5=DROI P6 P7;

D6=DROI P0 P7;  
D7=DROI P1 P2;  
D8=DROI P4 P5;  
D50= DROI P8 P20;  
CONT1= D1 ET D2 ET D3 ET D4 ET D5 ET D6 ET D7 ET D8;  
LIG1= D6;  
VEC1=0. (y4-y5) 0.;  
P10= P0 PLUS VEC1;  
P11= P7 PLUS VEC1;  
D9= DROI P1 P10;  
elim D9;  
D10=DROI P6 P11;  
elim D10;  
D11= DROI P0 P10;  
D12= DROI P7 P11;  
D13= DROI P10 P8;  
elim D11;  
D51= DROI P8 P11;  
D52= DROI P4 P20;  
D53 = DROI P20 P5;  
CONTO1= D6 ET D11 ET D12 ET D13 ET D51;  
SURF1= SURF CONTO1 PLANE;  
cont50= D2 ET D3 ET D7 ET D9 ET D13 ET D50 ET D52;  
SURF50= SURF CONT50 PLANE;  
cont51= D51 ET D10 ET D4 ET D53 ET D50;  
SURF51= SURF CONT51 PLANE;  
SURF2= SURF50 ET SURF51;  
TRACER (SURF1 ET SURF2);  
\*  
\* Construction du volume  
\*  
\*Vecteur de translation volume;  
\*  
VEC2= 0. 0. 0.4;  
VEC3= 0. 0. 0.5;  
Vec4=0. 0. 0.3;  
Vec5=0. 0. 0.9;  
VEC6= 0. 0. 1.2;  
\*  
\*Construction des murs rez-de-chaussez;  
\*  
SURF4 = D3 TRANSLATION VEC3;  
SURF5= D4 TRANSLATION VEC3;  
SURF6= D2 TRANSLATION VEC3;  
SURF7= D1 TRANSLATION VEC3;  
SURF8= D5 TRANSLATION VEC3;  
D54= D3 PLUS VEC3;  
D55= D4 PLUS VEC3;  
D56= D1 PLUS VEC3;  
D57= D7 PLUS VEC3;  
D58= D2 PLUS VEC3;  
D59 = D5 plus VEC3;  
D60=D57 ET D58 ET D56;  
D61= D54 ET D55 ET D59 ET D60;  
SURF9=D61 TRANSLATION VEC2;  
D62=D60 PLUS VEC2;  
D63=D3 ET D8 ET D4;  
D64=D63 PLUS VEC5;

D65=D59 PLUS VEC2;  
D66=D62 ET D64 ET D65;  
SURF10=D66 TRANSLATION VEC4;  
VOL= SURF1 ET SURF2 ET SURF4 ET SURF5 ET SURF6 ET SURF7 ET SURF8;  
elim vol;  
tracre (VOL) cach;  
\*

\*Construction du poteau RDC  
\*

P19=P8 PLUS VEC3;  
D67= DROI P19 P8;  
P20= P19 PLUS VEC2;  
D68=Droi P19 P20;  
P21= P20 PLUS VEC4;  
D69= DROI P20 P21;  
VEC7=0. 0.2 0.0;  
D70= D67 ET D68 ET D69;  
SURF11= D70 TRANSLATION VEC7;  
tracer surf11;

\*

\*Construction de la poutre plancher haut RDC  
\*

VEC8=0. -1.5 0.;  
P22= P20 PLUS VEC8;  
D71= DROI P20 P22;  
SURF12=D71 TRANSLATION VEC4;  
VOL1 = VOL ET SURF9 ET SURF10;  
elim VOL1;  
tracer (VOL1)cach;  
\*

\*Duplication étage  
\*

VOL2= VOL1 PLUS VEC6;  
SURF13= SURF11 PLUS VEC6;  
SURF14= SURF12 PLUS VEC6;  
\*

VOL3= VOL2 PLUS VEC6;  
SURF15= SURF13 PLUS VEC6;  
SURF16= SURF14 PLUS VEC6;  
SURF17= SURF11 ET SURF12 ET SURF13 ET SURF14 ET SURF15 ET SURF16;  
elim surf17;  
\*tracer (VOL1 ET VOL2 ET VOL3 ET SURF17)cach;  
\*

VEC9= 0. 0. 3.6;  
SURF18= SURF2 ET SURF1;  
elim SURF18;  
SURF19= SURF18 PLUS VEC9;  
tracer (VOL1 ET VOL2 ET VOL3 ET SURF17 ET SURF19)cach;  
\*

\*Définition des épaisseurs par groupes  
\*

group1=VOL1 ET VOL2 ET VOL3 ET SURF19;  
group2= SURF12 ET SURF14 ET SURF16;  
group3= SURF11 ET SURf13 ET SURF15;  
tout=group1 et group2 et group3;  
elim tout;  
\*

\*Définition des caractéristiques mécaniques

\*

OPTI EPSI LINEAIRE;

\*

MOD1=MODELE GROUP1 MECANIQUE ELASTIQUE COQ4 COQ3;

MAT1= MATE MOD1 YOUN 3.2E10 NU 0.2 EPAI EP1 RHo 2300;

RIG1= RIGI MOD1 MAT1;

\*

MOD2= MODELE GROUP2 MECANIQUE ELASTIQUE COQ4 COQ3;

MAT2= MATE MOD2 YOUN 3.2E10 NU 0.2 EPAI EP2 RHo 2300;

RIG2= RIGI MOD2 MAT2;

\*

MOD3= MODELE GROUP3 MECANIQUE ELASTIQUE COQ4 COQ3;

MAT3= MATE MOD3 YOUN 3.2E10 NU 0.2 EPAI EP3 RHO 2300;

RIG3= RIGI MOD3 MAT3;

\*

MODtot= MOD1 ET MOD2 ET MOD3;

\*

\*Conditions aux limites;

\*

CL1= BLOQ (D1 ET D2 ET D3 ET D4 ET D5 ET D6 ET D7 ET D8) Ux Uy Uz;

CL2= BLOQ P8 Ux Uy Uz;

\*

MAttot= MAT1 ET MAT2 ET MAT3;

RIGtot= RIGI MODtot MATtot;

\*

\*Création de la matrice de raideur totale;

\*

RIGtot1= RIGtot ET CL1 ET CL2;

MAS1= MASS MOD1 MAT1;

MAS2= MASS MOD2 MAT2;

MAS3= MASS MOD3 MAT3;

\*

MAStot= MAS1 ET MAS2 ET MAS3;

MAStot= LUMP MAStot;

\*

\*Calcul des modes de fréquences propres;

\*

SOL1= VIBR INTER 0. 100. MAStot RIGtot1;

DEP1=TIRE SOL1 DEPLACEMENTS RANG 1;

DEF1=DEFO DEP1 TOUT;

TRAC DEF1 cach;

\*Définition des charges (pas appliquées avec le séisme)

\*

\* Chargement

\*  $P=M*g$

\*CH1=MANU 'CHPO' TOUT UZ -9.81;

\*PP=MAStot \* CH1;

\*

\*charges d'exploitation

\*

\*FEXPL=-1500.;

\*PRESS1=PRESSION 'COQU' MOD2 FEXPL 'NORM';

\*

\*

\*Analyse sismique

\*

```

*résolution
*
*FTOT=(1.5 * PRESS1) + (1.35 * PP);
*DEP1=RESOU RIGTOT FTOT;
*
*SIG1=SIGMA DEP1 MODTOT MASTOT;
*TRAC SIG1 MODTOT MASTOT DEF1;

OPTI ACQU 10 ACQU 'temps.list';
ACQU PROGT*LISTREEL 2048;
OPTI ACQU 10 ACQU 'accel.list';
ACQU PROGA*LISTREEL 2048;
EVOLA=EVOL MANU PROGT PROGA;
*
* Seisme suivant l'axe X sans les charges poids propre + exploitation
*
CHX=MANU CHPO TOUT 'UX' 1.;
FX=-1.*MAStot*CHX;
char1=chargement FX EVOLA 'MECA';
PAS1=7.8125E-02;
TAB1=TABLE;
TAB1.MODELE=MODtot;
TAB1.CARACTERISTIQUES=MAStot;
TAB1.DYNAMIQUE=VRAI;
TAB1.CHARGEMENT=CHAR1;
TAB1.TEMPS_CALCULES=PROG 0. PAS PAS1 NPAS 100;
TAB1.BLOCAGES_MECA=CL1 ET CL2;
dessa evola;
PASAPAS TAB1;
Point1=TOUT POINT PROCH (0. 0. (L8*NZ));
point0=group1 point proch (p0 plus (3*vec6));
POINT2=group1 point proch (p6 plus (3*vec6));
POINT3=group1 point proch (p7 plus (3*vec6));

DEBP EVDEP Point1*POINT TAB1*TABLE MOT1*MOT;
N1=DIME TAB1.TEMPS;
PROGT=PROG;
PROGD=PROG;
REPETER BOU1 N1;
IT=&BOU1 - 1;
TPS1=TAB1 . TEMPS . IT;
Droit1=EXTR TAB1 . DEPLACEMENTS . IT Point1 MOT1;
PROGT=INSE PROGT &BOU1 TPS1;
PROGD=INSE PROGD &BOU1 Droit1;
FIN BOU1;
cordo=chaîne 'Déplacement ' MOT1 ' (m)';
EVOL1=EVOL MANU 'Temps (S)' PROGT CORDO PROGD;
FINP EVOL1;
*

*
*Evolution du déplacement des points 0, 1, 2, et 3
*
EV0x=EVDEP Point0 TAB1 'UX';
ev0y=EVDEP Point0 TAB1 'UY';
EV1x=EVDEP Point1 TAB1 'UX';
ev1y=EVDEP Point1 TAB1 'UY';
EV2x=EVDEP Point2 TAB1 'UX';

```

EV2y=EVDEP Point2 TAB1 'UY';  
EV3x=EVDEP Point3 TAB1 'UX';  
EV3y=EVDEP Point3 TAB1 'UY';  
opti sauv 'sismique.sauv';  
sauv;

DESS (EV1x ET EV1y);  
DESS (EV0x ET EV0y);  
DESS (EV2x ET EV2y);  
DESS (EV3x ET EV3y);

\*

\*animation de la déformée

\*

@cartoon tab1 tout (0. 1.e3 0.);

\*

\*Extraction des données vers Excel ;

\*

@excel1 (EV0y) 'EV0y';