

# Contribution d'AS2 au benchmark SMART 2013 à l'aide de CAST3M

Maxime BENOIT

Le 28/11/2013



Activités Informatique et Génie Civil

AS<sub>2</sub>

## Pôle Développement Informatique

### Activités

- Ingénierie applicative, langages dédiés, analyse (GED, ECM)
- Serveurs (Cloud)
- Sécurité
- 3D immersive



### Synergie

- ✓ Conseil, Etude
- ✓ Développement
- ✓ Déploiement
- ✓ Exploitation, Maintenance



## Pôle Expertise Génie Civil

### Activités

- Sismique, évaluation structurale, dimensionnement
- Fissuration, solutions de renforcement
- Thermique du bâtiment

## Exemples de savoir faire



Tarifcation à la seconde, Orange France



Optimisation des traitements de données crash tests, Honda Japon  
(Réduction de 8h à 1 min 6 s )



Conception, mise en place d'une GED (sûreté nucléaire)

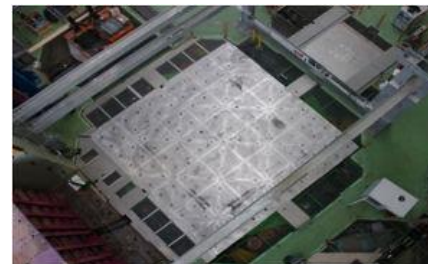
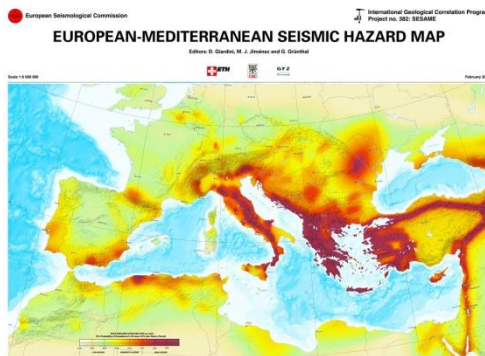
1/ Contexte de l'étude

2/ Modèle numérique développé

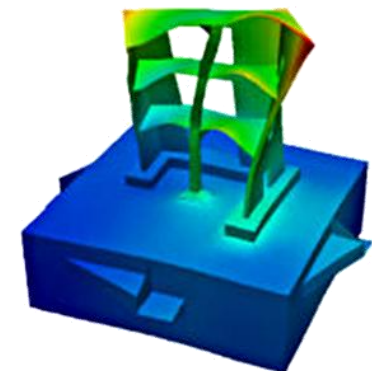
3/ Résultats

4/ Remarques de clôture

# Contexte de l'étude



(CEA 2013)



(CEA 2013)



(CEA 2013)

Seismic design and best-estimate **M**ethods  
**A**ssessment for **R**einforced concrete buildings  
subjected to **T**orsion and non-linear effects

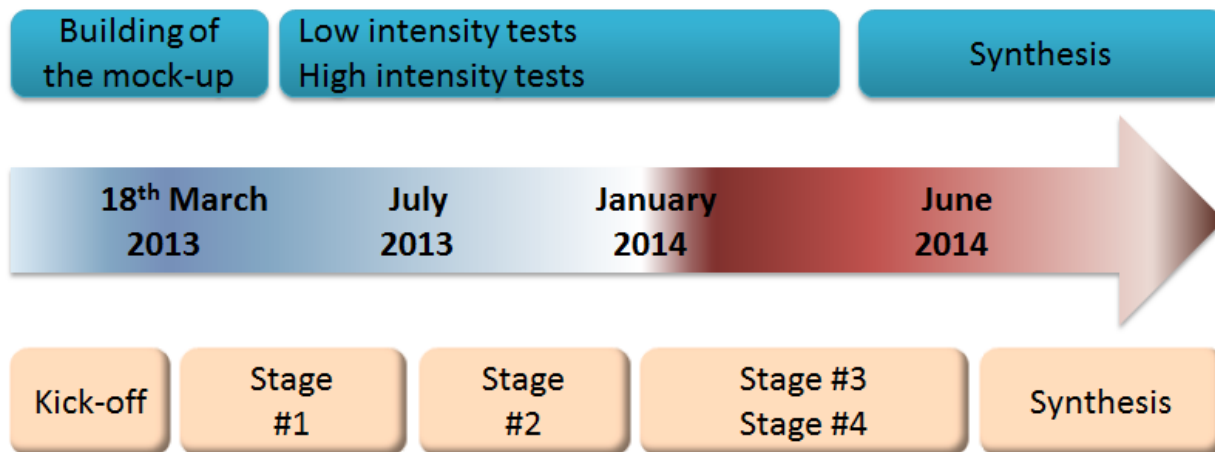
### Deux composantes

- Expérimentale :
  - ✓ Structure représentative à l'échelle  $\frac{1}{4}$  d'un bâtiment CPY nucléaire
  - ✓ Résultats expérimentaux
- Numérique :
  - ✓ Evaluer les méthodes de conception
  - ✓ Comparer pour améliorer les connaissances

### Différents signaux sismiques

1. Signal de dimensionnement
2. Signal naturel (Northridge 1994)
3. Réplique sismique (Northridge 1994)

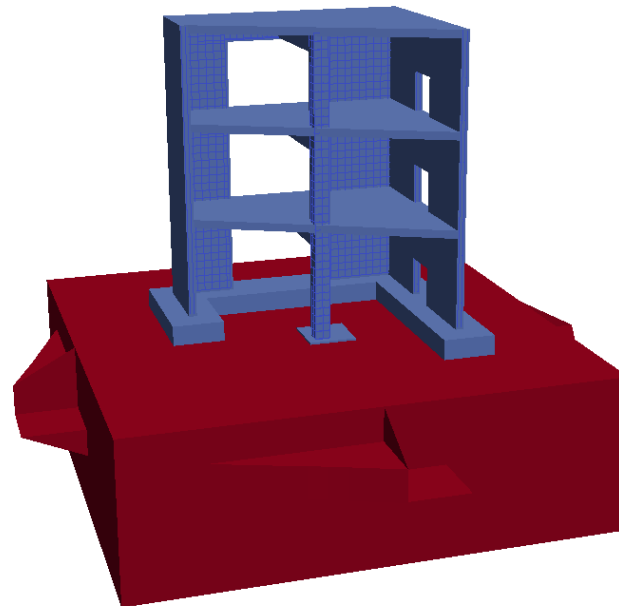




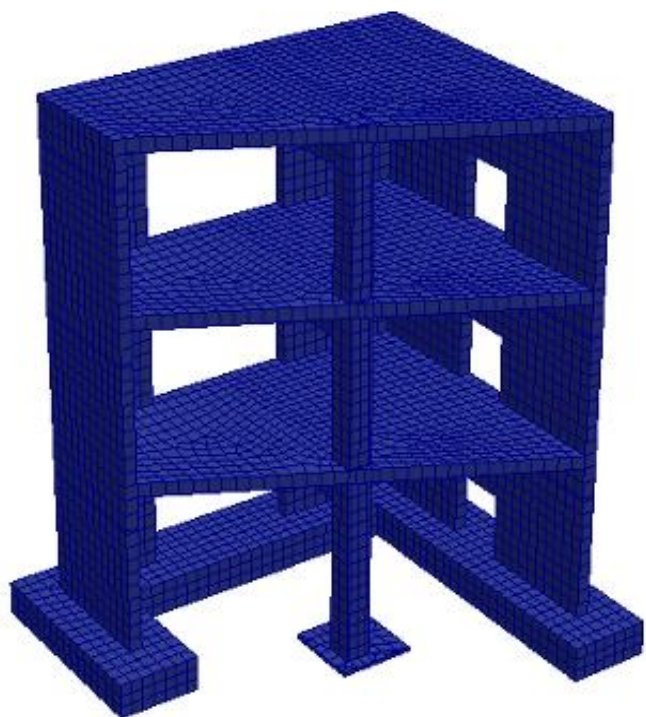
(CEA 2013)

Différentes phases	
1	Maillage et calibration de la loi de comportement
2	Calibration dynamique linéaire
3	Etude non-linéaire en aveugle
4	Evaluation probabiliste de la vulnérabilité

# Modèle numérique développé



Elaborée à partir des plans de construction



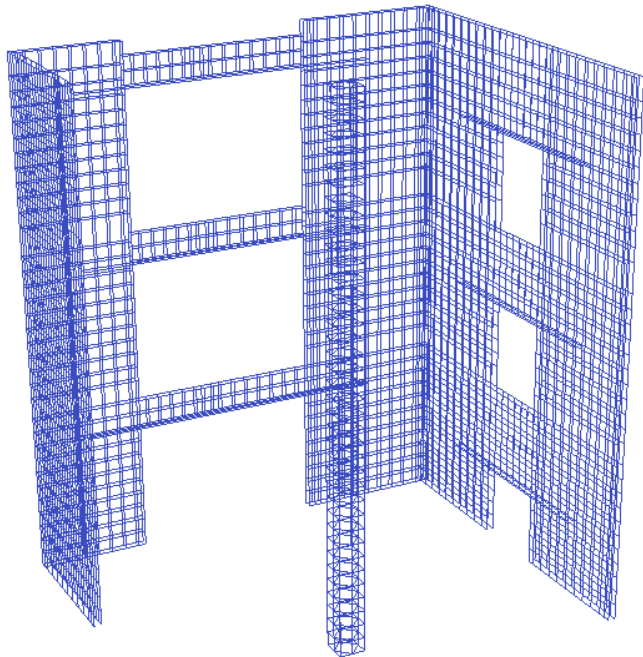
Éléments finis solides PRI6

➤ NBNO = 11360

➤ NBEL = 6243

	Numérique (sans ferrailage)	Expérimental (avec ferrailage)
Masse (tonne)	11.89	11.9

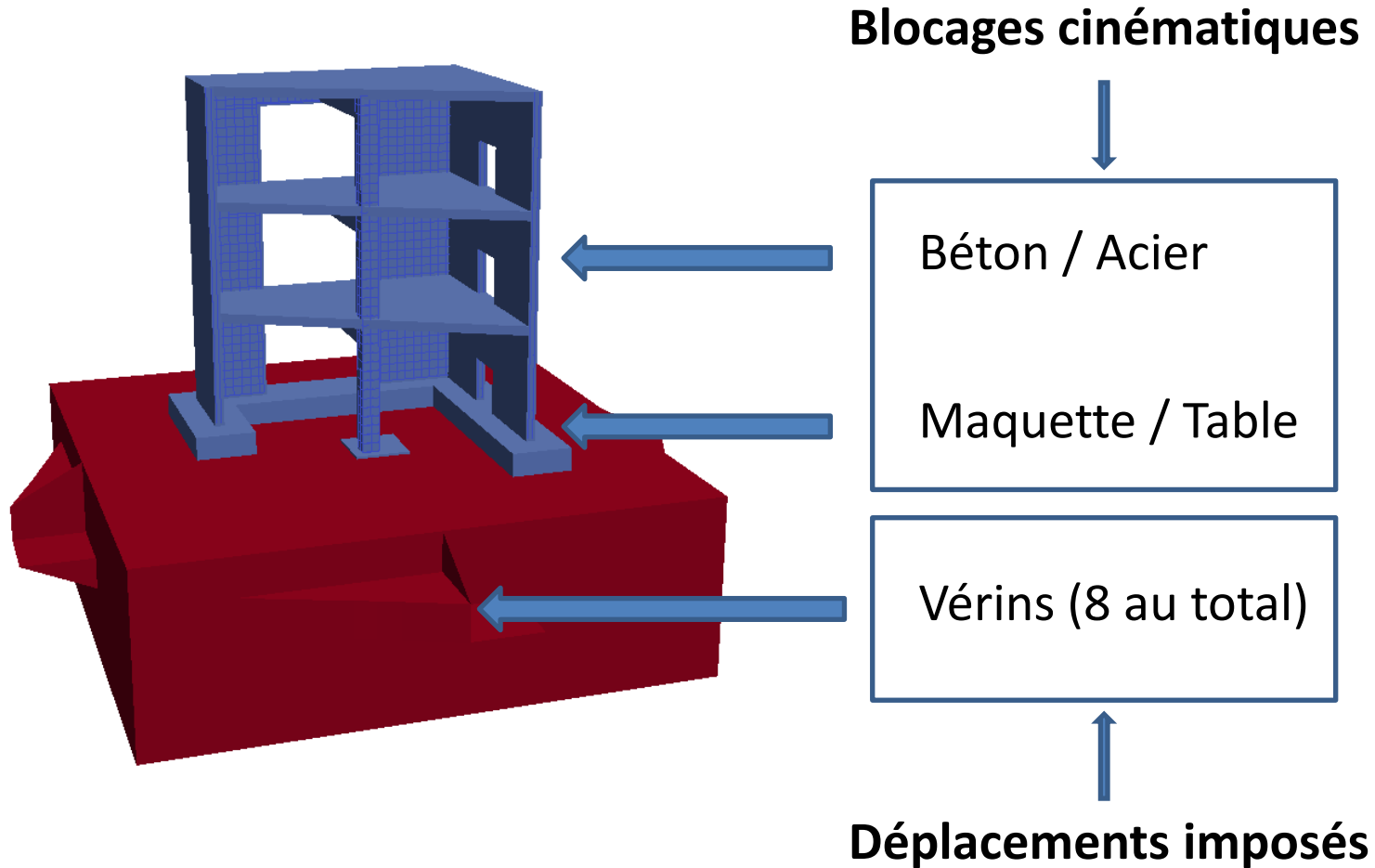




Masse  
numérique (kg)

243

- Prise en compte des aciers principaux:
  - ✓ Aciers longitudinaux
  - ✓ Cadres
  - ✓ Renforts locaux au droit des linteaux
- Aciers dans les planchers négligés
- Éléments BARR
  - NBNO = 7404
  - NBEL = 17042



## ➤ Béton :

Élément structural	Loi de comportement	Commentaires
Fondations	LINEAIRE	Faible fissuration
Voiles	DAMAGE_TC	Fissuration
Planchers	LINEAIRE	Faible Fissuration
Poutres	DAMAGE_TC	Fissuration
Poteaux	DAMAGE_TC	Fissuration

## ➤ Acier :

Élément structural	Loi de comportement	Commentaires
Acier	ACIER_UNI	Plastification

✓ Paramètres matériaux moyens mesurés

$$\underline{\underline{M}}\ddot{U}(X, t) + \underline{\underline{C}}\dot{U}(X, t) + \underline{\underline{K}}U(X, t) = f(t)$$

- Analyse modale : problème aux valeurs propres, opérateur VIBR:

$$(\underline{\underline{K}} - \underline{\underline{M}}\omega_i^2)\underline{\varphi}_i(X) = 0 \quad \text{donne } \underline{\varphi}_1(X), \dots, \underline{\varphi}_N(X) \text{ et } \omega_1 \dots \omega_n$$

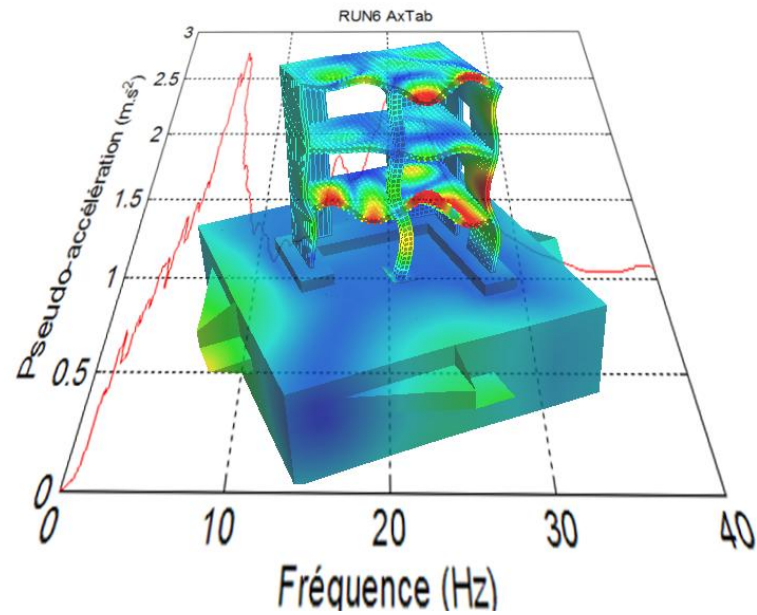
- Analyse sur base modale, opérateur DYNE:  
Pour un mode i:

$$m_i\ddot{\tilde{u}}_i(t) + c_i\dot{\tilde{u}}_i(t) + k_i\tilde{u}_i(t) = \underline{\varphi}_i^t(X)f(t)$$

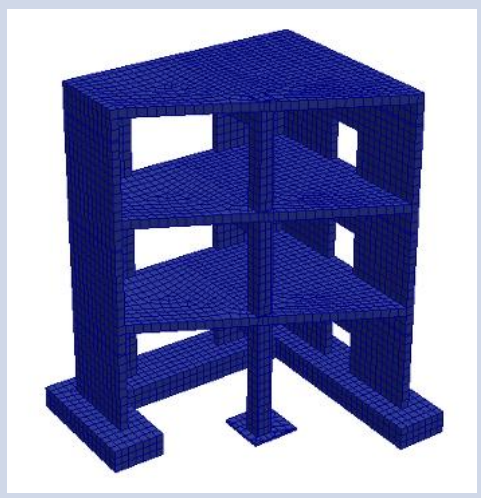
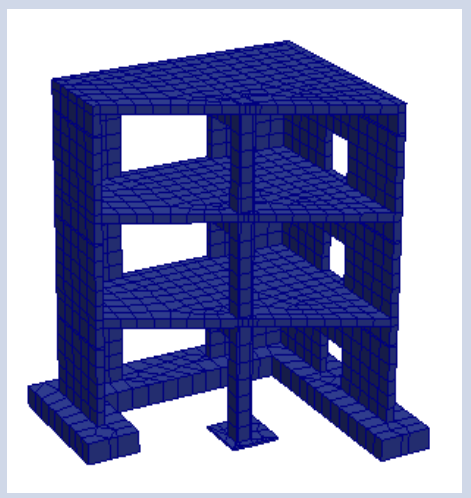
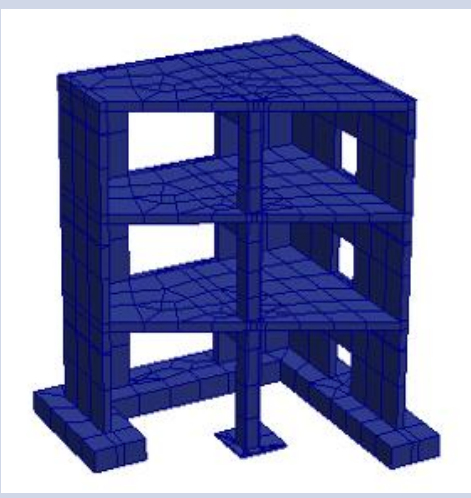
- Recombinaison, opérateur EVOL 'RECO':

$$U(X, t) = \sum_{i=1}^N \underline{\varphi}_i(X)\tilde{u}_i(t)$$

# Résultats



## Différents maillages

Densité	0.1	0.2	0.4
Eléments	6243	1568	1329
Noeuds	11360	3034	1329
Maillage			

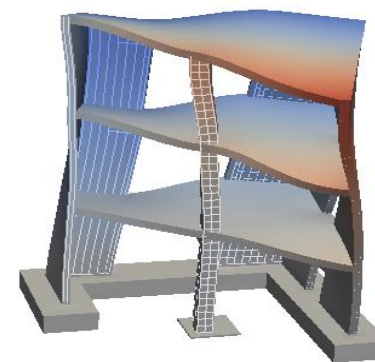
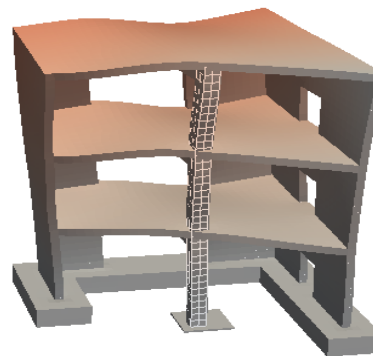
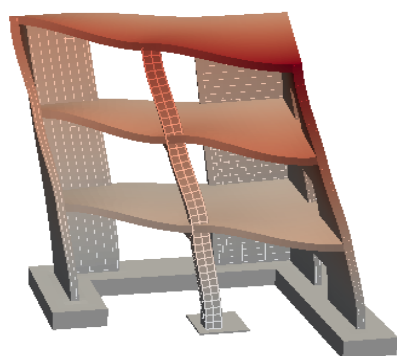
## Conditions aux limites

Appliquées à chaque maillage

- Modal 1 : structure encastrée
- Modal 2 : structure encastrée avec des masses additionnelles à chaque étage
- Modal 3 : structure fixée sur la table avec masses additionnelles

## Structure encastrée

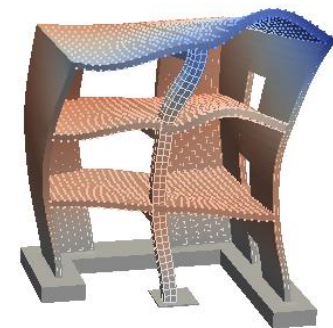
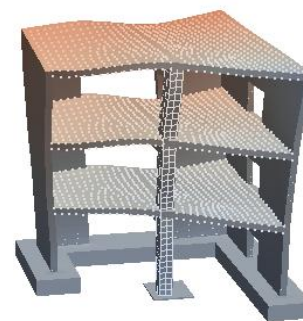
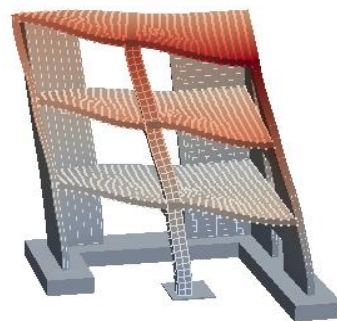
Maillage	Fréquences (Hz)		
	Mode 1	Mode 2	Mode 3
<b>0.1</b>	19.36	32.14	57.42
<b>0.2</b>	21.15	33.50	59.60
<b>0.4</b>	24.72	35.88	63.64
<b>COV (%)</b>	12.55	5.59	5.24





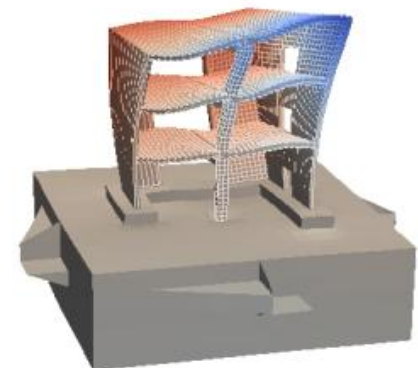
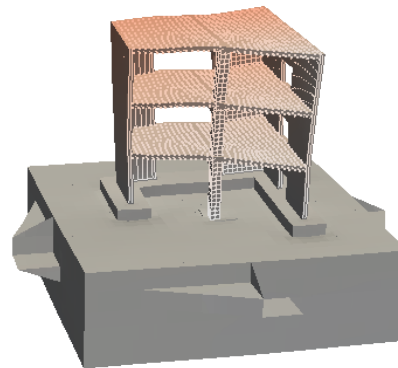
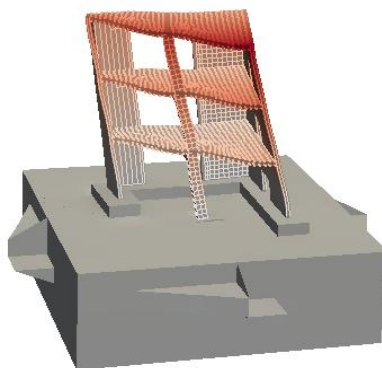
## Structure encastrée et masses additionnelles

Maillage	Fréquences (Hz)		
	Mode 1	Mode 2	Mode 3
<b>0.1</b>	8.11	14.06	27.64
<b>0.2</b>	8.79	14.58	28.91
<b>0.4</b>	10.12	15.43	32.16
<b>COV (%)</b>	11.35	4.71	7.88

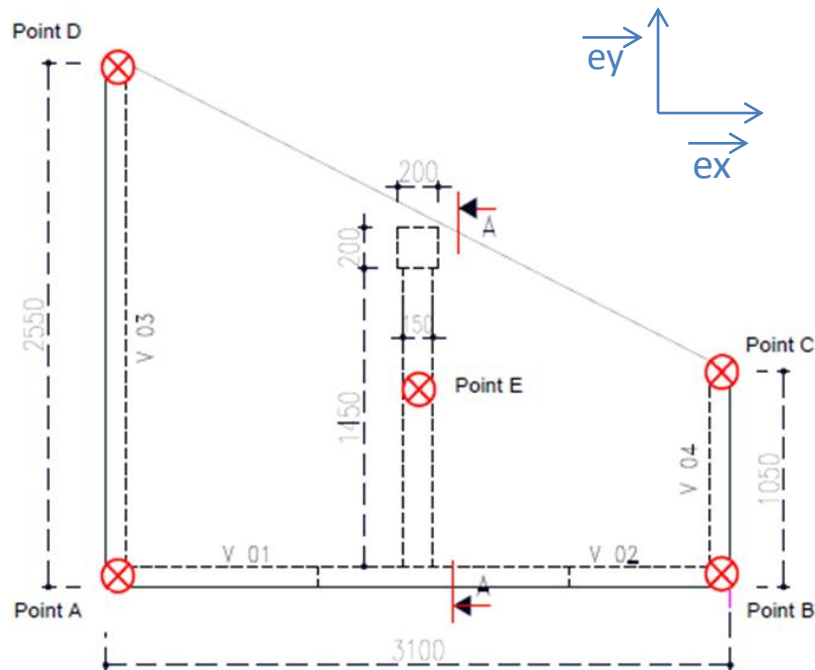


## Maquette sur la table et masses additionnelles

Maillage	Fréquences (Hz)		
	Mode 1	Mode 2	Mode 3
<b>0.1</b>	6.39	9.74	20.53
<b>0.2</b>	6.96	10.05	21.17
<b>0.4</b>	7.97	10.40	22.74
<b>COV (%)</b>	11.26	3.28	5.29
<b>Expérimentales</b>	<b>6.28 Hz</b>	<b>7.86 Hz</b>	<b>16.5 Hz</b>



- 5 points de mesures à chaque étage
- 4 étages en comptant la base



(CEA 2013)

## Etude au point D

### Conditions aux limites :

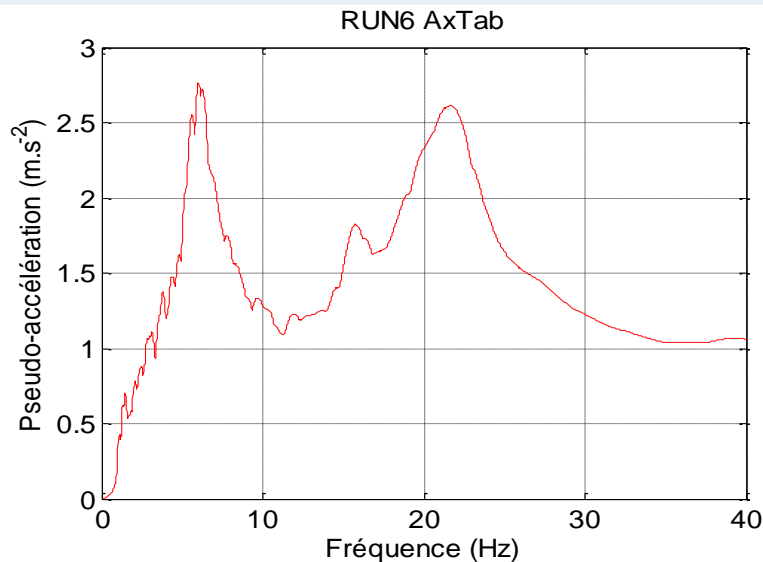
Maquette fixée sur la table avec les masses additionnelles

### Acquisition du chargement sismique:

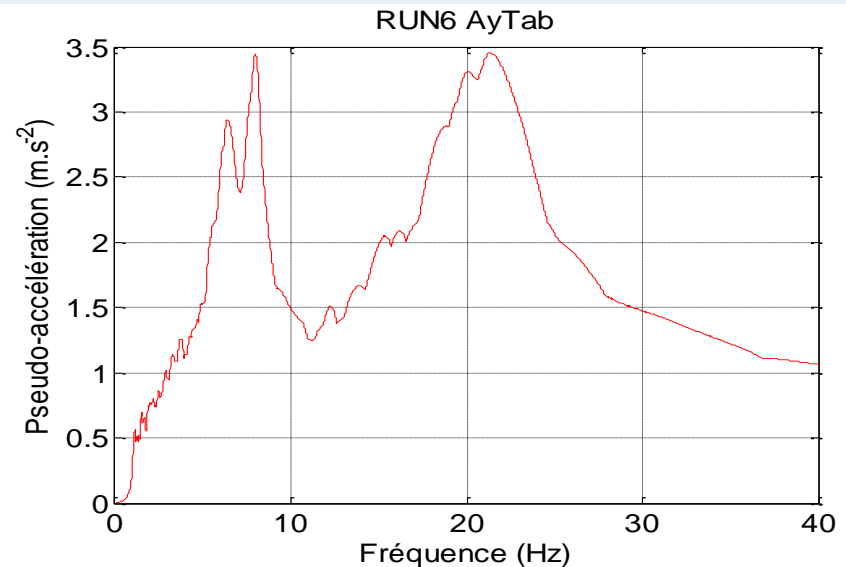
En déplacement sur chacun des vérins

## Direction

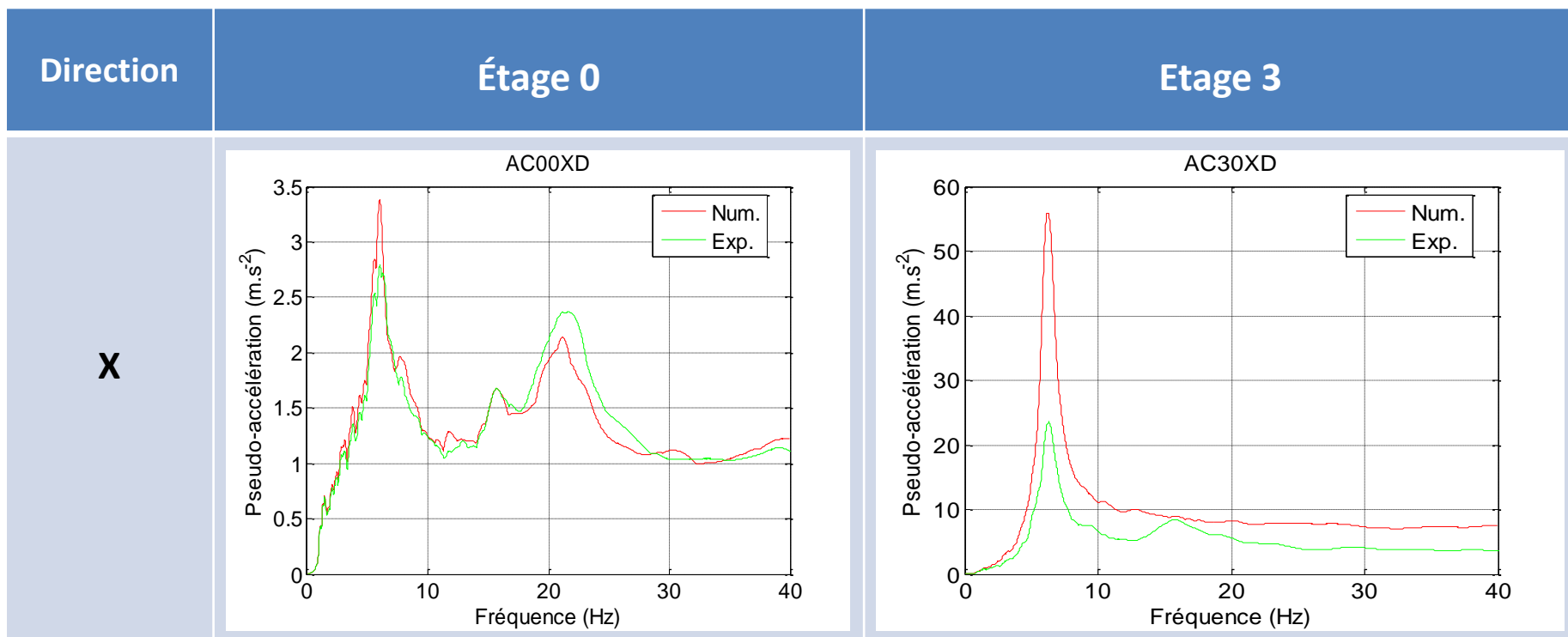
X



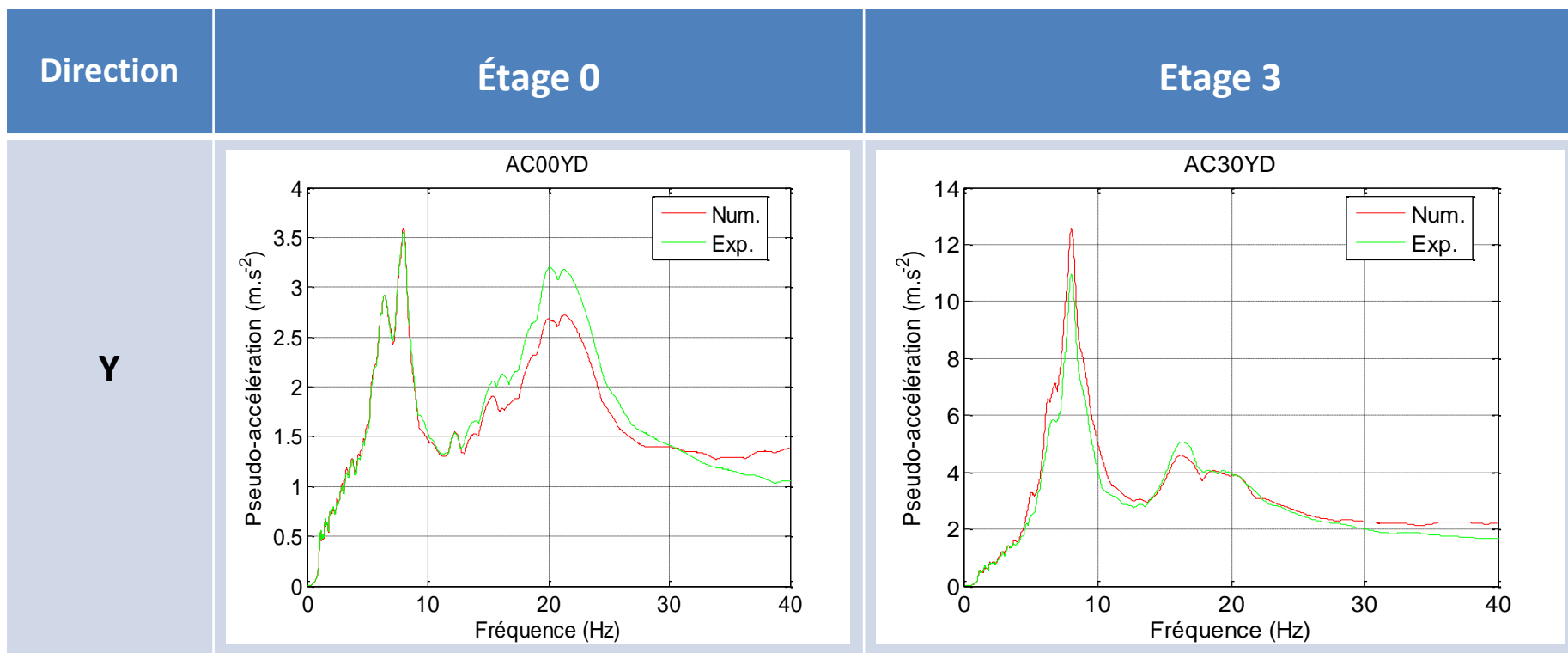
Y



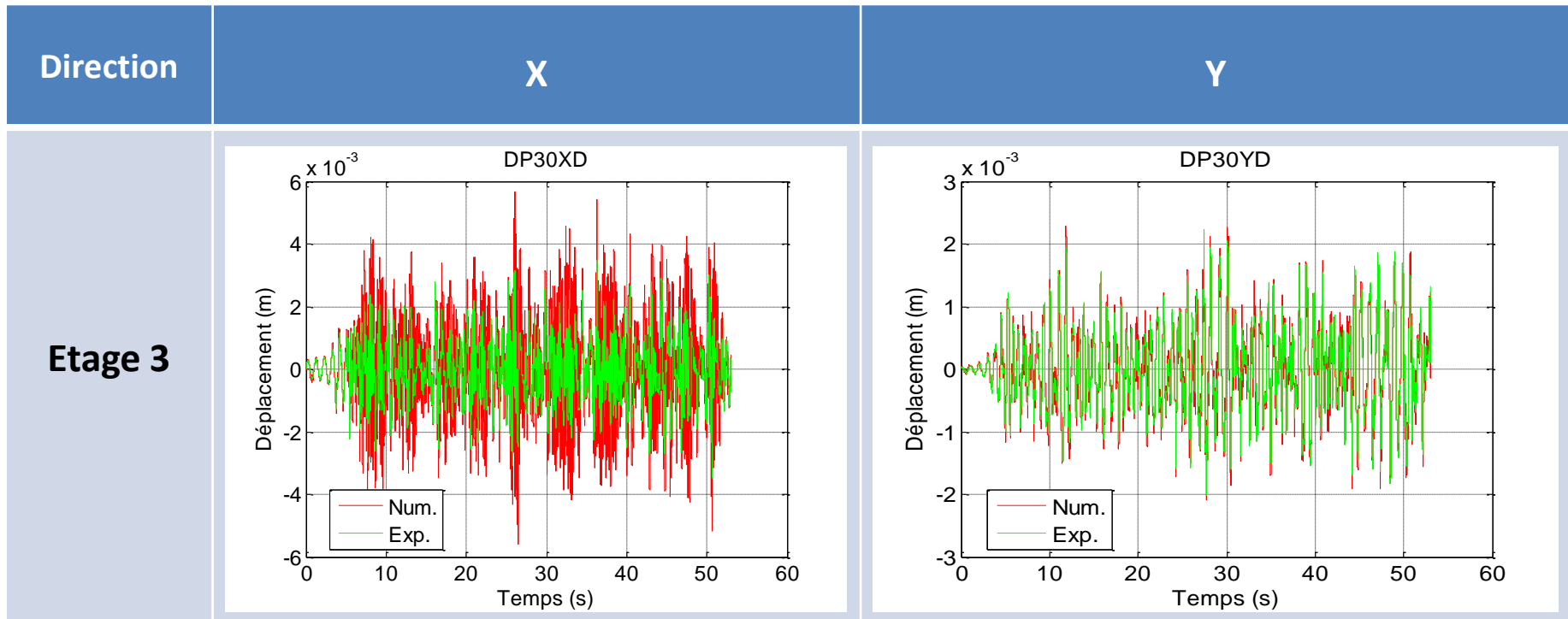
- Amplification importante des modes 1 et 3
- PGA égal à 0.1g en X et Y



- Description satisfaisante de l'accélération à l'étage 0
- Amortissement numérique trop faible



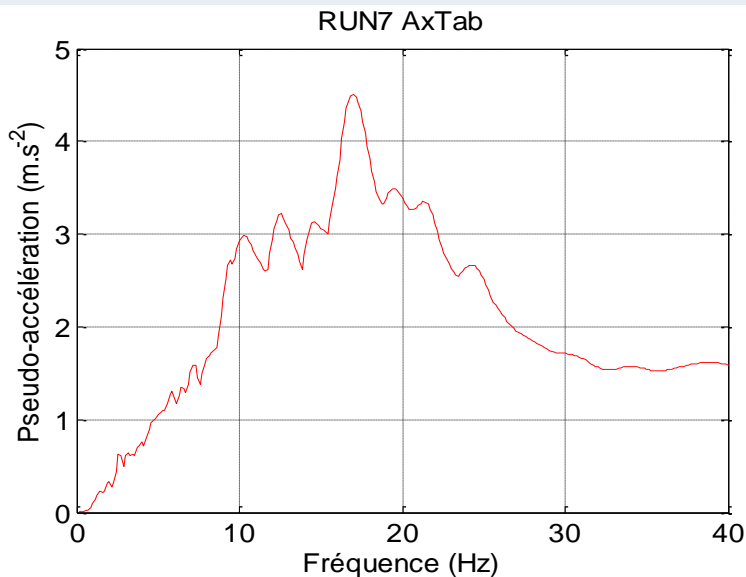
- Description satisfaisante de l'accélération à l'étage 0 et à l'étage 3



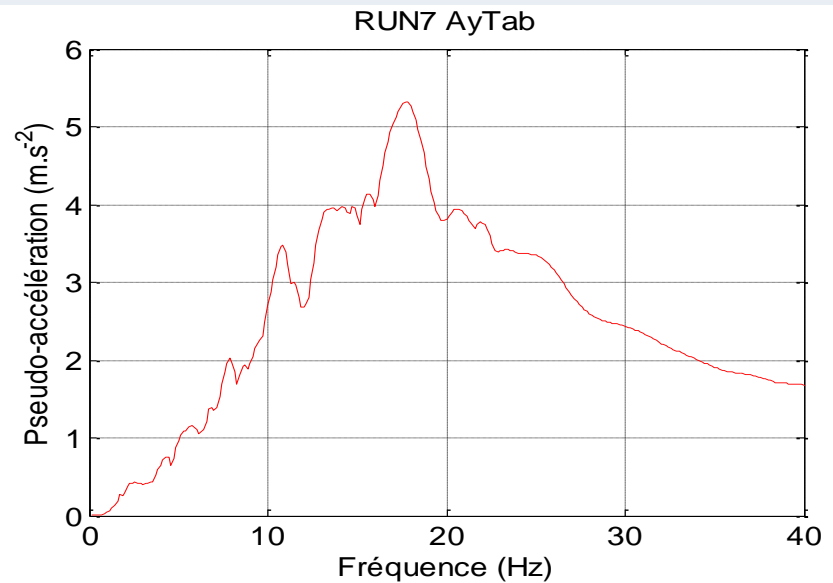
- Surestimation des déplacements dans la direction X
- Description satisfaisante des déplacements dans la direction Y

## Direction

X

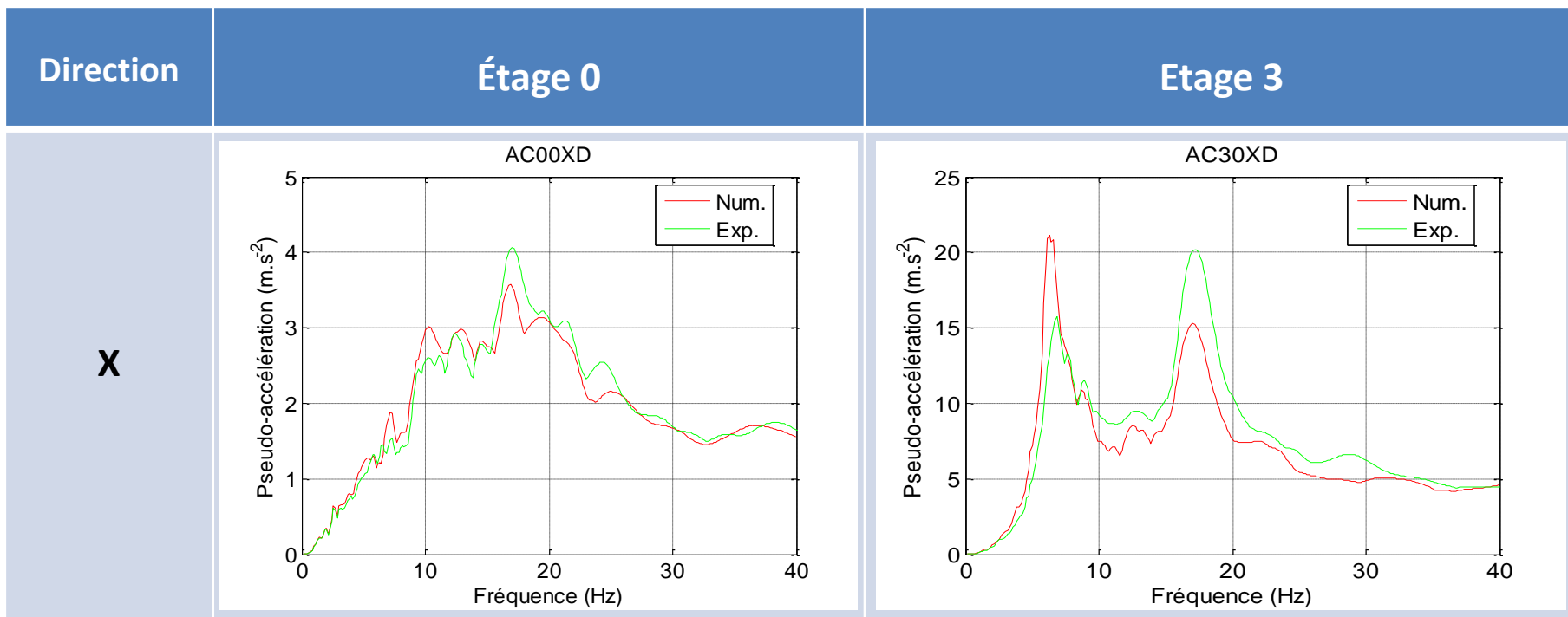


Y

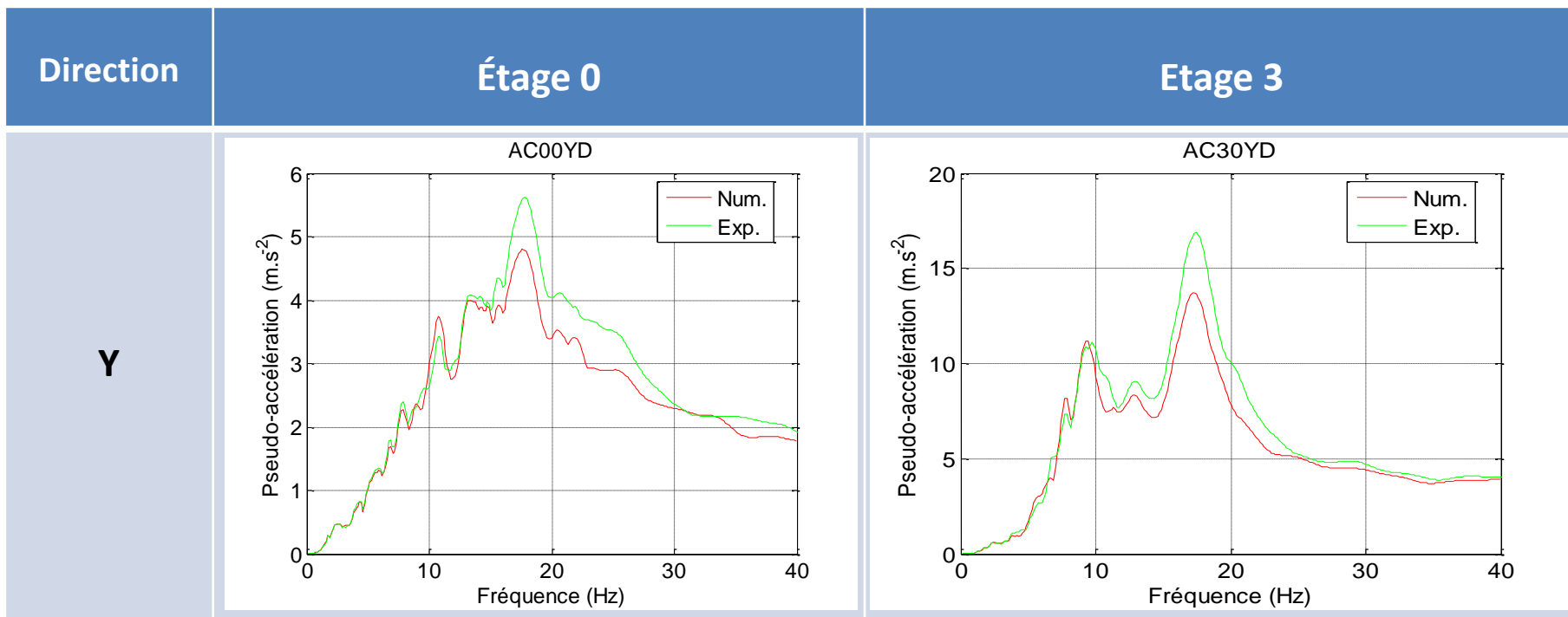


- Fort contenu fréquentiel dans la bande 7 Hz – 22 Hz
- PGA égal à 0.13g environ

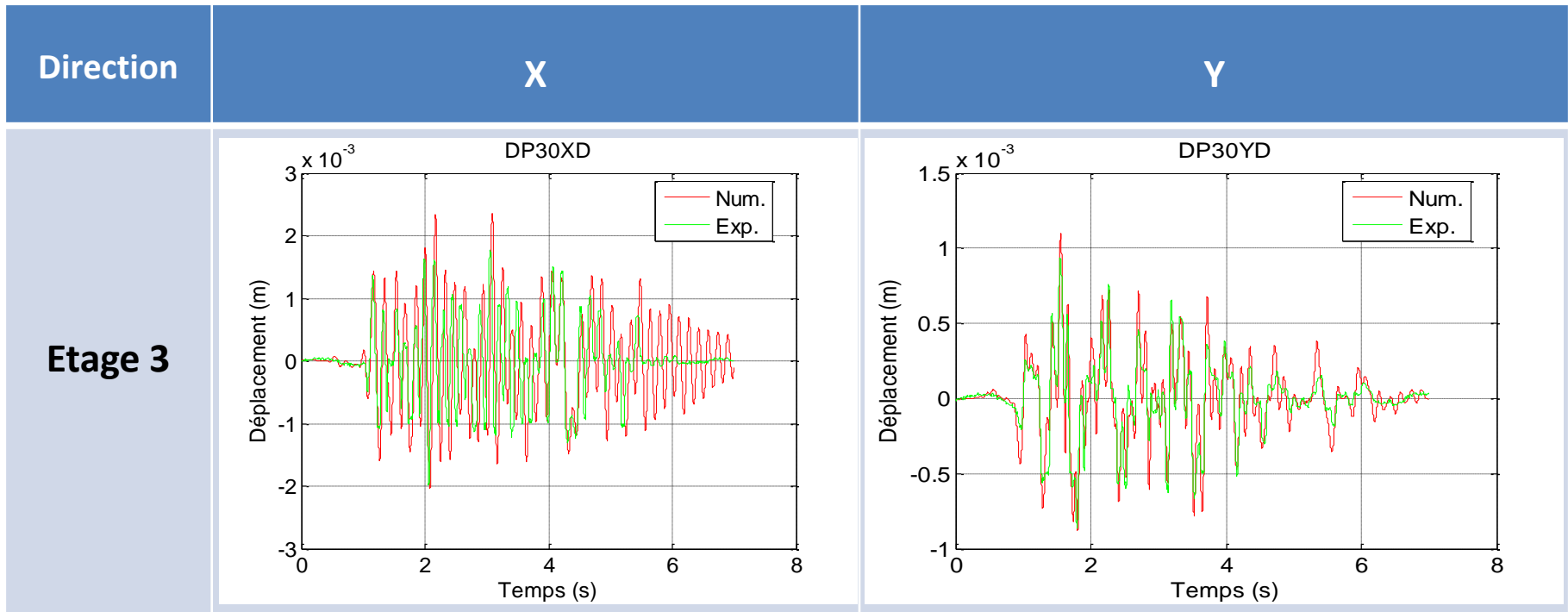




- Description satisfaisante de l'accélération à l'étage 0 et à l'étage 3
- Amortissement numérique bien calibré



- Description satisfaisante de l'accélération à l'étage 0 et à l'étage 3
- Amortissement numérique bien calibré, peut-être un peu fort



- Déplacements selon X légèrement surestimés
- Description satisfaisante des déplacements dans la direction Y

# Remarques de clôture



- **Participation d'AS2 au Benchmark SMART 2013**
  - Utilisation de Cast3M
  - Souplesse d'utilisation et maîtrise des sources
- **La contribution d'AS2**
  - Modèle 3D
  - Calculs transitoires par analyse sur base modale
- **Les résultats**
  - Calibration de l'amortissement à améliorer RUN6
  - Calibration satisfaisante pour le RUN 7
- **La suite... poursuite de la participation au Benchmark**



Merci pour votre attention