



INSTITUT
TECHNOLOGIQUE

Analyse de la vulnérabilité **SiSmique** des structures bois

Partenaires



SiSMursOssatureBois (2010-2013)

**SiSBAT individuel avec toitures en charpentes
industrielles en bois (2009-2014)**

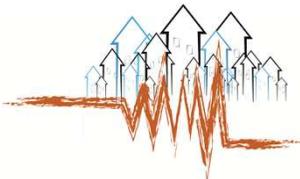
Avec le soutien de



Coordinateur



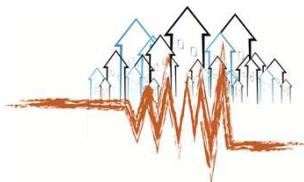
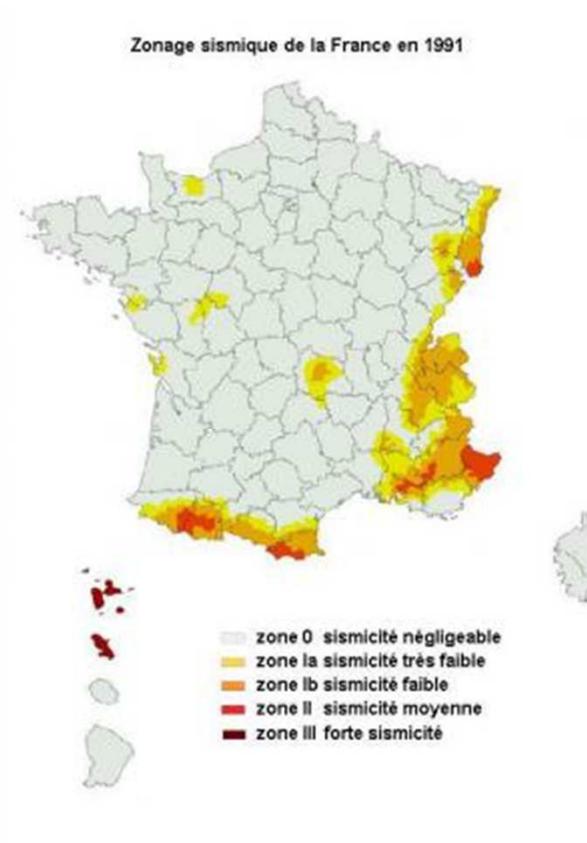
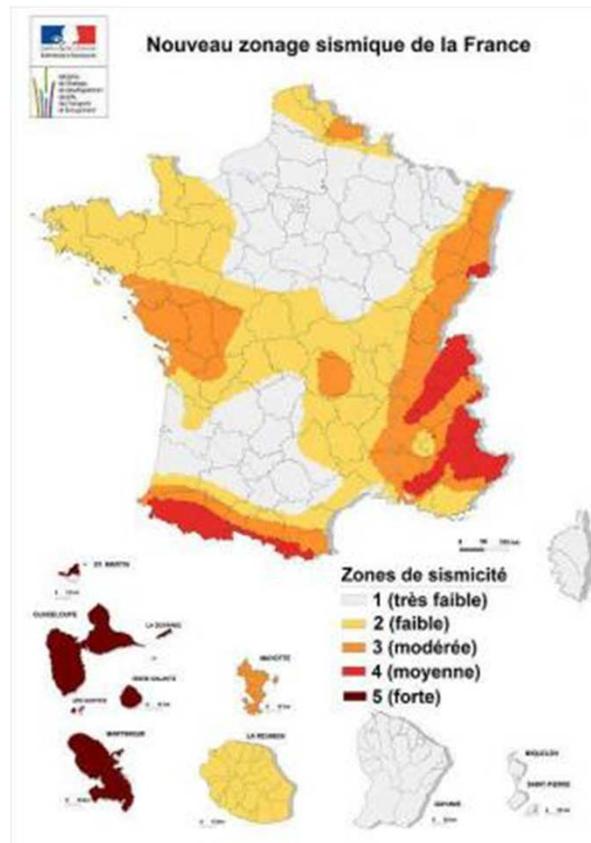
Journée Technique régionale : Construction Bois en zone sismique – 6 octobre 2015



Contexte général des études SISBAT et SISMOB

Evolution des cartes de l'aléa sismique (décrets octobre 2010) :

pour **l'habitation individuelle** (bâtiment de catégorie d'importance II), les règles de dimensionnement EC8 s'appliquent pour les zones d'aléa sismique 3, 4 et 5, soit **25% du territoire**.



Contexte général des études SISBAT et SISMOB

Evolution des cartes de l'aléa sismique

Les structures bois présentent potentiellement un comportement parasismique intéressant en raison :

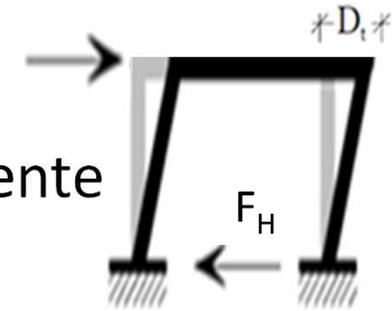
- d'une part, du rapport résistance / masse élevé du matériau bois,
- d'autre part, grâce à la présence d'assemblages métalliques ductiles qui permettent de dissiper l'énergie.

Cependant, par manque de connaissances scientifiques, ces aspects sont pris en compte de manière limitée dans l'Eurocode 8 (cf. annexe nationale EC8).

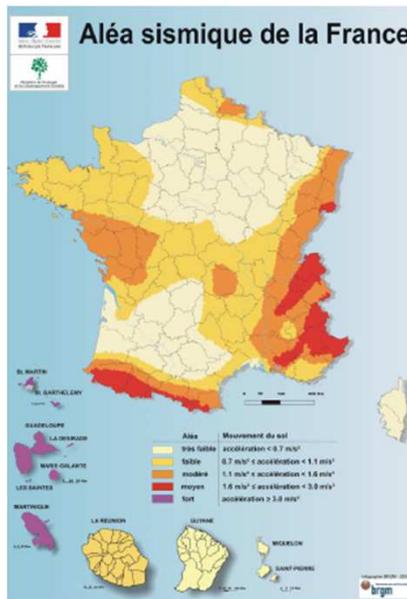


Contexte / Eurocode 8

Analyse linéaire / Force statique latérale équivalente



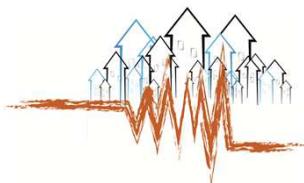
$$F_H = M \times S_d(T) = \text{Masse} \times a_{gr} \times S \times \gamma_i \times 2,5 / q$$



coefficient de comportement

| Catégories d'importance du bâtiment | Coefficients d'importance γ_i |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| I | 0,8 |
| II | 1 |
| III | 1,2 |
| IV | 1,4 |

| Classes de sol | S pour les zones de sismicité 1 à 4 |
|--|-------------------------------------|
| A – sol rocheux | 1 |
| B | 1,35 |
| C | 1,5 |
| D | 1,6 |
| E –sol comprenant une couche superficielle d'alluvions | 1,8 |



Contexte / Eurocode 8

Analyse linéaire / Coefficient de comportement q

EC8 / Chap. 8 Bâtiments Bois

Toitures en charpentes
industrialisées

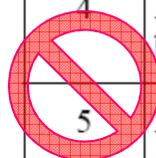


L'AN limite q à 3

Règles de moyens pour les panneaux de contreplaqué et particules pour une affectation en DCH. On note l'absence des OSB.



| Principe de dimensionnement et classe de ductilité | q | Exemples de structure |
|--|-----|---|
| Capacité réduite à dissiper l'énergie – DCL | 1,5 | Consoles, poutres, arcs avec deux ou trois assemblages brochés ; treillis assemblés par connecteurs |
| Capacité moyenne à dissiper l'énergie – DCM | 2 | Panneaux de murs collés avec diaphragmes collés, assemblés par clous et boulons ; treillis avec assemblages brochés et boulonnés ; structures mixtes composées d'une ossature en bois (résistant aux forces horizontales) et d'un remplissage non porteur |
| | 2,5 | Portiques hyperstatiques avec assemblages brochés et boulonnés (voir 8.1.3(3)P) |
| Capacité élevée à dissiper l'énergie – DCH | 3 | Panneaux de mur cloués avec diaphragmes collés, assemblés par clous et boulons ; treillis avec assemblages cloués |
| | 4 | Portiques hyperstatiques avec assemblages brochés et boulonnés (voir 8.1.3(3)P) |
| | 5 | Panneaux de mur cloués avec diaphragmes cloués, assemblés par clous et boulons |



Eurocode 8 / Règles de moyens pour les murs à ossature bois avec voiles travaillant pointés

Eurocode 8

Règles de moyen suivantes pour considérer les murs de contreventement avec voile travaillant, en structures de classe de ductilité élevée :

- a) les panneaux de particules ont une masse volumique d'au moins 650kg/m^3 ,
- b) les panneaux de contreplaqué ont une épaisseur d'au moins 9 mm,
- c) les panneaux de particules et de fibres ont une épaisseur au moins de 13 mm.

Valeur maximale pour le coefficient de comportement $q = 5$
Pas de règles de moyens pour l'OSB

Application usuelle de l' Eurocode 8 en France

- q est limité à 3 pour les murs de contreventement avec voiles travaillant
- OSB d'épaisseur 12 mm, $q = 1,5$ / OSB d'épaisseur 15 mm, $q = 3$



Objectifs - SISMOB

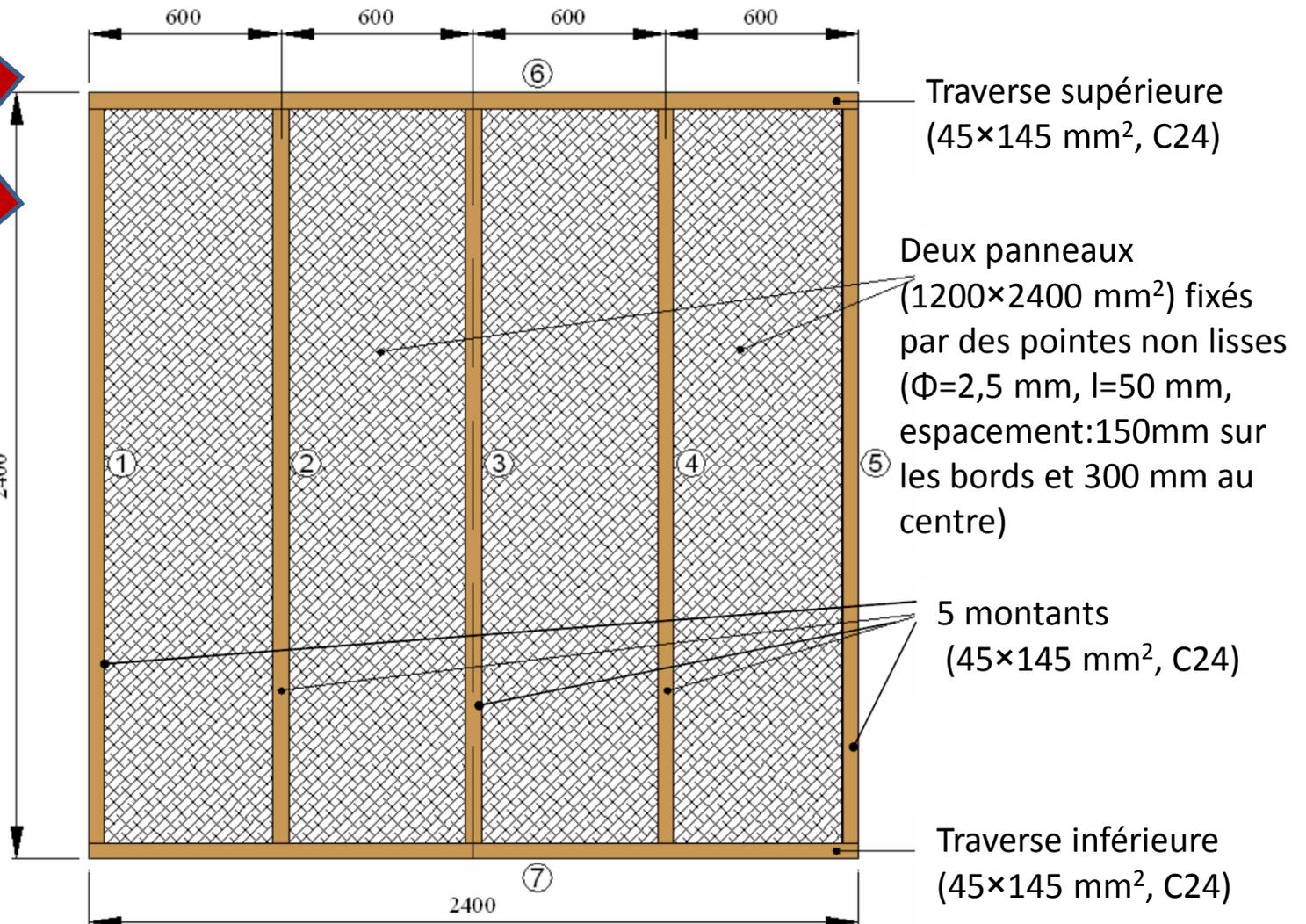
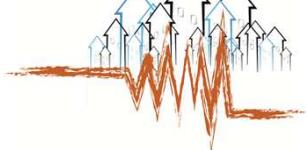
- « Positionner » les voiles OSB 12 mm (config. 3) par rapport aux configurations 1 & 2 (considérées comme DCH selon EC8) :
 - Config. 1 / CP10 / panneaux de contreplaqué d'épaisseur 10 mm
 - Config. 2 / P16 / panneaux de particules d'épaisseur 16 mm
 - Config. 3 / OSB12 / panneaux de particules d'épaisseur 12 mm
- Evaluer le coefficient de comportement q



SISMOB / Murs étudiés : conformes au DTU31.2, conçus selon les principes de dimensionnement en capacité et soumis à une charge verticale allant jusqu'à 850kg/ml (2 tonnes).



Équerres d'ancrage des murs à leurs extrémités



SISMOB - Phases de l'étude

- 9 essais monotones et cycliques sur les 3 configurations de murs



Déterminer le critère de non effondrement pour les essais dynamiques

- 16 essais dynamiques sur table vibrante
 - 8 murs testés pour la configuration OSB12
 - 4 murs testés pour la configuration CP10
 - 4 murs testés pour la configuration P16



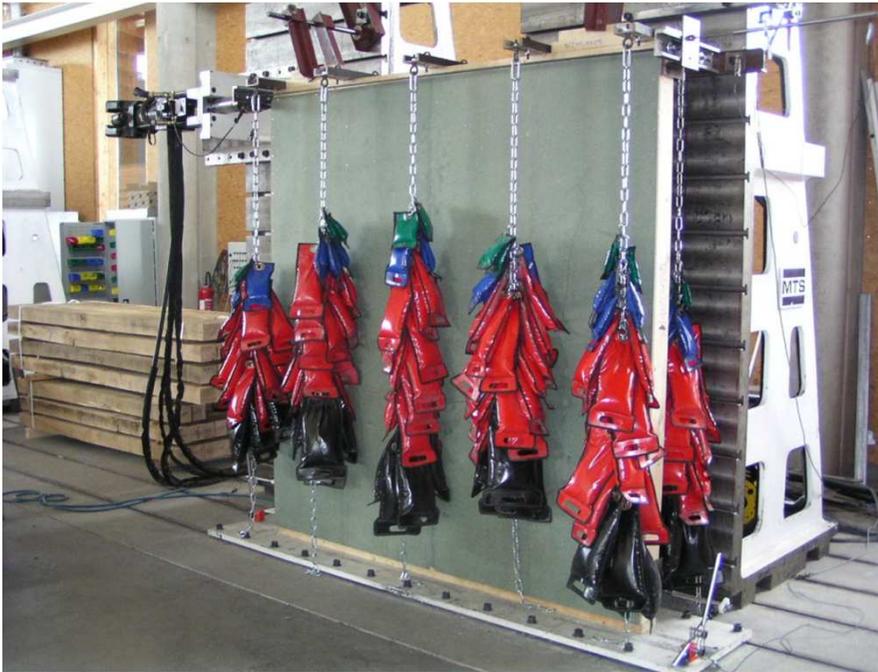
Évaluer q pour les 3 séismes testés



SISMOB - Essais cycliques

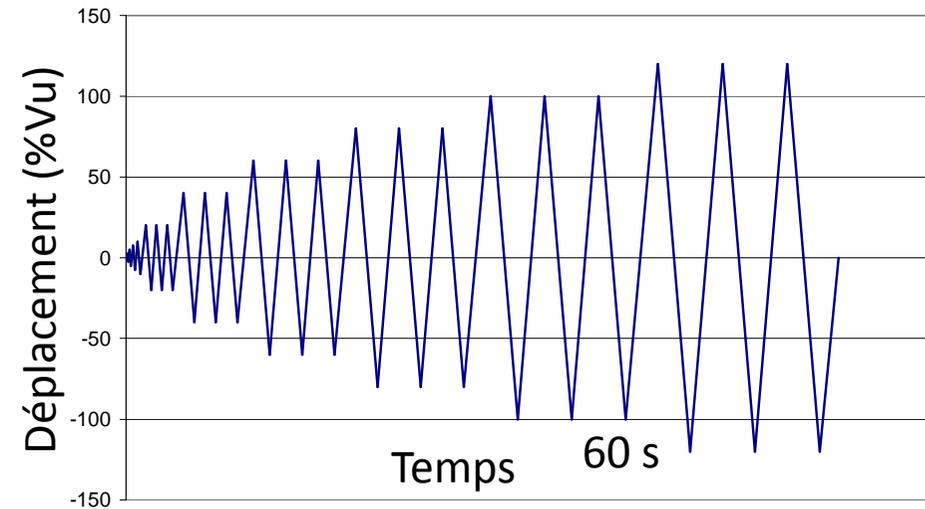
Méthode d'essai selon l'ISO 21 581

Conditions limites



- charge verticale appliquée = 625kg/ml=1,5 T
- 2 équerres d'ancrage
- 4 boulons centrés entre les montants

Cycles de déplacements

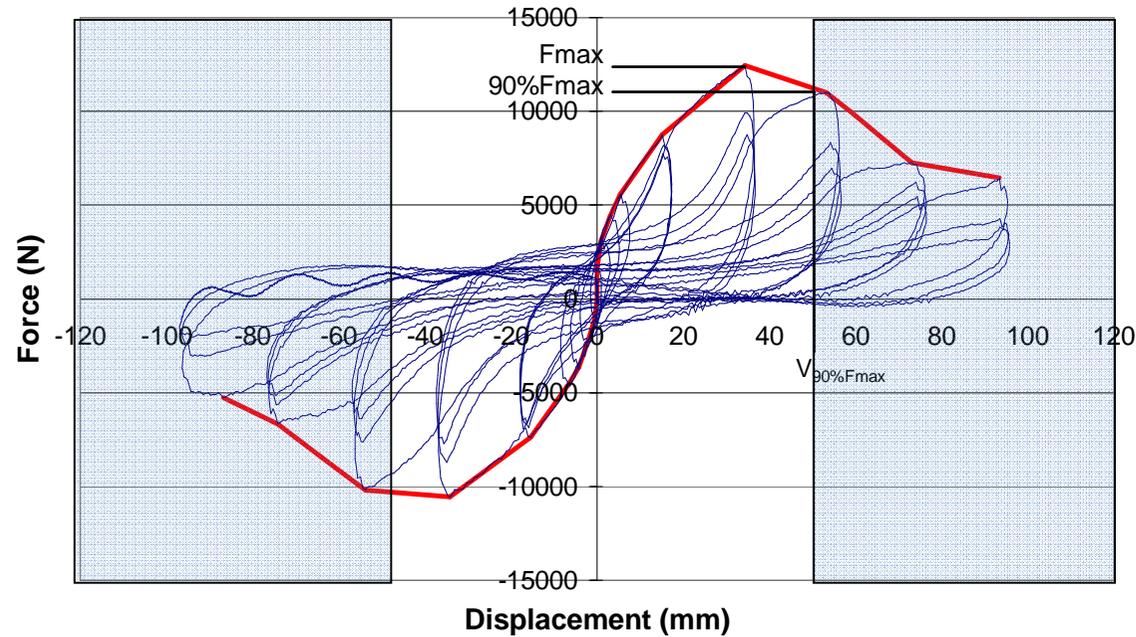


Vu est le déplacement limite obtenu lors de l'essai monotone (EN 594)
 $V_u = 100 \text{ mm}$ pour OSB12

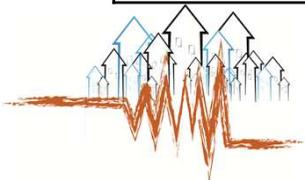


SISMOB - Essais cycliques

Courbes Force /déplacement et enveloppes



| | $V_{F_{max}}$ (mm) | $V_{90\%F_{max}}$ (mm) | Déplacement limite pour les essais dynamiques = $\text{MIN}(60 \text{ mm}, V_{90\%F_{max}})$ |
|------------------------|-----------------------|---------------------------|--|
| OSB12 /1,5T/ ISO 21581 | 34 | 51 | 51 mm |
| OSB12 /1,5T/ ISO 21581 | 34 | 54 | |



SISMOB - Essais dynamiques

Etape 1) bruit blanc → Période propre T_0 ;

Etape 2) signal sismique amplifié pour que le déplacement relatif en tête de mur corresponde au déplacement limite (i.e. établi pour le critère de non effondrement)

→ $PGA_{\text{non effondrement, test}}^{(*)}$
déplacement relatif en haut du mur,
 $q_{\text{test}}^{(**)}$;

Etape 3) signal sismique, identique à celui de l'étape 2 mais à son niveau d'origine

→ évaluer la capacité du mur à supporter un nouveau séisme.

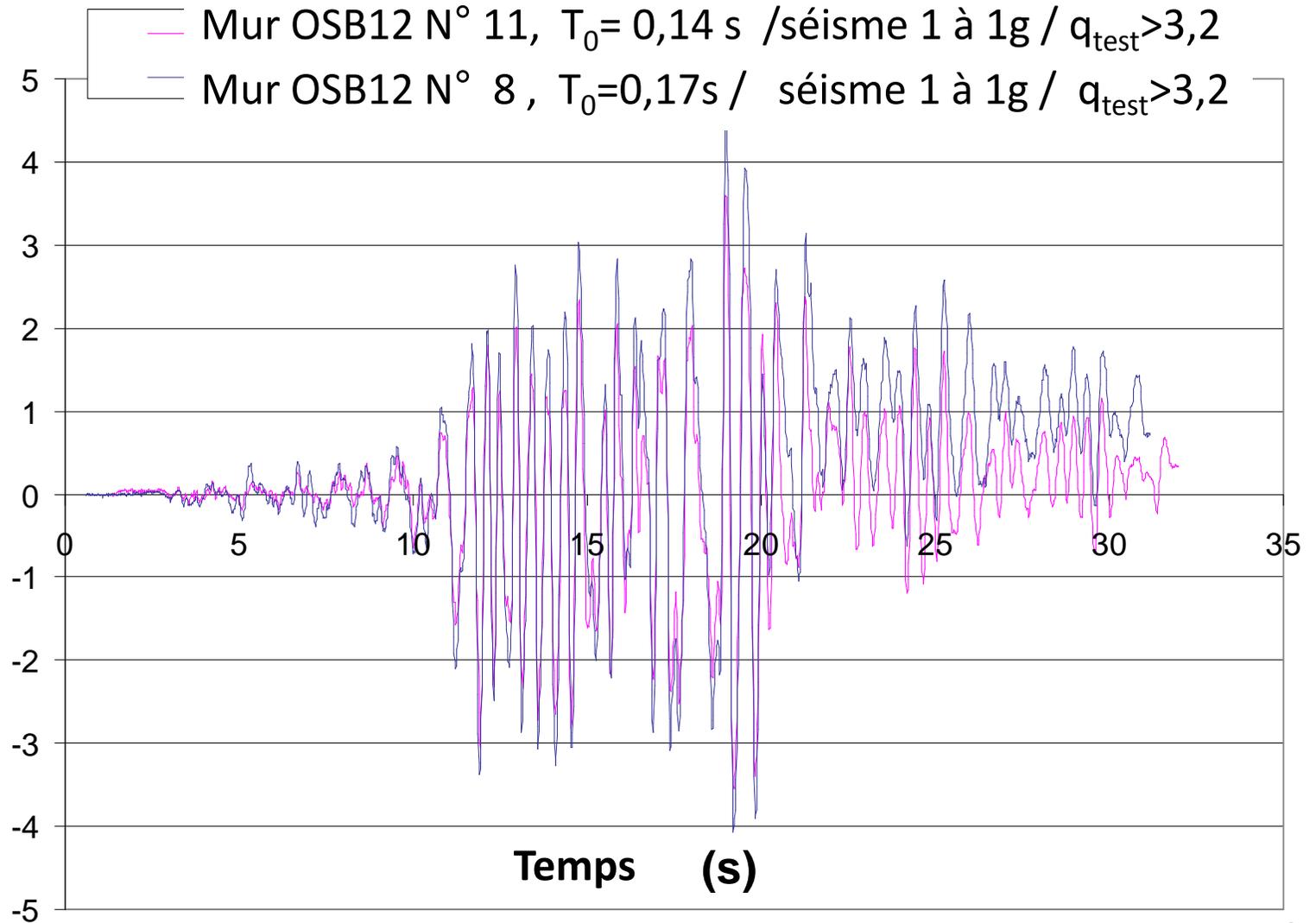


(*) $PGA_{\text{non effondrement, test}}$: pic d'accélération au sol pour que le déplacement relatif en haut du mur corresponde à la limite de non effondrement

(**) $q_{\text{test}} = PGA_{\text{non effondrement, test}} / PGA_{\text{design EC8, } q=1}$

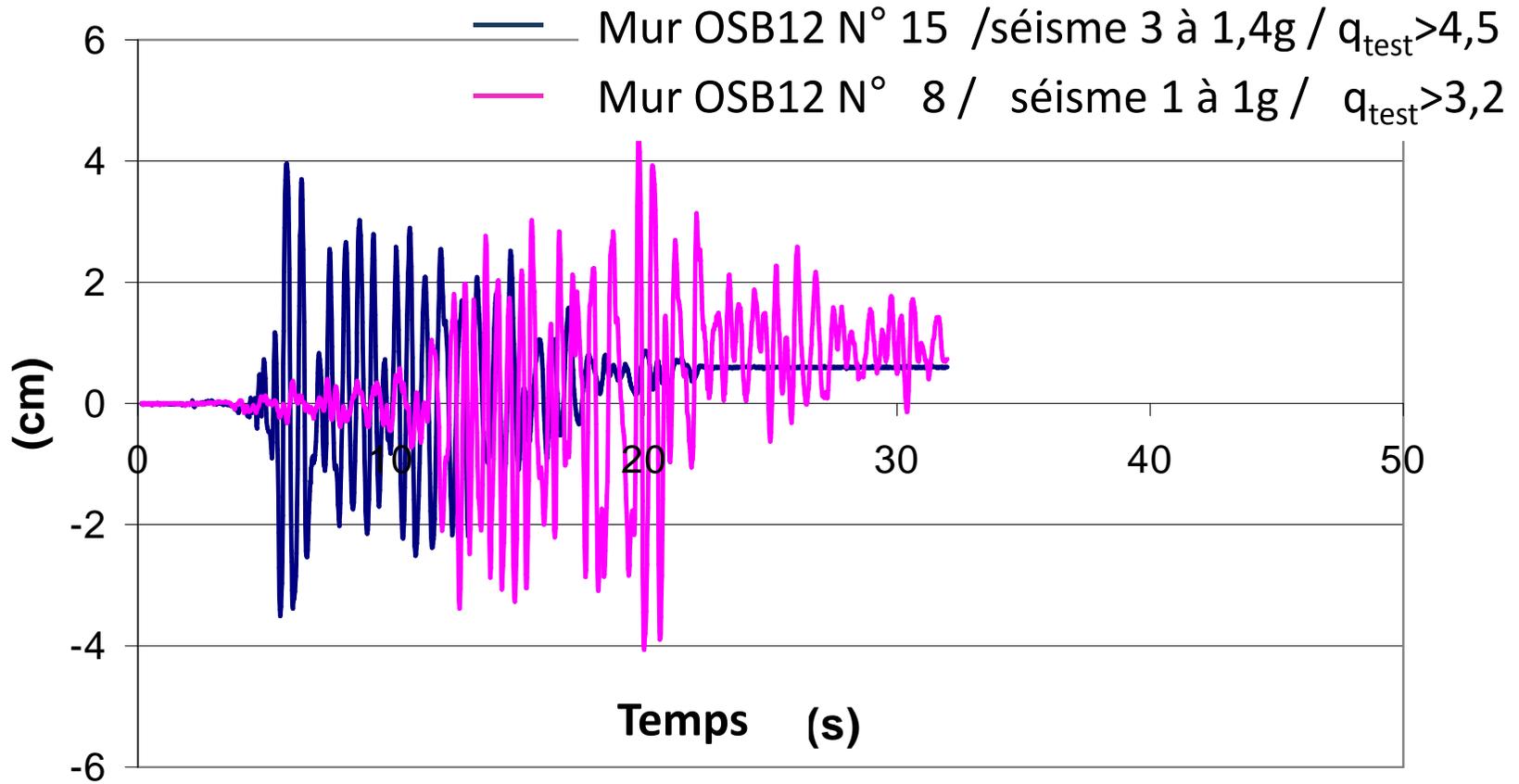
Essais dynamiques / config. OSB12 / influence matériau

**Déplacement relatif en tête de mur
(cm)**



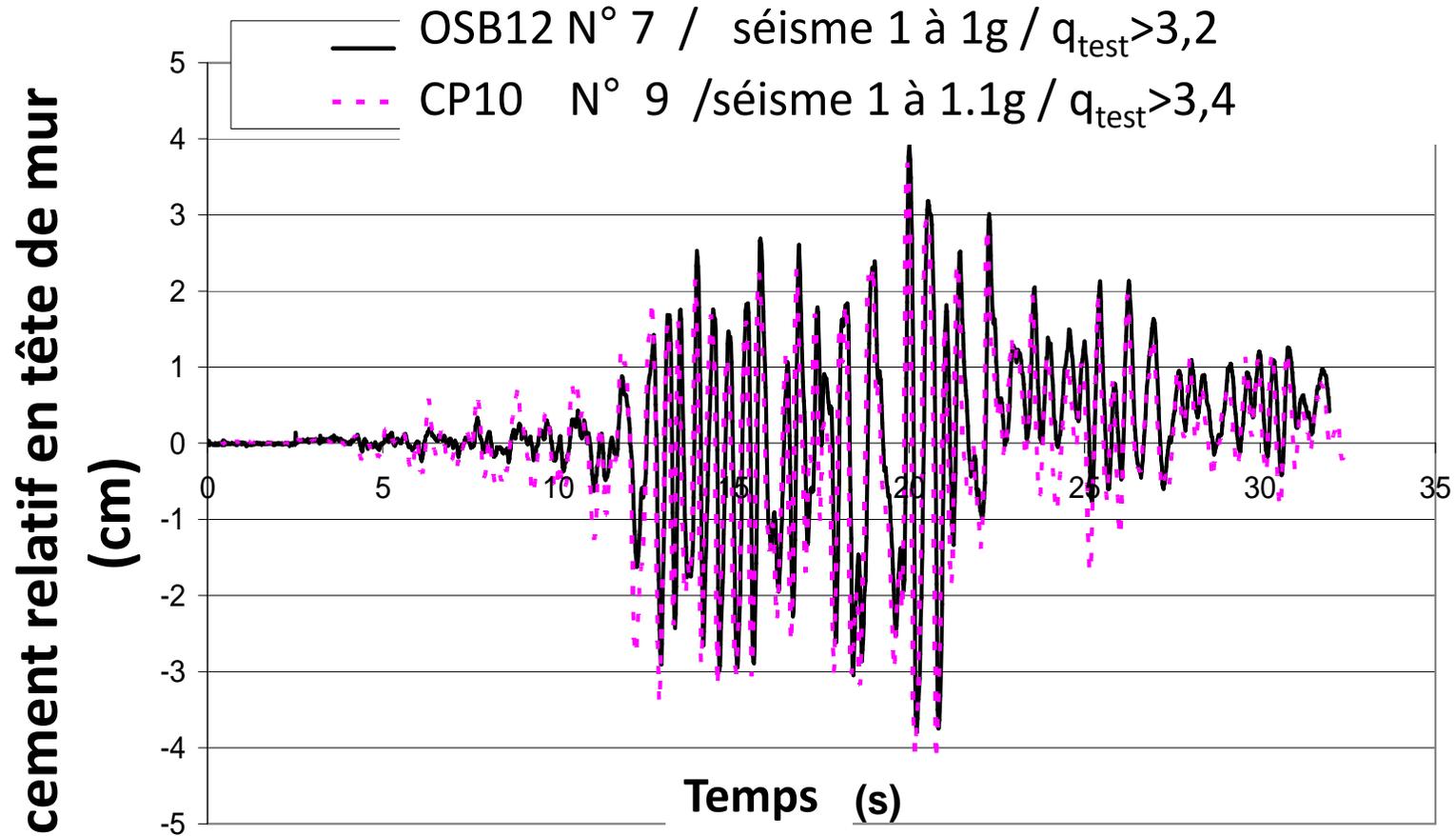
Essais dynamiques / config. OSB12 / Influence séisme

Déplacement relatif en tête de mur



SISMOB

Essais dynamiques / Comparaison OSB12 et CP10



Déplacement relatif en tête de mur

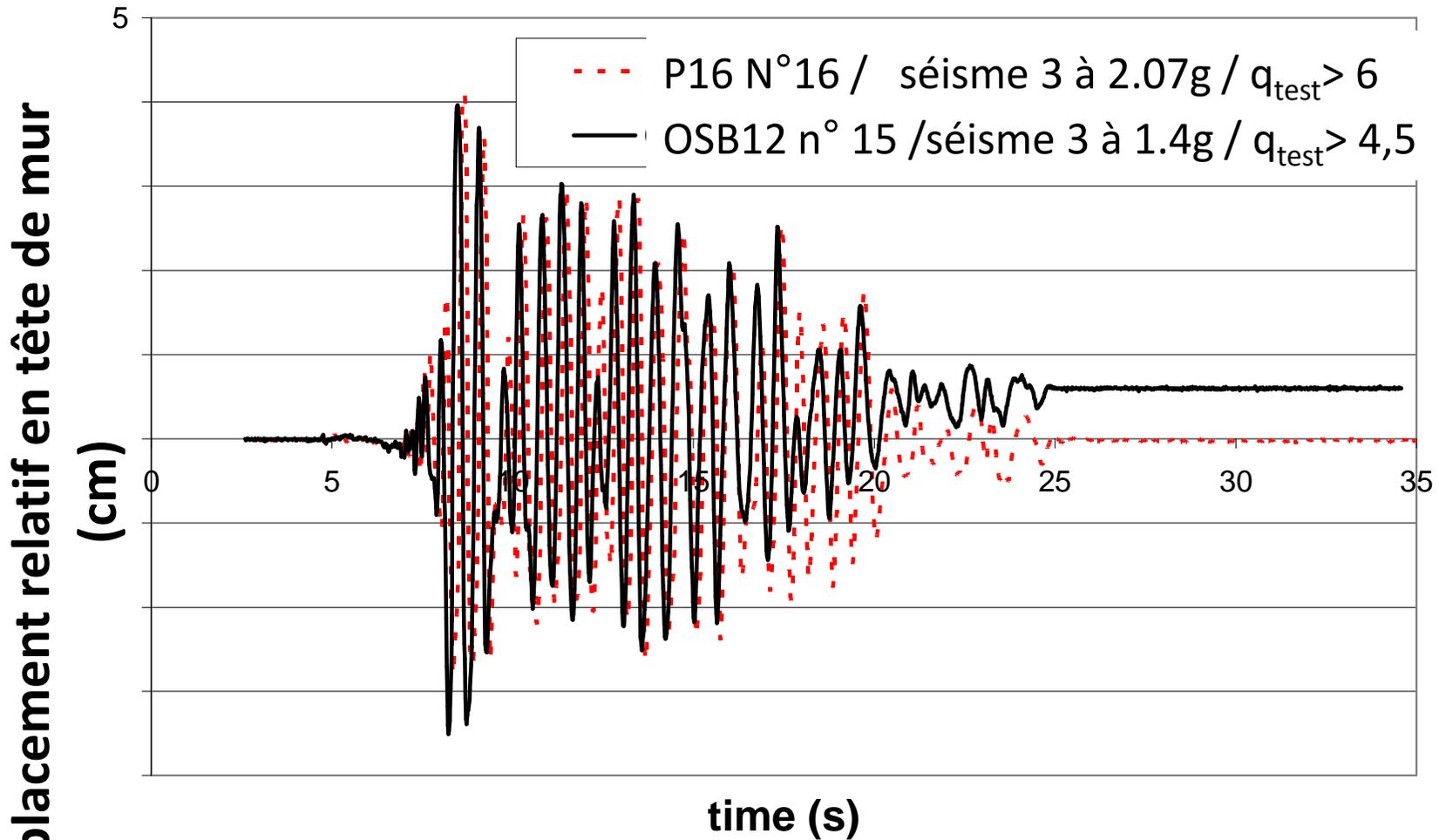
(cm)

Temps (s)



SISMOB

Essais dynamiques / Comparaison OSB12 et P16



SISMOB - Conclusions

- La variabilité due à la procédure d'essais et au matériau est faible en comparaison à celle des séismes.
- Pour le critère de non effondrement utilisé, le comportement dynamique des murs OSB 12 et CP10 sont similaires. Les essais mettent en évidence des modes de ruines qui correspondent à des rotules plastiques au niveau des pointes qui fixent les panneaux.
- **Pour les murs à ossature bois et panneaux travaillant en OSB à partir de 12 mm d'épaisseur, il est proposé une valeur de $q=3$.**



SISBAT - Méthodologie

PLUSIEURS ECHELLES

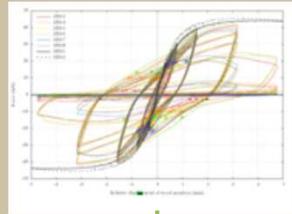
APPROCHE NUMÉRIQUE: MODÉLISATION

APPROCHE EXPÉRIMENTALE

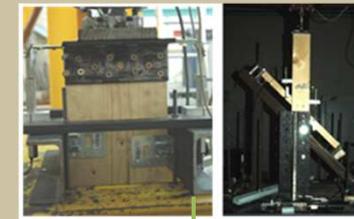
allers-retours entre les deux approches

ASSEMBLAGES

Loi de comportement, au 3SR

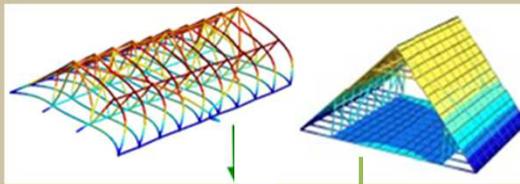


Tests sous sollicitation monotones et cycliques, au CSTB



TOITURES

Modélisation dynamique non linéaire de toitures 6×6m² et 8×12m², au Leme et LaMI



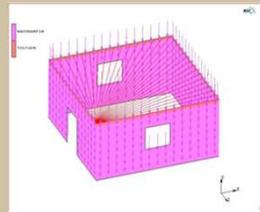
$q = 5$,
sens perp. aux fermes

Essais dynamiques unidirectionnels sur 12 toitures 6×6m², au FCBA



MAISONS

Modélisation de maisons 6×6m² et 8×12m², au CSTB et 3SR



$q = 5 / \alpha(T)$,
sens perp. aux fermes

Essais dynamiques tri-directionnels sur 2 maisons 6×6m², au CEA



SISBAT- Conclusions

- Les toitures étudiées étaient conçues selon le DTU31.3, avec un ancrage des fermes et du système de contreventement dimensionnés en sur-résistance ; les couvertures selon DTU 40.21 avec 1/5 tuiles fixées en partie courante ;
- Lors des essais de toitures (seules ou sur murs) sur table vibrante, les charpentes supportent un séisme d'aléa fort (0,3g) sans détérioration alors que leur dimensionnement correspond à un séisme d'aléa moyen (0,16g) ;
- Lors des séismes suivants plus puissants, on constate quelques ruptures d'assemblages mais qui n'entraînent pas d'effondrement de toiture, ni de chutes de tuiles ;
- Pour le critère de non effondrement retenu, la modélisation des toitures en $8 \times 12 \text{ m}^2$ montre que les toitures supportent l'ensemble des séismes des zones d'aléa fort.



SISBAT- Conclusions

- Pour le dimensionnement des toitures, il conviendrait d'utiliser un transfert de spectre ;
- Dans le cadre du projet SISTACI, ces transferts de spectre ont été étudiés pour une gamme de périodes (T) des murs. Le but est de proposer une approche simplifiée en déterminant un coefficient d'amplification de spectre $\alpha(T)$;
- Pour le dimensionnement des systèmes de stabilisation dans le sens perpendiculaire aux fermes, il est proposé, pour un ouvrage de forme rectangulaire à combles perdus ou habitables.

| | |
|--|--|
| Fermettes / transfert de spectre à faire | $q = 5$ |
| Fermettes / transfert de spectre inclus maçonnerie EC8 non chaînée maçonnerie EC8 chaînée / MOB | $q / \alpha(T) = 2,5$ $q / \alpha(T) = 3$ |



Merci de votre attention

Contact : [Carole FAYE](mailto:carole.faye@fcba.fr)
carole.faye@fcba.fr

