

# N°20 - GARE AUX SÉISMES !

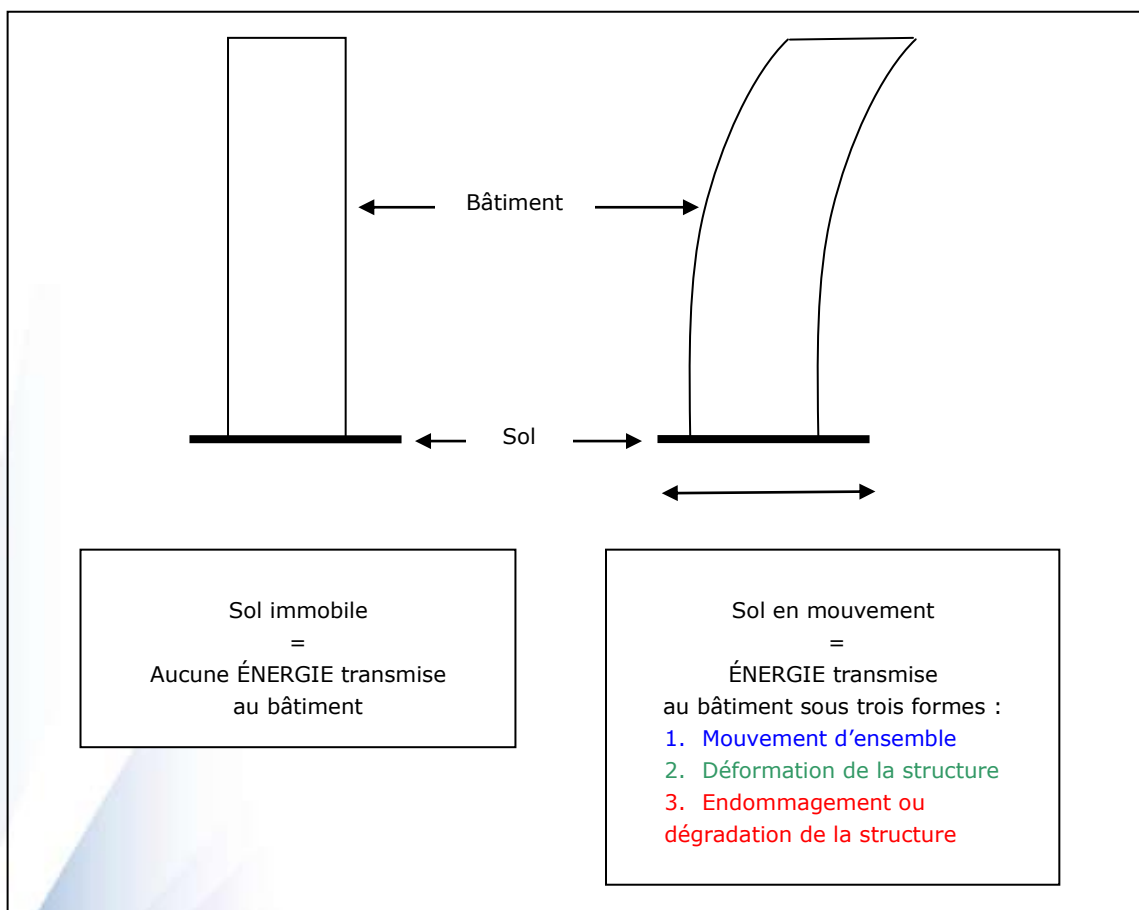
## INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

Il s'agit d'expliciter certains termes qui figurent dans le zoom « Construire en prévision des secousses ».

### *Énergie mécanique*

Il ne s'agit pas de donner une définition physique de l'énergie mécanique d'un système mais de comprendre intuitivement ce que subit une construction lors d'un séisme.

**Bâtiment soumis à un séisme => énergie transmise au bâtiment par le mouvement du sol.**



Lorsque le séisme est important (intensité forte), l'énergie transmise augmente.

1. Le mouvement d'ensemble augmente et peut amener au renversement de la structure ou à des chocs avec les bâtiments voisins.
2. La déformation de la structure augmente (dans la limite des caractéristiques des

matériaux de construction et de la structure). Une structure qui accepte beaucoup d'énergies de ce type sera dite « **souple** », par opposition à « **raide** ».

3. L'endommagement ou la dégradation de la structure entraîne l'apparition de fissures et des déformations irréversibles de certains éléments (dans la limite des caractéristiques des matériaux de construction et de la structure). Une structure qui accepte beaucoup d'énergies de ce type sera dite « **ductile** », par opposition à « **fragile** ».

Dans les cas simples, les bâtiments parasismiques sont conçus « **raides** » et « **ductiles** ».

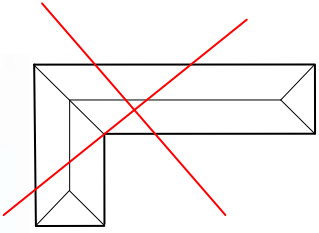
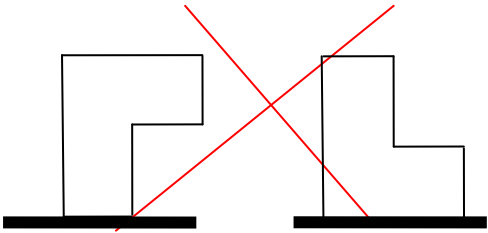
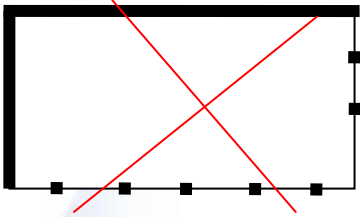
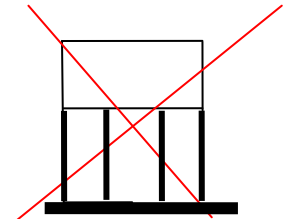
Pour les **bâtiments courants**, l'apparition de fissures après un séisme fort est normale. Ce qui importe, c'est d'**éviter l'effondrement total** !

## Conception architecturale

L'architecte est la personne responsable de la forme d'un bâtiment et du choix des matériaux utilisés. L'ingénieur calcule les dimensions et les caractéristiques des éléments de structure (fondations, poteaux, poutres et murs).

Certaines formes sont plus adaptées à la construction parasismique. D'une façon générale, il faut privilégier la **régularité** dans le plan, en hauteur, dans les dimensions des éléments de structure et dans l'utilisation des matériaux.

Attention, les ouvertures (portes et fenêtres) peuvent modifier le comportement de la construction. Elles doivent aussi être régulièrement réparties !

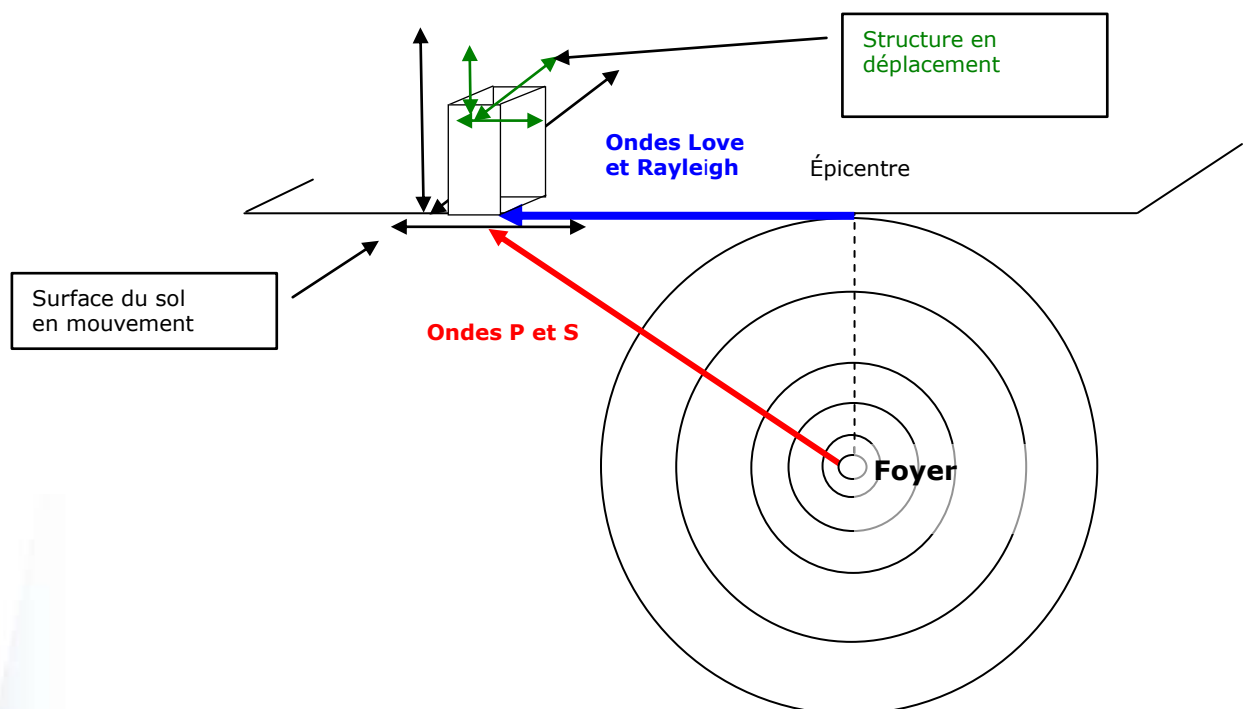
Formes en plan	Formes en élévation
	
 <p>Poteau : ■ Mur :  </p>	 <p>Poteau :   Mur : □</p>

Pour le choix des matériaux et du type de structure, les critères sont complexes... d'où la nécessité de demander l'assistance d'un ingénieur spécialiste. Attention : l'utilisation d'un matériau ne peut garantir à lui seul un comportement parasismique pour un bâtiment.

## Mouvement sismique

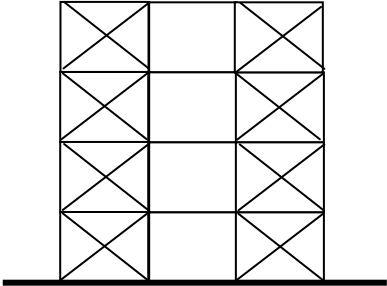
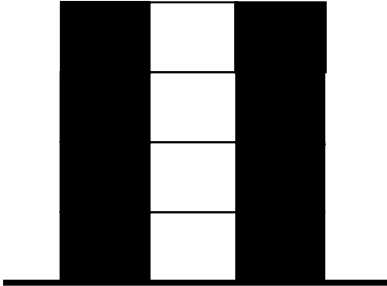
Les mouvements sismiques sont liés à la propagation d'une onde au travers de la croûte terrestre puis du sol, à partir du foyer (zones de ruptures de longueurs variables).

Ces ondes arrivent directement sous le bâtiment (ondes P puis ondes S, les ondes P étant sonores), puis à la surface (ondes de Love et ondes de Rayleigh, les ondes de Love étant comparables aux vaguelettes se propageant à la surface de l'eau). Elles provoquent des mouvements dans le bâtiment dans les trois directions de l'espace.



## Éléments de structure

Il s'agit des éléments de la construction qui lui permettent de « tenir ». On distingue les éléments porteurs horizontaux (planchers, poutres) et les éléments porteurs verticaux (poteaux, murs). Certains éléments sont très importants pour la construction parasismique. Il s'agit des éléments de contreventement. Ils peuvent être constitués de murs, de panneaux ou de diagonales (voir l'image de fond de l'affiche : *Renforcement parasismique par l'ajout de diagonales métalliques au CHU Pointe-à-Pitre/Abymes*. © Michèle Robin-Clerc).

Contreventement par diagonales	Contreventement par panneaux ou murs
	

### **Modalités de construction**

Lors de la construction du bâtiment (chantier), une attention et un soin particuliers doivent être apportés à la réalisation (mise en œuvre) de l'ouvrage.

### **Bâti vulnérable**

Les bâtiments vulnérables sont des constructions particulièrement exposées lors d'un séisme en raison :

- d'une conception architecturale inadaptée (manque de contreventement par exemple) ;
- d'une localisation géographique délicate (bord de falaise par exemple) ;
- de l'absence de calculs à partir des règles parasismiques (les premières règles datent de 1969 et elles ont été appliquées régulièrement à partir des années 80 seulement) ;
- d'un vieillissement prononcé du bâtiment (rouille, termites...).



## MÉDIAGRAPHIE

### À lire

*Construire parasismique* (Milan Zacek, Parenthèses, avril 1996).

L'ouvrage explicite les mécanismes de résistance aux séismes des constructions et offre une synthèse des démarches architecturales et constructives. La partie traitant du cadre réglementaire n'est plus à jour.

*Séismes et construction - Éléments pour non-spécialistes* (Pierino Lestuzzi, Presses polytechniques et universitaires romandes (PPUR), mars 2008).

Cet ouvrage délivre une synthèse sur la prise en compte des séismes lors de la construction de bâtiments. La partie traitant du cadre réglementaire n'est plus à jour.

*La Pointe-à-Pitre n'existe plus : relations du tremblement de terre de 1843 en Guadeloupe* (Jacqueline Picard, Gosier-Caret, 2003).

Analyse sociale des conséquences de cet événement.

### À voir

*Risque sismique aux Antilles : des îles sous la menace d'une catastrophe*, « C'est pas sorcier », France3.

### En ligne

Photos, rapports de missions post-sismiques [www.afps-seisme.org](http://www.afps-seisme.org)

Réseau national de ressources en technologie collège ; dans *Ressources professeurs*, consulter le dossier [Les travaux de la Fondation École française du béton sur la thématique « séismes et constructions »](http://ww2.ac-poitiers.fr/rnrtechno), [ww2.ac-poitiers.fr/rnrtechno](http://ww2.ac-poitiers.fr/rnrtechno)

Site du Programme national de prévention du risque sismique [www.planseisme.fr](http://www.planseisme.fr)

Portail du Programme de mise en réseau des établissements scolaires équipés d'un sismomètre à vocation éducative (données sismiques, ressources éducatives, stations installées, logiciels éducatifs...) [www.edusismo.org](http://www.edusismo.org)

Site sur les risques majeurs, consulter la rubrique *Le risque sismique* [www.risquesmajeurs.fr](http://www.risquesmajeurs.fr)

Réalisé par le BRGM, dans le cadre du Plan séisme Antilles, ce site fait partie des actions de prévention du risque sismique aux Antilles [www.miseismantilles.com](http://www.miseismantilles.com)

## POINTS DE PROGRAMMES D'ENSEIGNEMENT

### **Collège**

- BO spécial n° 6 du 28 août 2008 technologie classe de 5<sup>e</sup>, domaine d'application « Habitat et ouvrages ».
- BO spécial n° 6 du 28 août 2008 sciences de la vie et de la Terre classe de 4<sup>e</sup>, « L'activité interne du globe ».

### **Lycée général et technologique**

- Arrêté du 27 mai 2010 (paru au JO du 29 mai 2010 et au BOEN spécial n° 6 du 24 juin 2010) portant sur la nouvelle voie technologique STI2D, « 2.3.4 Structures porteuses, Aspects vibratoires, Transfert de charges ».
- Programme d'enseignement spécifique de sciences de la vie et de la Terre en classe de 1<sup>re</sup> de la série scientifique, thème 1-B : « La tectonique des plaques : l'histoire d'un modèle » et thème 2-A : « Tectonique des plaques et géologie appliquée ».
- BO spécial n° 4 du 29 avril 2010, histoire et géographie classe de 2<sup>nde</sup>, thématique « Les espaces exposés aux risques majeurs ».

### **Lycée professionnel**

- Baccalauréat professionnel spécialité Technicien du bâtiment : organisation et réalisation du gros œuvre, S7.4 - Ouvrages en béton armé : décrire les principes de construction parasismique.
- Baccalauréat professionnel spécialité Technicien d'études du bâtiment, S3.1.2 - Risques majeurs : analyser les objectifs de réglementations, identifier les différentes zones à risques dans le cadre des plans locaux d'urbanisme.

## PISTES PÉDAGOGIQUES

### Niveau(x)/Discipline(s)

- Cinquième/Technologie

Prolongements possibles : 1<sup>re</sup> STI2D (enseignement transversal) ; 1<sup>re</sup> baccalauréat professionnel (spécialité Technicien du bâtiment : organisation et réalisation du gros œuvre et spécialité technicien d'études du bâtiment).

### Éléments du programme

- L'analyse et la conception de l'objet technique

Connaissances	Niveau	Capacités	Liens avec l'activité
Solutions techniques	1	Identifier la solution technique retenue pour réaliser une fonction de service.	Solutions pour la construction parasismique : <ul style="list-style-type: none"> <li>• conception adaptée (forme, régularité) ;</li> <li>• éléments de renfort (murs, diagonales).</li> </ul>
	1	Comparer sur différents objets techniques les solutions retenues pour répondre à une même fonction de service.	Variation de la hauteur, de la masse en tête et intégration de renforts (murs et diagonales).

- Les matériaux utilisés

Connaissances	Niveau	Capacités	Liens avec l'activité
Propriétés mécaniques et esthétiques d'une structure : <ul style="list-style-type: none"> <li>• résistance ;</li> <li>• déformation esthétique.</li> </ul>	2	Mettre en relation dans une structure une ou des propriétés avec les formes, les matériaux et les efforts mis en jeu.	Solutions pour la construction parasismique : <ul style="list-style-type: none"> <li>• dimensions des éléments de structure (raideur, ductilité).</li> </ul>

- Le processus de réalisation d'un objet technique

Connaissances	Niveau	Capacités	Liens avec l'activité
Prototype, maquette	3	Participer à la réalisation d'une maquette d'un objet technique.	Construction des maquettes.
Échelles	3	Transférer les données d'un plan sur une maquette ou dans la réalité.	Utilisation des plans afin de confectionner les maquettes.



## Suggestions d'activités

L'affiche peut être utilisée à différentes étapes de la démarche d'investigation. Elle peut servir de situation déclenchante ; elle permet alors de faire émerger la problématique : « **Comment faut-il construire les bâtiments pour qu'ils résistent à un séisme ?** » Le professeur devra alors orienter la problématique vers :

- « quelle est la réaction d'un bâtiment face aux séismes ? » : les élèves alors répartis en îlots travaillent sur des maquettes, les paramètres testés étant différents (paramètre de masse, paramètre de hauteur, paramètre de section des matériaux, influence de la conception architecturale) ;
- « comment renforcer la résistance d'un bâtiment face aux séismes ? » : les élèves en investigation s'appuient alors sur l'affiche... visualisation des diagonales de contreventement... passage par des maquettes : cela sert-il à renforcer le bâtiment ?

Par ailleurs, l'affiche peut servir en prolongement... « Dans quelle zone de sismicité se trouve notre commune ? » Pour cela, il faut utiliser la carte du nouveau zonage sismique de l'affiche et consulter le décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 portant sur la délimitation des zones de sismicité du territoire français.

La première suggestion d'activité est développée dans la suite du livret.

## Objectifs

- Construire des maquettes en respectant un plan et des dimensions.
- Observer la réponse des maquettes mises en mouvement par un « essai au lâcher » ; on dit que l'on est « en oscillations libres ».
- Observer la réponse des maquettes mises en mouvement par la base, en fonction du nombre d'allers et retours par seconde (notion de fréquence) effectués par la main de l'élève. Le mouvement se fera dans une direction le plus régulièrement possible. On dit que l'on est « en oscillations forcées ».
- Établir la liste des paramètres influençant la réponse des maquettes.
- Visualiser des moyens de renforcement parasismique (diminution importante des mouvements de la maquette) ; notion de contreventement.
- Visualiser les problématiques de construction architecturale (bâtiments trop proches, bâtiments irréguliers).

## Matériels nécessaires

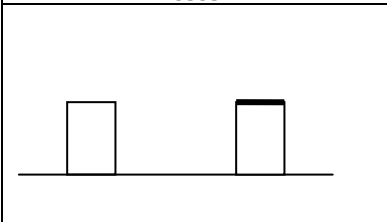
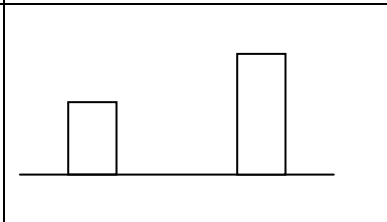
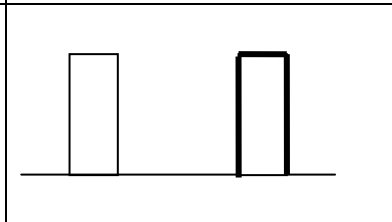
- Papier cartonné 180 g/m<sup>2</sup> de format (24 x 32) et de format A3 (42 x 29,7), blanc et éventuellement couleur.
- Papier A4 et A3 standard.
- Ruban adhésif transparent.
- Boîtes à chaussures.
- Fil de couture.



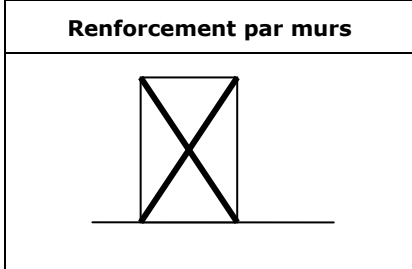
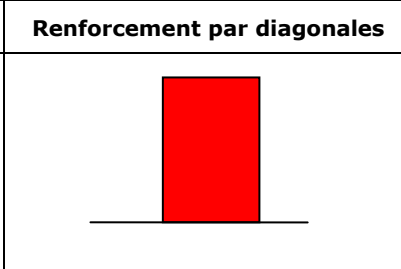
## Les maquettes pouvant être réalisées

- Structure simple (deux murs et un plancher : maquette en forme de portique).
- Deux hauteurs : 11 cm et 16 cm, largeur identique 6 cm.
- Double épaisseur de papier ou non (sur grande hauteur).
- Masse en tête (carton épais de boîte à chaussure sur le dessus) ou non.

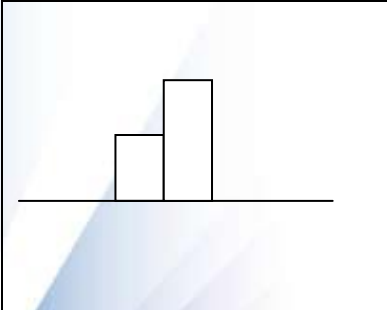
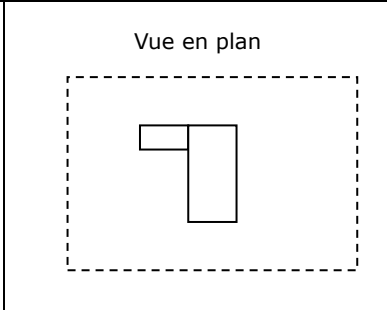
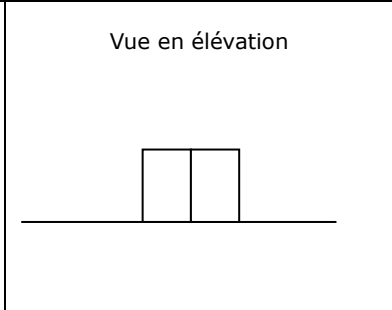
Ce qui permet d'étudier trois couples de maquette :

Masse supplémentaire en tête	Augmentation de la hauteur	Épaisseur doublée
		

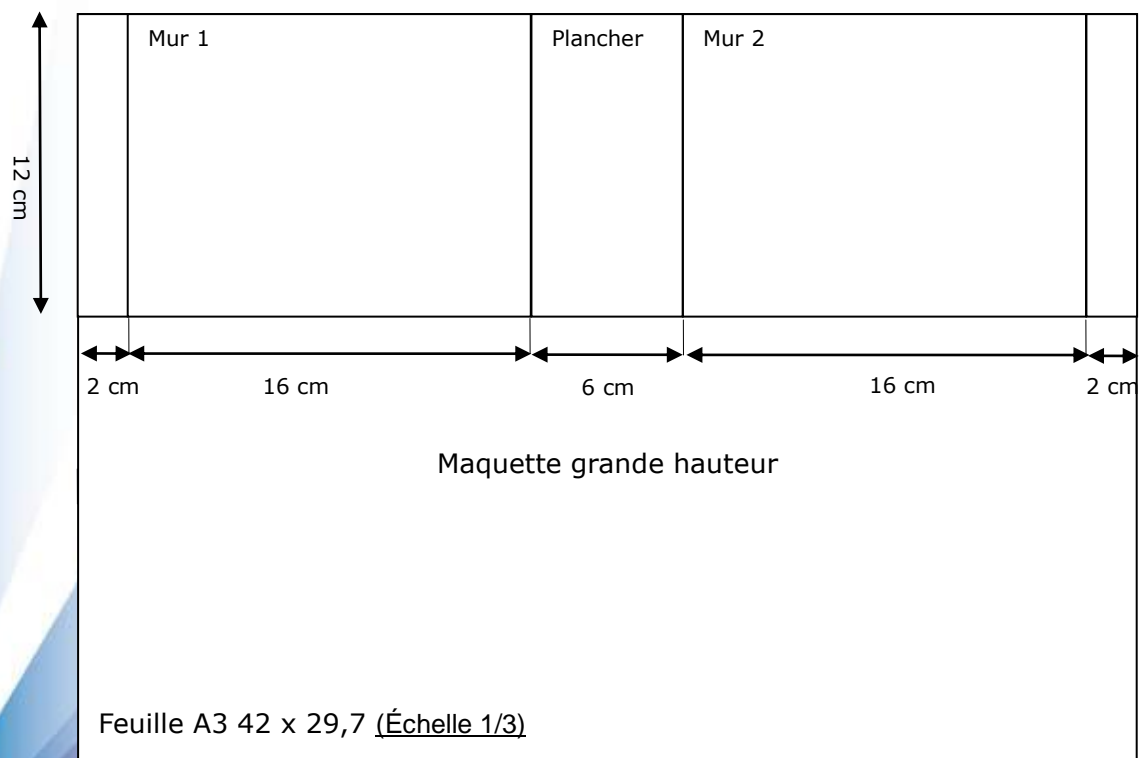
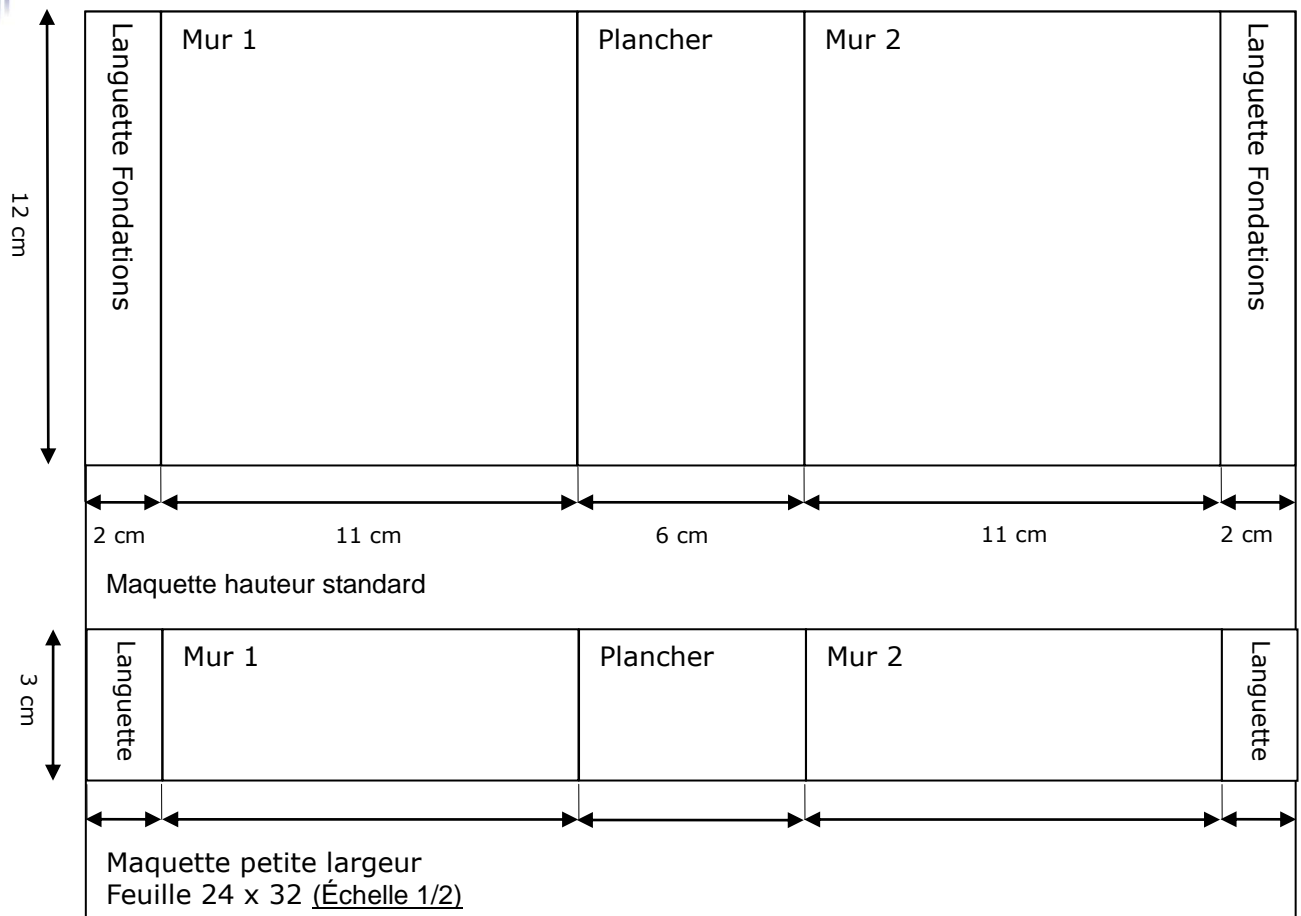
### Renforcement par murs ou diagonales de contreventement

Renforcement par murs	Renforcement par diagonales
	

### Conception architecturale : irrégularité en élévation et en plan

Irrégularité en élévation	Irrégularité en plan	
	<p>Vue en plan</p> 	<p>Vue en élévation</p> 

Pour réaliser les maquettes « irrégularité en élévation ou en plan » ci-dessus, coller ensemble des maquettes de hauteurs ou de largeurs différentes (trois murs après collage).



- Respecter les dimensions.
- L'ensemble de la maquette doit être réalisé d'un seul tenant.
- Les murs doivent traverser le couvercle de la boîte à chaussures (sol) et les languettes (fondations) repliées par retour et collées à l'aide du ruban adhésif.



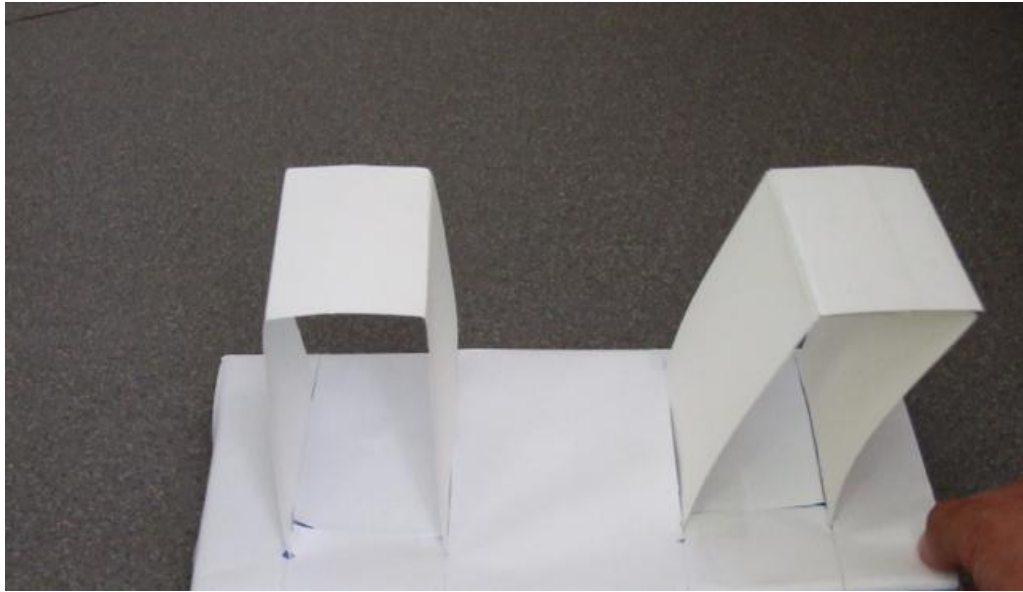
Principe de fabrication des maquettes © Laurent Martias

## Problématique 1 : quelle est la réaction d'un bâtiment face aux séismes ?

**A – En quoi les masses modifient-elles la réaction d'un bâtiment face aux séismes ?**



Maquettes pour étudier le paramètre de masse © Laurent Martias



Maquettes pour étudier le paramètre de masse en oscillations forcées © Laurent Martias

### Observations

Mouvement lent (un mouvement par seconde)		Mouvement rapide (5 à 10 mouvements par seconde)	
Petit déplacement	Grand déplacement	Petit déplacement	Grand déplacement

En construction parasismique, on évite les masses en hauteur (pas de piscine sur le toit par exemple).

### B – En quoi les hauteurs modifient-elles la réaction d'un bâtiment face aux séismes ?

Même principe.

La hauteur des bâtiments est conditionnée par les besoins de l'utilisateur. Mais les bâtiments les plus grands ne sont pas forcément les plus vulnérables (dépend de la fréquence des mouvements du sol).

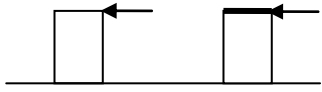
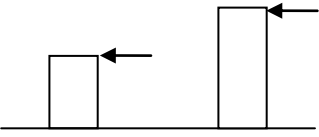
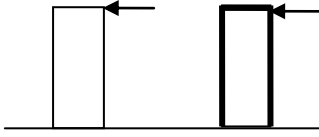
### C – En quoi les sections de matériaux modifient-elles la réaction d'un bâtiment face aux séismes ?

Même principe.

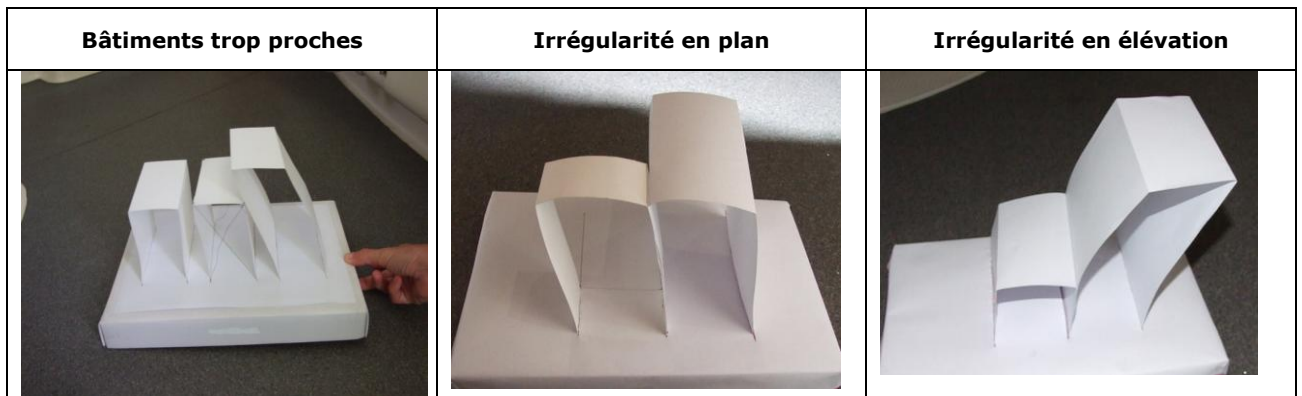
En construction parasismique, pour les petits bâtiments, on préfère accroître la raideur. Les éléments de structure (poteaux, poutres, voiles doivent donc être correctement dimensionnés). Les structures doivent cependant rester ductiles (voir énergie mécanique).

Il est aussi possible d'étudier l'influence de ces trois paramètres en oscillations libres ; dans ce cas, il faut déplacer le haut de la maquette, lâcher et laisser osciller.

### Observations

Masse supplémentaire en tête		Augmentation de la hauteur		Épaisseur doublée	
					
Oscillations rapides	Oscillations lentes	Oscillations rapides	Oscillations lentes	Oscillations lentes	Oscillations rapides

### D – En quoi la conception architecturale modifie-t-elle la réaction d'un bâtiment face aux séismes ?



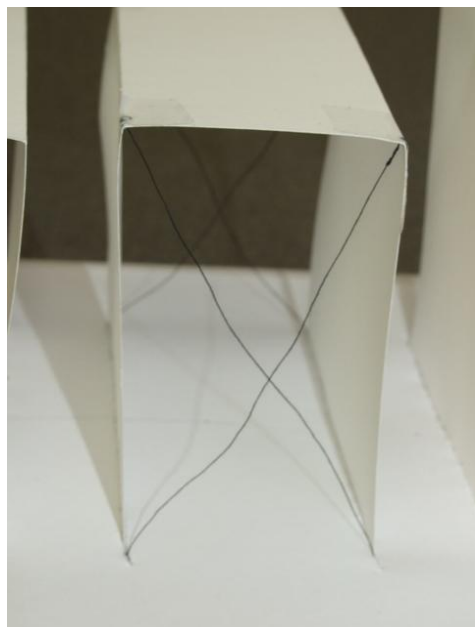
Maquettes pour étudier le paramètre de conception architecturale © Laurent Martias

### Observations

Bâtiments trop proches	Irrégularité en plan	Irrégularité en élévation
Chocs entre deux bâtiments.	Rotation (torsion) du bâtiment en vue du dessus (peu visible).	Cassure au changement de hauteur sur le mur et avec des mouvements rapide « bâillement du mur ».

## Problématique 2 : comment renforcer la résistance d'un bâtiment face aux séismes ?

Il s'agit d'étudier deux maquettes : l'une « normale », l'autre renforcée à l'aide de diagonales ou de murs.



Maquettes renforcées © Laurent Martias

### Observations

- Pas de mouvements significatifs pour les maquettes renforcées.
- Attention : en construction parasismique, les murs comme les diagonales doivent résister aux séismes. Ils doivent donc être solidaires de l'ensemble de la structure et être résistants et ductiles.
- Le remplissage par des éléments de maçonnerie ou de pierre est donc strictement interdit (voir les chutes de blocs de l'église de Terre-de-Bas, aux Saintes, et les fissurations en croix toujours aux Saintes lors du séisme de 21 novembre 2004).

### AUTEURS

Conception de l'affiche : Claire Lucchese  
Accompagnement pédagogique : Laurent Martias

### PANNEAU RÉALISÉ AVEC LE CONCOURS DE :

- AFPS

Copyright SCÉRÉN CNDP-CRDP, 2011