

LE GÉNIE PARASISMIQUE

*Concevoir et construire un bâtiment
pour qu'il résiste aux séismes*

Présentation de l'intervenant



- Activité : Ingénierie générale du bâtiment.
Implantation : Siège social à Grenoble. 6 agences dont 3 en Rhône-Alpes.
B.E.T. structures : 12 ingénieurs calculateurs de structure.

Conception, dimensionnement et justification de structures de bâtiment, selon les règles PS92 et Eurocode 8.

- **Contexte**

- Effet d'un séisme sur le bâtiment
- Conception parasismique
- Résistance des structures
- Conclusion : la « *bonne construction* » parasismique

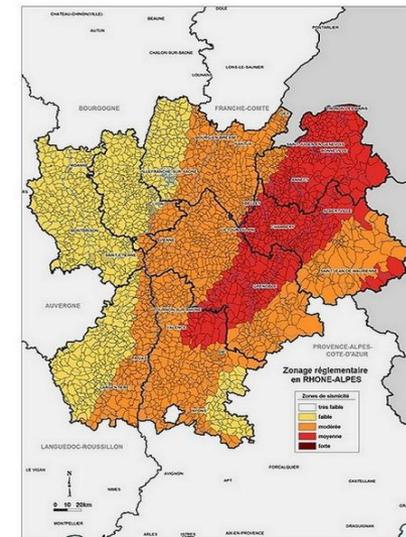
Contexte

Maison individuelle ou petit collectif



En béton armé et maçonnerie

En Savoie (sismicité moyenne ou modérée)



- Contexte

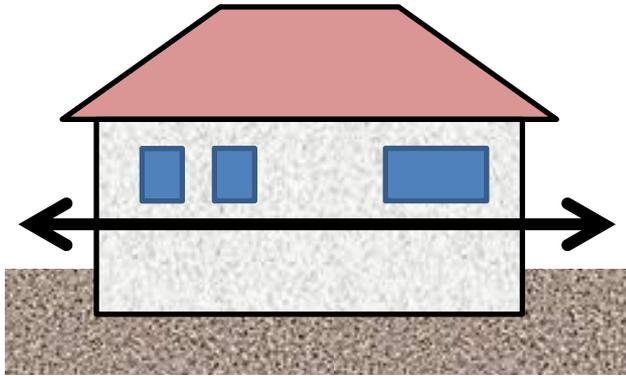
- **Effet d'un séisme sur le bâtiment**

- Conception parasismique

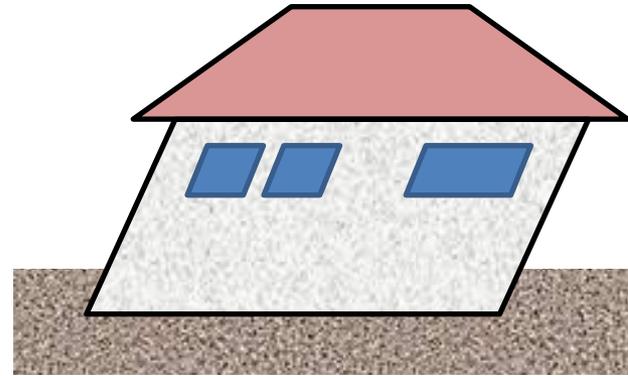
- Résistance des structures

- Conclusion : la « *bonne construction* » parasismique

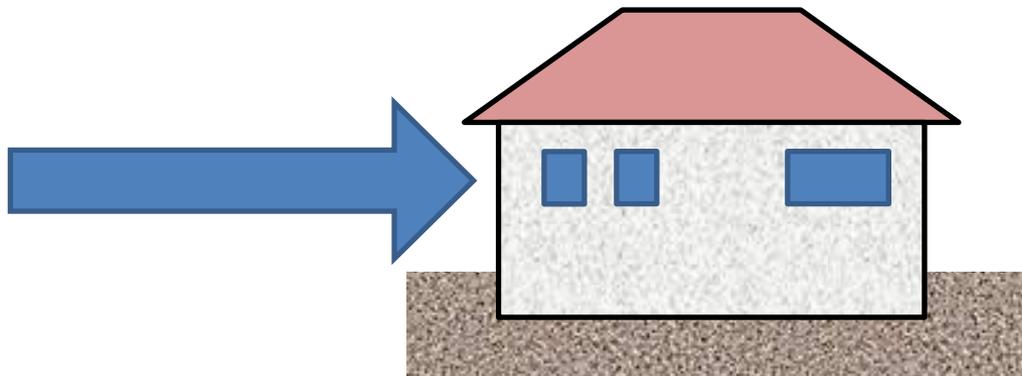
Effet d'un séisme sur le bâtiment



Vibration : le bâtiment est soumis à des accélérations horizontales. Ces accélérations créent des forces d'inertie.



Dynamique des structures : Etude des déformations et des périodes propres de la structure. Calculs complexes pas nécessaires pour des structures simples.



L'action du séisme peut être représentée par des forces horizontales statiques équivalentes

Effet d'un séisme sur le bâtiment

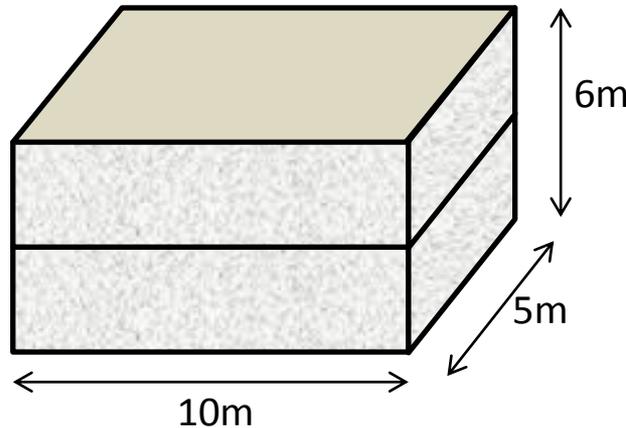
- Quelle est l'importance des efforts de séisme ?
- Pourquoi prendre des dispositions particulières ?

Effet du vent sur la façade

Maître-couple
(surface exposée au vent)
 60m^2

Pression du vent
(site peu exposé, intérieur des
terres – Savoie)
 50 daN/m^2

Force horizontale totale due au
vent
 $60\text{m}^2 \times 50\text{daN/m}^2 =$
3.000 daN



Effet du séisme

Masse de la structure
(bâtiment en béton)
 1.000 kg par m^2 de plancher

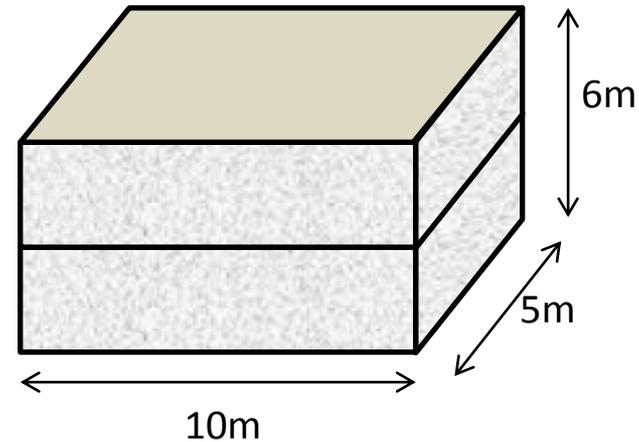
Surface de plancher
 100m^2

Accélération du séisme
(sismicité moyenne – Savoie)
 $2\text{ m/s}^2 = 0,2\text{ g}$

Force horizontale totale due au
séisme
 $1.000\text{ kg} \times 100\text{m}^2 \times 0,2\text{g} =$
20.000 daN

Effet d'un séisme sur le bâtiment

Effet du vent sur la façade	3.000 daN
Effet du séisme	20.000 daN
Poids de la structure	100.000 daN



Pour un bâtiment en maçonnerie ou béton armé, en zone de sismicité modérée ou moyenne, les efforts dus au séisme

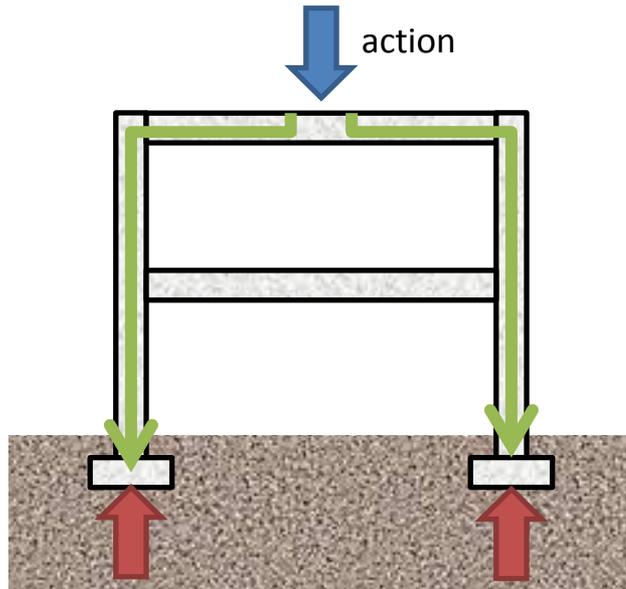
- **ne sont pas négligeables par rapport au poids de la structure,**
- **sont prépondérants par rapport aux autres actions horizontales.**

Ils doivent être pris en compte dans la conception et la réalisation de la structure du bâtiment.

- Contexte
- Effet d'un séisme sur le bâtiment
- **Conception parasismique**
- Résistance des structures
- Conclusion : la « *bonne construction* » parasismique

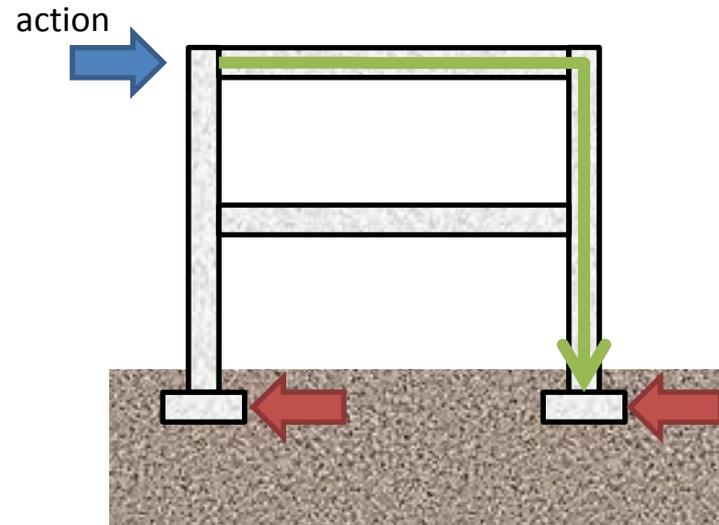
Conception parasismique

La structure résiste aux efforts appliqués et les transmet aux appuis (fondations)



Réaction d'appui

Charges verticales statiques (poids de la structure et charges sur les planchers)
« descente de charges »

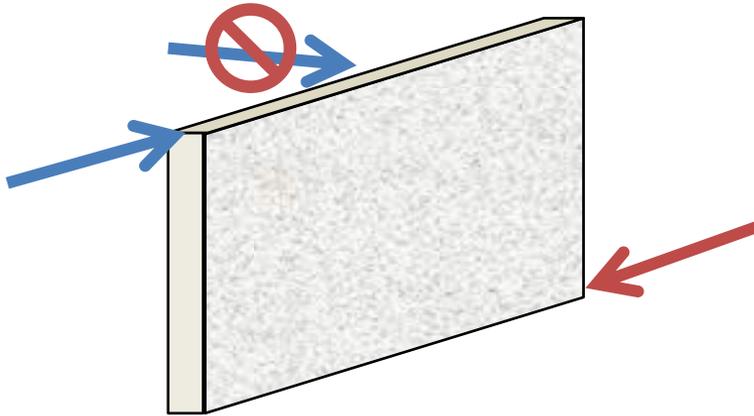


Réaction d'appui

Efforts horizontaux (séisme et vent)
« contreventement »

Conception parasismique = conception du contreventement
Concevoir le **cheminement des actions horizontales**
appliquées à la structure jusqu'aux appuis.

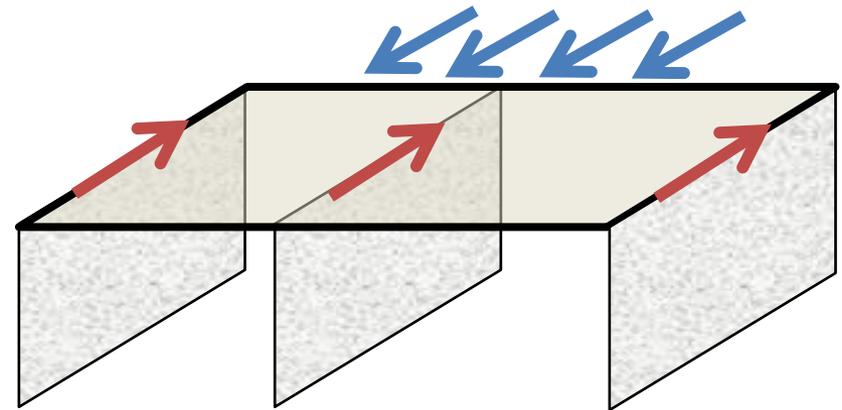
Conception parasismique



Contreventement vertical

Les murs résistent **dans leur plan** : ils s'opposent aux déplacements horizontaux de la structure et aux efforts correspondants

Ils transmettent l'action horizontale vers la base du mur : **les murs de contreventement doivent descendre jusqu'aux fondations**



Contreventement horizontal

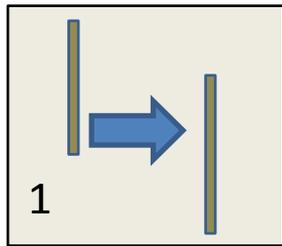
Les planchers résistent dans leur plan.

Transmettent et répartissent l'action horizontale sur les murs.

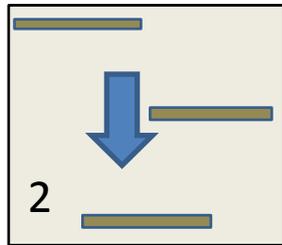
Effet de « diaphragme »

Conception parasismique

Position des éléments de contreventement en plan.

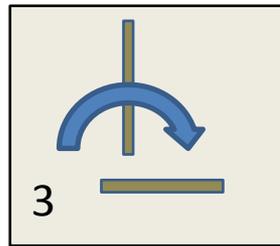


1

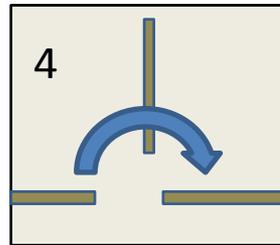


2

plans parallèles
INSTABLE

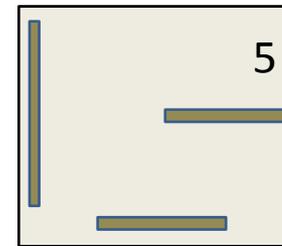


3



4

plans concourants
INSTABLE



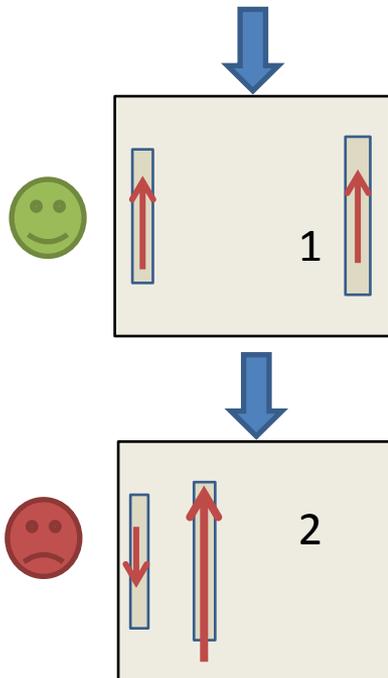
STABLE

Règle d'or :

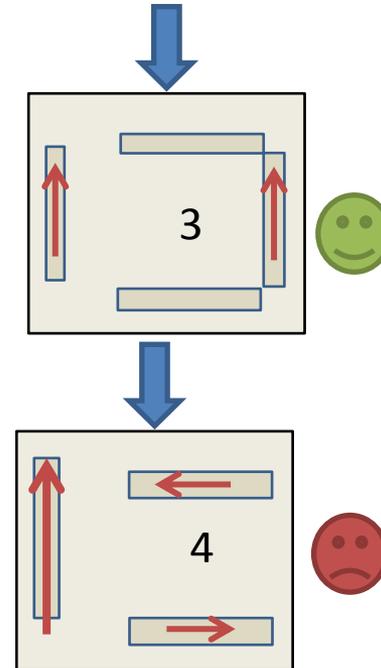
- Au moins 3 plans de contreventement,
- non tous parallèles,
- et non tous concourants.

Conception parasismique

Position des éléments de contreventement en plan.



Effort réparti entre les murs.
Dispositions favorables



Effort concentré sur un mur.
Dispositions défavorables

« Régularité » en plan du contreventement :
Dans chaque direction la répartition des murs de contreventement devrait être **uniforme et symétrique.**

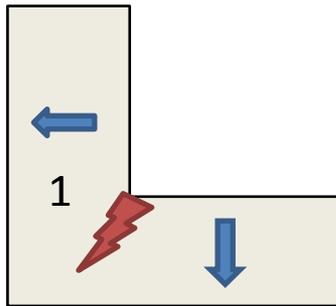
Conception parasismique

Forme des diaphragmes

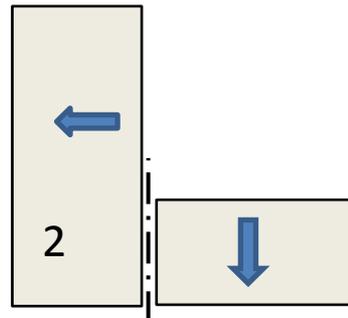
Les diaphragmes (planchers d'étages) devraient avoir une **forme compacte**

Décrochements et trémies constituent des points faibles (concentration d'efforts)

Situation défavorable



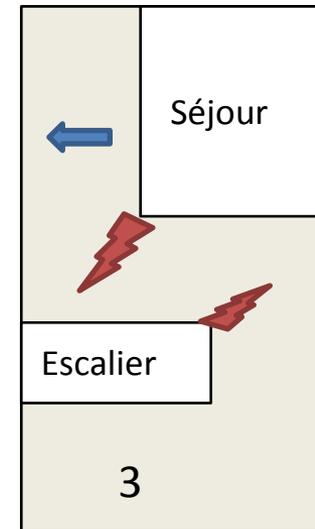
Situation favorable



Joint de fractionnement

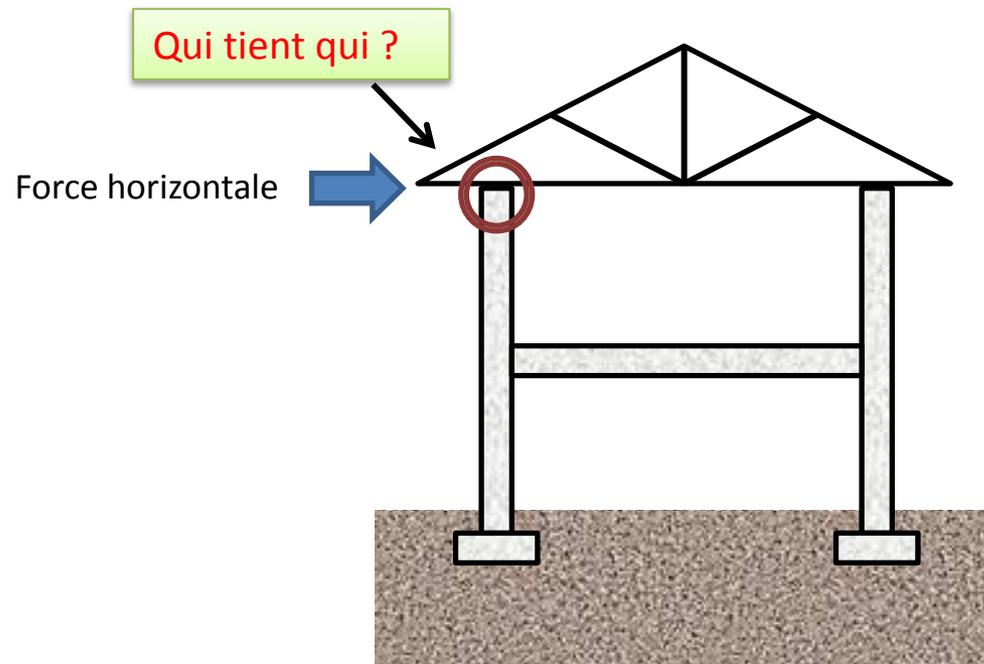


Situation défavorable



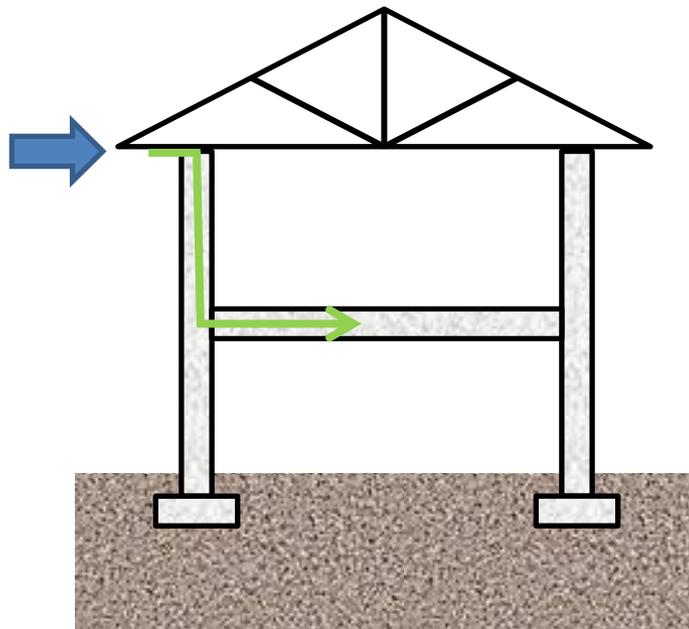
Conception parasismique

Cas de la charpente



Conception parasismique

Cas de la charpente



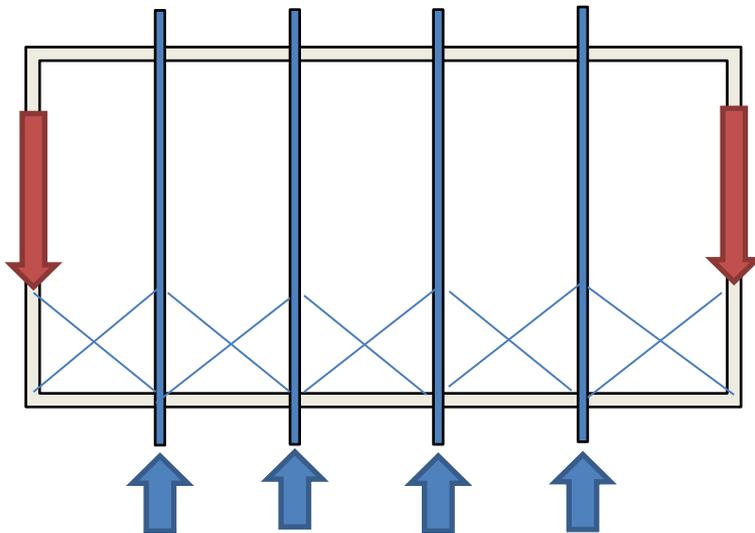
Le mur tient la charpente (solution à éviter)

Le mur sous toiture reprend des efforts normaux à son plan. (raidisseur en béton armé)

En pied du mur les efforts sont repris par le diaphragme (plancher), qui les transmet aux murs de contreventement (pignons)

Conception parasismique

Cas de la charpente



La charpente tient le mur (solution à privilégier)

Prévoir un diaphragme dans le plan de la toiture (« poutre au vent »).

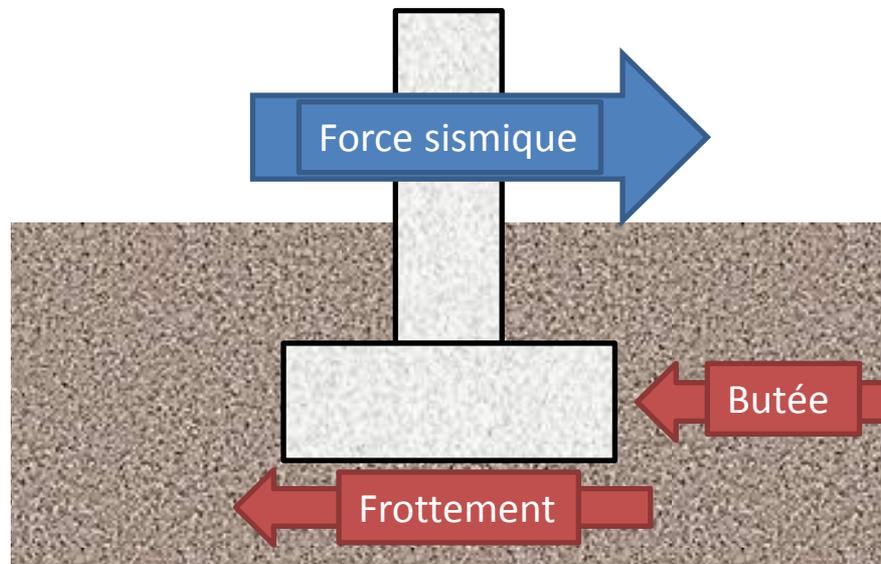
Elle doit reprendre les efforts de séisme dus à la fois à la masse de la toiture et à la masse des murs sous toiture.

Les efforts sont transmis par la charpente aux murs de contreventement (pignons)

Conception parasismique

Cas des fondations

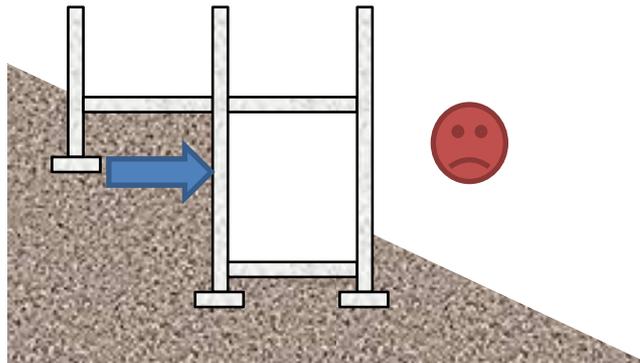
La structure transmet des forces horizontales aux appuis.
Comment les appuis résistent-ils aux forces horizontales ?



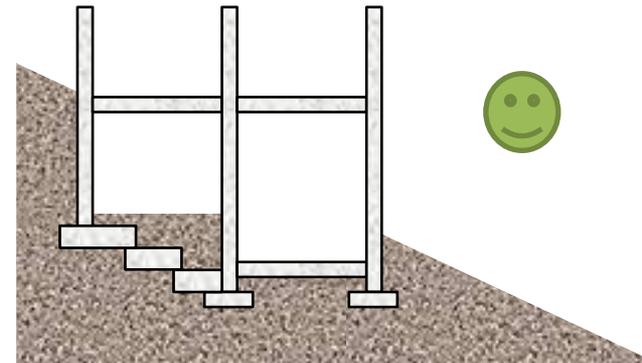
Une étude géotechnique est nécessaire pour identifier les aléas particuliers du site (stabilité de versant, sol liquéfiable...)

Conception parasismique

Cas des fondations



Fondations décalées, remblai :
les efforts se reportent sur l'infrastructure.
Situation défavorable



Fondations à redans, vide sanitaire.
Situation favorable

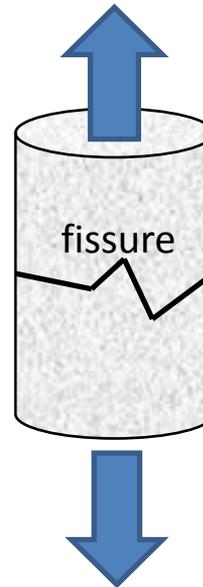
- Contexte
- Effet d'un séisme sur le bâtiment
- Conception parasismique
- **Résistance des structures**
- Conclusion : la « *bonne construction* » parasismique

Résistance des structures

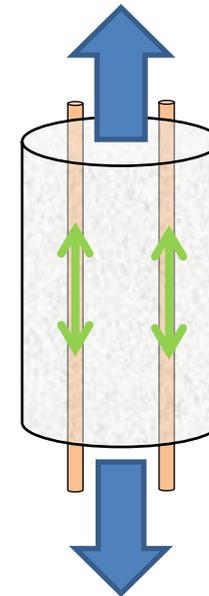
Fonctionnement du béton armé



Le béton résiste à la compression



Le béton (non armé) est fragile en traction

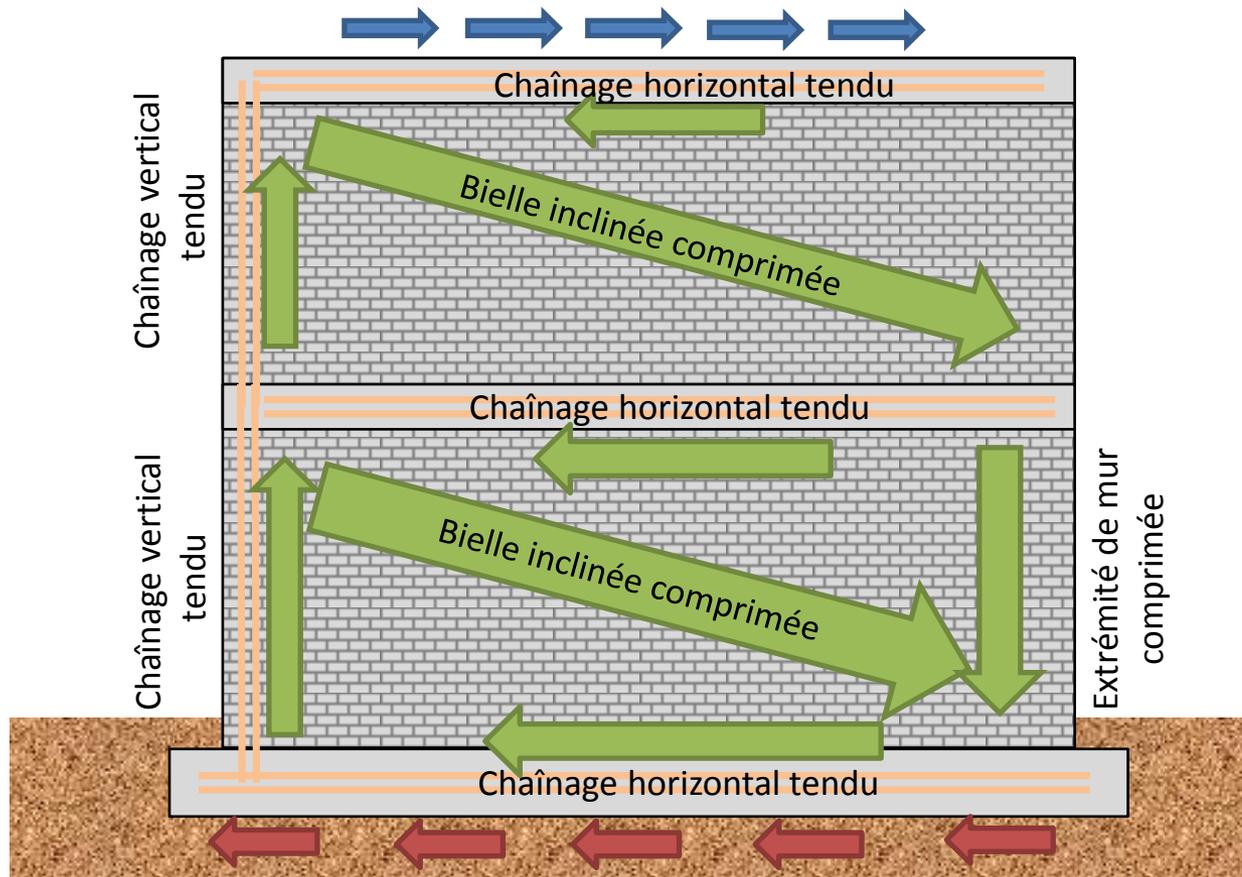


Les armatures en acier, adhérentes au béton, résistent à la traction

Les armatures doivent être correctement prises dans le béton.
Pour assurer **l'adhérence** (transmission des efforts entre béton et armatures) et **l'enrobage** (protection des armatures contre la corrosion).

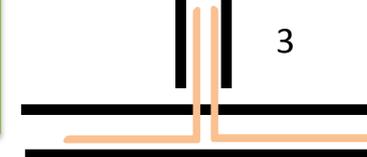
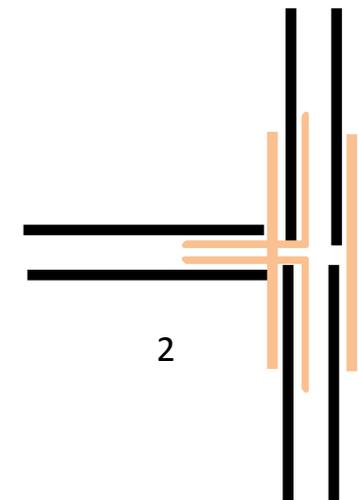
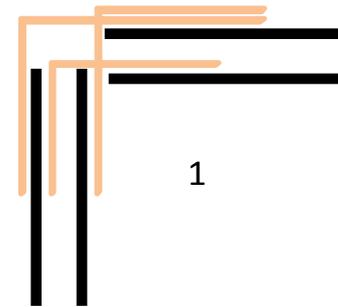
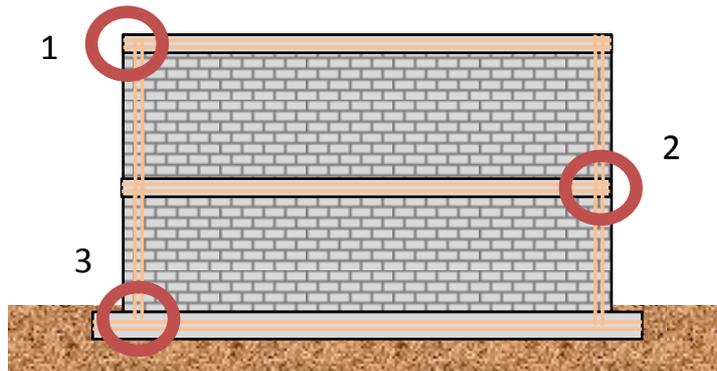
Résistance des structures

Fonctionnement des murs en béton armé ou maçonnerie chaînée



Résistance des structures

Fonctionnement des murs en béton armé ou maçonnerie chaînée

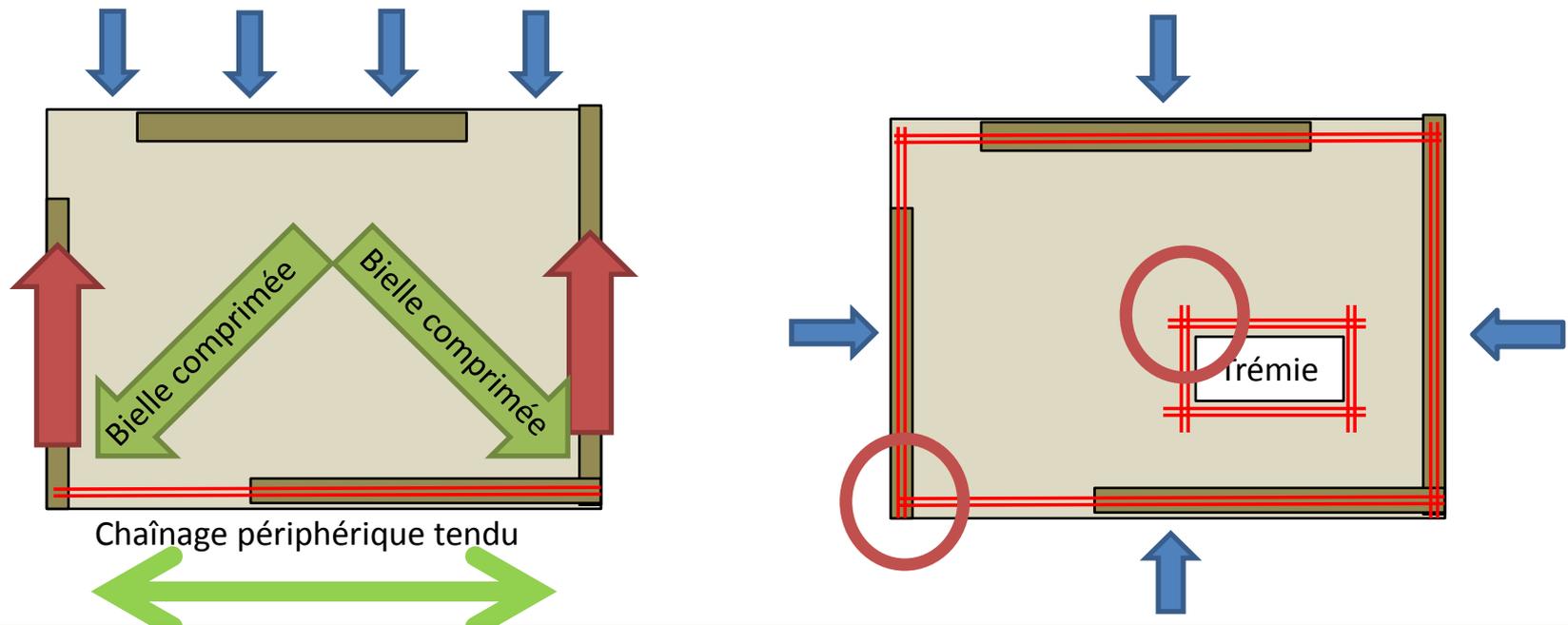


Les chaînages horizontaux et verticaux doivent être **continus et ancrés** : attentes, éclisses et équerres d'angle.

Pour le recouvrement entre les armatures, respecter la **longueur minimale de recouvrement**, **l'espacement maximal des barres**, le **frettage du béton par des cadres**

Résistance des structures

Fonctionnement des planchers



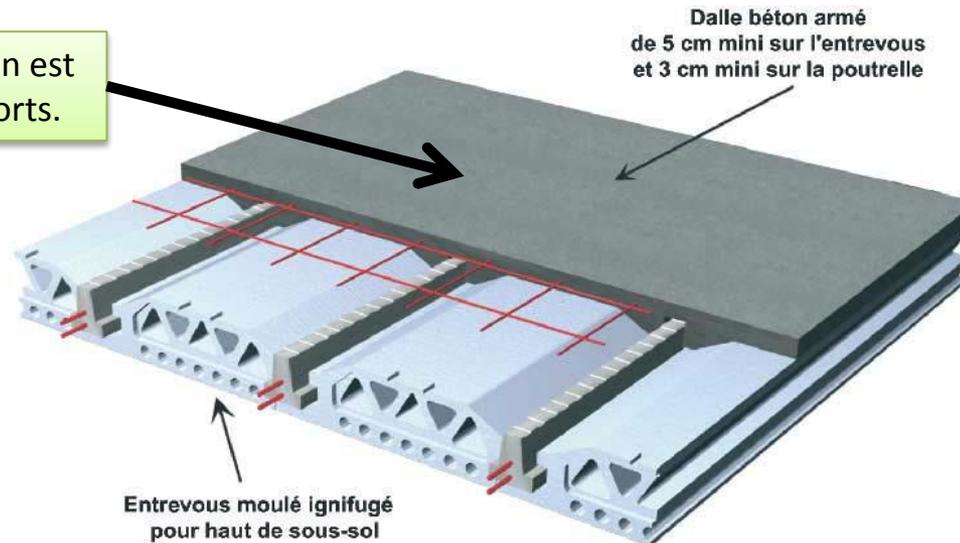
Les chaînages de dalle doivent être **continus** : éclisses et équerres d'angle.

Pour le recouvrement entre les armatures, respecter la **longueur minimale de recouvrement**, **l'espacement maximal des barres**, le **frettage du béton par des cadres**

Résistance des structures

Cas des planches en éléments préfabriqués (poutrelles et entrevous)

Seule la dalle de compression est continue et transmet les efforts.



La dalle de compression doit comporter des armatures continues (panneau de treillis soudé avec recouvrement)

Les dispositions de ferrailage sont indiquées sur le plan de pose fourni par le fabricant de plancher.

Résistance des structures

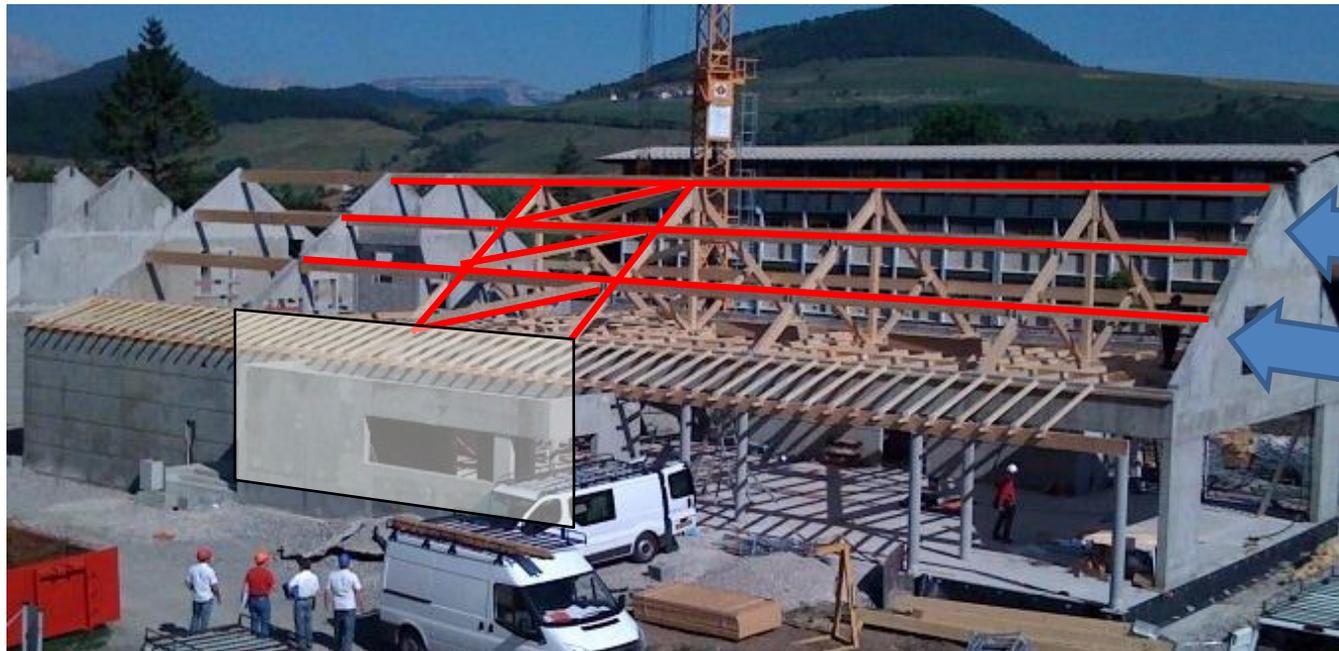
Charpente



La façade est tenue par le charpente.
La poutre au vent transmet les efforts aux pignons

Résistance des structures

Charpente



Le pignon est tenu par la charpente.

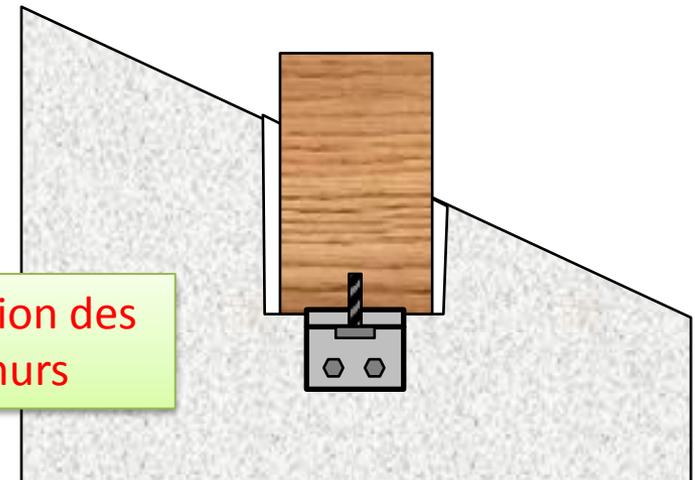
La poutre au vent transmet les effort au mur de contreventement

Résistance des structures

Charpente



Liaison mécanique (ferrures) pour la transmission des **efforts horizontaux** entre la charpente et les murs



- Contexte
- Effet d'un séisme sur le bâtiment
- Conception parasismique
- Résistance des structures
- **Conclusion : la « *bonne construction* » parasismique**

Conclusion

Génie parasismique

« concevoir et construire un bâtiment pour qu'il résiste au séisme »

Concevoir un cheminement simple pour conduire les efforts horizontaux aux appuis

Forme compacte

Répartition en plan des murs

Régularité du contreventement

Rôle de la charpente

Construire les éléments de la structure pour qu'ils assurent le rôle pour lequel ils sont prévus

Chaînages des murs

Chaînage des planchers

Jonctions entre les éléments

Conclusion

Génie parasismique

« concevoir et construire un bâtiment pour qu'il résiste au séisme »

Concevoir un cheminement simple pour conduire les efforts horizontaux aux appuis

Construire les éléments de la structure pour qu'ils assurent le rôle pour lequel ils sont prévus

« Bonne construction parasismique »

Pour des bâtiments **simples et bien conçus**, le respect des règles de l'art **et de dispositions constructives** permettent de garantir la solidité sans avoir besoin de calculs sismiques complexes.