

Commission chargée de formuler des Avis Techniques

Groupe Spécialisé n° 9

Cloisons, doublages et plafonds

Guide d'évaluation des cloisons sous actions sismiques

Ce document a été validé par la Commission chargée de formuler des Avis Techniques le 10 juin 2014.

Il annule et remplace le cahier 3582, *e-Cahiers du CSTB*, février 2007.

Établissement public au service de l'innovation dans le bâtiment, le CSTB, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, exerce quatre activités clés : la recherche, l'expertise, l'évaluation, et la diffusion des connaissances, organisées pour répondre aux enjeux de la transition écologique et énergétique dans le monde de la construction. Son champ de compétences couvre les produits de construction, les bâtiments et leur intégration dans les quartiers et les villes.

Avec plus de 900 collaborateurs, ses filiales et ses réseaux de partenaires nationaux, européens et internationaux, le groupe CSTB est au service de l'ensemble des parties prenantes de la construction pour faire progresser la qualité et la sécurité des bâtiments.

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur ou du Centre Français d'Exploitation du droit de copie (3, rue Hautefeuille, 75006 Paris), est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage du copiste et non destinées à une utilisation collective et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 1er juillet 1992 - art. L 122-4 et L 122-5 et Code Pénal art. 425).

© CSTB 2014

Guide d'évaluation des cloisons sous actions sismiques

SOMMAIRE

Objet	2	Annexe 1	
1. Cadre réglementaire	2	Variables utilisées dans ce référentiel	8
1.1 Généralités	2	Annexe 2	
1.2 Éléments non structuraux	2	Exemple de calculs de m_{lim}	9
1.3 Analyse des cloisons	2	Annexe 3	
1.4 Cloisons nécessitant une prise en compte du séisme	3	Représentation graphique des efforts des justifications 1 et 2	10
1.5 Bilan sur l'analyse d'une cloison sous sollicitations sismiques	3	Annexe 4	
2. Détermination des effets d'actions (E_d)	3	Déplacements interétages sous séisme de référence	11
2.1 Justification n° 1 : cloison en flexion (effort horizontal perpendiculaire).....	3	Annexe 5	
2.2 Justification n° 2 : dimensionnement des ancrages et fixations.....	3	Protocole d'essai de flexion d'une cloison	12
2.3 Justification n° 3 : tenue de la cloison sous déformation verticale du plancher (mise en compression)	4	Annexe 6	
2.4 Justification n° 4 : tenue de la cloison sous déformations horizontales de la structure (mise en parallélogramme).....	4	Représentation graphique des efforts mis en jeu aux fixations de la cloison	13
3. Détermination des capacités résistantes (R_d)	5	Annexe 7	
3.1 Justification n° 1 : cloison en flexion (effort horizontal perpendiculaire).....	5	Protocole d'essai de compression verticale alternée d'une cloison	14
3.2 Justification n° 2 : dimensionnement des ancrages et fixations.....	6	Annexe 8	
3.3 Justification n° 3 : tenue de la cloison sous déformation verticale du plancher (mise en compression)	6	Protocole d'essai de mise en parallélogramme	16
3.4 Justification n° 4 : tenue de la cloison sous déformations horizontales de la structure (mise en parallélogramme)	6	Annexe 9	
		Déformations horizontales admissibles	18
		Annexe 10	
		Méthodes pour déterminer les capacités résistantes de calcul R_d	19

Guide Technique spécialisé

Pour la constitution d'un dossier de demande d'Avis Technique : Cloisons sous action sismique

Objet

L'objet de ce référentiel est de donner des outils d'aide à la conception et à la mise en œuvre de cloisons capables de reprendre l'action sismique de calcul tout en étant compatibles avec les déformations de la structure lors d'un séisme. Ce guide est en conformité avec la norme NF EN 1998-1 (Eurocode 8) et le guide de dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti (guide ENS).

Ce référentiel est destiné à être utilisé dans le cadre d'une demande d'Avis Technique ou de Document Technique d'Application⁽¹⁾ sur un procédé de cloison dont le domaine d'emploi vise les ouvrages requérant une vérification parasismique au sens de l'article 3 de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ».

Les cloisons visées dans le présent guide sont celles qui relèvent de l'examen par le Groupe Spécialisé n° 9 de la commission chargée de formuler les Avis Techniques, c'est-à-dire les cloisons distributives et de doublage, ainsi que les cloisons séparatives. En outre, ne sont pas visées dans le présent guide les cloisons amovibles et démontables.

1. Cadre réglementaire

1.1 Généralités

Le cadre réglementaire est celui défini par l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments dite de « classe normal ».

L'article 3 de l'arrêté du 22 octobre 2010 précise les ouvrages pour lesquels des dispositions parasismiques sont requises, suivant la zone géographique⁽²⁾ et le type d'ouvrage⁽³⁾.

Tableau 1 – Ouvrages requérant une justification parasismique

	Catégorie I	Catégorie II	Catégorie III	Catégorie IV
Zone 1	Aucune vérification requise			
Zone 2			NF P 06-014 ou NF EN 1998-1	
Zone 3		NF P 06-014 ou NF EN 1998-1	NF EN 1998-1	
Zone 4				
Zone 5				

1. Les documents régissant la procédure des Avis Techniques et Documents Techniques d'Application sont l'arrêté du 21 mars 2012 et le règlement intérieur de la commission chargée de formuler des Avis Techniques (CCFAT) et Documents Techniques d'Application du 18 juin 2012.
2. Zone sismique définie dans le décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français.
3. Catégorie d'ouvrage définie à l'article 2 de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié « Classification des bâtiments ».

Dans certains cas, pour certaines catégories d'ouvrages et/ou certaines zones sismiques, des règles simplifiées peuvent être applicables sous conditions.

La réglementation s'applique aux structures des ouvrages, mais également aux éléments non structuraux.

1.2 Éléments non structuraux

Les éléments non structuraux des bâtiments (comme les cloisons) qui peuvent, en cas de rupture, exposer les personnes à des risques ou affecter la structure principale du bâtiment, doivent être vérifiés – ainsi que leurs supports – en vue de résister à l'action sismique de calcul, conformément à l'article 4.3.5.1(1)P de la norme NF EN 1998-1 (septembre 2005).

Il convient de vérifier que les sollicitations en efforts et déformations E_d sont toujours inférieures aux capacités résistantes en efforts et déformations R_d :

$$E_d \leq R_d$$

Les vérifications de sécurité doivent porter sur l'exigence de non-effondrement à l'état limite ultime (vis-à-vis du séisme de référence) ainsi que sur l'exigence de limitation des dommages sous séisme fréquent⁽⁴⁾.

Le guide de dimensionnement des éléments non structuraux du cadre bâti (appelé également « guide ENS »), donne les principes d'analyse des éléments non structuraux et indique les calculs des efforts à prendre en compte ainsi que les compatibilités requises avec les déformations de la structure, en conformité avec l'Eurocode 8. Dans le cas particulier des cloisons, ces éléments sont donnés dans le paragraphe suivant.

1.3 Analyse des cloisons

La vérification de l'aptitude à l'emploi d'une cloison sous contraintes sismiques porte sur quatre critères :

1. justification sous action perpendiculaire (mise en flexion de la cloison) ;
2. justification de la résistance des fixations à la structure ;
3. justification de la tenue de la cloison sous déformation verticale (mise en compression) ;
4. justification de la tenue de la cloison sous déformation horizontale (mise en parallélogramme).

Ces quatre justifications sont détaillées ci-après.

Les cloisons doivent être évaluées dans leurs configurations finales après mise en œuvre, en prenant notamment en compte toutes les surcharges et en particulier les revêtements applicables⁽⁵⁾.

Les cloisons supportant des charges suspendues doivent être traitées au cas par cas, en fonction de la position, de l'importance des charges et des systèmes de fixation utilisés.

4. Séisme de probabilité d'occurrence plus forte que le séisme de référence.
5. En effet, les surcharges augmentent le poids total de la cloison, et donc l'effort sismique applicable. Par ailleurs, la présence d'un revêtement lourd de type fragile peut conférer au système de cloison ainsi revêtu un comportement différent d'un système de cloison sans ce revêtement, notamment vis-à-vis des compatibilités avec les déformations de la structure. La compatibilité des revêtements éventuels avec les déformées de cloisons n'est pas visée dans le présent guide. Il appartient au maître d'œuvre de l'opération de s'assurer de cette compatibilité.

1.4 Cloisons nécessitant une prise en compte du séisme

Conformément au guide ENS, les cloisons nécessitant une analyse de comportement sismique sont définies par deux critères :

- une dimension de référence h_{lim} représentant la hauteur potentielle de chute de la cloison ;
- la masse surfacique de la cloison m_{lim} .

Pour une dimension de référence inférieure à h_{lim} et une masse inférieure à m_{lim} , le risque est considéré comme négligeable et il n'est pas exigé de prendre en compte l'action sismique dans la conception et le dimensionnement de la cloison. Dans le cas contraire, si la dimension de référence est supérieure à h_{lim} ou si la masse surfacique de l'élément est supérieure à m_{lim} , les cloisons doivent faire l'objet d'une prise en compte du risque sismique.

Les valeurs de h_{lim} et m_{lim} sont rappelés ci-dessous pour les cloisons et doublages :

- $h_{lim} = 3,5$ m
- $m_{lim} = 25$ kg/m²

Des exemples de calcul de m_{lim} sont donnés en *Annexe 2*.

Nota : un élément non structural du cadre bâti concerné par les critères de vérification ci-dessus peut ne pas faire l'objet d'une analyse parasismique au sens de la norme NF EN 1998-1 :

- si cet élément se situe à l'aplomb d'une aire de chute à occupation nulle ou quasi nulle (zone non accessible, zone uniquement accessible pour l'entretien, locaux techniques) ;
- ou si cet élément se situe à l'aplomb d'une aire protégée par un réceptacle ou par un auvent de protection.

1.5 Bilan sur l'analyse d'une cloison sous sollicitations sismiques

Par conséquent, la démarche suivante doit être adoptée pour justifier du comportement d'une cloison non traditionnelle dans le cadre d'une demande d'Avis Technique ou de Document Technique d'Application :

- lorsque aucune exigence réglementaire n'est requise pour la structure de l'ouvrage, la cloison n'a pas à être vérifiée sous sollicitation sismique ;
- lorsqu'une vérification parasismique est requise pour la structure de l'ouvrage, deux cas se présentent pour la cloison :
 - soit la cloison a une hauteur inférieure à h_{lim} et une masse surfacique totale inférieure à m_{lim} et dans ce cas celle-ci n'est pas soumise à une vérification parasismique,
 - soit la cloison a une hauteur supérieure à h_{lim} ou une masse surfacique totale supérieure à m_{lim} et dans ce cas celle-ci doit être vérifiée suivant les quatre vérifications énoncées au *paragraphe 1.3* du présent guide technique.

L'Avis Technique ou le Document Technique d'Application sur le procédé de cloison doit mentionner explicitement, au domaine d'emploi ainsi qu'au cahier des prescriptions techniques (CPT), les limitations induites par chacune des deux analyses menées ci-après.

2. Détermination des effets d'actions (E_d)

2.1 Justification n° 1 : cloison en flexion (effort horizontal perpendiculaire)

Cette justification se base sur l'action sismique définie dans l'article 4.3.5.2 (2) de la norme NF 998-1, et repris au paragraphe 2.2 du guide ENS. Cette action sismique est prise orthogonalement à l'élément de cloison, conformément à sa définition (cas le plus défavorable) et exprimée de manière surfacique.

Cette action est égale à :

$$F_a = \frac{S_a \times W_a \times \gamma_a}{q_a}$$

avec :

- Y_a : coefficient de sécurité donné en *Annexe 1* ;
- q_a : coefficient de comportement donné en *Annexe 1* ;
- W_a : poids de la cloison considérée (en daN/m²) intégrant toutes les surcharges ;
- S_a : coefficient sismique applicable aux éléments non structuraux défini dans la note (3) de l'article précédemment cité et dont l'expression peut être simplifiée par la formule enveloppe suivante :

$$S_a = 5,5 \times \alpha \times S$$

α : rapport entre l'accélération de calcul au niveau d'un sol de classe A, a_g , et l'accélération de la pesanteur g , et défini par l'expression suivante :

$$\alpha = \frac{a_g}{g}$$

a_g est l'accélération de calcul. Elle peut correspondre à des valeurs spécifiques définies dans la réglementation.

Ainsi, pour une cloison de poids W_a , de hauteur H , de largeur l située dans une situation de projet sismique donnée⁽⁶⁾, est soumise à un effort sollicitant $E_{d,1}$:

$$E_{d,1} = H \times l \times F_a = H \times l \times \frac{S_a \times W_a \times \gamma_a}{q_a}$$

Cet effort est considéré comme étant dirigé orthogonalement au plan de la cloison, réparti uniformément sur la surface de la cloison. Une représentation graphique de cet effort est donnée en *Annexe 3*.

2.2 Justification n° 2 : dimensionnement des ancrages et fixations

2.2.1 Effort repris par les fixations de l'ENS

Conformément au paragraphe 2.6.1 du guide ENS, l'effort sismique agissant sur une cloison doit être réparti sur l'ensemble de ses fixations à la structure pour autant que cela corresponde à une réalité physique, au sens où les résistances des fixations doivent pouvoir être mobilisables dans la direction envisagée.

6. Une situation de projet sismique permet d'obtenir les coefficients Y_a , S_a et q_a nécessaires aux calculs.

Un coefficient majorateur de 1,5 doit être ajouté à la sollicitation précédemment calculée pour la vérification des éléments de fixation à la structure afin de dimensionner l'ensemble « en capacité » (résistance plus importante des éléments de fixation afin d'éviter l'effondrement de la cloison en cas de dépassement accidentel de la sollicitation de calcul).

Suivant la constitution du système de cloison étudié, cette vérification est à effectuer ou non⁽⁷⁾.

Par conséquent, les fixations d'une cloison de poids W_a , de hauteur H , de largeur l , située dans une situation de projet sismique donnée, et soumise à un effort sollicitant $E_{d,1}$, sont soumises à un effort sollicitant $E_{d,2}$:

$$E_{d,2} = 1,5 \times \frac{E_{d,1}}{n} = 1,5 \times \frac{H \times l \times F_a}{n}$$

n étant le nombre d'éléments de liaison concernés par cette justification

Une représentation graphique de cet effort est donnée en *Annexe 3*.

2.2.2 Dimensionnement en capacité des ancrages et de la structure portante

Conformément au *paragraphe 2.6.2* du guide ENS, l'exigence de dimensionnement en capacité des éléments d'ancrage de la cloison peut être considérée comme satisfaite en utilisant comme effort de dimensionnement la valeur de l'effort E_d calculée à l'ancrage, dans laquelle la part due au séisme A_{ed} a été multipliée par $1,2q_a$.

Par conséquent, l'élément de structure dans lequel est ancré une cloison soumise à un effort sollicitant $E_{d,1}$ doit être dimensionné pour pouvoir reprendre un effort $E_{d,3}$:

$$E_{d,3} = \max(E_{d,2}; 1,2 \times q_a \times \frac{E_{d,1}}{n})$$

Une représentation graphique de cet effort est donnée en *Annexe 3*.

2.3 Justification n° 3 : tenue de la cloison sous déformation verticale du plancher (mise en compression)

2.3.1 Généralités

Pour certains éléments, il est nécessaire de tenir compte de la direction verticale de l'action sismique en complément de l'action sismique horizontale.

Pour mémoire, cette composante de l'action sismique n'est à considérer, pour les éléments structuraux, que pour les accélérations a_{vg} supérieures à 2,5 m/s²⁽⁸⁾.

D'une manière générale, l'action sismique à prendre en compte pour les cloisons est l'impact de la déformation des planchers soumis à leur accélération sismique.

Il est rappelé qu'en dehors des exigences réglementaires sismiques, des dispositions constructives doivent par ailleurs être observées lors de la mise en œuvre des cloisons pour permettre la prise en compte de déformations verticales liées notamment aux flèches actives des planchers. Ces dispositions sont indiquées dans les Avis Techniques et Documents Techniques d'Application des procédés de cloisons.

2.3.2 Vérification à effectuer

Lors d'un séisme, les planchers subissent des déformations verticales pouvant mettre en charge la cloison. Ces déformations sont à prendre en compte dans le choix et le dimensionnement des cloisons, même lorsque la réglementation en vigueur n'impose pas de vérification pour le plancher lui-même : il s'agit là d'une exigence de compatibilité de la cloison avec les déformations de la structure de l'ouvrage auquel celle-ci est incorporée.

Les bâtiments étudiés dans la suite de ce référentiel sont jugés suffisamment raides verticalement pour qu'on puisse supposer que deux planchers superposés se déplacent dans la même direction. De fait, le cas le plus défavorable retenu par la suite pour la mise en compression de la cloison est la configuration où le plancher support ne se déplace pas (car bloqué par des murs porteurs par exemple) alors que le plancher supérieur se déforme.

Chaque situation de projet sismique présente des contraintes en déformations différentes pour les structures porteuses du bâtiment auquel sont incorporées les cloisons. Il appartient au bureau d'études de structure de l'opération d'indiquer les déformations verticales des planchers induites par la situation de projet sismique, et de vérifier que celles-ci sont inférieures aux déformations verticales admissibles de la cloison.

Dans le cas d'une demande d'Avis Technique ou de Document Technique d'Application, étant entendu que les contraintes en déformations verticales de la structure diffèrent suivant la situation de projet et que leur calcul ne relève pas du lot « cloisons et doublages », il appartient au tenant de système du procédé de cloison faisant l'objet d'une demande d'Avis Technique ou de Document Technique d'Application d'indiquer les performances en déformations verticales admissibles dans le Dossier Technique de demande, sans autre vérification complémentaire.

2.4 Justification n° 4 : tenue de la cloison sous déformations horizontales de la structure (mise en parallélogramme)

L'exigence de compatibilité d'une cloison avec les déformations de la structure de l'ouvrage auquel celle-ci est incorporée est donnée dans la norme NF EN 1998-1 et rappelée dans le guide ENS. Les déformations horizontales de la structure à envisager sont les déplacements interétages.

Il est nécessaire de démontrer que la cloison est capable de supporter les déplacements interétages pouvant survenir lors du séisme de référence sans effondrement partiel ou global, et lors du séisme fréquent sans dommage nécessitant des coûts de réparation disproportionnés.

Chaque situation de projet sismique présente des déplacements interétages différents pour les structures porteuses du bâtiment auquel sont incorporées les cloisons. Il appartient au maître d'œuvre de l'opération d'indiquer les déplacements interétages induits sous séisme fréquent et sous séisme de référence par la situation de projet sismique, et de vérifier que celles-ci sont inférieures aux déformations horizontales admissibles de la cloison.

7. Ne sont concernés que les organes de liaison servant au maintien de la cloison au gros œuvre, par exemple, les appuis intermédiaires dans le cas des cloisons de doublage de grandes dimensions, ou les systèmes de coulissage en tête de cloison ; les rails des cloisons sont considérés comme faisant partie intégrante des cloisons, et sont sollicités par l'effet d'action $E_{d,1}$.

8. En application de la clause de l'article 4. II. C de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié (valeurs de a_{vg}/a_g) et en considérant les cas où a_{vg} est supérieure à 2,5 m/s², la composante sismique verticale n'est à prendre en compte qu'en zone de sismicité 5 pour les bâtiments de catégorie d'importance III et IV.

Dans le cas d'une demande d'Avis Technique ou de Document Technique d'Application, étant entendu que les contraintes en déformations horizontales (déplacements interétages) de la structure diffèrent suivant la situation de projet et que leur calcul ne relève pas du lot « cloisons et doublages », il appartient au tenant de système du procédé de cloison faisant l'objet d'une demande d'Avis Technique ou de Document Technique d'Application d'indiquer les performances en déformations horizontales admissibles dans le Dossier Technique de demande, sans autre vérification complémentaire.

Conformément au *paragraphe 2.4.2* du guide ENS, un procédé de cloison capable de supporter les valeurs de déplacements interétages indiquées au Tableau 2.6 du guide ENS et rappelées en *Annexe 4* peuvent s'affranchir de justifications spécifiques du déplacement interétages quel que soit le bâtiment considéré.

3. Détermination des capacités résistantes (R_d)

Les capacités résistantes (R_d) des produits, procédés et assemblages, peuvent être déterminées par calcul suivant les référentiels et guides techniques existants, ou par essai(s). Dans ce cas, on utilise les bases de calculs données à l'Annexe D « Dimensionnement assisté par l'expérimentation » de la norme NF EN 1990, modifiées pour tenir compte des spécificités des procédés de cloisons et de doublages. La capacité résistante (R_d) ainsi déterminée permet donc d'afficher un niveau de sécurité satisfaisant vis-à-vis des sollicitations envisagées.

Il convient de déterminer la valeur de calcul d'une propriété X par la formule suivante :

$$X_d = \frac{\eta_d}{\gamma_m} \times X_k$$

Où η_d est un coefficient de réduction

γ_m est un coefficient de sécurité sur les matériaux

X_k est la valeur caractéristique de la propriété X

L'Annexe 10 comporte des méthodes de calculs de X_k et des valeurs des coefficients η_d et γ_m suivant le type d'essai(s) réalisé(s).

3.1 Justification n° 1 : cloison en flexion (effort horizontal perpendiculaire)

La justification n° 1 considère un effort statique équivalent F_a à prendre en compte pour la cloison. Il convient de justifier que la cloison est capable de reprendre cet effort de flexion équivalent, dans toutes les configurations visées dans le Dossier Technique de demande d'Avis Technique ou de Document Technique d'Application⁽⁹⁾.

Plusieurs méthodes de justifications sont possibles.

Méthode A : utilisation d'une seule campagne d'essais de flexion

Réalisation d'un essai de flexion⁽¹⁰⁾ sur une cloison dont la configuration présente la plus faible raideur, lorsque celle-ci peut être facilement identifiable⁽¹¹⁾. La cloison testée doit alors avoir pour hauteur lors de l'essai H_{essai} la hauteur maximale admissible dans cette configuration testée. On détermine ainsi la capacité résistante $R_{d,1}$ de la cloison testée :

$$R_{d,1} = \frac{\eta_d}{\gamma_m} \times R_k$$

Ce qui donne donc :

$$R_{d,1} = \frac{\eta_d}{\gamma_m} \times p_k \times H_{essai} \times l$$

Où p_k est le chargement admissible caractéristique (en daN/m²) déterminé suivant la méthodologie indiquée à l'Annexe 10 ;

La cloison est alors validée vis-à-vis de la justification n° 1, pour la configuration testée et à la hauteur testée, lorsqu'il est vérifié que :

$$E_{d,1} \leq R_{d,1}$$

Ce qui revient à écrire :

$$\frac{\eta_d}{\gamma_m} \times p_k \geq F_a = \frac{S_a \times W_a \times \gamma_a}{q_a}$$

Extrapolation du résultat d'essai :

Pour valider l'ensemble de la gamme des cloisons visée dans le Dossier Technique de demande, il est considéré que la capacité résistante en force $R_{d,1}$ est valable de façon sécuritaire pour les cloisons de configurations de plus forte raideur (liée aux plaques ou aux ossatures) pour une même hauteur.

L'extrapolation en hauteur peut se faire sur la base de la conservation du moment de flexion : une cloison soumise à un effort sollicitant surfacique F_a peut avoir une hauteur admissible H_{adm} donné ci-dessous, basé sur le résultat d'essai (p_{essai} ; H_{essai}) :

$$H_{adm} = H_{essai} \times \sqrt{\frac{p_k}{F_a}}$$

Cette méthode, très sécuritaire, permet de justifier une gamme de cloison vis-à-vis de la justification n° 1 de ce guide sur la base d'un seul essai de flexion, mais ne permet pas de prendre en compte l'accroissement de résistance conférée par des plaques ou des ossatures plus raides.

9. En particulier pour les hauteurs maximales revendiquées du domaine d'emploi.

10. Le protocole d'essai de flexion sur cloison est rappelé en *Annexe 5* du présent document.

11. Par exemple, s'agissant de cloisons en plaques vissées sur ossature, la configuration la plus faible associe les plaques au module le plus faible, et l'ossature la plus faible (ramenée à l'inertie par mètre linéaire de cloison).

Méthode pour les cloisons maçonnées :

Les cloisons maçonnées visées par les normes EN 771 et NF EN 1996 peuvent être justifiées suivant cette norme, en rajoutant les dispositions particulières du chapitre 9 de la norme NF EN 1998.

3.2 Justification n° 2 : dimensionnement des ancrages et fixations

Les systèmes de cloison sont usuellement constitués d'un rail servant de support à la cloison et ancré dans la structure de l'ouvrage⁽¹²⁾. La vérification doit être effectuée pour les deux systèmes :

3.2.1 Vérification des éléments de liaison de la cloison au gros œuvre

Le système de rail support de la cloison doit être capable de reprendre l'effort $E_{d,2}$ indiqué au *paragraphe 2.2.1*.

Dans le cadre d'une demande d'Avis Technique ou de Document Technique d'Application, le tenant de système du procédé de cloison doit émettre des recommandations sur le choix des produits de fixation et la mise en œuvre de ceux-ci de manière à ce que la capacité résistante $R_{d,2}$ du système de fixation choisi, certifiée par le fabricant ou mesurée par essai, soit telle que :

$$E_{d,2} \leq R_{d,2}$$

Si la capacité résistante $R_{d,2}$ du système de fixation est déterminée par essai, il convient de se reporter à la méthodologie indiquée à l'*Annexe 10*.

3.2.2 Vérification de l'ancrage de la cloison

Le système d'ancrage de la cloison au gros œuvre doit être capable de reprendre l'effort $E_{d,3}$ indiqué au *paragraphe 2.2.1*.

Dans le cadre d'une demande d'Avis Technique ou de Document Technique d'Application, le tenant de système du procédé de cloison doit émettre des recommandations sur le choix des produits d'ancrage et la mise en œuvre de ceux-ci de manière à ce que la capacité résistante $R_{d,3}$ du système d'ancrage choisi, certifiée par le fabricant ou mesurée par essai, soit telle que :

$$E_{d,3} \leq R_{d,3}$$

Si la capacité résistante $R_{d,3}$ du système d'ancrage est déterminée par essai, il convient de se reporter à la méthodologie indiquée à l'*Annexe 10*.

3.3 Justification n° 3 : tenue de la cloison sous déformation verticale du plancher (mise en compression)

Le Dossier Technique de demande d'Avis Technique ou de Document Technique d'Application doit faire figurer, pour répondre à l'exigence de compatibilité avec les déformations de la structure reprise par la justification n° 3, les déformations verticales admissibles du procédé de cloison.

Celles-ci peuvent être déterminées par :

- la mise en place de dispositions constructives en tête de cloison permettant la libre de déformation du plancher sur une épaisseur donnée. Dans ce cas le Dossier Technique doit indiquer :
 - le type de montage (description et schémas),
 - les étapes de mise en œuvre,
 - la déformation admissible du plancher associée à ce montage ;

Nota : si un tel dispositif est utilisé, son impact sur les performances de la cloison au regard de la justification n° 2 doit être évalué.

- un essai de compression de la cloison sous chargement vertical alterné dont le protocole d'essai est donné en *Annexe 7*. Si la caractérisation des performances de la cloison est déterminée sous chargement statique, des coefficients de sécurité doivent être appliqués pour prendre en compte les phénomènes difficilement prévisibles mis en jeu en dynamique.

Les deux justifications peuvent être utilisées conjointement pour revendiquer une compatibilité du procédé de cloison avec des déformations verticales importantes de la structure à laquelle celui-ci est incorporé.

3.4 Justification n° 4 : tenue de la cloison sous déformations horizontales de la structure (mise en parallélogramme)

Le Dossier Technique de demande d'Avis Technique ou de Document Technique d'Application doit faire figurer, pour répondre à l'exigence de compatibilité avec les déformations de la structure reprise par la justification n° 4, les déformations admissibles sous séisme fréquent d_f (ne présentant pas de dommage nécessitant des coûts de réparation disproportionnés) et sous séisme de référence d_r (effondrement total ou partiel de la cloison)⁽¹³⁾.

Il est considéré que la vérification sous séisme fréquent n'est pas à considérer dans le cas des cloisons et doublages, compte tenu que le remplacement ou la réparation d'une cloison ou d'un doublage ne peut entraîner de coût disproportionné comparé au coût de l'ouvrage.

La détermination des déformations horizontales admissibles de la cloison doit se faire par un essai de mise en parallélogramme sous chargement alterné dont le protocole d'essai est donné en *Annexe 8*. Deux cas sont envisagés suivant la hauteur maximale revendiquée de la gamme de cloison :

12. L'*Annexe 6* montre une représentation graphique des efforts mis en jeu dans les systèmes de fixations.

13. L'*Annexe 9* indique les déformations horizontales admissibles à mesurer lors de l'essai de mise en parallélogramme.

Cas 1 : cloison de hauteur h comprise entre 2,6 m et 5,0 m

L'essai de mise en parallélogramme est réalisé sur une cloison de hauteur 2,6 m. La déformation admissible d_r est prise comme la valeur maximale obtenue sans chute d'éléments.

Il est considéré que :

$$d_{r,d}(2,6m \leq h \leq 5,0m) = d_{r,k} \times \left(\frac{\eta_d}{\gamma_m} \right)$$

La grandeur $d_{r,k}$ est issue des essais, suivant la méthodologie indiquée à l'Annexe 10.

Cas 2 : cloison de hauteur h supérieure à 5,0 m

L'essai de mise en parallélogramme est réalisé sur une cloison de hauteur 5,0 m. La déformation admissible d_r est prise comme la valeur maximale obtenue sans chute d'éléments.

Il est considéré que :

$$d_{r,d}(h \geq 5,0m) = d_{r,k} \times \left(\frac{\eta_d}{\gamma_m} \right)$$

La grandeur $d_{r,k}$ est issue des essais, suivant la méthodologie indiquée à l'Annexe 10.

Annexe 1 Variables utilisées dans ce référentiel

Variable	Référence	Valeur																		
W_a	-	Poids de la cloison considérée (daN/m ²) Ce poids doit intégrer le poids propre des éléments constitutifs ainsi que l'ensemble des charges qui s'y reportent (isolant, luminaires, revêtements, etc.)																		
γ_a	Article 4.3.5.3 de l'Eurocode 8	1,5 si la cloison peut être considérée comme « élément d'ancrage de machines ou d'équipements nécessaires au fonctionnement des réseaux vitaux » 1,0 sinon																		
γ_i	Article 4.2.5 de l'Eurocode 8 L'arrêté du 22 octobre 2010 reprend les valeurs conseillées dans cet article	Valeur en fonction de la classe d'importance du bâtiment : <table border="1"> <thead> <tr> <th>Classe d'importance du bâtiment</th> <th>I</th> <th>II</th> <th>III</th> <th>IV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Valeur de γ_i</td> <td>0,8</td> <td>1,0</td> <td>1,2</td> <td>1,4</td> </tr> </tbody> </table>	Classe d'importance du bâtiment	I	II	III	IV	Valeur de γ_i	0,8	1,0	1,2	1,4								
Classe d'importance du bâtiment	I	II	III	IV																
Valeur de γ_i	0,8	1,0	1,2	1,4																
q_a	Coefficient de comportement de la cloison Tableau 4.4 de l'Eurocode 8	2,0 dans le cas courant, type plaques de plâtre vissées sur ossatures ou cloisons maçonnées Le Groupe Spécialisé n° 9, qui formule les Avis Techniques et Documents Techniques d'Application sur les procédés de cloisons et de doublages, peut exiger l'utilisation d'un coefficient de comportement différent (1,0 par exemple dans le cas spécifique d'une cloison fragile)																		
a_{gR}	Arrêté du 22 octobre 2010 modifié	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Zone sismique</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Valeur de a_{gR}</td> <td>0,4</td> <td>0,7</td> <td>1,1</td> <td>1,6</td> <td>3,0</td> </tr> </tbody> </table>	Zone sismique	1	2	3	4	5	Valeur de a_{gR}	0,4	0,7	1,1	1,6	3,0						
Zone sismique	1	2	3	4	5															
Valeur de a_{gR}	0,4	0,7	1,1	1,6	3,0															
T_a	-	Période fondamentale de vibration de la cloison dans son plan																		
T_1	Article 4.3.3.2.2 de l'Eurocode 8	Période fondamentale de vibration du bâtiment dans la direction appropriée																		
Z	-	Hauteur de l'élément non structural au-dessus du niveau d'application de l'action sismique																		
H	-	Hauteur totale du bâtiment																		
d_r	Articles 4.4.2.2 et 4.4.3.1 de l'Eurocode 8	Déplacement de calcul entre étages défini en 4.4.2.2(2)																		
ν	Article 4.4.3.1 de l'Eurocode 8 Article 4 de l'arrêté du 22 octobre 2010	Coefficient de réduction pour prendre en compte une plus petite période de retour de l'action sismique associée à l'exigence de limitation des dommages Sa valeur est définie par l'arrêté à 0,4																		
S	Article 3 de l'Eurocode 8 L'arrêté du 22 octobre 2010 définit les valeurs à prendre en compte	Paramètres de sol <table border="1"> <thead> <tr> <th>Classe de sol</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>S (pour les zones de sismicité 1 à 4)</td> <td>1</td> <td>1,35</td> <td>1,5</td> <td>1,6</td> <td>1,8</td> </tr> <tr> <td>S (pour la zone de sismicité 5)</td> <td>1</td> <td>1,2</td> <td>1,15</td> <td>1,35</td> <td>1,4</td> </tr> </tbody> </table>	Classe de sol	A	B	C	D	D	S (pour les zones de sismicité 1 à 4)	1	1,35	1,5	1,6	1,8	S (pour la zone de sismicité 5)	1	1,2	1,15	1,35	1,4
Classe de sol	A	B	C	D	D															
S (pour les zones de sismicité 1 à 4)	1	1,35	1,5	1,6	1,8															
S (pour la zone de sismicité 5)	1	1,2	1,15	1,35	1,4															

Annexe 2

Exemple de calculs de m_{lim}

Cas d'une cloison distributive :

Cloison distributive constituée de double peaux en plaque BA13 revêtues de chaque côté d'un revêtement.

Plaque BA13 : 9 kg/m²

Ossatures métalliques conformes au DTU 25.41, par exemple M70/40 à entraxe 60 cm : 1 kg/m²

Masse surfacique de l'isolant, par exemple 20 cm de laine de verre à 15 kg/m³ : 3 kg/m²

Revêtement : 5 kg/m²

$$m = 2 \times ((2 \times 9) + 5) + 1 + 3 = 50 \text{ kg/m}^2 > m_{lim} = 25 \text{ kg/m}^2$$

Cette cloison doit faire systématiquement l'objet d'une vérification parasismique.

Cloison distributive simple peau BA15

Plaque BA15 : 11 kg/m²

Ossatures métalliques conformes au DTU 25.41, par exemple M70/40 à entraxe 60 cm : 1 kg/m²

Masse surfacique de l'isolant, par exemple 10 cm de laine de verre à 15 kg/m³ : 1,5 kg/m²

$$m = 1 \times ((2 \times 11) + 1 + 1,5) = 24,5 \text{ kg/m}^2 < m_{lim} = 25 \text{ kg/m}^2$$

Cette cloison ne doit faire l'objet d'une vérification parasismique que pour des hauteurs d'utilisation supérieures strictement à 3,50 m.

Cas d'une contre-cloison :

Contre-cloison constituée d'une double peau en plaque BA15.

Plaque BA15 : 11 kg/m²

Ossatures métalliques conformes au DTU 25.41, par exemple M70/40 à entraxe 60 cm : 1 kg/m²

Masse surfacique de l'isolant, par exemple 10 cm de laine de verre à 15 kg/m³ : 1,5 kg/m²

$$m = 1 \times ((2 \times 11) + 1 + 1,5) = 24,5 \text{ kg/m}^2 < m_{lim} = 25 \text{ kg/m}^2$$

Cette cloison ne doit faire l'objet d'une vérification parasismique que pour des hauteurs d'utilisation supérieures strictement à 3,50 m.

Contre-cloison simple peau BA13.

Plaque BA15 : 9 kg/m²

Ossatures métalliques conformes au DTU 25.41, par exemple M70/40 à entraxe 60 cm : 1 kg/m²

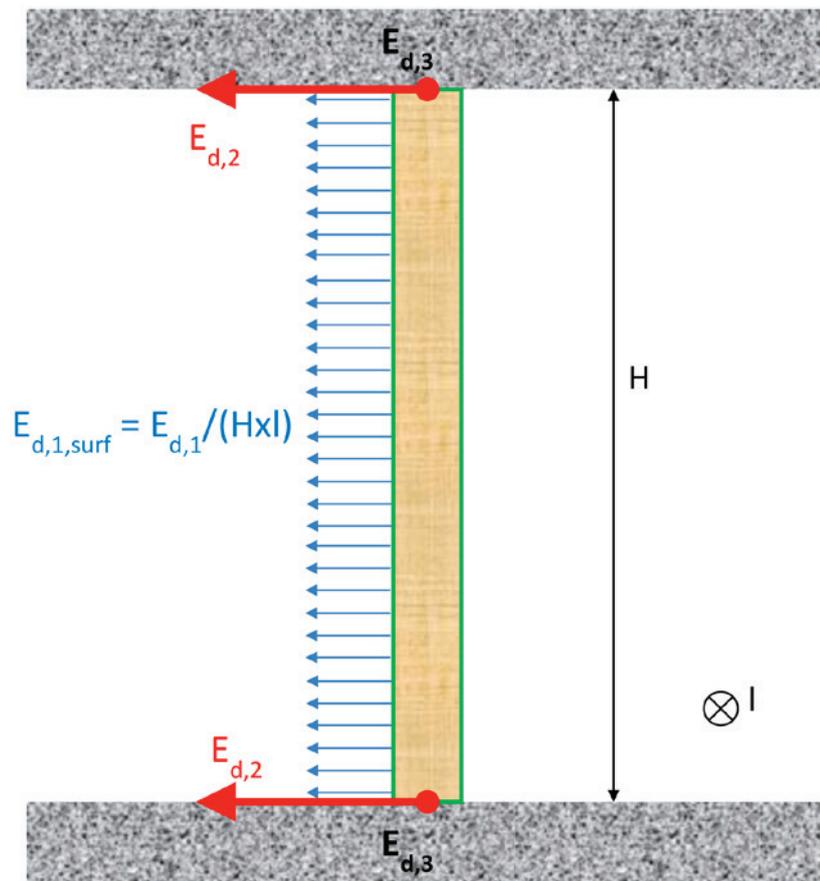
Masse surfacique de l'isolant, par exemple 20 cm de laine de verre à 15 kg/m³ : 1,5 kg/m²

$$m = 1 \times (9 + 1 + 3) = 13 \text{ kg/m}^2 < m_{lim} = 25 \text{ kg/m}^2$$

Cette cloison ne doit faire l'objet d'une vérification parasismique que pour des hauteurs d'utilisation supérieures strictement à 3,50 m.

Annexe 3

Représentation graphique des efforts des justifications 1 et 2



Annexe 4

Déplacements interétages sous séisme de référence

Extrait du paragraphe 2.4.2 du guide ENS :

**Tableau 2 – Valeurs des déplacements interétages maximaux
sous séisme de référence**

h (m)	Déplacement interétage sous séisme de référence (cm)	
	cas a)	cas b)
3,0	3,75	5,63
4,0	5,00	7,50
5,0	6,25	9,38
6,0	7,50	11,25

Annexe 5 Protocole d'essai de flexion d'une cloison

Le type de chargement et la position des points d'application des charges sont donnés dans le schéma ci-dessous :

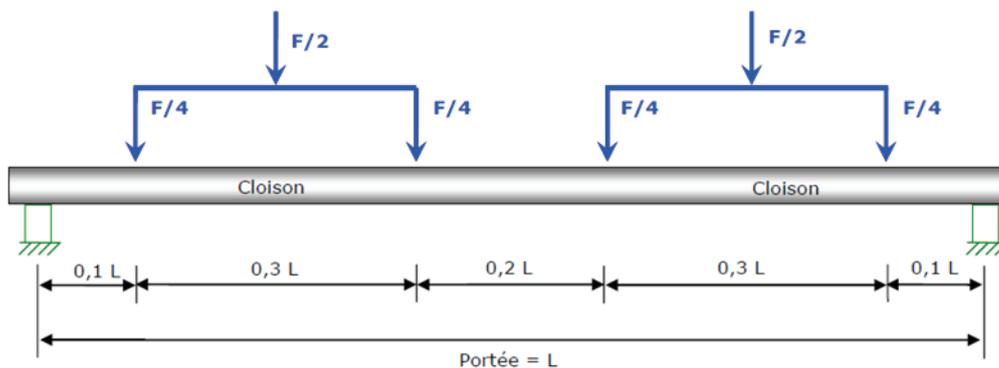


Figure 1 – Dispositif de chargement

La charge est transmise au corps d'épreuve à l'aide d'un vérin hydraulique et suit le phasage suivant :

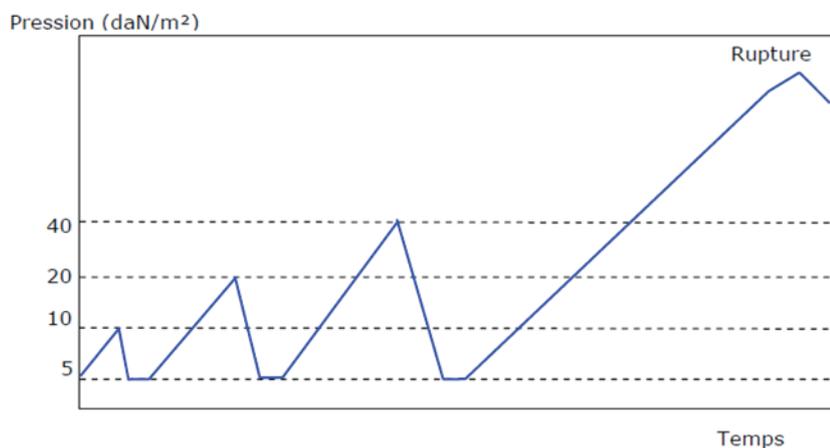


Figure 2 – Phases de chargement

Un dispositif de mesure permet de suivre les déformations associées aux efforts lors de l'essai :

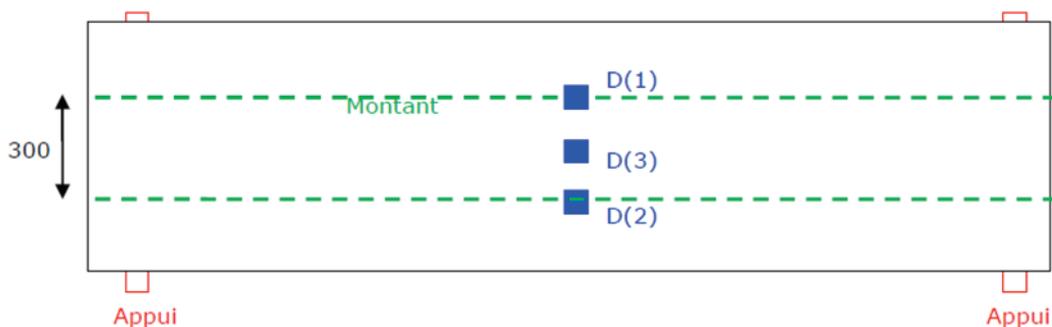
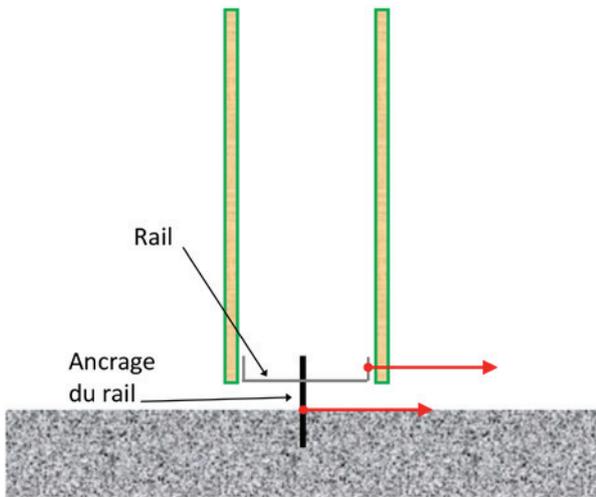


Figure 3 – Dispositif de mesure

Annexe 6
Représentation graphique des efforts
mis en jeu aux fixations de la cloison



Annexe 7

Protocole d'essai de compression verticale alternée d'une cloison

Le type de chargement et la position des points d'application des charges sont donnés dans le schéma ci-dessous :

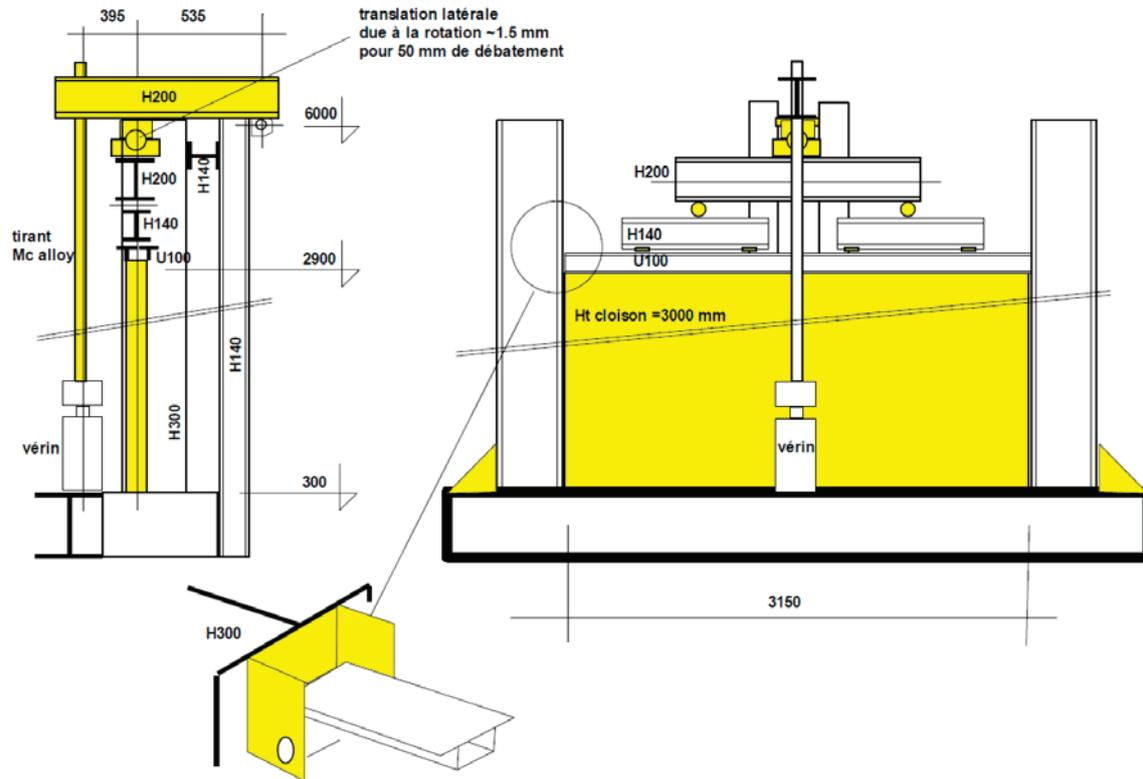


Figure 4 – Dispositif de chargement

Le dispositif de mesure est donné dans le schéma suivant :

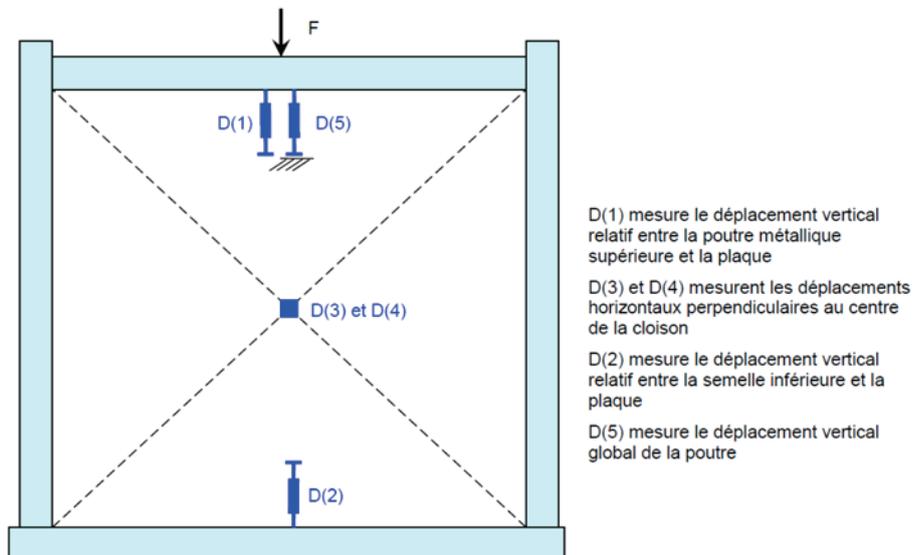


Figure 5 – Position des capteurs de déplacements

Le protocole de chargement proposé est le suivant :

Tableau 3 – Cycles de chargement

N° de phase	Fréquence (Hz)	Déplacement imposé au vérin (mm)	Nbre de cycles	Observations
		Ht = 2,60 m		
1	2	-2	12	Interruption pour observation visuelle entre chaque train de cycles
2		-4		
3		-6		
4		-8		
5		-10		
6		-12		
7		-14		
8		-16		
9		-20		
10		-24		
11		-28		
12		-32		
13		-36		
14		-40		
15		-44		
16		-48		
17		-52		

Annexe 8 Protocole d'essai de mise en parallélogramme

Le principe de mise en parallélogramme de la cloison est décrit dans les schémas ci-dessous :

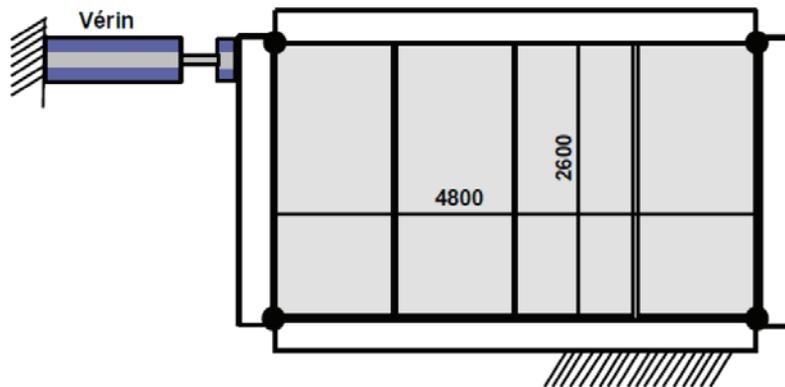


Figure 6 – Principe de chargement – Maquette de hauteur 2,60 m

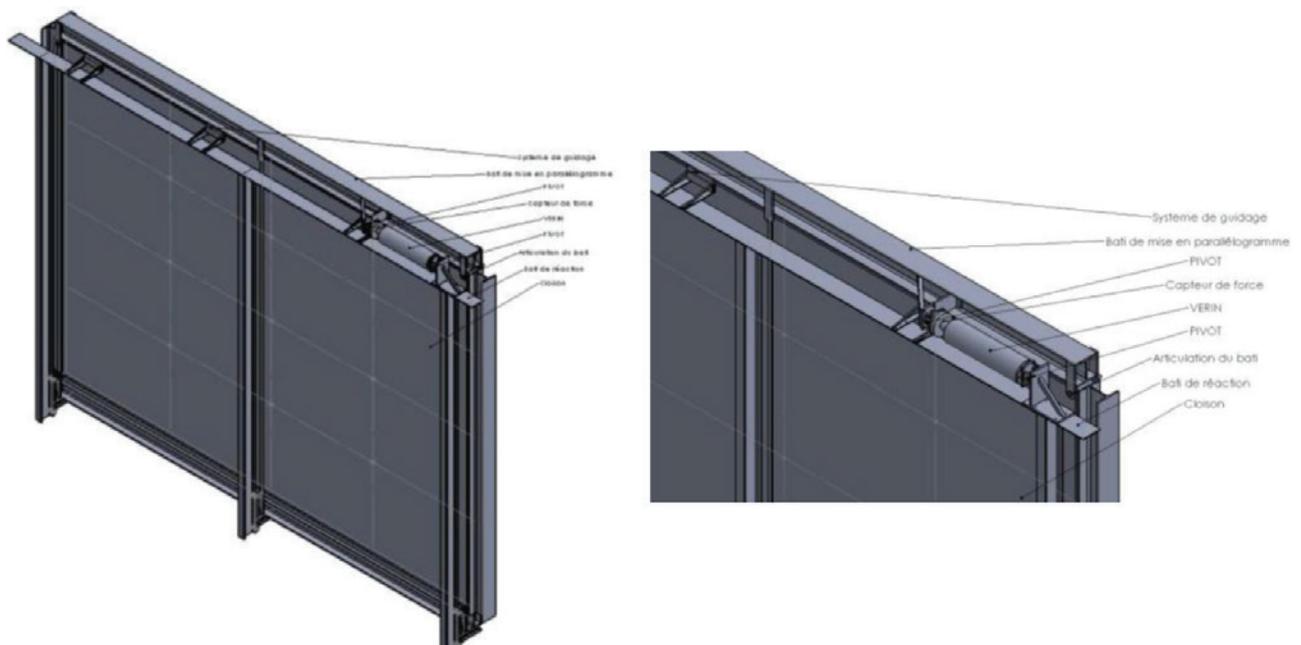


Figure 7 – Principe de chargement – Maquette de hauteur 5,0 m

Le dispositif de mesure est donné dans le schéma suivant :

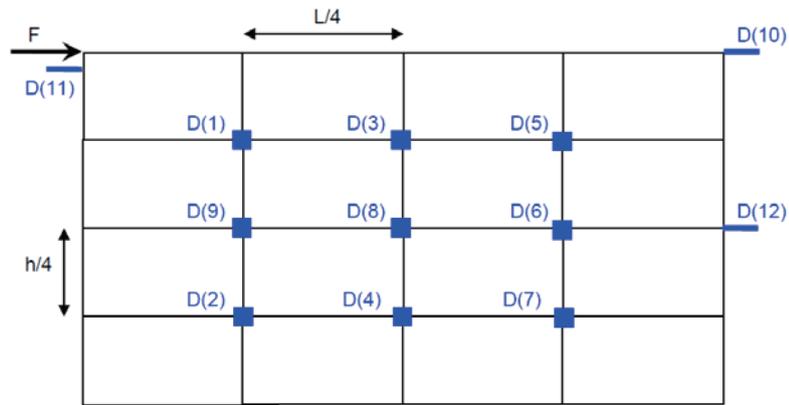


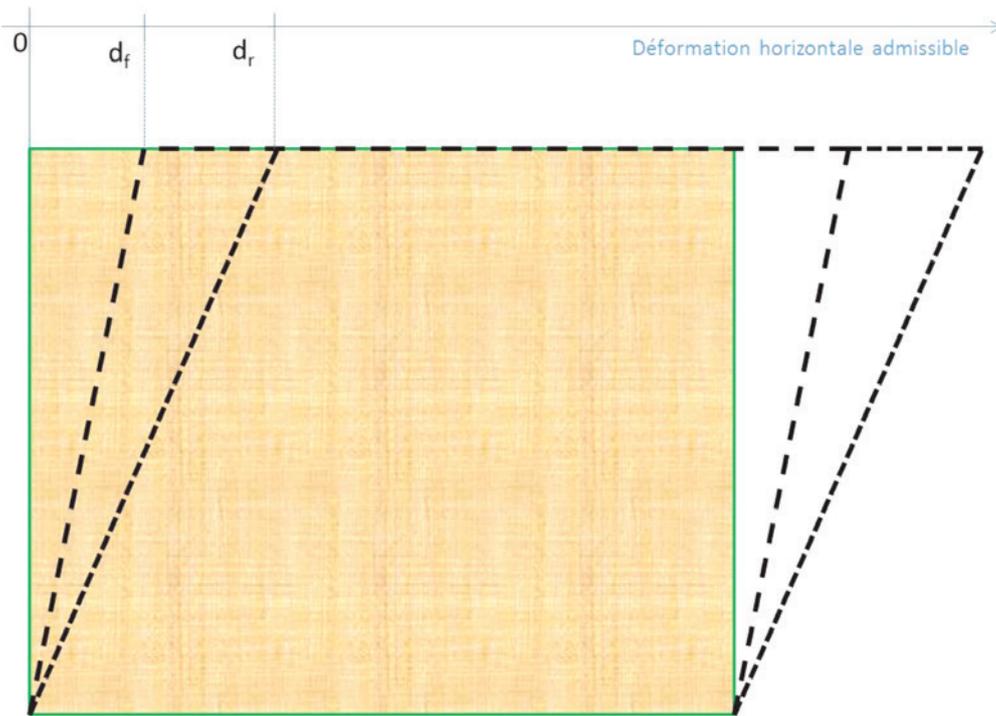
Figure 8 – Position des capteurs de déplacement

Le protocole de chargement proposé est le suivant :

Tableau 4 – Cycles de chargement

N° de phase	Fréquence (hertz)	Déplacement imposé au vérin (mm)	Nbre de cycles	Observations
		Ht = 2,60 m		
1	2	+/- 3 mm	30	Interruption pour observation visuelle entre chaque train de cycles
2		+/- 6 mm		
3		+/- 10 mm		
4		+/- 15 mm		
5		+/- 20 mm		
6		+/- 26 mm		
7		+/- 30 mm		
8		+/- 40 mm		

Annexe 9 Déformations horizontales admissibles



Annexe 10

Méthodes pour déterminer les capacités résistantes de calcul R_d

Il convient de déterminer la valeur de calcul d'une propriété X par :

$$X_d = \frac{\eta_d}{\gamma_m} \times X_k$$

- Où X_d est la grandeur de calcul
 X_k est la grandeur caractéristique
 η_d est la valeur de calcul du coefficient de conversion lié à l'essai
 γ_m est le coefficient de sécurité sur les matériaux

Dans le cas d'une campagne d'essai(s) en vue de l'étude des performances d'un produit, procédé ou assemblage en situation de projet sismique, deux cas se présentent :

- 1) 1 essai dynamique a été réalisé

Dans ce cas, la capacité résistante de calcul s'écrit :

$$X_d = \frac{\eta_d}{\gamma_m} \times 0,6 \times X_{essai}$$

- Où X_{essai} est la valeur obtenue lors de l'essai
 η_d est pris égal à 1,0
 γ_m est pris, suivant le type de procédé, dans le tableau ci-dessous :

	Plaques de plâtre vissées sur ossature métallique	Cloisons en maçonnerie de petits éléments suivant NF DTU 20.13	Autre type de cloison
γ_m	1,15	1,5	À déterminer au cas par cas lors de l'instruction suivant matériaux, à valider par le GS9

- 2) Au moins 3 essais statiques

Dans ce cas, la capacité résistante de calcul s'écrit :

$$X_d = \frac{\eta_d}{\gamma_m} \times m \times (1 - k_n \times V)$$

Où m est la valeur moyenne, sur n échantillons, issue des essais

η_d est pris égal à 1,0

γ_m est pris égal à 1,0

k_n est un coefficient utilisé pour aboutir à une valeur caractéristique de 5 % donné dans le tableau ci-dessous :

n	3	4	5	6	8	10	20	30	∞
k_n	3,37	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64

V est la variance de la série de n échantillons issue des essais, donnée par la formule :

$$V = \frac{1}{m} \times \sqrt{\frac{1}{n-1} \times \sum_{i=1}^n (x_i - m)^2}$$

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
le futur en construction

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT | MARNE-LA-VALLÉE | PARIS | GRENOBLE | NANTES | SOPHIA ANTIPOLIS