

## Règles parasismiques pour les éléments non structuraux

### Partie 3 : Analyse sismique

*La résistance sismique d'un bâtiment repose principalement sur la conception parasismique de sa structure. Les éléments non structuraux ne doivent cependant pas être oubliés. Ils sont eux aussi l'objet d'une étude sismique spécifique. Cette fiche (troisième d'une série de 5) précise les méthodes de calcul des forces pour les éléments non structuraux soumis à l'obligation réglementaire d'analyse sismique.*

Cet article fait suite à la [première partie](#) où sont précisés quels sont les éléments non structuraux (ENS) soumis par la réglementation française à l'obligation d'analyse sismique et une [deuxième partie](#) donnant les objectifs de comportement des ENS.

#### Force sismique dans une direction horizontale

Le principal effet du séisme sur un ENS est inertiel, ce qui être représenté par une force statique équivalente appliquée au centre de masse de l'élément. L'article 4.3.5.2 de la norme NF EN 1998-1 propose une formule simplifiée pour calculer cette force sismique équivalente dans une direction horizontale. Par défaut, les deux directions horizontales principales sont à prendre en compte dans l'analyse sismique d'un ENS.

La force sismique équivalente  $F_a$  agissant sur un ENS peut être obtenue par la formule suivante :

$$F_a = S_a W_a \frac{\gamma_a}{q_a} \quad (1)$$

où :  $W_a$  est le poids de l'élément ( $W_a = m_a g$ ) ;

$m_a$  est sa masse ;

$\gamma_a$  est le coefficient d'importance ;

$q_a$  est le coefficient de comportement de l'élément ;

$S_a$  est le coefficient sismique, qui peut être calculé à l'aide de la formule suivante :

$$S_a = \alpha S \left[ 3 \frac{1 + z/H}{1 + (1 - T_a/T_1)^2} - 0,5 \right] \geq \alpha S \quad (2)$$

$$\alpha = a_g/g$$

$a_g$  est l'[accélération horizontale de calcul](#), définie par :  $a_g = \gamma_1 a_{gr}$

$a_{gr}$  est l'[accélération maximale de référence](#) ;

$\gamma_1$  est le [coefficient d'importance du bâtiment](#) ;

$S$  est le [paramètre de sol](#) ;

$z$  est la hauteur de l'élément non structural mesurée au-dessus du niveau des fondations du bâtiment et  $H$  la hauteur du bâtiment pour la même référence ;

$T_a$  est la période du mode fondamental de l'élément non structural ;

$T_1$  est la période du mode fondamental de l'ossature dans la direction considérée.



La formule du coefficient sismique  $S_a$  permet de prendre en compte l'influence de la position de l'ENS dans le bâtiment (ratio  $z/H$ ) et celle du couplage dynamique (ratio  $T_a/T_1$ ) – voir [partie 2](#).

La force sismique  $F_a$  est utilisée pour l'analyse sismique de l'ENS. Il n'y a pas lieu de la prendre en compte dans l'analyse globale du bâtiment.

### Coefficient d'importance de l'élément

Pour les ENS des bâtiments à risque normal, quelle que soit leur catégorie d'importance, la valeur du coefficient d'importance  $\gamma_a$  peut être prise égale à 1.

Pour les équipements nécessaires à l'opérabilité des bâtiments de catégorie d'importance IV (voir [partie 2](#)), il convient d'adopter une valeur  $\gamma_a = 1,5$ , suivant la préconisation de l'article 4.3.5.3 de la norme NF EN 1998-1 pour les systèmes vitaux.

### Coefficient de comportement de l'élément

Suivant les indications de l'article 4.3.5.4 de la norme NF EN 1998-1, la valeur du coefficient de comportement de l'ENS peut être prise égale à 1 ou à 2. Ce choix est totalement indépendant du coefficient de comportement utilisé pour l'analyse sismique du bâtiment.

Une valeur  $q_a = 1$  suppose que l'élément reste dans le domaine élastique pour l'action sismique de calcul. Inversement, une valeur  $q_a = 2$  repose sur l'hypothèse d'une plastification de certaines parties de l'ENS propre à absorber partiellement l'énergie sismique et à réduire en conséquence les efforts sismiques subis. Une telle hypothèse implique nécessairement un endommagement de l'ENS, qui doit rester compatible avec l'exigence de sécurité des personnes. Elle ne peut donc être adoptée que dans la mesure où l'ENS concerné peut se déformer dans le domaine plastique sans rupture prématurée. Elle n'est pas justifiée pour des ENS présentant un caractère fragile, c'est-à-dire n'ayant pas ou peu de capacité de déformation plastique.

Le Tableau 4.4 de la norme NF EN 1998-1 présente des indications générales pour le choix de la valeur du coefficient de comportement  $q_a$ . Il est recommandé ici de ne pas en tenir compte, car ces indications sont trop imprécises et ne concernent pas seulement les ENS. D'une manière générale, le choix de cette valeur devrait s'effectuer sur la base des indications relatives au produit, celles-ci étant basées sur les tests effectués par l'industriel fabricant l'ENS ou sur les prescriptions de règles professionnelles.

Dans le cas où ces indications seraient indisponibles, par exemple pour un ENS réalisé directement par un constructeur métallique, il est possible d'adopter une valeur  $q_a = 2$  uniquement si un mécanisme impliquant une plastification dans une partie métallique de l'ENS peut raisonnablement être identifiée, pour les charges sismiques prévues.

## Approches simplifiées

Au moment où l'étude sismique du bâtiment et des ENS est effectuée, toutes les données ne sont pas forcément disponibles. Il est alors possible d'appliquer la formule (2) pour le calcul du coefficient sismique  $S_a$  en adoptant indifféremment l'une ou l'autre ou les deux simplifications suivantes :

- l'ENS pouvant être situé dans n'importe quelle partie du bâtiment :  $z/H = 1$  ;
- les périodes propres n'étant pas connues :  $T_a/T_1 = 1$ .

Lorsque ces deux simplifications sont adoptées simultanément, la formule (2) s'écrit de la manière suivante :

$$S_a = 5,5 \alpha S \quad (3)$$

## Composante verticale de l'action sismique (effet inertiel)

En règle générale, la [composante verticale de l'action sismique](#) n'est pas à prendre en compte lors de l'étude sismique des bâtiments à risque normal.

Pour les ENS, les mêmes règles que celles prévues à l'article 4.3.3.5.2 de la norme NF EN 1998-1 s'appliquent les cas échéant pour ne pas avoir à prendre en compte la composante verticale. Dans certains cas particuliers où la composante verticale est susceptible de jouer un rôle important, tels que par exemple les faux plafonds, il est toutefois recommandé de toujours prendre en compte la composante verticale.

Lorsque la composante verticale est prise en compte, la force sismique agissant sur un ENS dans cette direction peut être obtenue par la formule suivante :

$$F_{av} = S_{av} W_a \frac{\gamma_a}{q_a} \quad (4)$$

où :  $W_a$  est le poids de l'élément ;

$\gamma_a$  est le coefficient d'importance ;

$q_a$  est le coefficient de comportement de l'élément ;

$S_{av}$  est le coefficient sismique pour la direction verticale, qui peut être calculé à l'aide de la formule suivante :

$$S_a = C_{av} \frac{a_{vg}}{g} S \quad (5)$$

$a_{vg}$  est l'accélération de calcul du sol pour la [direction verticale](#) ;

$C_{av}$  est le coefficient d'amplification des spectres de plancher dans la direction verticale, qui peut être pris égal à 2 pour les ENS.



La méthode simplifiée de la norme NF EN 1998-1 ne traite que des composantes horizontales de l'action sismique. Les formules (4) et (5) ci-dessus proviennent du [guide de l'administration](#).

## Combinaison des actions

Conformément à l'article 3.2.4 de la norme NF EN 1998-1, la combinaison d'actions à considérer sous situation sismique, y compris pour l'analyse des ENS, est définie par la relation suivante :

$$G + \psi_2 Q + A_{Ed} \quad (6)$$

où :  $G$  représente les actions permanentes ;

$Q$  représente les actions variables (charges d'exploitation) ;

$\psi_2$  est la fraction quasi-permanente des actions variables ;

$A_{Ed}$  représente les actions sismiques.

Pour les ENS à l'intérieur d'un bâtiment, les actions variables sont en général nulles. A l'extérieur, pour les éléments soumis au vent, la fraction quasi permanente  $\psi_2$  est nulle. Pour les ENS soumis uniquement aux composantes horizontales, la relation précédente se simplifie donc sous  $A_{Ed}$  seul.

Chaque composante de l'action sismique est à traiter indépendamment. Il n'est donc pas nécessaire de combiner les différentes composantes pour le calcul de  $A_{Ed}$ .

## Efforts sismiques dans les ancrages et les fixations

Par principe de conception, les ancrages et les fixations d'un ENS ne doivent pas être le point faible du système. Il convient donc de les dimensionner en capacité, c'est-à-dire pour qu'ils soient capables de reprendre les efforts correspondant à l'apparition d'une plastification dans l'équipement.

Le [guide de l'administration](#) admet que ce principe est respecté si les ancrages et les fixations sont dimensionnés avec une sur-résistance définie par la relation suivante :

$$E_d = 1,2 q_a A_{Ed} \quad (7)$$

où  $E_d$  représente l'action sismique à considérer pour le dimensionnement des ancrages et des fixations ;

$q_a$  est le coefficient de comportement de l'élément ;

$A_{Ed}$  est l'action sismique agissant sur l'ENS.

Il convient d'ajouter, le cas échéant, les effets des charges permanentes à cette action sismique.