

Application des Eurocodes au domaine du solaire thermique

Cahier des Prescriptions Techniques communes

Ce document a été entériné par le Groupe Spécialisé n° 14.4 le 31 janvier 2018

Groupe Spécialisé n° 14.4

Équipements / Solaire thermique et récupération d'énergie
par vecteur eau



Commission chargée de formuler des Avis Techniques
et Documents Techniques d'Application

(arrêté du 21 mars 2012)

Secrétariat de la commission des Avis Techniques
CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, Champs-sur-Marne, FR-77447 Marne-la-Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 82 82 - Internet : www.ccfat.fr

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 1^{er} juillet 1992 – art. L 122-4 et L 122-5 et Code Pénal art. 425).

© CSTB 2018

Sommaire

| | |
|---|-----------|
| 1. Avant-propos | 4 |
| 2. Domaine d'application | 4 |
| 3. Références documentaires | 4 |
| 4. Utilisation des calculs..... | 5 |
| 5. Calculs..... | 6 |
| 5.1 Préambule | 6 |
| 5.1.1 Différenciation de la fiabilité | 6 |
| 5.1.2 Types d'actions considérées..... | 6 |
| 5.1.3 Introduction : Notions de valeurs caractéristiques et de valeurs de calcul | 8 |
| 5.1.4 Introduction : Etat limite de service et état limite ultime | 8 |
| 5.2 Étape 1 – Paramètres d'environnements..... | 9 |
| 5.2.1 Localisation géographique | 9 |
| 5.2.2 Autres éléments de nature géographique et caractéristiques du bâtiment..... | 9 |
| 5.3 Étape 1 – Données numériques d'entrées..... | 11 |
| 5.3.1 Vent | 11 |
| 5.3.2 Neige | 12 |
| 5.3.3 Séisme..... | 12 |
| 5.4 Étape 1 – Résultats | 13 |
| 5.4.1 Vent : Pression dynamique de pointe | 13 |
| 5.4.2 Neige : Valeurs de calcul des charges de neige au sol | 14 |
| 5.4.3 Séisme : Efforts inertiels horizontaux et verticaux – Coefficients $k_{a,h}$ et $k_{a,v}$ | 14 |
| 5.5 Étape 2 – Efforts exercés sur les capteurs | 17 |
| 5.5.1 Actions du vent..... | 17 |
| 5.5.2 Actions de la neige | 23 |
| 5.5.3 Actions sismiques..... | 27 |
| 5.5.4 Actions par le poids propre..... | 27 |
| 5.6 Étape 2 – Combinaisons d'actions..... | 28 |
| 5.6.1 Combinaisons pour les états limites de service (ELS)..... | 28 |
| 5.6.2 Combinaisons pour les états limites ultimes (ELU)..... | 28 |
| 5.7 Étape 3 – Descente de charges et vérification de la résistance des composants..... | 29 |
| 5.7.1 Descente de charge – Méthode simplifiée | 29 |
| 5.8 Exemple d'application | 31 |
| 5.8.1 Informations générales sur le site | 31 |
| 5.8.2 Étape 1 : Identification des données du site | 31 |
| 5.8.3 Exemple 1 – Installation en surimposition de toiture inclinée | 32 |
| 5.8.4 Exemple 2 – Installation en toiture-terrasse..... | 40 |
| 5.8.5 Exemple 3 – Installation lestée en toiture-terrasse | 45 |
| Annexe 1 – Régions de vent..... | 49 |
| Annexe 2 – Régions de neige..... | 53 |
| Annexe 3 – Zones de sismicité | 57 |
| Annexe 4 – Catégories de terrain..... | 67 |
| Annexe 5 – Liste des Eurocodes | 69 |

1. Avant-propos

Ce Cahier de Prescription Technique a été examiné par les membres du Groupe Spécialisé n° 14.4 : Equipements / Solaire thermique et récupération d'énergie par vecteur eau.

2. Domaine d'application

Le présent Cahier de Prescription Technique (CPT) précise l'application des Eurocodes au domaine du solaire thermique.

Les procédés visés par le CPT sont :

- Capteur solaire thermique plan vitré à circulation de liquide.
- Chauffe-eau solaire individuel à thermosiphon.

Les types de mises en œuvre visés par le CPT sont :

- Châssis sur toiture-terrasse ou au sol.
- Surimposition parallèle à une toiture inclinée.
- Surimposition parallèle à une façade.
- Incorporation en couverture.

Les types de couvertures pour toitures inclinées sont :

- Tuiles en terre cuite ou en béton à emboîtement ou à glissement à relief, tuiles plates.
- Ardoises.
- Plaques en acier ou aluminium nervurées.
- Plaques profilées en fibres-ciment.

Les types de charpentes pour toitures inclinées sont :

- Traditionnelles en bois.
- Métalliques.
- Bétons.

Toutefois, des dispositions particulières différentes du présent document peuvent être préconisées par le fournisseur/fabricant des systèmes de fixations des procédés. Dans ce cas, ces dispositions seront explicitement indiquées dans la notice du fabricant et dans le Dossier Technique visé par l'Avis Technique et prévalent sur celles du présent document.

3. Références documentaires

Les textes normatifs et documents utilisés pour le présent Cahier de Prescription Technique sont les suivants :

Eurocodes (liste détaillée en annexe 5) :

- Eurocode 0 – Base de calcul des structures.
- Eurocode 1 - Partie 1-3 : Actions générales - Charges de neige.
- Eurocode 1 - Partie 1-4 : Actions générales - Actions du vent.
- Eurocode 8 – Partie 1 : Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments (éléments non structuraux : § 4.3.5).

Code de l'environnement et textes associés :

- Code de l'environnement – article D. 563-8-1 (inséré par décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010).
- Arrêté d'application : 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 ».
- « Dimensionnement parasismique des éléments non-structuraux du cadre bâti ; Justifications parasismiques pour le bâtiment "à risque normal" » version 2014 des ministères du Logement et de l'Égalité des Territoires et de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie – également appelé « Guide des ENS ».

Autres documents informatifs :

- NF P78-116.
 - FprCEN/TR 16999.
 - « Informationsblatt Nr. 61 – Arbeitsblatt zur Ermittlung von Windlasten an Solarthermischen Anlagen ».
 - « Informationsblatt Nr. 49 – Arbeitsblatt zur Ermittlung von Schneelasten an Solarthermischen Anlagen ».
- Note : Ce document est cité ici à titre purement informatif. Dans le domaine des charges de neige, les différences importantes entre les annexes nationales françaises et allemandes rendent ce document difficilement extrapolable au marché français.*
- CSTC – Code expérimental de dimensionnement du ballast pour capteurs solaires en toiture plate.

4. Utilisation des calculs

Les calculs s'effectuent par étapes avec des données d'entrée caractérisant le projet de mise en œuvre d'une installation solaire thermique. Chaque étape peut suffire en fonction du projet et de l'objectif des résultats.

| Étape | Données d'entrée | Résultats | Commentaire |
|-------------|--|---|--|
| Étape 1 | - Situation géographique. - Caractéristiques du bâtiment (hauteur). | - Pression dynamique de pointe. - Charge de neige au sol. - Coefficient des efforts d'inertie. | |
| Étape 2 | - Mode de mise en œuvre. - Principales caractéristiques dimensionnelles et pondérales des capteurs. | - Efforts exercés sur les capteurs. - Combinaisons d'actions. | |
| Étape 3 | - Caractéristiques dimensionnelles détaillées. | - Descente de charge au niveau des pattes de fixation – Méthode simplifiée. - Résistance caractéristique à l'arrachement (en daN). | |
| Étape 3 bis | - Caractéristiques dimensionnelles détaillées de toutes les pièces. | - Descente de charge au niveau des pattes de fixation – Méthode détaillée. - Vérification de la tenue mécanique de la structure. | Cette étape ne peut être réalisée que par un expert du calcul de structure. Elle sort du cadre du présent document. |

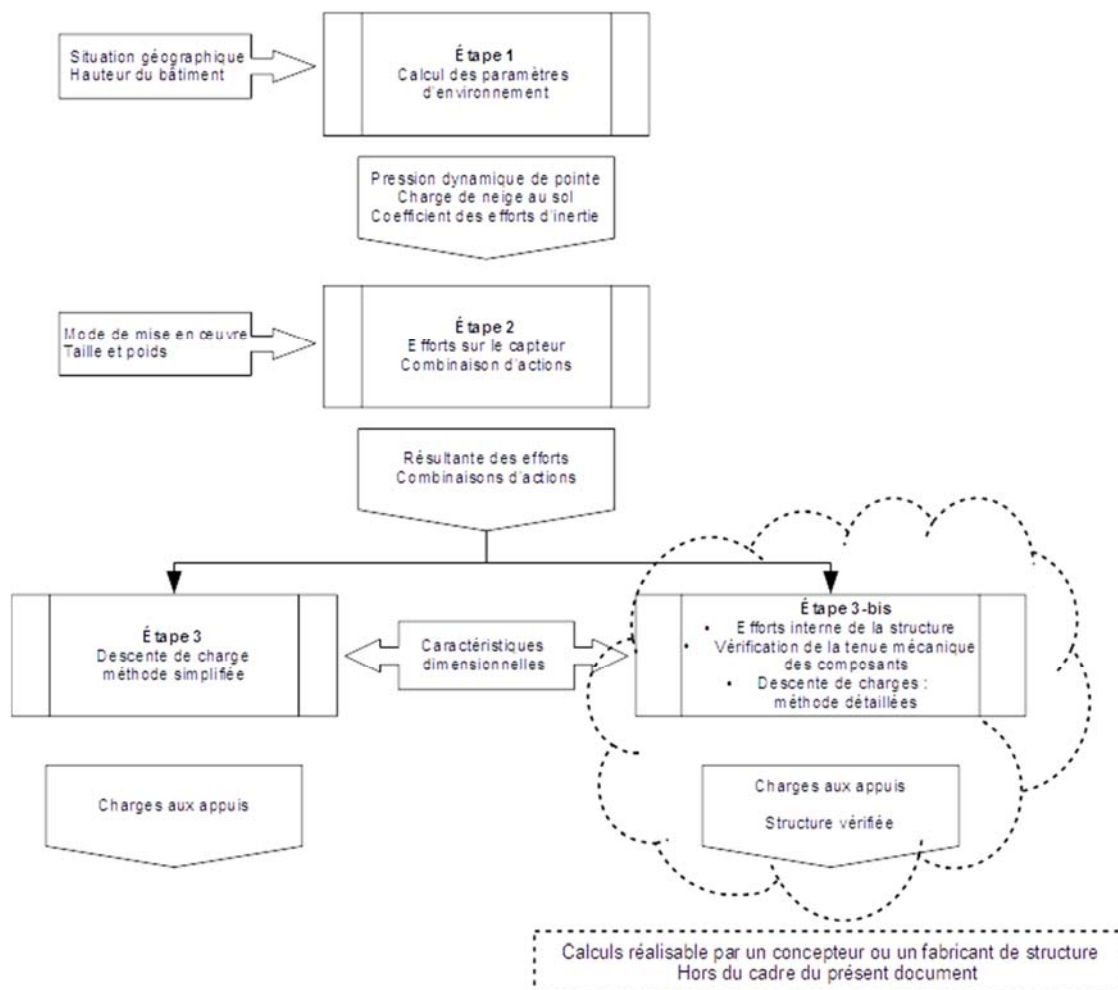


Figure 1 : Grafcet représentant les étapes de calculs

5. Calculs

5.1 Préambule

5.1.1 Différenciation de la fiabilité

Définitions :

- Fiabilité : capacité d'une structure ou d'un élément structural à satisfaire aux exigences spécifiées, y compris la durée d'utilisation de projet, pour lesquelles il (ou elle) a été conçu(e). La fiabilité s'exprime habituellement en termes de probabilité.

Note : La fiabilité recouvre la sécurité, l'aptitude au service et la durabilité d'une structure.

- Différenciation de la fiabilité : mesures destinées à l'optimisation socio-économique des ressources à utiliser pour réaliser des constructions, en tenant compte de toutes les conséquences prévues de défaillances et du coût des constructions.

L'annexe B de l'Eurocode 0 (NF EN 1990 : 2003) permet de réduire le dimensionnement des structures s'il est considéré que les conséquences d'une défaillance sont modérées. Bien que cette approche soit retenue dans les FprCEN/TR 16999, ce type de considération doit être manié avec précaution et doit être réservé à des personnes ayant des connaissances approfondies des Eurocodes.

La différenciation de la fiabilité n'est pas prise en compte dans le cadre de ce document : le coefficient K_{Fi} est pris égal à 1, il est donc omis dans les équations.

Note : En application de l'Eurocode 0 (EN 1990 § B.3.3) il est possible d'appliquer un coefficient $K_{Fi} = 0,9$ aux coefficients partiels γF uniquement lorsque les actions correspondantes sont défavorables. Ce coefficient ne s'applique qu'aux situations de projets durables (les situations accidentelles ou sismiques sont donc exclues).

5.1.2 Types d'actions considérées

5.1.2.1 Généralités

Dans ce document on considère les actions (efforts) ayant pour origine les phénomènes suivants :

- vent,
- neige,
- séisme,
- poids propre.

La prise en compte des effets liés à la température (dilatation des profilés par exemple) n'est pas prévue dans le présent document.

En conséquence il est supposé ici que :






- soit les efforts liés aux effets de la dilatation sont négligeables,
- soit la conception de la structure permet de les absorber (présence de joints de dilatation par exemple).

Lorsque la prise en compte des effets de la dilatation est nécessaire, il est indispensable de faire appel à un bureau d'études spécialisé.

5.1.2.2 Prise en compte de la réglementation parasismique

5.1.2.2.1 A l'échelle des bâtiments

La réglementation parasismique ne s'applique que pour certains types de bâtiment, en fonction du niveau de risque sismique de la zone où ils sont implantés ou prévus d'être implantés.

| | | Bâtiment à risque « normal » Catégorie d'importance du bâtiment. | | | | |
|-------------------|---|---|---|---|--|---|
| | | I | II | III | IV | |
| | |  |  |  |  |  |
| Zone de sismicité | 1 | Réglementation non applicable | | | | |
| | 2 | | | | | |
| | 3 | Application obligatoire de la réglementation sismique | | | | |
| | 4 | | | | | |
| | 5 | | | | | |

Note 1 : La réglementation sismique s'applique aux travaux neufs et dans certains cas aux travaux de rénovation.

Dans le cas des éléments non structuraux considérés ici, la réglementation parasismique s'applique de la même façon aux travaux neufs et aux travaux sur l'existant.

Note 2 : La catégorie d'importance « II » s'applique aux maisons individuelles et aux bâtiments d'habitation dont la hauteur est inférieure ou égale à 28 m (cf. arrêté du 22 octobre 2010).

5.1.2.2.2 A l'échelle des éléments non structuraux

Les capteurs solaires sont considérés comme des éléments non structuraux (ENS). Conformément au guide des ENS, les capteurs solaires ne sont concernés par la réglementation parasismique que s'ils constituent le clos et le couvert du bâtiment (capteurs intégrés ou incorporés) et que le bâtiment lui-même est concerné par la réglementation (voir § précédent).

Le présent document concerne la réalisation des calculs de résistance aux actions sismiques, ainsi les considérations réglementaires ne seront plus abordées dans la suite du document : les calculs sont réalisables dans tous les cas, que la réglementation sismique s'applique ou pas.

Exemples d'installations concernées par la réglementation parasismique (liste non exhaustive) :

- capteurs incorporés en toiture d'une maison individuelle dans la région de Strasbourg,
- capteurs incorporés en toiture d'une école en Bretagne.

Exemples d'installations non concernées par la réglementation parasismique (liste non exhaustive) :

- capteurs en pose indépendante sur toiture-terrasse (quelle que soit la zone ou la catégorie de bâtiment),
- capteurs en surimposition sur toiture avec couverture en petits éléments (quelle que soit la zone ou la catégorie de bâtiment),
- chauffe-eau à thermosiphon installé en surimposition de couverture inclinée (quelle que soit la zone ou la catégorie de bâtiment),
- chauffe-eau à thermosiphon installé en pose indépendante sur toiture-terrasse (quelle que soit la zone ou la catégorie de bâtiment),
- capteurs incorporés en couverture d'un garage ou d'un hangar (quelle que soit la zone),
- capteurs incorporés en couverture d'un immeuble collectif de moins de 28 m en région parisienne.

Note : Dans le cas des bâtiments de catégorie d'importance IV, la réglementation parasismique comporte également des prescriptions relatives au bon fonctionnement des équipements. Ce sujet n'est pas abordé dans ce document.

Le cas (exceptionnel) de capteurs solaires assurant également la structure du bâtiment sort du cadre de ce document (ex. : mur Trombe).

Pour les ENS, la réglementation ne prévoit pas d'atténuation des contraintes sismiques en cas de rénovation.

Conformément à l'article L563-1 du Code de l'environnement, un plan de prévention des risques naturels prévisibles (lorsqu'il existe) peut imposer des mesures complémentaires à la réglementation parasismique.

Un maître d'ouvrage peut lui-même exiger une conception particulière en fonction de son besoin.

5.1.2.2.3 Continuité de fonctionnement

Décret 2010-1254 : « Des mesures préventives spécifiques doivent en outre être appliquées aux bâtiments, équipements et installations de catégorie IV pour garantir la continuité de leur fonctionnement en cas de séisme. »

La continuité de fonctionnement n'est pas traitée dans ce document.

5.1.3 Introduction : Notions de valeurs caractéristiques et de valeurs de calcul

5.1.3.1 Valeur caractéristique et valeur de calcul d'une action (ou charge)

La **valeur caractéristique d'une action (ou charge)** est définie comme sa « principale valeur représentative » (EN 1990). Elle peut être définie sur une base statistique ou non.

La valeur caractéristique peut s'interpréter comme une valeur « nominale », une valeur « typique » ou une valeur « moyenne » de l'action.

Pour une action « F » sa valeur caractéristique est notée : F_k

La **valeur de calcul d'une action (ou charge)** est la valeur de cette action telle qu'elle est utilisée dans les calculs en prenant en compte ses variations statistiques et le niveau de sécurité requis.

Pour une action « F » sa valeur de calcul est notée : F_d (d = design).

Par définition : $F_d = \gamma_f F_k$

Où γ_f est un coefficient partiel relatif à l'action (il peut être interprété comme un coefficient de sécurité).

5.1.3.2 Valeur caractéristique et valeur de calcul d'une propriété de matériau ou de produit

De façon similaire aux actions, on définit pour la valeur caractéristique et la valeur de calcul des propriétés des matériaux ou des produits.

On entend par propriété : une contrainte dans un matériau, la résistance mécanique d'un produit, etc.

Pour un produit, on note généralement R ou F_R la caractéristique de ce produit.

On écrit également : $R_d = R_k / \gamma_M$ ou $F_{R,d} = F_{R,k} / \gamma_M$

Où γ_M est un coefficient partiel relatif au matériau (il peut être interprété comme un coefficient de sécurité).

5.1.4 Introduction : Etat limite de service et état limite ultime

5.1.4.1 NF EN 1990:2003 : Définitions

Etats-limites ultimes (ELU) :

États associés à un effondrement ou à d'autres formes similaires de défaillance structurale.

Etats-limites de service (ELS) :

États correspondant à des conditions au-delà desquelles les exigences d'aptitude au service spécifié pour une structure ou un élément structural ne sont plus satisfaites.

Concrètement :

- un ELU correspond souvent au fait d'atteindre la résistance maximale (limite élastique) d'un élément mécanique,
- un ELS correspond souvent au fait d'atteindre un critère de déformation (flèche, déplacement) ne permettant plus la réalisation de certaines fonctions.

5.1.4.2 Application au domaine du solaire thermique

Cas de l'ELU

L'atteinte d'un ELU est assez simple à définir. Il peut s'agir de l'atteinte d'une limite élastique d'un des composants (rail, patte de fixation, vis, etc.).

Dans le cas d'un système lesté, l'ELU peut être également l'une des situations suivantes :

- glissement de l'ensemble,
- soulèvement général,
- basculement vers l'avant ou vers l'arrière.

Cas de l'ELS

À ce jour il n'existe pas de critère reconnu par la profession pour définir les critères d'ELS.

5.2 Étape 1 – Paramètres d’environnements

5.2.1 Localisation géographique

La première étape est de définir la zone géographique dans laquelle doit être implanté le projet.

À cet effet le territoire français est découpé à l’échelle du canton. Pour chaque canton il est possible de déterminer :

- la région de vent :
 - « région » 1 à 4 en métropole,
 - + 1 « région » par DROM.
- la région de neige :
 - A1, A2, B1, B2, C1, C2, D ou E en métropole,
 - non définie dans les DOM.
- la zone de sismicité :
 - de « très faible » à « forte »

Ces données sont disponibles sous forme de tableaux ou sous forme de cartes.

Les sources de ces données géographiques sont :

- vent : Annexe nationale française aux Eurocodes – NF EN 1991-1-4/NA (mars 2008),
- neige : Annexe nationale française aux Eurocodes – NF EN 1991-1-3/NA (mai 2007),
- risque sismique : Code de l’environnement – article D. 563-8-1.

Ces éléments sont fournis en annexe 1.

5.2.2 Autres éléments de nature géographique et caractéristiques du bâtiment

5.2.2.1 Vent

5.2.2.1.1 Hauteur du projet

La vitesse du vent dépend de la hauteur « h » du projet. Il s’agit de la hauteur entre le niveau du sol et le point le plus élevé du bâtiment (faîtage ou acrotère).

5.2.2.1.2 Saisonnalité du vent : cseason

L’Eurocode définit un coefficient de saison cseason.

Les installations solaires étant conçues pour une durée supérieure à 1 an, ce paramètre n’est pas à prendre en compte : cseason = 1.

5.2.2.1.3 Vents dominants : cdir

Ce coefficient permet de prendre en compte la direction des vents dominants.

L’Annexe française NF EN 1991-1-4/NA (clause 4.2 (2)P Note 2) définit un zonage pour cdir.

Les installations solaires sont préférentiellement orientées vers le sud (en métropole). Dans ce cas, seule la zone 3 pour cdir pourrait permettre d’appliquer un coefficient de réduction, uniquement pour certaines directions de vent.

Dans tous les autres cas (zones 1 et 2 de cdir et les DOM), aucune réduction n’est possible.

Dans le cadre de ce document, on considère systématiquement cdir = 1.

L’utilisation de toute autre valeur sort du cadre de ce document et nécessite une connaissance approfondie de l’Eurocode.

5.2.2.1.4 Temps de retour des rafales : cprob

Par défaut l’Eurocode définit les vitesses de vent avec un temps de retour statistique de 50 ans.

L’utilisation d’un autre temps de retour n’est pas prise en compte dans ce document : cela pourrait présenter une fausse impression de fiabilité d’autant plus que le gain potentiel sur le niveau de sollicitation est faible.

Dans le cadre de ce document, on considère systématiquement cprob = 1.

Note : En application de l’annexe nationale (NF EN 1991-1-4/NA § 4.2 (2)P note 5), le coefficient cprob = 0,97 pour un temps de retour de 25 ans.

5.2.2.1.5 Orographie du terrain : Co – Influence des bâtiments

L’orographie désigne l’influence des obstacles situés à courte et moyenne distance du projet (collines, falaises, ...).

La vitesse moyenne du vent augmente en passant au-dessus de collines, falaises, escarpements (hors régions montagneuses). Cette augmentation est prise en compte par le coefficient d’orographie co. Les effets de l’orographie peuvent être négligés lorsque la pente moyenne du terrain considéré au vent est inférieure à 3°. Le terrain considéré au vent peut être pris en considération jusqu’à une distance équivalente à 10 fois la hauteur de l’élément orographique isolé.

Dans le présent document on fixe le coefficient d'orographie $co = 1$.

Notes : Le cahier des charges du bâtiment peut fixer ce coefficient à une valeur de référence, $co = 1,15$. Si le terrain environnant est complexe ou si le cahier des charges le demande, le coefficient d'orographie doit être calculé de façon détaillée en appliquant l'Eurocode (EN 1991-1-4 § 4.3.3 avec l'annexe nationale française).

5.2.2.1.6 Influence des bâtiments à proximité

Constructions avoisinantes de grandes dimensions et de hauteur bien plus élevée (§ 4.3.4 de l'EN 1991-1-4) :

Les bâtiments de hauteur importante situés à proximité du projet peuvent augmenter la vitesse du vent.

Application simplifiée - l'augmentation de la vitesse du vent n'est pas à prendre en compte :

- si le bâtiment a une hauteur inférieure à 2 fois celle du projet,
- si le bâtiment est situé à une distance supérieure à 2 fois sa hauteur.

Dans les autres cas, il convient de se référer à la clause 4.3.4 (1) de l'annexe nationale française NF EN 1991-1-4/NA.

Dans le cadre du présent document, on considère qu'il n'y a pas lieu de prendre en compte des constructions avoisinantes de grandes dimensions et de hauteur plus élevée.

Bâtiments et obstacles rapprochés (§ 4.3.5 de l'EN 1991-1-4) :

L'annexe nationale française indique qu'il n'y a pas lieu de tenir compte de l'effet de bâtiments et autres obstacles rapprochés.

5.2.2.1.7 Catégorie de terrain – rugosité

La vitesse du vent dépend de la rugosité du terrain environnant. La rugosité est définie à partir de la catégorie de terrain (0, II, IIIa, IIIb, IV).

La catégorie de terrain doit être prise en compte sur un rayon R autour du projet tel que :

$R = 23 h^{1,2}$ avec $R > 300$ m.

| Hauteur du projet $h(m)$ | 6 | 9 | 15 | 30 | 50 |
|-----------------------------|-----|-----|-----|------|------|
| $R(m)$ | 300 | 322 | 593 | 1363 | 2514 |

L'Eurocode et l'annexe nationale française permettent une prise en compte détaillée de la rugosité du terrain pour chaque secteur angulaire.

Dans le cadre du présent document on ne considérera qu'une seule catégorie de terrain (la moins rugueuse).

Les catégories de terrain sont définies dans le tableau suivant :

| Catégorie de terrain | Définition |
|----------------------|---|
| 0 | Mer ou zone côtière exposée aux vents de mer ; lacs et plans d'eau parcourus par le vent sur une distance d'au moins 5 km |
| II | Rase campagne, avec ou non quelques obstacles isolés (arbres, bâtiments, etc.) séparés les uns des autres de plus de 40 fois leur hauteur |
| IIIa | Campagne avec des haies ; vignobles ; bocage ; habitat dispersé |
| IIIb | Zones urbanisées ou industrielles ; bocage dense ; vergers |
| IV | Zones urbaines dont au moins 15 % de la surface sont recouverts de bâtiments dont la hauteur moyenne est supérieure à 15 m ; forêts |

Ces définitions sont également illustrées par des photos dans l'annexe française : figure 4.6(NA) à figure 4.14(NA) (reproduites en annexe 4).

5.2.2.2 Neige

Il est nécessaire de déterminer l'altitude du lieu de la construction et du projet.

5.2.2.3 Séisme

Il est nécessaire de déterminer la classe du sol : de A à E.

La classe de sol est définie dans l'Eurocode 8 : NE EN 1998-1 § 3

| Classe de sol | Description du profil stratigraphique (*) |
|---|--|
| A | Rocher ou autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5 m de matériau moins résistant |
| B | Dépôts raides de sable, de gravier ou d'argile sur-consolidée, d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des propriétés mécaniques avec la profondeur |
| C | Dépôts profonds de sable de densité moyenne, de gravier ou d'argile moyennement raide, ayant des épaisseurs de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres |
| D | Dépôts de sol sans cohésion de densité faible à moyenne (avec ou sans couches cohérentes molles) ou comprenant une majorité de sols cohérents mous à fermes |
| E | Profil de sol comprenant une couche superficielle d'alluvions avec des valeurs de v_s de classe C ou D et une épaisseur comprise entre 5 m environ et 20 m, reposant sur un matériau plus raide avec $v_s > 800$ m/s |
| (*) Étude des couches géologiques ou strates de l'écorce terrestre. | |

La classe de sol doit être déterminée à partir d'une étude de sol.

La classe de sol E correspond au cas le plus défavorable.

Il est également nécessaire de définir la catégorie d'importance du bâtiment (de I à IV). Les catégories d'importance de bâtiments sont définies dans l'arrêté du 22 octobre 2010.

Exemples :

- un garage individuel est de catégorie I,
- une habitation individuelle est de catégorie II,
- un immeuble d'habitation collective de moins de 28 mètres est de catégorie II,
- un établissement scolaire est de catégorie III,
- un établissement hospitalier est de catégorie III ou IV.

5.3 Étape 1 – Données numériques d'entrées

5.3.1 Vent

Les données géographiques permettent de déterminer les données numériques relatives au projet.

Rappel : dans le cadre du présent document :

$$C_{season} = C_{dir} = C_{prob} = C_o = 1$$

Densité de l'air : selon l'annexe nationale, $\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$

Vitesse de référence $v_{b,0}$

| Région de vent | France métropolitaine | | | | Départements d'Outre-Mer | | | | |
|-----------------|-----------------------|----|----|----|--------------------------|---------|------------|---------|------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | Guyane | Mayotte | Martinique | Réunion | Guadeloupe |
| $v_{b,0}$ [m/s] | 22 | 24 | 26 | 28 | 17 | 30 | 32 | 34 | 36 |

Facteurs de terrain

| Catégorie de terrain | z_0 [m] | z_{min} [m] | k_r | $c_r(z_{min})$ | $k/c_o = 1 - 2 \cdot 10^{-4} (\log_{10}(z_0) + 3)^6$ | $I_v(z_{min})$ pour $c_o=1$ |
|----------------------|-----------|---------------|-------|----------------|--|-----------------------------|
| 0 | 0,005 | 1 | 0,162 | 0,858 | 1 | 0,189 |
| II | 0,05 | 2 | 0,190 | 0,701 | 1 | 0,270 |
| IIIa | 0,20 | 5 | 0,209 | 0,673 | 0,97 | 0,301 |
| IIIb | 0,5 | 9 | 0,223 | 0,645 | 0,92 | 0,319 |
| IV | 1,0 | 15 | 0,234 | 0,634 | 0,85 | 0,189 |

5.3.2 Neige

Les données géographiques permettent de déterminer les données numériques relatives au projet.

Note : L'annexe D (informative) de l'EN 1991-1-3 permet de prendre en compte une période de retour différent de 50 ans.

Toutefois le paramètre V « variation de la charge de neige maximale annuelle » n'est pas fourni. En prenant en compte $V = 0,2$, on obtient pour une période de retour de 25 ans : $s_n/s_k = 0,93$.

| | | | | | | | | |
|---|--------------|------|------|------|------|------|--------------|------|
| Régions : | A1 | A2 | B1 | B2 | C1 | C2 | D | E |
| Valeur caractéristique (S_k) de la charge de neige sur le sol à une altitude inférieure à 200 m : | 0,45 | 0,45 | 0,55 | 0,55 | 0,65 | 0,65 | 0,90 | 1,40 |
| Valeur de calcul (S_{Ad}) de la charge exceptionnelle de neige sur le sol : | — | 1,00 | 1,00 | 1,35 | — | 1,35 | 1,80 | — |
| Loi de variation de la charge caractéristique pour une altitude supérieure à 200 : | Δs_1 | | | | | | Δs_2 | |

(charges en KN/m^2)

| Altitude A | Δs_1 | Δs_2 |
|------------------|---------------------|---------------------|
| de 200 à 500 m | $A/1000 - 0,20$ | $1,5 A/1000 - 0,30$ |
| de 500 à 1000 m | $1,5 A/1000 - 0,45$ | $3,5 A/1000 - 1,30$ |
| de 1000 à 2000 m | $3,5 A/1000 - 2,45$ | $7 A/1000 - 4,80$ |

5.3.3 Séisme

Les données géographiques permettent de déterminer les données numériques relatives au projet (définies dans l'arrêté du 22 octobre 2010).

| Zone de sismicité | Accélération de référence a_{gr} [m/s^2] | Paramètre pour l'accélération verticale : a_{vg}/a_g [-] |
|-------------------|---|--|
| 1 (très faible) | 0,4 | 0,9 |
| 2 (faible) | 0,7 | |
| 3 (modérée) | 1,1 | |
| 4 (moyenne) | 1,6 | |
| 5 (forte) | 3 | 0,8 |

Pour mémoire, accélération de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

| Catégorie d'importance du bâtiment | Coefficient d'importance γ_i [-] |
|------------------------------------|---|
| I | 0,8 |
| II | 1 |
| III | 1,2 |
| IV | 1,4 |

| Classe de sol | Paramètre de sol S [-] | | | | |
|---------------|------------------------|---|---|---|------|
| | Zone de sismicité | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| A | 1 | | | | 1 |
| B | 1,35 | | | | 1,2 |
| C | 1,5 | | | | 1,15 |
| D | 1,6 | | | | 1,35 |
| E | 1,8 | | | | 1,4 |

5.4 Étape 1 – Résultats

5.4.1 Vent : Pression dynamique de pointe

La pression dynamique de pointe (q_p) est la pression calculée en fonction des données géographiques du projet. Elle ne prend pas en compte les données géométriques de l'installation.

La pression dynamique de pointe est calculée pour une hauteur « z » à partir des formules suivantes :

| | |
|--|-----------|
| $v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0}$ | ... (4.1) |
| $c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$ pour $z_{min} \leq z \leq z_{max}$ $c_r(z) = c_r(z_{min})$ pour $z \leq z_{min}$ | ... (4.4) |
| $v_m(z) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot v_b$ | ... (4.3) |
| $k_l = c_o(z) \left[1 - 2 \cdot 10^{-4} (\log_{10}(z_0) + 3)^6 \right]$ | (4.20-NA) |
| $I_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z)} = \frac{k_l}{c_o(z) \cdot \ln(z/z_0)}$ pour $z_{min} \leq z \leq z_{max}$ $I_v(z) = I_v(z_{min})$ pour $z \leq z_{min}$ | ... (4.7) |
| $q_p(z) = \left[1 + 7 \cdot I_v(z) \right] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z)$ | ... (4.8) |

Note : Conformément à l'annexe nationale, dans le cas d'obstacles orographiques bien individualisés la formule (4.20-NA) doit être remplacée par une formule (4.19-NA). Il s'agit d'une formulation plus favorable et correspondant à des cas d'application moins courants.

La hauteur « z » est la hauteur à laquelle est considérée la pression. De façon simplifiée, il s'agit :

- installations en toiture inclinée : la hauteur au faîtage,
- installations en toiture-terrasse : la hauteur de l'acrotère,
- installations en façade : la hauteur du mur.

Résultats : Pression dynamique de pointe (en N/m²)

Attention : La pression dynamique de point ne représente pas la pression qui s'applique sur l'installation. Il serait erroné de l'utiliser directement pour calculer un effort.

| | | Région 1 - v = 22 m/s | | | | |
|----------------------|------|-----------------------|-----|-----|------|------|
| z [m] | | 6 | 9 | 15 | 30 | 50 |
| Catégorie de terrain | 0 | 777 | 845 | 935 | 1063 | 1162 |
| | II | 602 | 676 | 773 | 915 | 1026 |
| | IIIa | 449 | 522 | 621 | 766 | 880 |
| | IIIb | 398 | 398 | 494 | 637 | 751 |
| | IV | 382 | 382 | 382 | 518 | 628 |

| | | Guadeloupe - v = 36 m/s | | | | |
|----------------------|-------|-------------------------|------|------|------|------|
| | z [m] | 6 | 9 | 15 | 30 | 50 |
| Catégorie de terrain | 0 | 2081 | 2263 | 2503 | 2845 | 3110 |
| | II | 1613 | 1809 | 2071 | 2450 | 2746 |
| | IIIa | 1202 | 1399 | 1663 | 2051 | 2357 |
| | IIIb | 1067 | 1067 | 1324 | 1706 | 2011 |
| | IV | 1023 | 1023 | 1023 | 1387 | 1682 |

5.4.2 Neige : Valeurs de calcul des charges de neige au sol

Les valeurs de calcul des charges de neige sur le sol sont rapportées à une surface horizontale.

Les deux paramètres s_k et s_{Ad} doivent être pris en compte pour la suite des calculs.

- s_k dépend de l'altitude du lieu suivant la formule :
 - Régions A1 à D : $s_k(A) = s_k(0) + \Delta s_1$
 - Région E : $s_k(A) = s_k(0) + \Delta s_2$
- s_{Ad} ne dépend pas de l'altitude. s_{Ad} n'est pas défini pour toutes les régions de neige.

Résultats : Charge de neige au sol (en kN/m² de surface horizontale)

| Région | Valeur de calcul (s_{Ad}) de la charge exceptionnelle de neige sur le sol | Valeur caractéristique (s_k) de la charge de neige sur le sol (pour quelques altitudes) | | |
|--------|---|---|-------|-------|
| | | 0 à 200 m | 500 m | 900 m |
| A1 | (non défini) | 450 | 750 | 1350 |
| A2 | 1000 | | | |
| B1 | (non défini) | 550 | 850 | 1450 |
| B2 | 1350 | | | |
| C1 | (non défini) | 650 | 950 | 1550 |
| C2 | 1350 | | | |
| D | 1800 | 900 | 1200 | 1800 |
| E | (non défini) | 1400 | 1850 | 3250 |

Lorsque s_{Ad} n'est pas définie, certains calculs sont simplifiés.

5.4.3 Séisme : Efforts inertiels horizontaux et verticaux – Coefficients $k_{a,h}$ et $k_{a,v}$

Dans le cas des installations solaires, on ne considère que les effets liés aux efforts inertiels (issus des mouvements du sol).

Les déformations entre étages ne sont pas considérées dans ce document :

- elles n'ont pas à être prises en compte pour des installations installées en toiture,
- dans le cas d'installations en façade, le recoupement des installations à chaque plancher suffit pour répondre aux exigences,
- les installations en façade non recoupées sortent du cadre du présent document.

5.4.3.1 Séisme : Efforts inertiels horizontaux – Coefficient $K_{A,H}$

L'Eurocode 8 définit une méthode de calcul simplifiée des charges sismiques horizontales applicables aux éléments non structuraux.

$$S_a = \alpha \cdot S \cdot [3 (1 + z/H) / (1 + (1 - T_a/T_1)^2) - 0,5] \quad \dots (4.25)$$

$$F_a = (S_a \cdot W_a \cdot \gamma_a) / q_a \quad \dots (4.24)$$

Les paramètres pris en compte sont les suivants :

- coefficient d'importance $\gamma_a = 1$ (application directe de l'Eurocode 8 § 4.3.5.3) ;
- coefficient de comportement $q_a = 2$.

Cette valeur est issue de l'application du guide des ENS. Elle tient compte de la conception des capteurs et de leurs systèmes de fixation, habituellement rencontrés sur le marché :

- les systèmes de montage sont métalliques, ils ont donc un comportement ductile ;
- le degré hyperstatique élevé limite le risque de chute en cas de ruine d'une fixation ;
- la trempe des verres des capteurs plans limite les dommages en cas de chute de morceaux.

Dans le cas des capteurs à tubes sous vide (verre non trempé), la chute de morceaux de verre n'est pas exclue. Elle peut également intervenir en cas de grêle.

Dans le cas des capteurs sous Avis Technique, le GS n° 14.4 demande déjà de prendre des mesures constructives pour empêcher la chute de morceaux jusqu'au sol.

Dans ce cas, un coefficient de comportement égal à 2 reste pertinent.

On adopte également les hypothèses simplificatrices suivantes :

- $z = H$ (le capteur est en toiture du bâtiment) ;
- $T_a = T_1$ (résonance des capteurs par rapport à la fréquence propre du bâtiment support).

Ces hypothèses induisent une majoration des charges sismiques.

Étant donné les paramètres fixés ci-dessus, les efforts inertiels horizontaux se calculent de façon suivante :

$$F_{a,h} = k_{a,h} \cdot W_a$$

avec :

- W_a : poids de l'installation (y compris le poids des supports et de l'eau contenue dans les capteurs)
- $k_{a,h}$: coefficient adimensionnel :

$$k_{a,h} = 2,75 \cdot S \cdot \frac{a_g}{g} = 2,75 \cdot S \cdot \frac{a_{gr} \cdot \gamma_I}{g}$$

avec :

- S : paramètre du sol
- a_g : accélération de calcul au niveau d'un sol de classe A – $a_g = a_{gr} \cdot \gamma_I$
- a_{gr} : accélération de référence (dépend de la zone de sismicité)
- γ_I : coefficient d'importance du bâtiment
- g : accélération de la pesanteur – $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

Interprétation de $k_{a,h}$:

- si $k_{a,h} < 1$: l'intensité des efforts sismiques horizontaux est inférieure à celle du poids propre
- si $k_{a,h} > 1$: l'intensité des efforts sismiques horizontaux est supérieure à celle du poids propre.

Résultats : Valeur de $k_{a,h}$ (pour $q_a = 2$)

Les zones grisées du tableau correspondent à des cas pour lesquels la résistance aux actions sismiques n'est pas imposée par la réglementation.

| | | | Catégorie d'importance du bâtiment | | | |
|------------------------------------|---|---|------------------------------------|------|------|------|
| | | | I | II | III | IV |
| Zone de sismicité Classe de sol | 1 | A | 0,09 | 0,11 | 0,13 | 0,16 |
| | | B | 0,12 | 0,15 | 0,18 | 0,21 |
| | | C | 0,13 | 0,17 | 0,20 | 0,24 |
| | | D | 0,14 | 0,18 | 0,22 | 0,25 |
| | | E | 0,16 | 0,20 | 0,24 | 0,28 |
| | 2 | A | 0,16 | 0,20 | 0,24 | 0,27 |
| | | B | 0,21 | 0,26 | 0,32 | 0,37 |
| | | C | 0,24 | 0,29 | 0,35 | 0,41 |
| | | D | 0,25 | 0,31 | 0,38 | 0,44 |
| | | E | 0,28 | 0,35 | 0,42 | 0,49 |
| | 3 | A | 0,25 | 0,31 | 0,37 | 0,43 |
| | | B | 0,33 | 0,42 | 0,50 | 0,58 |
| | | C | 0,37 | 0,46 | 0,56 | 0,65 |
| | | D | 0,39 | 0,49 | 0,59 | 0,69 |
| | | E | 0,44 | 0,56 | 0,67 | 0,78 |
| | 4 | A | 0,36 | 0,45 | 0,54 | 0,63 |
| | | B | 0,48 | 0,61 | 0,73 | 0,85 |
| | | C | 0,54 | 0,67 | 0,81 | 0,94 |
| | | D | 0,57 | 0,72 | 0,86 | 1,00 |
| | | E | 0,65 | 0,81 | 0,97 | 1,13 |
| | 5 | A | 0,67 | 0,84 | 1,01 | 1,18 |
| | | B | 0,81 | 1,01 | 1,21 | 1,41 |
| | | C | 0,77 | 0,97 | 1,16 | 1,35 |
| | | D | 0,91 | 1,14 | 1,36 | 1,59 |
| | | E | 0,94 | 1,18 | 1,41 | 1,65 |

5.4.3.2 Séisme : Efforts inertiels verticaux – Coefficient $K_{A,v}$

La formule de calcul simplifiée des efforts verticaux est donnée dans le guide ENS.

Le document précise que la prise en compte des efforts inertiels verticaux n'est exigée que si a_{vg} est supérieure à $2,5 \text{ m/s}^2$.

$$F_{a,v} = 2 \cdot \frac{a_{vg}}{g} \cdot \frac{W_a \cdot \gamma_a}{q_a} = 2 \cdot \frac{\frac{a_{vg}}{a_g} a_{gr} \gamma_1}{g} \cdot \frac{W_a \cdot \gamma_a}{q_a} = k_{a,v} \cdot W_a$$

avec les mêmes hypothèses que plus haut ($q_a = 2 / \gamma_a = 1$) :

$$k_{a,v} = \frac{\frac{a_{vg}}{a_g} a_{gr} \gamma_1}{g}$$

Note : $k_{a,v}$ est indépendant de la classe de sol

Résultats : Valeur de $k_{a,h}$ (pour $q_a = 2$)

Les zones grisées du tableau correspondent à des cas pour lesquels la résistance aux actions sismiques n'est pas imposée par la réglementation ($a_{vg} < 2,5 \text{ m/s}^2$).

| | | Catégorie d'importance du bâtiment | | | |
|-------------------|---|------------------------------------|------|------|------|
| | | I | II | III | IV |
| Zone de sismicité | 1 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,05 |
| | 2 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,09 |
| | 3 | 0,08 | 0,10 | 0,12 | 0,14 |
| | 4 | 0,12 | 0,15 | 0,18 | 0,21 |
| | 5 | 0,20 | 0,24 | 0,29 | 0,34 |

5.5 Étape 2 – Efforts exercés sur les capteurs

5.5.1 Actions du vent

5.5.1.1 Actions du vent : Généralités

Direction de l'action :

Les actions du vent sur un capteur sont toujours considérées perpendiculairement au plan du capteur.

Note : Dans le cas des capteurs, on néglige les efforts du vent parallèlement au plan du capteur.

Sens de l'action :

On note W^- une action ayant tendance à soulever le capteur et W^+ une action ayant tendance à appliquer une pression positive sur le capteur (vers de bâtiment).

Point d'application :

On considère généralement que la charge de vent est appliquée uniformément sur la surface du capteur.

Dans le cas des capteurs sur châssis en toiture-terrasse – par analogie avec les toitures isolées (§ 7.3 de l'EN 1991-1-4) – il pourrait être envisagé de décentrer le point d'application des efforts de vent. Toutefois cette solution ne sera pas utilisée dans le cadre de ce document (voir plus loin).

Intensité de l'action :

En utilisant les notations de l'Eurocode, on écrit :

$$W_k^- = c_s c_d \cdot c_{p,net}^- \cdot q_p \cdot A_{HT}$$

$$W_k^+ = c_s c_d \cdot c_{p,net}^+ \cdot q_p \cdot A_{HT}$$

avec :

- $c_s c_d$: coefficient structural – considéré comme égal à 1 pour les capteurs
- q_p : pression dynamique de pointe – telle que déterminée à l'étape 1
- A_{HT} : surface hors tout du capteur

$c_{p,net}^+$ et $c_{p,net}^-$: coefficient de force – ce coefficient de force dépend du mode de mise en œuvre du capteur

5.5.1.2 Capteurs incorporés en couverture

Dans ce cas : $c_{p,net} = c_{pe} - c_{pi}$

avec :

- $c_{p,e}$: le coefficient de pression extérieur - peut être positif ou négatif
- $c_{p,i}$: le coefficient de pression intérieur - peut être positif ou négatif

Afin de tenir compte des différents cas de répartition du vent autour d'un élément, c_{pe} et c_{pi} peuvent prendre « simultanément » des valeurs positives ou négatives.

Il convient de réaliser le calcul dans les cas les plus défavorables, en prenant :

- pour $c_{p,net}^+$: la plus grande valeur positive de $c_{p,net}$
- pour $c_{p,net}^-$: la plus petite valeur négative de $c_{p,net}$

Valeurs de c_{pi} :

En application de l'EN 1991-1-4 § 7.2.9 (6) note 2, on utilise les valeurs suivantes : $c_{pi} = +0,2$ et $-0,3$

Etant donné les conventions de signes adoptées dans les Eurocodes, on retiendra :

$$c_{p,net|max}^+ = c_{pe|max}^+ + 0,3$$

$$c_{p,net|min}^- = c_{pe|min}^- - 0,2$$

Valeurs de c_{pe} – Cas général

Les valeurs de c_{pe} sont issues des tableaux de l'Eurocode EN 1991-1-4 § 7.2.4 à § 7.2.8, en prenant en compte l'annexe française lorsqu'elle prescrit des valeurs différentes (cas des toitures à 2 versants § 7.2.5).

Ces tableaux donnent des coefficients de vent pour différentes directions du vent. En l'absence d'information spécifique, on retiendra le cas le plus défavorable.

Dans ces tableaux, il arrive que le coefficient de vent varie en fonction de la taille de l'élément considéré. Dans ce cas, on appliquera la formule donnée au § 7.2.1 (1) :

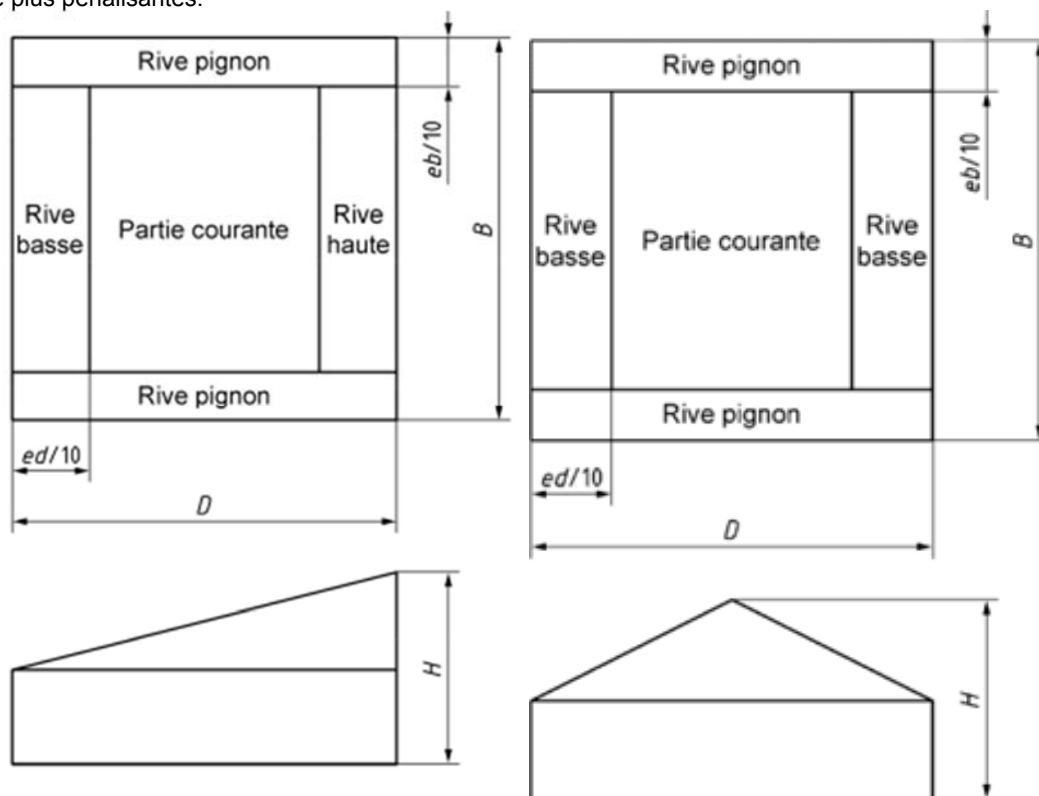
$$c_{pe} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) \log_{10} A$$

avec :

- surface hors tout du capteur
- $c_{pe,1}$ et $c_{pe,10}$ donnés dans les tableaux de l'Eurocode

Valeurs de $c_{p,net}$ – Valeurs simplifiées

On propose ici quelques valeurs de $c_{p,net}$. Ces valeurs sont plus rapides à utiliser que le calcul détaillé ci-dessus, elles prennent en compte à la fois la pression extérieure et la pression intérieure. Dans certains cas, ces valeurs peuvent être plus pénalisantes.



avec :

- $ed = \min(B, 2H)$
- $eb = \min(D, 2H)$

| | Toiture à 2 versants | | | | Toitures à 1 versant | | | |
|------------------|----------------------|---------------|-------------------------|-------------|----------------------|---------------|-------------------------|-------------|
| | $c_{p,net}^+$ | $c_{p,net}^-$ | | | $c_{p,net}^+$ | $c_{p,net}^-$ | | |
| Angle de toiture | Toutes zones | Zone courante | Rive haute / rive basse | Rive pignon | Toutes zones | Zone courante | Rive haute / rive basse | Rive pignon |
| 5° | 0,5 | -1,4 | -2,7 | -2,4 | 0,3 | -1,4 | -2,7 | -2,8 |
| 15° | 0,5 | -1,7 | -2,2 | -2,2 | 0,5 | -1,4 | -3 | -3,1 |
| 30° | 1 | -1,4 | -1,7 | -2,2 | 1 | -1,5 | -2,5 | -3,1 |
| 45° | 1 | -1,4 | -0,2 | -2,2 | 1 | -1,5 | -1,5 | -2,6 |
| 60° | 1 | -1,2 | -0,2 | -2,2 | 1 | -1,5 | -1,2 | -2,2 |

Il est possible d'interpoler les valeurs entre 2 valeurs d'inclinaison de toiture.

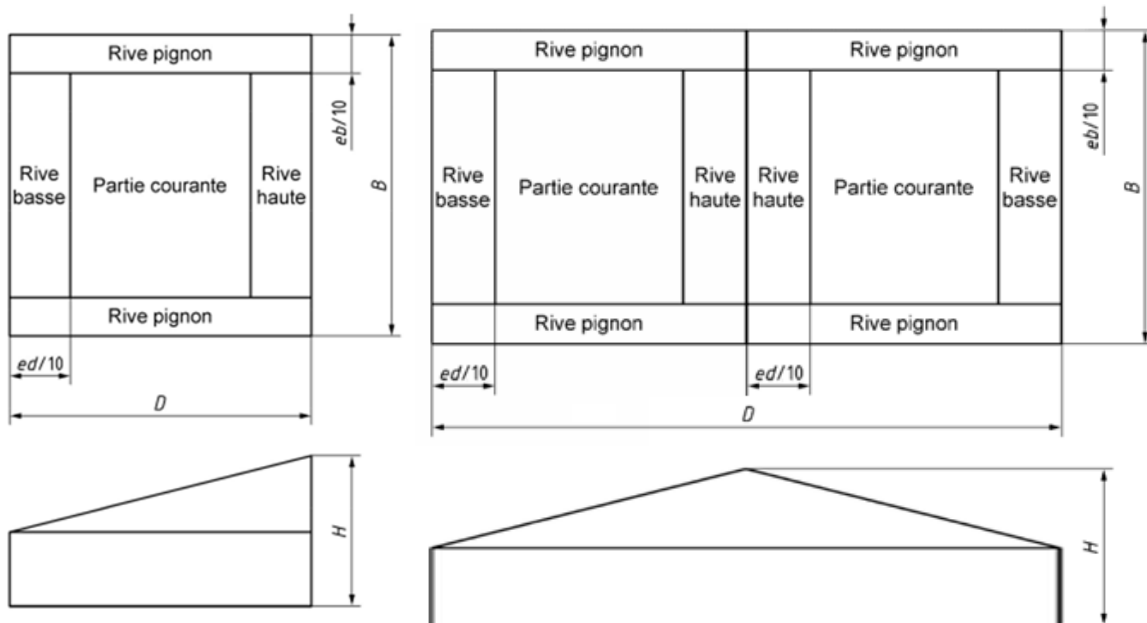
5.5.1.3 Capteurs en surimposition et parallèles à la couverture

En l'absence de données disponibles dans les Eurocodes, on propose d'utiliser les valeurs de $C_{p,net}$ issues du document « Informationsblatt Nr. 61 » publié en Allemagne par les organisations professionnelles BDH et BSW.

Ces valeurs sont également issues de la norme néerlandaise NEN 7250:2013.

Les valeurs ci-dessous sont valables pour des couvertures ayant une inclinaison comprise entre 5° et 75°.

| Emplacement sur la couverture | Distance entre le capteur et la couverture ≤ 300 mm | | Distance entre le capteur et la couverture > 300 mm | |
|--|--|---------------|---|---------------|
| | $C_{p,net}^-$ | $C_{p,net}^+$ | $C_{p,net}^-$ | $C_{p,net}^+$ |
| Rives hautes, basses, pignon (F, G, J) | -2,0 | 1,0 | -2,0 | 1,0 |
| Partie courante (H, I) | -0,5 | 0,7 | -1,3 | 1,0 |



avec :

- $ed = \min(B, 2H)$
- $eb = \min(D, 2H)$

5.5.1.4 Capteurs en surimposition et non parallèles à la couverture

Ce type de mise en œuvre étant déconseillé, il n'est donné aucune valeur pour ce type de mise en œuvre.

Néanmoins des données existent dans les documents suivants :

- « Informationsblatt Nr. 61 » publié en Allemagne par les organisations professionnelles BDH et BSW
- la norme néerlandaise NEN 7250:2013.

5.5.1.5 Capteurs sur châssis sur toiture-terrasse ou au sol

En l'absence de données dédiées disponibles dans les Eurocodes, on propose d'utiliser les valeurs de $C_{p,net}$ issues du document « Informationsblatt Nr. 61 » publié en Allemagne par les organisations professionnelles BDH et BSW.

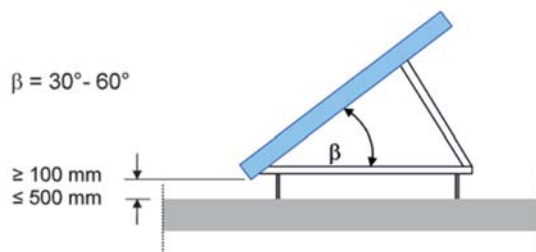
Bien que la répartition de la pression de vent ne soit pas uniforme dans ce cas de mise en œuvre, on fera ici les calculs avec une hypothèse d'équipartition. Les valeurs de $C_{p,net}$ ont été majorées pour tenir compte de la répartition réelle de la pression.

5.5.1.5.1 Domaine d'application

Les valeurs de $C_{p,net}$ n'ont été déterminées que pour des installations répondant aux critères définis ci-dessous :

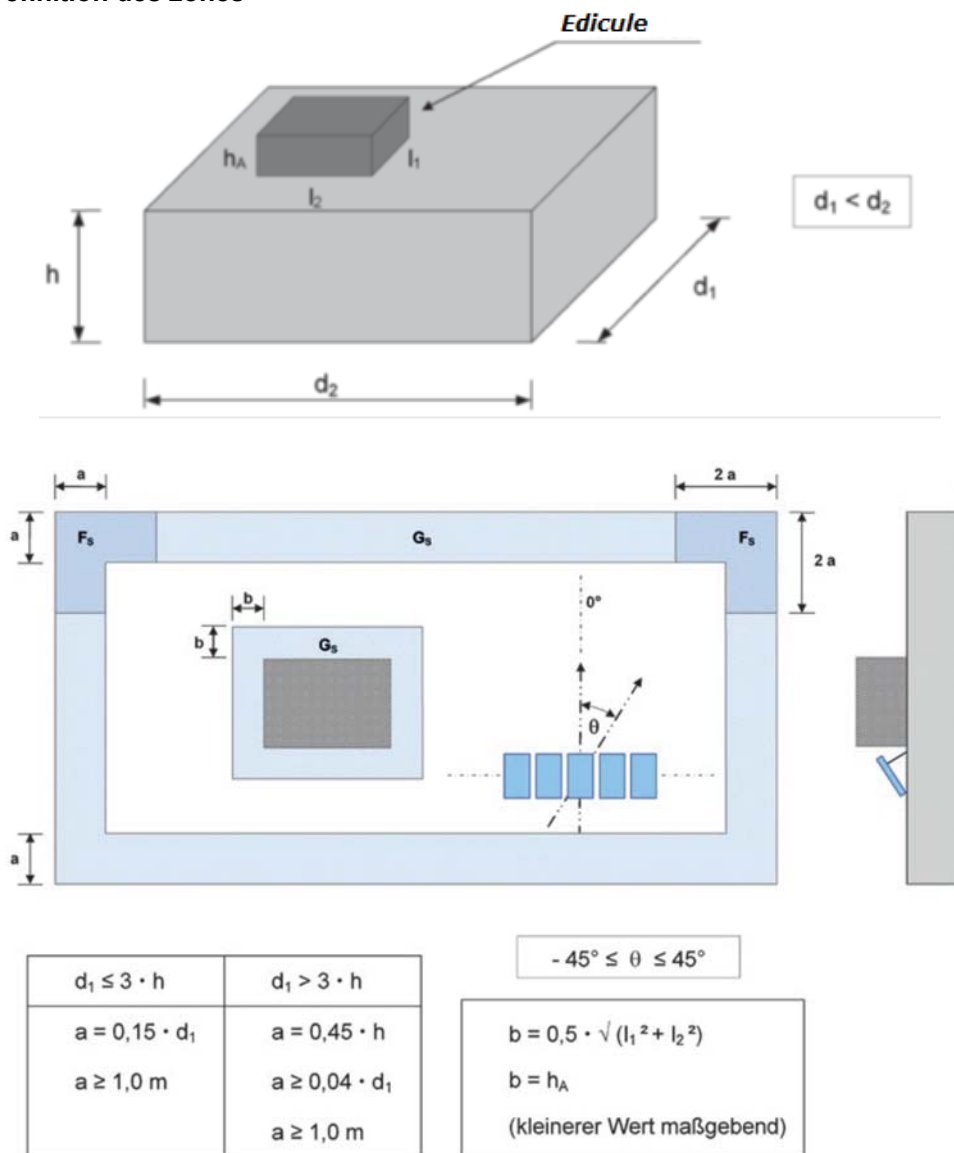
- Format des capteurs : mise en œuvre en mode portrait ou en mode paysage.
- Taille des capteurs
 - Longueur maximale : 2,5 m
 - Largeur maximale : 1,3 m
- Dimensions du bâtiment
 - Pente de la toiture-terrasse : 5° maximum
 - Hauteur du bâtiment : 25 m maximum

Distance entre les capteurs ≥ 2 cm

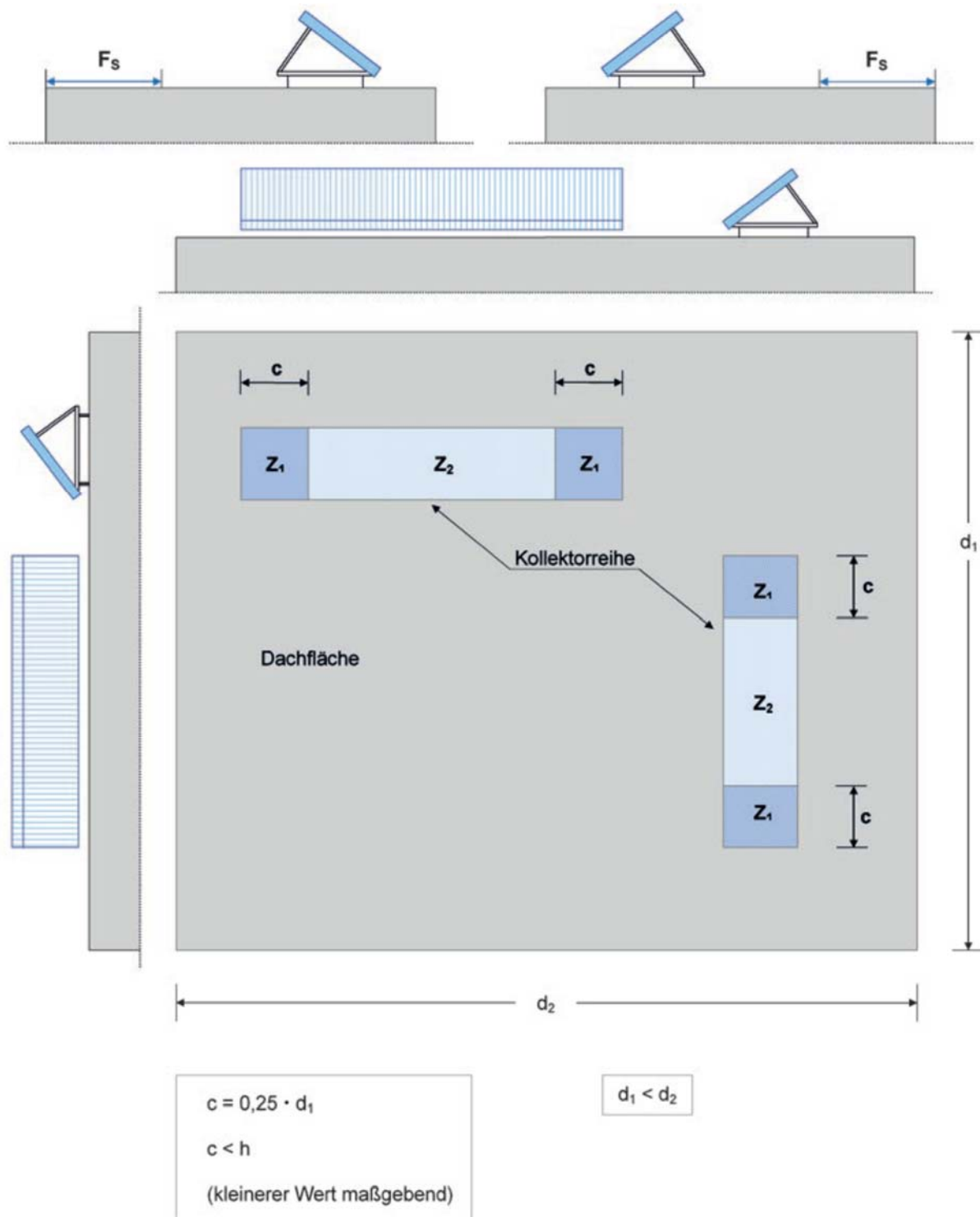


- Distance entre le bas des capteurs et la surface de la toiture : de 10 cm à 50 cm.
- Inclinaison : 30° à 60°

5.5.1.5.2 Définition des zones

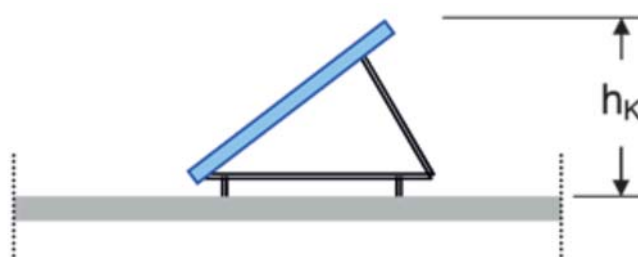


La zone F_s est située à l'arrière de la rangée de capteurs :



5.5.1.5.3 Valeurs de $C_{p,net}$

| Zone | Pente | Mise en œuvre en mode paysage | | Mise en œuvre en mode portrait | |
|-------|-------|-------------------------------|---------------|--------------------------------|---------------|
| | | $C_{p,net}^-$ | $C_{p,net}^+$ | $C_{p,net}^-$ | $C_{p,net}^+$ |
| F_S | 30° | -2,0 | 0,6 | -1,8 | 0,9 / 0,8* |
| | 45° | -2,2 | 1,5 | -2,2 / -2,0* | 0,8 |
| | 60° | -2,2 | 0,8 | -2,2 / -2,0* | 0,8 |
| G_S | 30° | -1,8 | 0,6 | -1,8 / -1,4* | 0,9 / 0,8* |
| | 45° | -1,8 | 1,5 | -1,8 / -1,4* | 0,8 |
| | 60° | -1,8 | 0,9 | -1,8 | 0,9 |
| Z_1 | 30° | -1,5 | 0,6 | -1,5 | 0,6 |
| | 45° | -1,5 | 0,8 | -1,4 | 0,8 |
| | 60° | -1,7 / -1,5** | 0,6 | -1,7 / -1,5** | 0,6 |
| Z_2 | 30° | -1,4 | 0,6 | -1,4 | 0,6 |
| | 45° | -1,4 | 0,6 | -1,4 | 0,8 |
| | 60° | -1,4 | 0,6 | -1,4 | 0,8 |



5.5.1.6 Capteurs à tubes sous vide

Dans le cas des capteurs à tubes sous vide, on prend en compte un facteur φ supplémentaire.

L'expression des actions de vent devient :

$$W_k^- = c_s c_d \cdot c_{p,net}^- \cdot q_p \cdot A_{HT} \cdot \varphi$$

$$W_k^+ = c_s c_d \cdot c_{p,net}^+ \cdot q_p \cdot A_{HT} \cdot \varphi$$

avec

- $c_s c_d$: coefficient structural – considéré comme égal à 1 pour les capteurs
- q_p : pression dynamique de pointe – telle que déterminée à l'étape 1
- A_{HT} : surface hors tout du capteur (y compris les vides entre les tubes)
- $c_{p,net}^+$ et $c_{p,net}^-$: coefficient de force – déterminé comme pour un capteur plan
- φ : taux de remplissage

$$\varphi = \frac{A}{A_{HT}}$$

- avec :
- A : somme des aires projetées des éléments du capteur (tubes et collecteur) ;
- A_{HT} : surface hors tout du capteur.

Notes :

- Dans le cas d'un capteur à tubes avec réflecteur, on considère $\varphi = 1$
- Ces expressions, sont valables pour $\varphi \geq 80 \%$

Dans ce cas (peu probable) de capteurs présentant un taux de remplissage inférieur à 80 %, le § 7.11 de l'EN 1991-1-4 peut être appliqué.

5.5.2 Actions de la neige

5.5.2.1 Actions de la neige – Généralités

Sens et direction de l'action :

L'action de la neige sur un capteur est principalement considérée comme verticale et vers le bas.

Parfois, il peut être considéré que le capteur fait obstacle à l'écoulement de la neige située en amont. Dans ce cas, une composante supplémentaire apparaît : dans le sens de la pente de la toiture et dirigée vers le bas.

Note : Lorsque le capteur empêche l'écoulement de la neige, la neige en amont du capteur exerce également des efforts sur la couverture elle-même. La prise en compte de ces charges localisées sort du cadre du présent document.

Point d'application – Notion d'accumulation :

L'Eurocode demande de considérer 2 cas :

- Charge de neige en l'absence d'accumulation : « charge de neige, parvenant uniformément répartie sur la toiture, dépend seulement de la forme de celle-ci, avant toute redistribution due à d'autres actions climatiques ».

Dans ce cas, la charge de neige s'applique généralement de façon uniforme.

- Charge de neige après accumulation : « charge de neige sur la toiture après un déplacement provoqué par exemple par le vent ».

Dans ce cas, la répartition de la charge de neige n'est pas uniforme.

Note : Dans le cas des toitures-terrasses, la présence de capteurs solaires peut entraîner une accumulation de neige autour du capteur. Les effets de cette accumulation peuvent induire une répartition particulière des charges de neige sur la toiture-terrasse. Ces effets doivent être pris en compte dans le calcul de la toiture, ils sortent du cadre du présent document.

Intensité de l'action :

Comme vu précédemment, la carte de neige définit 2 paramètres de charge de neige au sol :

- la valeur caractéristique de la charge de neige au sol (fonction de l'altitude, existe pour toutes les zones) : s_k
- la valeur de calcul de la charge accidentelle de la charge de neige au sol (indépendante de l'altitude, n'existe que pour certaines zones) : s_{Ad}

En utilisant les notations de l'Eurocode, on détermine 3 actions :

- La charge de neige en situation durable/transitoire (verticale vers le bas) :

$$S_k = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \cdot A_{HT} \cdot \cos \alpha$$

- La charge de neige due à l'effet d'obstacle, en situation durable/transitoire (composante dans le sens de la pente, vers le bas) :

$$F_{s,k} = C_e \cdot C_t \cdot 0,8 \cdot s_k \cdot l_c \cdot L_{rampant} \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha$$

- La charge de neige accidentelle (verticale vers le bas) :

$$S_{Ad} = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_{Ad} \cdot A_{HT} \cdot \cos \alpha$$

avec :

- μ : coefficient de forme – il dépend de la mise en œuvre
- C_e : Coefficient d'exposition $C_e \geq 1$
- C_t : Coefficient thermique $C_t \leq 1$
- s_k et s_{Ad} : charges de neige au sol, telles que déterminées à l'étape 1
- A_{HT} : surface hors tout du capteur
- l_c : largeur du capteur
- $L_{rampant}$: longueur du rampant de neige en appui sur le capteur
- α : pente de la toiture

5.5.2.1.1 Coefficient d'exposition

Le coefficient d'exposition est défini dans l'annexe nationale française : NF EN 1991-1-3/NA.

| | C_e |
|---|-------|
| Lorsque les conditions d'abri quasi permanentes des toitures dues aux bâtiments voisins conduisent à empêcher pratiquement le déplacement de la neige par le vent | 1,25 |
| Dans tous les autres cas | 1,0 |

Les capteurs solaires devant être exposés au soleil, il est peu probable qu'ils soient dans des conditions d'abri quasi permanentes.

On prendra $C_e = 1$.

5.5.2.1.2 Coefficient thermique

Le coefficient C_t permet de prendre en compte une réduction de la charge de neige du fait de la fonte de la neige sur une paroi chaude.

Sauf spécification contraire, on prendra $C_t = 1$.

5.5.2.2 Capteurs à tubes sous vide

Étant donné la faible distance entre les tubes des capteurs à tubes sous vide, la quantité de neige qui pourrait passer au travers du capteur est considérée comme négligeable.

Les capteurs à tubes sous vide sont traités de la même façon que les capteurs plans.

5.5.2.3 Coefficient de forme – Formules de base

5.5.2.3.1 Coefficients de forme μ

En utilisant les notations de l'Eurocode, on retient les formules suivantes :

| | Pente de la toiture : α | | |
|--------------------|-------------------------------------|--|------------------------|
| | $0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ | $30^\circ < \alpha < 60^\circ$ | $60^\circ \leq \alpha$ |
| μ_1 ou μ_2 | 0,8 | $0,8 \frac{60^\circ - \alpha}{30^\circ}$ | 0 |
| μ_3 | $0,8 + 0,8 \frac{\alpha}{30^\circ}$ | 1,6 | - |

5.5.2.3.2 Masse volumique apparente de la neige γ

La masse volumique apparente de la neige est également utilisée dans certains cas.

Tableau E.1 — Poids volumique apparent moyen de la neige

| Type de neige | Poids volumique apparent moyen [kN/m ³] |
|---|---|
| Neige fraîche | 1,0 |
| Neige établie (quelques jours ou quelques heures après la chute de neige) | 2,0 |
| Neige ancienne (plusieurs semaines ou mois après la chute de neige) | 2,5 à 3,5 |
| Neige mouillée | 4,0 |

5.5.2.4 Coefficient de forme – Capteurs incorporés en couverture

5.5.2.4.1 Sans barre à neige

On considère une couverture à 1 ou 2 versant(s). Pour les cas complexes, se référer à l'Eurocode.

On se place dans le cas de capteurs incorporés ou intégrés en couverture, sans dispositif d'arrêt de neige. La mise en œuvre est telle que recommandée dans les Avis Techniques : les capteurs sont mis en œuvre au plus proche du faîtage.

Dans ces conditions, on néglige les effets liés à la présence d'une capote ainsi que les effets de rétention de la neige occasionnée par les capteurs.

On retient :

| | | |
|--|-----------|--|
| La charge de neige en situation durable/transitoire (verticale vers le bas) | S_k | $S_k = \mu_1 \cdot s_k \cdot A_{HT} \cdot \cos \alpha$ |
| La charge de neige due à l'effet d'obstacle, en situation durable/transitoire (composante dans le sens de la pente, vers le bas) | $F_{s,k}$ | Négligée |
| La charge de neige accidentelle (verticale vers le bas) | S_{Ad} | $S_{Ad} = \mu_1 \cdot s_{Ad} \cdot A_{HT} \cdot \cos \alpha$ |

Avec μ_1 tel que défini plus haut.

5.5.2.4.2 Avec barre à neige

On considère une couverture à 1 ou 2 versant(s). Pour les cas complexes, se référer à l'Eurocode.

On se place dans le cas de capteurs incorporés ou intégrés en couverture, avec un dispositif d'arrêt de neige.

Dans ces conditions, on néglige les effets liés à la présence d'une capote.

La neige étant retenue par les dispositifs situés sur la toiture, on retient $\mu_1 = 0,8$:

| | | |
|--|-----------|--|
| La charge de neige en situation durable/transitoire (verticale vers le bas) | S_k | $S_k = 0,8 \cdot s_k \cdot A_{HT} \cdot \cos \alpha$ |
| La charge de neige due à l'effet d'obstacle, en situation durable/transitoire (composante dans le sens de la pente, vers le bas) | $F_{s,k}$ | Négligée |
| La charge de neige accidentelle (verticale vers le bas) | S_{Ad} | $S_{Ad} = 0,8 \cdot s_{Ad} \cdot A_{HT} \cdot \cos \alpha$ |

5.5.2.5 Coefficient de forme – Capteurs en surimposition de couverture

On considère une couverture à 1 ou 2 versant(s). Pour les cas complexes, se référer à l'Eurocode.

Dans ce cas, le capteur a le même effet qu'une barre à neige. La neige située en amont ne peut s'écouler :

- on peut calculer l'effort occasionné par cette masse de neige sur les capteurs (prévu dans le cadre de ce document) ;
- on peut aussi calculer l'effet de cette neige sur la charpente elle-même (hors du cadre de ce document).

Note 1 : Suivant la taille de l'installation et la distance par rapport au faîtage, il est possible de négliger ces efforts.

On retient :

| | | |
|--|-----------|---|
| La charge de neige en situation durable/transitoire (verticale vers le bas) | S_k | $S_k = \mu_1 \cdot s_k \cdot A_{HT} \cdot \cos \alpha$ |
| La charge de neige due à l'effet d'obstacle, en situation durable/transitoire (composante dans le sens de la pente, vers le bas) | $F_{s,k}$ | $F_{s,k} = 0,8 \cdot s_k \cdot l_c \cdot L_{rampant} \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha$ Peut être négligée |
| La charge de neige accidentelle (verticale vers le bas) | S_{Ad} | $S_{Ad} = \mu_1 \cdot s_{Ad} \cdot A_{HT} \cdot \cos \alpha$ |

Avec μ_1 tel que défini plus haut.

Note 2 : Si la toiture est équipée de barres à neige, $L_{rampant}$ représente la longueur de rampant entre les capteurs et la barre à neige. Dans le cas contraire, $L_{rampant}$ représente la longueur de rampant entre le capteur et le faîtage.

5.5.2.6 Coefficient de forme – Capteurs sur châssis en toiture-terrasse ou au sol

5.5.2.6.1 Critère de décision : accumulation de la neige sur le capteur

À partir du § 6.2 de l'EN 1991-1-3, on peut définir la hauteur maximale d'accumulation contre un obstacle :

$$h_{max,accumulation} = s_k \frac{\mu_{max}}{\gamma}$$

Où :

- $\mu_{max} = 2$ [-] : coefficient de forme maximal en cas d'accumulation de neige contre un obstacle, sur une toiture-terrasse,
- $\gamma = 2$ [kN/m³] : le poids volumique apparent de la « neige établie ».

Il vient :

$$h_{max,accumulation}[m] = s_k[kN/m^2]$$

Le critère de décision consiste à comparer cette hauteur à la hauteur libre entre le bas du capteur et le dessus de la toiture-terrasse (prise au-dessus de la protection éventuelle).

Critère de décision et modèle de chargement à considérer :

| | Description | Modèle de chargement de neige |
|---|---|--|
| $h_{\text{sous le capteur}} > h_{\text{max,accumulation}}$ | Le capteur ne constitue pas un obstacle suffisant pour que la neige s'accumule. La neige située sur le capteur peut s'écouler. | Le capteur est traité comme dans le cas d'une toiture inclinée à 1 versant sans barre à neige. Voir cas n°1 ci-dessous. |
| $h_{\text{sous le capteur}} \leq h_{\text{max,accumulation}}$ | Sous les effets du vent, la neige peut s'accumuler contre le capteur. La neige située sur le capteur ne peut s'écouler. | On utilise pour le capteur le chargement des toitures à versants multiples. Voir cas n°2 ci-dessous. |

5.5.2.6.2 Cas n° 1 : capteur considéré comme une toiture à 1 versant

On retient :

| | | |
|--|-----------|--|
| La charge de neige en situation durable/transitoire (verticale vers le bas) | S_k | $S_k = \mu_1 \cdot s_k \cdot A_{HT} \cdot \cos \alpha$ |
| La charge de neige due à l'effet d'obstacle, en situation durable/transitoire (composante dans le sens de la pente, vers le bas) | $F_{s,k}$ | Inutile |
| La charge de neige accidentelle (verticale vers le bas) | S_{Ad} | $S_{Ad} = \mu_1 \cdot s_{Ad} \cdot A_{HT} \cdot \cos \alpha$ |

Avec μ_1 tel que défini plus haut.

5.5.2.6.3 Cas n° 2 : capteur considéré comme une toiture à versants multiples

Dans le cas des situations durables/transitoires, il est nécessaire de considérer qu'il y a accumulation de neige au pied du capteur.

Note 1 : l'Eurocode demande également de traiter un cas de charge sans accumulation, mais ce dernier est plus favorable que le cas de charge présenté ici.

Note 2 : L'accumulation de neige produit également des efforts localisés sur la toiture-terrasse. Leur calcul sort du cadre du présent document.

Note 3 : On remarquera dans le tableau ci-dessous que la charge de neige est traitée sans accumulation, conformément à l'annexe française de l'Eurocode Neige.

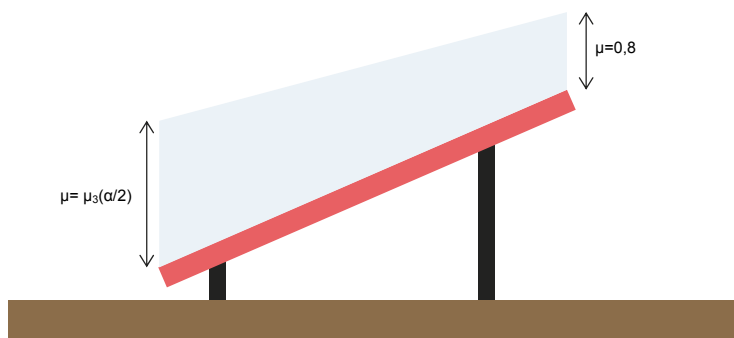
On retient :

| | | |
|--|-----------|--|
| La charge de neige en situation durable/transitoire (verticale vers le bas) | S_k | $S_k = \mu^* \cdot s_k \cdot A_{HT} \cdot \cos \alpha$ |
| La charge de neige due à l'effet d'obstacle, en situation durable/transitoire (composante dans le sens de la pente, vers le bas) | $F_{s,k}$ | Inutile |
| La charge de neige accidentelle (verticale vers le bas) | S_{Ad} | $S_{Ad} = \mu_1 \cdot s_{Ad} \cdot A_{HT} \cdot \cos \alpha$ |

Avec :

- μ_1 tel que défini plus haut
- μ^* :
 - 0,8 en haut du capteur
 - $\mu_3(\alpha/2)$ en bas du capteur
 - varie linéairement entre les deux

Par exemple pour un capteur incliné à 45°, μ^* vaut : 0,8 en haut du capteur et 1,4 en bas du capteur.



5.5.2.7 Autres cas non traités dans ce document

Ce document ne traite que des cas les plus courants. Pour tous les cas particuliers, il convient de se référer aux Eurocodes ou à l'Avis Technique du procédé.

Parfois, le choix judicieux de l'emplacement des capteurs solaires permet de l'affranchir du risque lié à des charges supplémentaires.

Exemples de cas non traités dans ce document :

- Toitures attenantes à des toitures plus élevées.
- Neige en débord de toit.

5.5.3 Actions sismiques

Intensité de l'action :

Comme indiqué en partie 1, on considère les efforts d'inertie verticaux et horizontaux.

$$F_{a,v} = k_{a,v} \cdot W_a$$

$$F_{a,h} = k_{a,h} \cdot W_a$$

avec W_a : poids du capteur et de son système de montage.

Point d'application :

Étant donné qu'il s'agit de forces d'inertie, le point d'application et le centre de gravité de l'installation considérée.

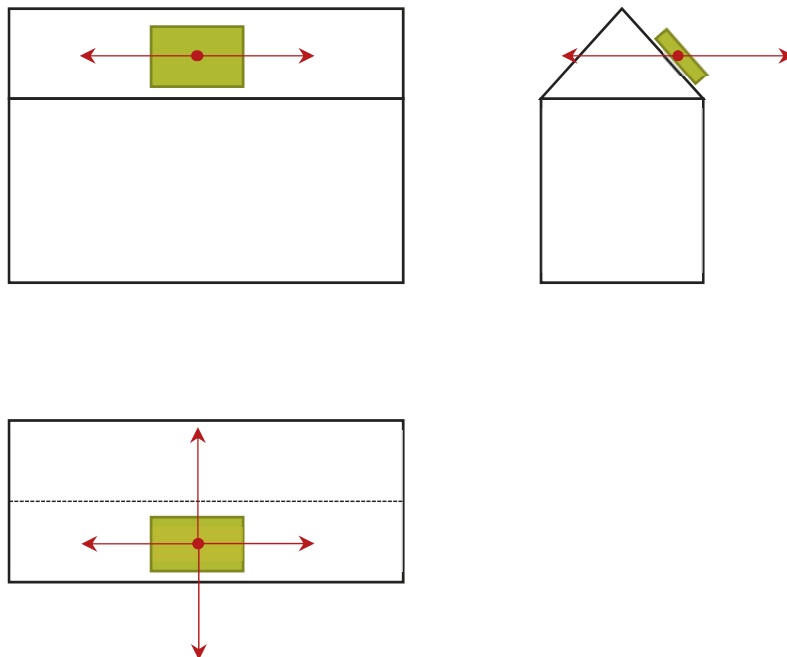
Direction de l'action :

$F_{a,v}$ doit être considéré à la fois comme une force vers de bas et vers le haut.

Note : Lorsqu'elle est orientée vers le haut, elle induit des efforts qui remontent le sens de la pente.

$F_{a,h}$ doit être considéré dans toutes les directions du plan horizontal, comme indiqué sur le schéma ci-dessous.

Note : Cette action induit des efforts latéraux et des efforts qui remontent le sens de la pente.



5.5.4 Actions par le poids propre

Le poids propre est pris en compte par sa valeur nominale. L'accélération de la pesanteur est prise égale à $9,81 \text{ m/s}^2$.

Suivant l'élément sur lequel porte le calcul, il est nécessaire de prendre en compte le capteur, les éléments de fixation, son contenu en eau.

Dans le cas de systèmes autovidangables disposant d'une contenance en eau importante, il peut être nécessaire de calculer à la fois le cas où le système est vide et le cas où le système est plein d'eau.

Le poids propre est généralement noté G_k (également noté W_a dans les formules relatives aux actions sismiques).

5.6 Étape 2 – Combinaisons d'actions

Les actions telles que définies au paragraphe précédent ne se produisent pas en même temps à leur niveau maximal.

Les « combinaisons d'actions » sont les règles simultanités à considérer pour associer les différentes actions, en tenant compte des coefficients de sécurité nécessaires.

Le terme de « cas de charge » est également utilisé de façon courante.

Notes importantes :

- Dans tout ce qui suit, on considère les forces sous leur forme vectorielle. Pour la réalisation des calculs, il est généralement effectué des projections dans le plan du capteur et dans la direction normale au capteur.
- Les combinaisons identifiées comme redondantes et non dimensionnantes ont été volontairement omises.

5.6.1 Combinaisons pour les états limites de service (ELS)

Rappel : Les cas de charge définis ici permettent de vérifier des critères de service (critère de flèche par exemple).

Note : Les actions accidentelles (neige et séisme) n'apparaissent pas dans les calculs aux ELS.

Les Eurocodes définissent 3 combinaisons d'actions dans le cas des états limites de service :

- combinaison caractéristique : elle est normalement utilisée pour des états limites irréversibles ;
- combinaison fréquente : elle est normalement utilisée pour des états limites réversibles ;
- combinaison quasi permanente : elle est normalement utilisée pour des effets à long terme.

La combinaison quasi permanente n'est pas utilisée dans le domaine des capteurs solaires thermiques.

5.6.1.1 ELS – Combinaison caractéristique

Il est nécessaire de considérer chacun des cas de charge suivants :

- En dessous de 1000 m d'altitude :

$$\begin{aligned} & \vec{G}_k + \vec{W}_k \\ & \vec{G}_k + \vec{W}_k^+ + 0,5 (\vec{S}_k + \vec{F}_{s,k}) \\ & \vec{G}_k + (\vec{S}_k + \vec{F}_{s,k}) + 0,6 \vec{W}_k^+ \end{aligned}$$

- Au-dessus de 1000 m d'altitude :

$$\begin{aligned} & \vec{G}_k + \vec{W}_k \\ & \vec{G}_k + \vec{W}_k^+ + 0,7 (\vec{S}_k + \vec{F}_{s,k}) \\ & \vec{G}_k + (\vec{S}_k + \vec{F}_{s,k}) + 0,6 \vec{W}_k^+ \end{aligned}$$

5.6.2 Combinaisons pour les états limites ultimes (ELU)

Rappel : Ces cas de charges permettent la vérification de l'absence de ruine du système.

5.6.2.1 ELU / EQU – Vérification de l'équilibre statique (lestage)

Ces cas de charges

Il est nécessaire de considérer chacun des cas de charge suivants :

$$\begin{aligned} & 0,9 (\vec{G}_{k,\text{capteur}} + \vec{G}_{k,\text{lest}}) + 1,5 \vec{W}_k \\ & 0,9 (\vec{G}_{k,\text{capteur}} + \vec{G}_{k,\text{lest}}) + 1,5 \vec{W}_k^+ \end{aligned}$$

Notes :

- $G_{k,\text{capteur}}$ désigne le poids du capteur et de son système de montage.
- Ces combinaisons de charges ne sont applicables que pour la vérification du lestage. Pour la vérification des composants du châssis d'un système lesté, il convient d'utiliser les combinaisons ELU/STR.
- L'utilisation de ces cas de charge fait apparaître nécessairement les efforts de frottement entre l'installation et son support ainsi que des moments de basculement. Il convient de bien prendre en compte ces composantes et de ne pas négliger leur influence.

5.6.2.2 ELU /STR – Vérification de la structure

Il est nécessaire de considérer chacun des cas de charge suivants :

- En dessous de 1000 m d'altitude :

$$\begin{aligned} & \overrightarrow{G_k} + 1,5 \overrightarrow{W_k} \\ & 1,35 \overrightarrow{G_k} + 1,5 \overrightarrow{W_k} + 1,5 \times 0,5 (\overrightarrow{S_k} + \overrightarrow{F_{s,k}}) \\ & 1,35 \overrightarrow{G_k} + 1,5 (\overrightarrow{S_k} + \overrightarrow{F_{s,k}}) + 1,5 \times 0,6 \overrightarrow{W_k} \\ & \overrightarrow{G_k} + \overrightarrow{S_{Ad}} \end{aligned}$$

- Au-dessus de 1000 m d'altitude :

$$\begin{aligned} & \overrightarrow{G_k} + 1,5 \overrightarrow{W_k} \\ & 1,35 \overrightarrow{G_k} + 1,5 \overrightarrow{W_k} + 1,5 \times 0,7 (\overrightarrow{S_k} + \overrightarrow{F_{s,k}}) \\ & 1,35 \overrightarrow{G_k} + 1,5 (\overrightarrow{S_k} + \overrightarrow{F_{s,k}}) + 1,5 \times 0,6 \overrightarrow{W_k} \\ & \overrightarrow{G_k} + \overrightarrow{S_{Ad}} \end{aligned}$$

Note :

- Conformément aux Eurocodes, le poids propre est affecté d'un coefficient 1 lorsque son action est favorable et d'un coefficient 1,35 lorsque son action est défavorable.
- Pour la compacité de l'exposé, les combinaisons accidentelles liées à la neige ont été intégrées dans ce paragraphe

5.6.2.3 Situations sismiques

Il est nécessaire de considérer les cas de charge suivants :

- En dessous de 1000 m d'altitude :

$$\overrightarrow{G_k} + (\overrightarrow{F_{a,v}} + \overrightarrow{F_{a,h}})$$

- Au-dessus de 1000 m d'altitude :

$$\begin{aligned} & \overrightarrow{G_k} + (\overrightarrow{F_{a,v}} + \overrightarrow{F_{a,h}}) \\ & \overrightarrow{G_k} + (\overrightarrow{F_{a,v}} + \overrightarrow{F_{a,h}}) + 0,2 (\overrightarrow{S_k} + \overrightarrow{F_{s,k}}) \end{aligned}$$

5.7 Étape 3 – Descente de charges et vérification de la résistance des composants

Rappels :

- L'étape 1 a permis de déterminer des données générales du site.
- L'étape 2 a permis de déterminer :
 - les efforts à prendre en compte sur l'installation,
 - les combinaisons d'action à prendre en compte.

À l'aide des combinaisons d'actions, il est possible de déterminer la résultante des actions (la somme vectorielle des forces) qui s'exerce sur l'installation, pour les différents cas de charge.

Il est alors possible :

- de vérifier la résistance mécanique des composants du système de montage (à l'aide d'un logiciel de calcul mécanique par exemple),
- de calculer la descente de charge, c'est-à-dire des efforts qui s'exercent au niveau des fixations.

Ces calculs nécessitent une connaissance détaillée des dimensions des composants et de leurs caractéristiques. Ces calculs doivent être réalisés soit par un bureau d'étude, soit par le fabricant. Celui qui réalise ce calcul prend la responsabilité de la tenue mécanique des parties qu'il a calculées et/ou fournies.

On propose ici une approche simplifiée qui permet de calculer la descente de charge. Ce calcul nécessite peu d'information sur le système de montage mais permet un calcul rapide et sécuritaire.

5.7.1 Descente de charge – Méthode simplifiée

5.7.1.1 Domaine d'application

La méthode présentée ici est limitée aux installations qui respectent les conditions suivantes :

- capteurs plans ou à tubes sous vide,
- mise en œuvre en surimposition,

- le principe de montage est le suivant :
 - le capteur est fixé sur 2 rails (un rail « haut » et un rail « bas ») mis en œuvre horizontalement sur la toiture,
 - chacun de ces rails est fixé à la charpente par des pattes fixées dans les chevrons.
- pas plus de 4 pattes de fixation par capteur.

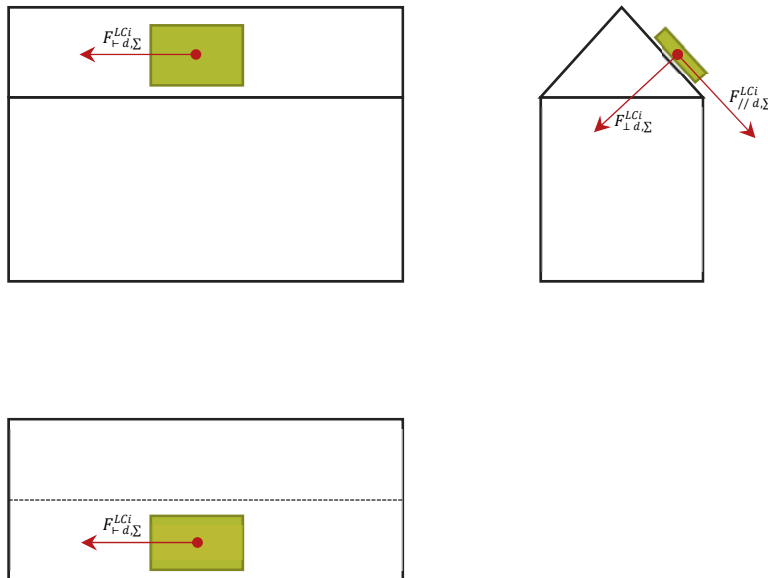
Les installations qui ne respectent pas ces critères doivent faire l'objet d'une étude spécifique pour déterminer la répartition des charges à chaque patte de fixation.

5.7.1.2 Description de la méthode

- Utiliser chacune des combinaisons de charge, telles que définies à l'étape 2
- Pour chaque combinaison de charge :

On détermine :

- $\overrightarrow{F_{d,\Sigma}^{LCi}}$ la force résultante globale (pour chaque cas de charge « LCi »)
- $F_{//d,\Sigma}^{LCi}$ la projection de la résultante dans le plan du capteur, suivant la ligne de plus grande pente
- $F_{\perp d,\Sigma}^{LCi}$ la projection de la résultante perpendiculairement au plan du capteur
- $F_{\vdash d,\Sigma}^{LCi}$ la projection de la résultante dans le plan du capteur, perpendiculairement à la ligne de plus grande pente (cette composante n'existe qu'en cas de charges sismiques).



On définit le coefficient de répartition des forces k_f .

La valeur de k_f est fixée à 3.

On note n_p le nombre total de pattes de fixation.

Pour chaque cas de charge, on détermine les efforts maximaux sur chaque patte de fixation :

| | |
|--------------------------------|--|
| Dans le sens de la pente | $F_{//d,patte}^{LCi} = k_f \frac{F_{//d,\Sigma}^{LCi}}{n_p}$ |
| Perpendiculairement au capteur | $F_{\perp,+d,patte}^{LCi} = k_f \frac{F_{\perp,+d,\Sigma}^{LCi}}{n_p}$ $F_{\perp,-d,patte}^{LCi} = k_f \frac{F_{\perp,-d,\Sigma}^{LCi}}{n_p}$ |
| Effort latéral | $F_{\vdash d,patte}^{LCi} = k_f \frac{F_{\vdash d,\Sigma}^{LCi}}{n_p}$ |

Note 1 :

La valeur de k_f permet de prendre en compte :

- la répartition réelle des efforts sur les pattes (elle n'est pas uniforme),
- la répartition non homogène des pattes et des capteurs sur les rails,
- la répartition non symétrique du rail haut et du rail bas du capteur.

Un calcul détaillé permet généralement d'obtenir des résultats plus favorables.

Note 2 :

L'indice « d » utilisé ici est conforme aux notations de l'Eurocode, il signale qu'il s'agit d'une « valeur de calcul » (d = design) utilisable directement sans coefficient de sécurité.

Lorsque la notation comporte un indice « k », il s'agit d'une « valeur caractéristique » qui s'utilise avec un coefficient de sécurité (généralement ≠ 1).

5.7.1.3 Utilisation du résultat

5.7.1.3.1 Option 1 : La patte de fixation n'est pas encore identifiée

Pour chaque direction, on détermine les valeurs maximales (positives) et minimales (négatives) de la résultante, on obtient : $F_{//,d,\Sigma}^{\max}$, $F_{//,d,\Sigma}^{\min}$, $F_{\perp,+d,\Sigma}^{\max}$, $F_{\perp,d,\Sigma}^{\min}$ et $F_{\perp,-d,\Sigma}^{\max}$.

Ces valeurs peuvent être transmises à un fabricant de pattes de fixation pour sélectionner des pattes de fixation adaptées.

5.7.1.3.2 Option 2 : La patte de fixation est identifiée

Le fabricant fourni – pour l'ELU – des caractéristiques mécaniques conformément à l'Eurocode, soit en fournissant les valeurs de calcul de la résistance des pattes, soit en donnant les valeurs caractéristiques (ou les deux) :

| Données fournies par le fabricant des pattes de fixation | |
|--|---|
| Valeurs de calcul pour l'ELU | Valeurs caractéristiques pour l'ELU |
| $R_{d, //}^+$ et $R_{d, //}^-$ | $R_{k, //}^+$, $R_{k, //}^-$ et γ_M |
| $R_{d, \perp}^+$ et $R_{d, \perp}^-$ | $R_{k, \perp}^+$, $R_{k, \perp}^-$ et γ_M |
| $R_{d, \pm}$ | $R_{k, \pm}$ et γ_M |

(Il s'agit ici d'un exemple de notations, celles-ci peuvent varier d'un document à l'autre).

Par définition : $R_d = \frac{R_k}{\gamma_M}$

Si l'inéquation suivante est vérifiée pour chaque cas de charge, on peut considérer que la patte est correctement sélectionnée :

$$\left(\frac{F_{//,d,patte}^{LCi}}{R_{d, //}^{\pm}} \right)^2 + \left(\frac{F_{\perp,d,patte}^{LCi}}{R_{d, \perp}^{\pm}} \right)^2 + \left(\frac{F_{\pm,d,patte}^{LCi}}{R_{d, \pm}} \right)^2 \leq 1$$

Note : Si la fixation n'a pas la même résistance dans les 2 sens, il faut en tenir compte.

5.8 Exemple d'application

5.8.1 Informations générales sur le site

On considère un site situé en ville, sur la commune de Saint-Laurent du Var (Alpes-Maritimes).

Le bâtiment a une hauteur de 12 m, il s'agit d'un petit immeuble collectif.

L'installation comporte 2 capteurs de 1 m x 2 m posés en mode « portrait ».

5.8.2 Étape 1 : Identification des données du site

5.8.2.1 Vent

- Région de vent : 2.

- Catégorie de terrain : IV.

La hauteur du bâtiment étant de 12 m, on vérifie que la catégorie de terrain n'est pas inférieure à IV sur un rayon de :

- 454 m autour du site (en calculant $23 \cdot h^{1,2}$),
- 593 m autour du site (en utilisant la valeur tabulée pour 15 m).

- Orographie :

- Le site étant situé en plaine, il n'y a pas lieu de prendre en compte l'orographie ($c_0=1$).

- Bâtiments avoisinants de hauteur bien plus élevée.
On vérifie les points suivants :
 - les bâtiments proches ont une hauteur inférieure à 24 m (2 x la hauteur du projet),
 - les bâtiments de plus de 24 m sont situés à plus de 2 fois leur hauteur.
 La prise en compte des bâtiments bien plus élevés n'est pas nécessaire.
- ➔ Les données tabulées (ou le calcul détaillé) fournissent la pression dynamique de pointe :
 - Valeur calculée pour 12 m : $q_p = 454 \text{ Pa}$
 - Valeur tabulée pour 15 m : $q_p = 454 \text{ Pa}$

5.8.2.2 Neige

- Région de neige : A2.
- L'altitude du site est inférieure à 200 m.
- ➔ Les données tabulées fournissent la charge de neige au sol :
 - Valeur caractéristique : $s_k = 0,45 \text{ kN/m}^2$

Charge exceptionnelle : $s_{Ad} = 1,00 \text{ kN/m}^2$

5.8.2.3 Séisme

- Zone de sismicité : moyenne (4).
 - Catégorie d'importance du bâtiment : II.
 - Classe de sol : une étude de sol est obligatoire pour déterminer la classe de sol. En l'absence d'information, on se place dans le cas le plus défavorable en considérant un sol de classe E.
 - ➔ Les données tabulées fournissent les coefficients relatifs aux actions sismiques :
 - Coefficient pour les forces inertielles horizontales : $k_{a,h} = 0,81$
- Coefficient pour les forces inertielles verticales : $k_{a,v} = 0,15$.

5.8.3 Exemple 1 – Installation en surimposition de toiture inclinée

5.8.3.1 Étape 1 – Identification des actions et des cas de charges

La façade sud du bâtiment a une longueur de $L=16 \text{ m}$, son pignon a une longueur de $l = 8 \text{ m}$.

La toiture est une couverture en tuiles à 2 pans.

L'installation est située à proximité du faîtage.

La pente de la toiture est de 30° (58 %).

Le poids d'un capteur (y compris rails et systèmes de fixation) est de 41 kg.

5.8.3.1.1 Vent

Détermination du zonage en toiture :

- Vent du sud / vent du nord :

$$e = \min(L, 2h) = 16$$

Les dimensions des zones sont les suivantes :

| Zone | Dimensions (m) |
|------|----------------|
| F | 4 x 1,6 |
| G | 8 x 1,6 |
| H | 16 x 2,4 |
| I | 16 x 1,6 |
| J | 16 x 2,4 |

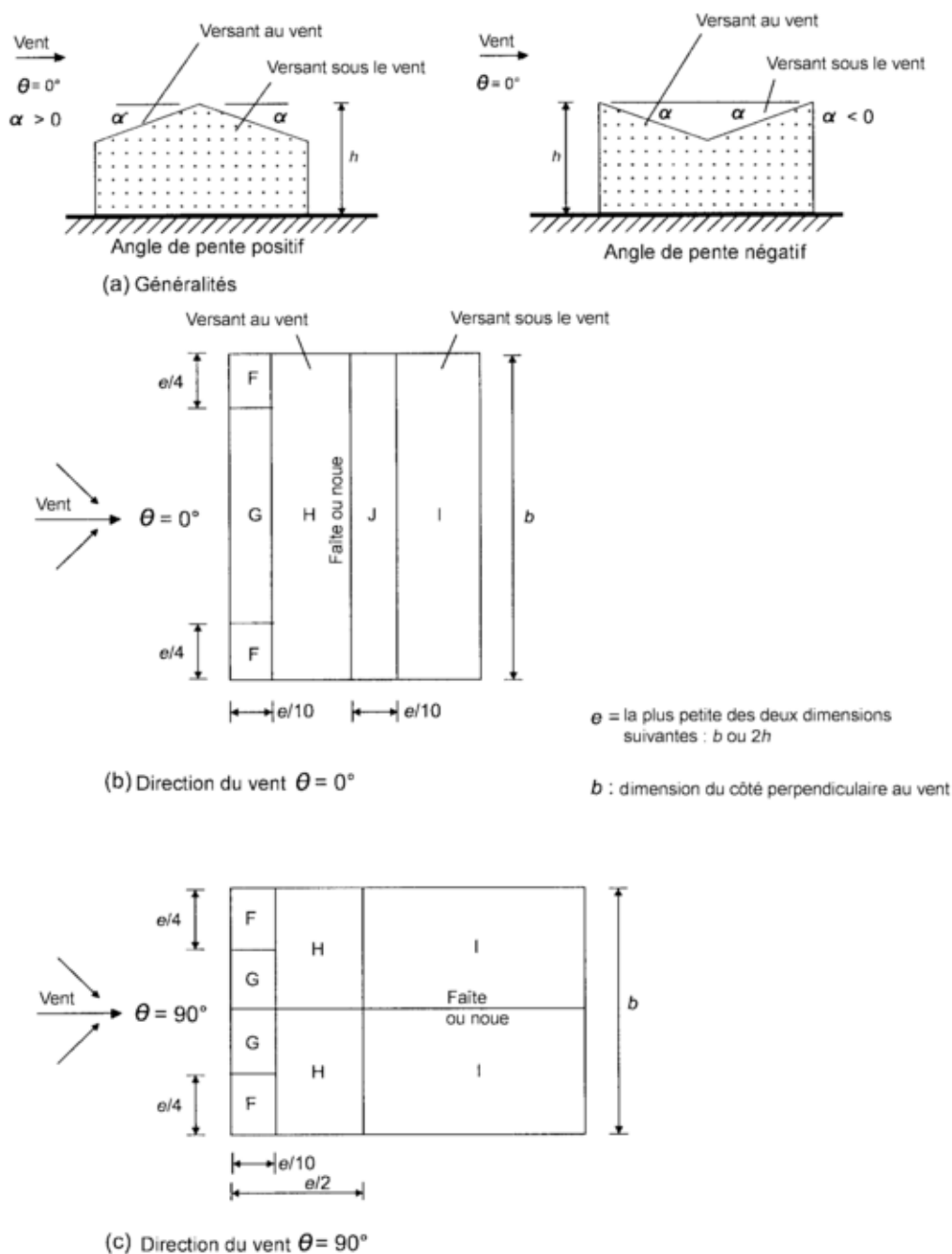
- Vent d'est / vent d'ouest :

$$e = \min(l, 2h) = 8$$

Les dimensions des zones sont les suivantes :

| Zone | Dimensions (m) |
|------|----------------|
| F | 2 x 0,8 |
| G | 2 x 0,8 |
| H | 4 x 3,2 |
| I | 12 x 4 |

Rappel de l'Eurocode, figure 7.8 de l'EN 1991-1-4 :



Lorsqu'on rapproche les dimensions des capteurs et celles des zones, on constate que l'installation ne peut être installée en dehors d'une zone de rive.

On retient donc : $c_{p,net}^- = -2$ et $c_{p,net}^+ = 1$.

5.8.3.1.2 Neige

Les capteurs sont mis en œuvre en surimposition, parallèlement à la couverture (pente de 30°).

On retient :

- $\mu_1 = 0,8$

l'installation étant située à proximité du faîtage, on néglige l'effet d'obstacle constitué par les capteurs : $F_{s,k} = 0$.

5.8.3.1.3 Poids propre et action sismique

Le poids d'un capteur et de son système de montage est de : $41 \times 9,81 = 402 \text{ N}$.

5.8.3.1.4 Synthèse : Valeurs caractéristiques des actions

| Domaine | Action | Symbole | Valeur pour l'installation de 4 m ² [kN] | Valeur ramenée au m ² [kN/m ²] |
|---------------------------------|-------------------------|-----------|---|---|
| Vent | Soulèvement | W_k | - 3,62 | - 0,91 |
| | Vers le bâtiment | W_k^+ | 1,81 | 0,45 |
| Neige | Charge caractéristique | S_k | 1,25 | 0,31 |
| | Effet « barre à neige » | $F_{s,k}$ | négligé | négligé |
| | Neige accidentelle | S_{Ad} | 2,77 | 0,69 |
| Sismique Actions inertielles | Horizontale | $F_{a,h}$ | 0,65 | 0,16 |
| | Verticale | $F_{a,v}$ | 0,12 | 0,03 |
| Poids propre | Poids | G_k | 0,80 | 0,20 |

5.8.3.1.5 Cas de charges et projections

| Référence du cas de charge | Description | Résultante sur dans le sens de la pente axe « // » [kN] | Résultante perpendiculaire au capteur axe « ⊥ » [kN] | Résultante latérale axe « ⊢ » [kN] |
|----------------------------|---|---|--|------------------------------------|
| LC1 | $\vec{G}_k + 1,5 \vec{W}_k^+$ | 0,40 | -4,74 | - |
| LC2 | $1,35 \vec{G}_k + 1,5 \vec{W}_k^+ + 1,5 \times 0,5 (\vec{S}_k + \vec{F}_{s,k})$ | 1,01 | 4,47 | - |
| LC3 | $1,35 \vec{G}_k + 1,5 (\vec{S}_k + \vec{F}_{s,k}) + 1,5 \times 0,6 \vec{W}_k^+$ | 1,48 | 4,19 | - |
| LC4 | $\vec{G}_k + \vec{S}_{Ad}$ | 1,79 | 3,10 | - |
| LC5.1 | $\vec{G}_k + (\vec{F}_{a,v} + \vec{F}_{a,h})$ | 1,02 | 0,47 | - |
| LC5.2 | $\vec{G}_k + (\vec{F}_{a,v} + \vec{F}_{a,h})$ | 0,91 | 0,27 | - |
| LC5.3 | $\vec{G}_k + (\vec{F}_{a,v} + \vec{F}_{a,h})$ | -0,10 | 1,12 | - |
| LC5.4 | $\vec{G}_k + (\vec{F}_{a,v} + \vec{F}_{a,h})$ | -0,22 | 0,92 | - |
| LC5.5 | $\vec{G}_k + (\vec{F}_{a,v} + \vec{F}_{a,h})$ | 0,46 | 0,80 | 0,65 |
| LC5.6 | $\vec{G}_k + (\vec{F}_{a,v} + \vec{F}_{a,h})$ | 0,34 | 0,59 | 0,65 |
| Valeurs maximales [kN] | | + 1,79 / - 0,22 | + 4,47 / - 4,74 | 0,65 |

Sens des actions :

- Sur l'axe « // » :
 - une valeur > 0 indique une action qui descend la pente,
 - une valeur < 0 indique une action qui remonte la pente.
- Sur l'axe « ⊥ » :
 - une valeur > 0 indique une action orientée vers le bâtiment,
 - une valeur < 0 indique une action de soulèvement.
- Sur l'axe « ⊢ » : le système est supposé avoir un comportement symétrique, le signe des actions n'influe pas sur le résultat.

Notes : Cas de charges sismiques.

- Le cas de charge est répété plusieurs fois pour couvrir toutes les directions possibles des forces d'inerties.
- Dans cet exemple le calcul des forces d'inerties verticale n'est pas exigé par la réglementation, on pourrait négliger $F_{a,v}$.

5.8.3.2 Étape 2 – Vérification des pattes de fixation

Cas des capteurs en surimposition.

Les 2 capteurs sont fixés par un total de 6 pattes de fixation.

Le fabricant fournit les valeurs suivantes :

| Données fournies par le fabricant des pattes de fixation – pour l'ELU | | | |
|---|--------------------------|------------------|------------------|
| Direction | Sens | Symbole | Valeur de calcul |
| Dans le sens de la pente | Vers le bas de la pente | $R_{d, //}^+$ | 2,3 kN |
| | Vers le haut de la pente | $R_{d, //}^-$ | (non fourni) |
| Perpendiculaire au plan du capteur | Vers le bas | $R_{d, \perp}^+$ | 3,03 kN |
| | Vers le haut | $R_{d, \perp}^-$ | -2,35 kN |
| Latérale | | $R_{d, \perp}$ | (non fourni) |

Attention

Il est indispensable de s'assurer que les résistances des pattes de fixation sont données pour des conditions de mise en œuvre compatibles avec celles du chantier.

Dans certains documents les données de résistance mécanique ne sont données que pour un chargement axial. Elles sont donc incompatibles avec une mise en œuvre avec un léger porte-à-faux par rapport au chevron.

On calcule la descente de charge à chaque patte en appliquant la méthode simplifiée :

| Référence du cas de charge | Description | Résultante sur dans le sens de la pente axe « // » A chaque patte [kN] | Résultante perpendiculaire au capteur axe « ⊥ » A chaque patte [kN] | Résultante latérale axe « ⊥ » A chaque patte [kN] |
|----------------------------|---|---|--|--|
| LC1 | $\vec{G}_k + 1,5 \vec{W}_k$ | 0,20 | -2,37 | - |
| LC2 | $1,35 \vec{G}_k + 1,5 \vec{W}_k + 1,5 \times 0,5 (\vec{S}_k + \vec{F}_{s,k})$ | 0,51 | 2,23 | - |
| LC3 | $1,35 \vec{G}_k + 1,5 (\vec{S}_k + \vec{F}_{s,k}) + 1,5 \times 0,6 \vec{W}_k$ | 0,74 | 2,10 | - |
| LC4 | $\vec{G}_k + \vec{S}_{Ad}$ | 0,89 | 1,55 | - |
| LC5.1 | $\vec{G}_k + (\vec{F}_{a,v} + \vec{F}_{a,h})$ | 0,51 | 0,24 | - |
| LC5.2 | $\vec{G}_k + (\vec{F}_{a,v} + \vec{F}_{a,h})$ | 0,45 | 0,13 | - |
| LC5.3 | $\vec{G}_k + (\vec{F}_{a,v} + \vec{F}_{a,h})$ | -0,05 | 0,56 | - |
| LC5.4 | $\vec{G}_k + (\vec{F}_{a,v} + \vec{F}_{a,h})$ | -0,11 | 0,46 | - |
| LC5.5 | $\vec{G}_k + (\vec{F}_{a,v} + \vec{F}_{a,h})$ | 0,23 | 0,40 | 0,32 |
| LC5.6 | $\vec{G}_k + (\vec{F}_{a,v} + \vec{F}_{a,h})$ | 0,17 | 0,30 | 0,32 |
| Valeurs maximales | | + 0,89 / - 0,11 | + 2,23 / - 2,37 | 0,32 |

Vérification des pattes sur la base des valeurs à chaque cas de charge :

| Référence du cas de charge | Résultante sur dans le sens de la pente axe « // » A chaque patte [kN] | Résultante perpendiculaire au capteur axe « ⊥ » A chaque patte [kN] | Résultante latérale axe « ⊥ » A chaque patte [kN] | Résultat du critère de de vérification $\left(\frac{F_{LCi}^{//d,patte}}{R_{d,//}}\right)^2 + \left(\frac{F_{LCi}^{\perp d,patte}}{R_{d,\perp}}\right)^2 + \left(\frac{F_{LCi}^{\perp d,patte}}{R_{d,\perp}}\right)^2$ |
|----------------------------|---|--|--|---|
| LC1 | 0,20 | -2,37 | - | $(0,20/2,3)^2 + (-2,37/-2,35)^2 = 1,03$ |
| LC2 | 0,51 | 2,23 | - | $(0,51/2,3)^2 + (2,23/3,03)^2 = 0,59$ |
| LC3 | 0,74 | 2,10 | - | $(0,74/2,3)^2 + (2,10/3,03)^2 = 0,58$ |
| LC4 | 0,89 | 1,55 | - | $(0,89/2,3)^2 + (1,55/3,03)^2 = 0,41$ |
| LC5.1 | 0,51 | 0,24 | - | $(0,51/2,3)^2 + (1,24/3,03)^2 = 0,06$ |
| LC5.2 | 0,45 | 0,13 | - | $(0,45/2,3)^2 + (0,13/3,03)^2 = 0,04$ |
| LC5.3 | -0,05 | 0,56 | - | (données insuffisantes) |
| LC5.4 | -0,11 | 0,46 | - | (données insuffisantes) |
| LC5.5 | 0,23 | 0,40 | 0,32 | (données insuffisantes) |
| LC5.6 | 0,17 | 0,30 | 0,32 | (données insuffisantes) |

Conclusion

- Pour certains cas de charges sismiques, les données fournies sont insuffisantes pour vérifier complètement les pattes de fixation.
 - Le cas de charges LC1 ne permet pas de justifier les pattes de fixation.
 - Pour les cas de charge LC2 à LC4, on vérifie que les pattes de fixation permettent de répondre aux sollicitations mécaniques.
- Pour justifier l'utilisation de ces pattes de fixation il est nécessaire :
- soit d'augmenter le nombre de pattes de fixation (une configuration à 4 pattes par capteur donne un résultat satisfaisant dans ce cas),
 - soit de réaliser un calcul détaillé qui prend en compte notamment l'entraxe des chevrons du chantier.
- La résistance aux actions sismiques n'a pas pu être démontrée.

5.8.3.3 Étape 2 – Sélection d'une vis de fixation

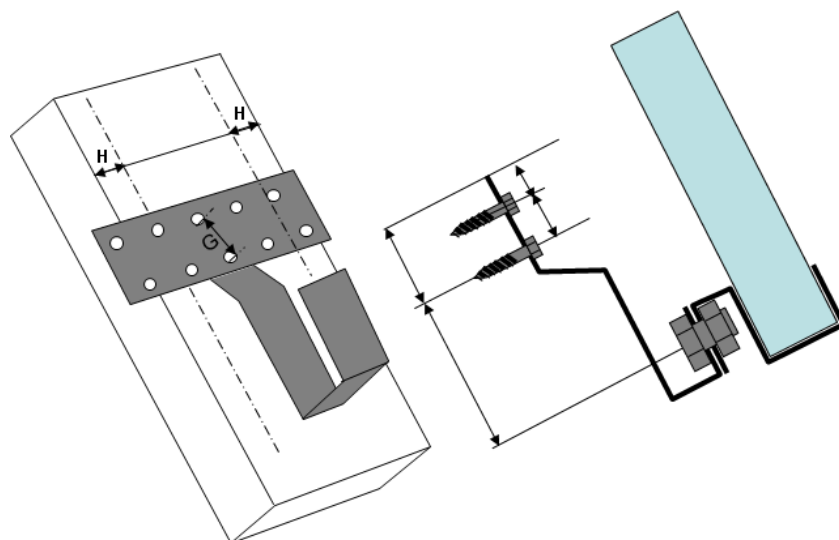
Les calculs présentés ici sont largement inspirés du document du CSTC « Calcul au vent de l'ancrage des structures des capteurs solaires », avec quelques adaptations issues de l'Eurocode 5, dans sa version en vigueur au jour de la rédaction : EN 1995-1-1:2005 avec les amendements A1 (octobre 2008) et A2 (juillet 2014).

Au jour de la rédaction, le document du CSTC est disponible à l'adresse internet suivante :

http://www.cstc.be/?dtype=research&doc=Panneaux_solaires_toitures_inclinees_131113.pdf&lang=fr

On considère une patte de fixation telle que celle représentée ci-dessous.

La patte de fixation est fixée dans l'axe d'un chevron ou sur un chevêtre.



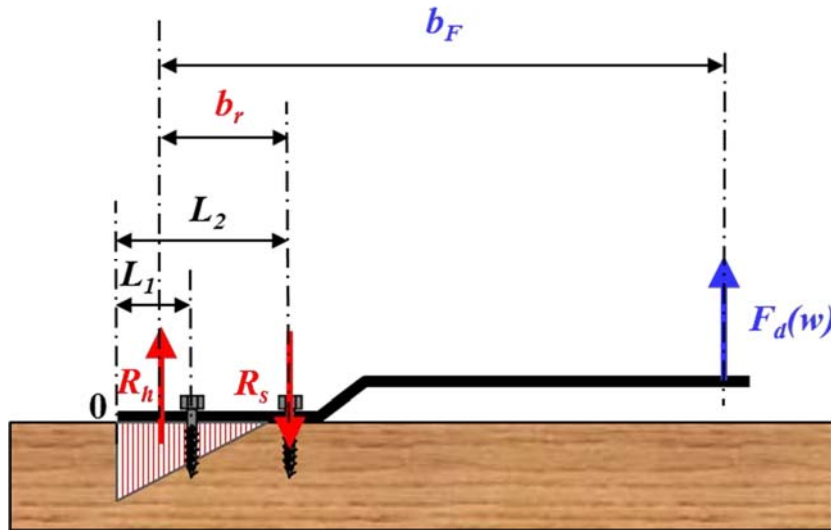
(source de l'image : CSTC)

Si d est le diamètre de la vis, l'Eurocode 5 impose :

- $H \geq 4 d$.
- $G \geq 5 d$.
- La profondeur d'ancrage dans le chevron est d'au moins $6 d$.

On effectue le dimensionnement pour le cas de charge LC1 (soulèvement par le vent), en ne considérant que les efforts perpendiculaires au plan des capteurs, soit : $F_d(w) = 2,37 \text{ kN}$ à chaque patte (comme calculée plus haut).

On utilise les notations proposées par le CSTC :



(source de l'image : CSTC)

- $F_d(w)$: valeur de calcul résultante de l'action sur la patte,
- R_s : réaction à l'effort d'arrachement exercé sur le tire-fond,
- R_h : résultante des actions de pression exercées par le bois sur la patte, réaction à l'effort d'arrachement exercé sur le tire-fond,
- b_F : bras de levier de $F_d(w)$,
- b_r : bras de levier du moment résistant,
- L_1 : distance entre l'extrémité du crochet « O » et la vis,
- L_2 : distance entre l'extrémité du crochet « O » et la vis soumise à traction (R_s).
- L_3 : distance entre l'extrémité du crochet « O » et $F_d(w)$

On remarque que : $L_3 = L_2 - b_r + b_F$

Une modélisation par éléments finis a permis au CSTC de déterminer comment les efforts de pression se répartissent entre le crochet et le bois. Cette répartition dépend du rapport de rigidité entre le bois et la patte de fixation.

Le CSTC en a déduit la règle empirique suivante pour calculer le bras de levier b_r .

$$b_r = L_2 \cdot k_r \cdot k_l$$

avec :

$$k_r = \begin{cases} \frac{2}{3} & \text{si } L_2 < 10 \cdot d_c \cdot \left(\frac{\rho_h}{\rho_s}\right) \\ \frac{5}{3} - 0,7 \left(\frac{L_2}{10 \cdot d_c \cdot \frac{\rho_h}{\rho_s}} - 1 \right) & \text{sinon} \end{cases}$$

et :

$$k_l = \begin{cases} 1 & \text{si } L_2 < 10 \cdot d_c \cdot \left(\frac{\rho_h}{\rho_s}\right) \\ \frac{10 \cdot d_c \cdot \rho_h}{L_2 \cdot \rho_s} & \text{sinon} \end{cases}$$

avec :

- k_r : le coefficient rigidité,
- k_l : le coefficient longueur,
- ρ_s : la masse volumique standard du bois en $[\text{kg/m}^3] = 320 \text{ kg/m}^3$
- ρ_h : la masse volumique réelle du bois en $[\text{kg/m}^3]$
- d_c : l'épaisseur du crochet en acier en $[\text{mm}]$

L'effort de traction (arrachement) exercé sur la ligne de tire-fond l'obtient par un équilibre de moments :

$$R_{s,d} = \frac{b_F}{b_r} \cdot F_d = \frac{L_3 - L_2 + b_r}{b_r} \cdot F_d$$

Rappel : L'indice « d » indique qu'il s'agit d'un effort de calcul.

Application numérique :

On considère une patte de fixation pour laquelle :

- $L_3 = 180 \text{ mm}$
- $L_2 = 30 \text{ mm}$
- $d_c = 5 \text{ mm}$

On suppose que la charpente dans laquelle est fixée la palle est équivalente à un bois de classe C18 ($\rho_h = 320 \text{ kg/m}^3$).

$$L_2 < 10 \cdot d_c \cdot \left(\frac{\rho_h}{\rho_s} \right)$$

d'où : $k_r = 2/3$, $k_l = 1$ et $b_r = 20 \text{ mm}$

on en déduit : $R_{s,d} = 20 \text{ kN}$

Cet effort est repris par une ligne de n vis. L'étape suivante consiste à sélectionner le nombre et leurs caractéristiques.

Sélection d'une vis à partir de la fiche technique d'une gamme de vis :

On se place dans le cas où l'installateur dispose de la fiche technique d'une gamme de vis (cf. marquage CE suivant la norme EN 14592), l'objectif est de sélectionner les dimensions et le nombre de vis à utiliser.

Le calcul qui suit est réalisé conformément à l'Eurocode 5.

On détermine la résistance caractéristique de chaque vis (formules valables uniquement pour un changement axial) :

$$F_{ax,Rk,1\text{ vis}} = \frac{R_{s,d} \cdot \gamma_M}{k_{mod}} \frac{1}{n^{0,9}} \left(\frac{\rho_a}{\rho_k} \right)^{0,8}$$

avec :

- n : nombre de vis qui reprennent l'effort (dans le cas des pattes de fixation des capteurs solaires, il s'agit généralement de la moitié du nombre de vis de chaque patte),
- ρ_a : la masse volumique du bois pour laquelle a été déterminée la résistance de la vis en $[\text{kg/m}^3]$ – indiquée dans la fiche technique,
- ρ_k : la masse volumique caractéristique du bois de la construction examinée en $[\text{kg/m}^3]$,
- γ_M : coefficient partiel (l'Eurocode 5 fixe cette valeur à 1,3 pour les assemblages dans le bois),
- k_{mod} : coefficient modificatif, fonction de la durée de la charge et de l'humidité du bois, voir le tableau 3.1 de l'Eurocode 5 : pour du bois massif de classe 2 (charpente) :
 - charges de neige alt. $\geq 1000 \text{ m}$: $k_{mod} = 0,8$
 - charges de neige alt. $< 1000 \text{ m}$: $k_{mod} = 0,9$
 - vent, actions accidentelles, neige exceptionnelle : $k_{mod} = 1,1$

Application numérique :

On suppose que la charpente dans laquelle est fixée la palle est équivalente à un bois de classe C18 ($\rho_k = 320 \text{ kg/m}^3$).

La fiche technique est donnée pour du bois de classe C24 : $\rho_a = 350 \text{ kg/m}^3$.

On s'intéresse à une charge de vent : $k_{mod} = 1,1$.

On en déduit la résistance de chaque vis :

- pour 1 vis, $F_{ax,Rk} = 25 \text{ kN}$
- pour 2 vis, $F_{ax,Rk} = 13,6 \text{ kN}$
- pour 3 vis, $F_{ax,Rk} = 9,4 \text{ kN}$
- pour 4 vis, $F_{ax,Rk} = 7,3 \text{ kN}$

La fiche technique permet de sélectionner : 4 vis de diamètre 8 mm et de longueur d'ancrage 80 mm.

Soit un total de 8 vis par patte.

Sélection d'un tire-fond par un calcul direct

L'Eurocode 5 permet de calculer la résistance d'un tire-fond sous réserve que celui-ci respecte l'ensemble des conditions suivantes :

- tire-fond conforme à l'EN 14592
- $6 \text{ mm} \leq d \leq 12 \text{ mm}$
- $0,6 \leq d_1/d \leq 0,75$

avec :

- d : diamètre extérieur du filet
- d_1 : diamètre intérieur du filet

Si ces conditions ne sont pas respectées, la méthode précédente (à partir de la fiche technique) reste applicable.

On détermine la résistance caractéristique de chaque vis (formules valables uniquement pour un changement axial) :

$$F_{ax,Rk,1 \text{ vis}} = \frac{R_{s,d} \cdot \gamma_M}{k_{mod}} \frac{1}{n^{0,9}}$$

L'Eurocode permet de calculer la résistance d'un tire-fond en fonction de ses caractéristiques et du bois dans lequel il est fixé :

$$F_{ax,Rk,1 \text{ vis}}(d, l_{ef}, \rho_a) = (0,52 \cdot d^{-0,5} \cdot l_{ef}^{-0,1} \cdot \rho_a^{0,8}) \cdot d \cdot l_{ef} \cdot k_d$$

avec :

$$k_d = \min \left\{ \frac{d}{8}, 1 \right\}$$

avec :

- n : nombre de vis qui reprennent l'effort (dans le cas des pattes de fixation des capteurs solaires, il s'agit généralement de la moitié du nombre de vis de chaque patte),
- ρ_a : la masse volumique caractéristique du bois de la construction examinée en $[\text{kg/m}^3]$,
- γ_M : coefficient partiel (l'Eurocode 5 fixe cette valeur à 1,3 pour les assemblages dans le bois),
- k_{mod} : coefficient modificatif, fonction de la durée de la charge et de l'humidité du bois, voir le tableau 3.1 de l'Eurocode 5 : pour du bois massif de classe 2 (charpente) :
 - charges de neige alt. $\geq 1000 \text{ m}$: $k_{mod} = 0,8$
 - charges de neige alt. $< 1000 \text{ m}$: $k_{mod} = 0,9$
 - vent, actions accidentelles, neige exceptionnelle : $k_{mod} = 1,1$
- d : diamètre extérieur du tire-fond en $[\text{mm}]$,
- l_{ef} : longueur de pénétration de la partie filetée dans le bois en $[\text{mm}]$.

Application numérique :

On suppose que la charpente dans laquelle est fixée la pale est équivalente à un bois de classe C18 ($\rho_k = 320 \text{ kg/m}^3$).

On s'intéresse à une charge de vent : $k_{mod} = 1,1$.

On en déduit la résistance de chaque vis :

- pour 1 vis, $F_{ax,Rk} = 23,6 \text{ kN}$
- pour 2 vis, $F_{ax,Rk} = 12,7 \text{ kN}$
- pour 3 vis, $F_{ax,Rk} = 8,7 \text{ kN}$
- pour 4 vis, $F_{ax,Rk} = 6,8 \text{ kN}$

Le tableau suivant donne la résistance caractéristique d'un tire-fond pour du bois C18 en fonction du diamètre et de la longueur de pénétration de la partie filetée :

| Diamètre extérieur du tire-fond [mm] | Longueur de pénétration de la partie filetée dans le bois [mm] | Résistance caractéristique suivant EN 1995-1-1/A1:2008 pour du bois C18 [kN] |
|---|--|---|
| 6 | 40 | 2,7 |
| 6 | 60 | 3,8 |
| 6 | 80 | 5,0 |
| 8 | 60 | 5,9 |
| 8 | 80 | 7,7 |
| 8 | 100 | 9,4 |
| 10 | 60 | 6,6 |
| 10 | 80 | 8,6 |
| 10 | 100 | 10,5 |

Le tableau permet de sélectionner :

- soit 4 tire-fond (8 tire-fond au total par pattes) de diamètre 8 mm ancré de 80 mm ;
- soit 3 tire-fond (8 tire-fond au total par pattes) de diamètre 8 mm ancré de 100 mm.

Conclusion

Le dimensionnement obtenu ici peut paraître surdimensionné.

On rappelle qu'il est réalisé en utilisant une formule simplifiée pour la répartition des efforts entre les capteurs et les pattes de fixation.

Une disposition astucieuse des capteurs en toiture et un calcul détaillé de la répartition des efforts peut permettre de diviser par 2 les efforts à reprendre au niveau des vis.

La sélection d'une patte de fixation présentant un bras de levier plus faible peut aussi avoir une grande influence sur les efforts rapportés au niveau des vis.

Une attention particulière doit être apportée au positionnement des vis sur la charpente : les calculs réalisés ici ne sont valables que lorsque les distances entre vis et les distance entre les vis et le bord de l'élément de bois sont respectées.

5.8.4 Exemple 2 – Installation en toiture-terrasse

5.8.4.1 Étape 1 – Identification des actions et des cas de charges

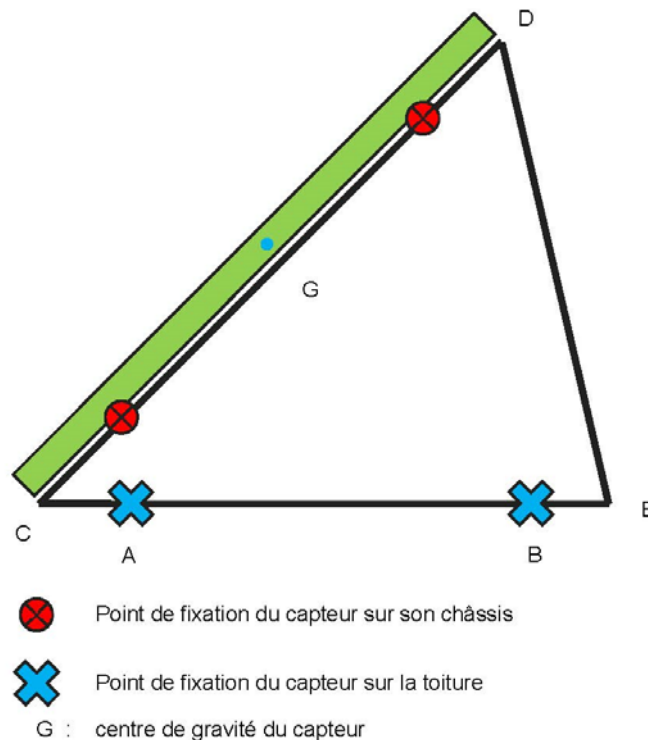
La façade Sud du bâtiment a une longueur de $L = 16$ m, son pignon a une longueur de $l = 8$ m.

L'installation est réalisée au milieu de la toiture. La toiture ne comporte pas d'édicule de hauteur significative.

Les capteurs sont installés sur un châssis à 45° , le châssis est installé à 50 cm au-dessus de la protection d'étanchéité.

Ce châssis est composé de 3 membrures en triangle : 1 à chaque extrémité + 1 au niveau de la jonction entre les capteurs.

On cherche à dimensionner les fixations A et B : fixation entre le châssis fourni par le fabricant et un élément solidaire de la toiture (plot, poteau, structure intermédiaire, etc.).



Dimensions :

- Précalculées (indicatives) :
 - angle C = 45°
 - CD = 2 m
 - CE = 1,60 m
 - CA = BG = 20 cm
- Précalculées :
 - DE = 1,43 m
 - angle G = $82,5^\circ$
 - angle D = $52,5^\circ$

5.8.4.1.1 Vent

Détermination du zonage en toiture :

$d1 = 8 \text{ m} / h = 12 \text{ m}$

→ $a = 1,2 \text{ m}$

→ $c = 2 \text{ m}$

Conclusion : tous les capteurs sont situés en zone Z1.

On retient donc : $c_{p,net}^- = -1,4$ et $c_{p,net}^+ = 0,8$.

5.8.4.1.2 Poids propre et action sismique

Le poids d'un capteur et de son système de montage est de : $41 \times 9,81 = 402 \text{ N}$.

5.8.4.1.3 Neige

La hauteur sous les capteurs permet l'écoulement de la neige, on applique donc le chargement sans accumulation de neige au pied du capteur.

5.8.4.1.4 Synthèse : Valeurs caractéristiques des actions

| Domaine | Action | Symbole | Valeur pour l'installation de 4 m^2 [kN] | Valeur ramenée au m^2 [kN/m ²] |
|---------------------------------|-------------------------|-----------|--|---|
| Vent | Soulèvement | W_k | - 2,54 | - 0,64 |
| | Vers le bâtiment | W_k^+ | 1,45 | 0,36 |
| Neige | Charge caractéristique | S_k | 0,51 | 0,13 |
| | Effet « barre à neige » | $F_{s,k}$ | non applicable | non applicable |
| | Neige accidentelle | S_{Ad} | 1,13 | 0,28 |
| Sismique Actions inertielles | Horizontale | $F_{a,h}$ | 0,65 | 0,16 |
| | Verticale | $F_{a,v}$ | 0,12 | 0,03 |
| Poids propre | Poids | G_k | 0,80 | 0,20 |

5.8.4.1.5 Cas de charges et projections par rapport au plan du capteur

| Référence du cas de charge | Description | Résultante sur dans le sens de la pente axe « // » [kN] | Résultante perpendiculaire au capteur axe « ⊥ » [kN] | Résultante latérale axe « ⊥ » [kN] |
|----------------------------|---|---|--|------------------------------------|
| LC1 | $\vec{G}_k + 1,5 \vec{W}_k^-$ | 0,57 | -3,24 | - |
| LC2 | $1,35 \vec{G}_k + 1,5 \vec{W}_k^+ + 1,5 \times 0,5 (\vec{S}_k + \vec{F}_{s,k})$ | 1,04 | 3,21 | - |
| LC3 | $1,35 \vec{G}_k + 1,5 (\vec{S}_k + \vec{F}_{s,k}) + 1,5 \times 0,6 \vec{W}_k^+$ | 1,31 | 2,61 | - |
| LC4 | $\vec{G}_k + \vec{S}_{Ad}$ | 1,37 | 1,37 | - |
| LC5.1 | $\vec{G}_k + (\vec{F}_{a,v} + \vec{F}_{a,h})$ | 1,11 | 0,19 | - |
| LC5.2 | $\vec{G}_k + (\vec{F}_{a,v} + \vec{F}_{a,h})$ | 0,94 | 0,03 | - |
| LC5.3 | $\vec{G}_k + (\vec{F}_{a,v} + \vec{F}_{a,h})$ | 0,19 | 1,11 | - |
| LC5.4 | $\vec{G}_k + (\vec{F}_{a,v} + \vec{F}_{a,h})$ | 0,03 | 0,94 | - |
| LC5.5 | $\vec{G}_k + (\vec{F}_{a,v} + \vec{F}_{a,h})$ | 0,65 | 0,65 | 0,65 |
| LC5.6 | $\vec{G}_k + (\vec{F}_{a,v} + \vec{F}_{a,h})$ | 0,49 | 0,49 | 0,65 |
| Valeurs maximales [kN] | | + 1,37 | + 3,21 / - 3,24 | 0,65 |

Sens des actions :

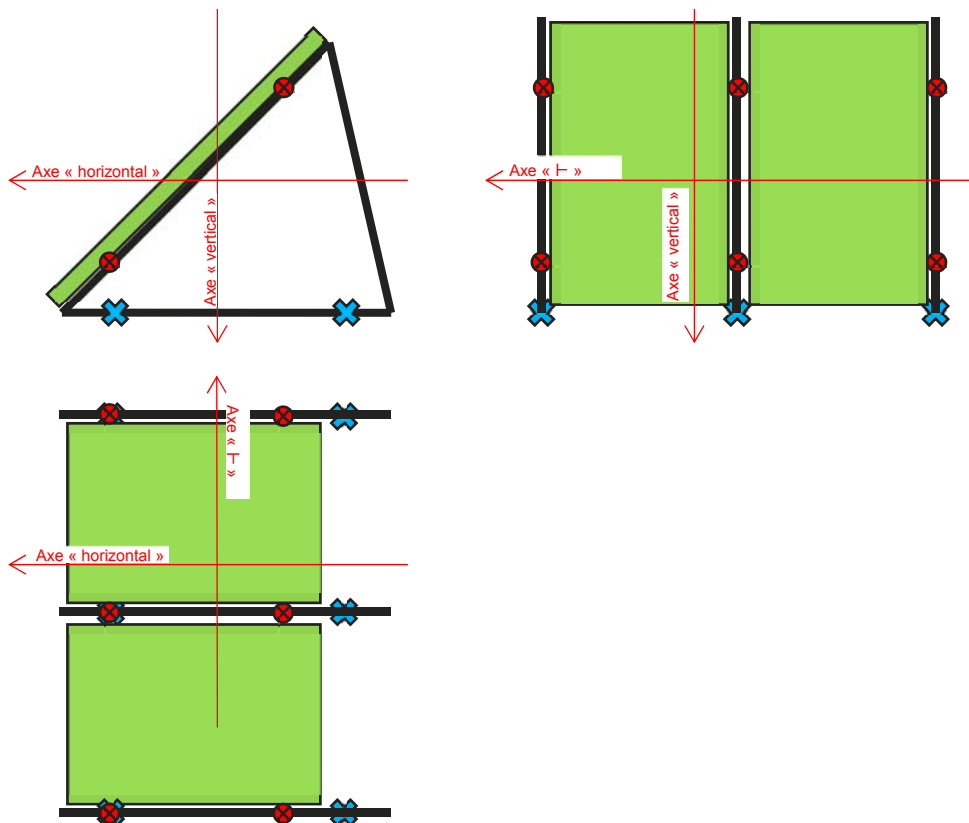
- Sur l'axe « // » :
 - une valeur > 0 indique une action qui descend la pente
 - une valeur < 0 indique une action qui remonte la pente
- Sur l'axe « ⊥ » :
 - une valeur > 0 indique une action orientée vers le bâtiment
 - une valeur < 0 indique une action de soulèvement
- Sur l'axe « ⊢ » : le système est supposé avoir un comportement symétrique, le signe des actions n'influe pas sur le résultat.

Notes : Cas de charges sismiques.

- Le cas de charge est répété plusieurs fois pour couvrir toutes les directions possibles des forces d'inerties.
- Dans cet exemple le calcul des forces d'inerties verticales n'est pas exigé par la réglementation, on pourrait négliger $F_{a,v}$.

5.8.4.1.6 Cas de charges et projections par rapport au plan horizontal

| Référence du cas de charge | Description | Résultante sur l'axe « vertical » [kN] | Résultante sur l'axe « horizontal » [kN] | Résultante latérale axe « ⊢ » [kN] |
|----------------------------|---|--|--|------------------------------------|
| LC1 | $\vec{G}_k + 1,5 \vec{W}_k^-$ | -1,89 | -2,69 | - |
| LC2 | $1,35 \vec{G}_k + 1,5 \vec{W}_k^+ + 1,5 \times 0,5 (\vec{S}_k^- + \vec{F}_{s,k}^-)$ | 3,01 | 1,54 | - |
| LC3 | $1,35 \vec{G}_k + 1,5 (\vec{S}_k^+ + \vec{F}_{s,k}^+) + 1,5 \times 0,6 \vec{W}_k^+$ | 2,77 | 0,92 | - |
| LC4 | $\vec{G}_k + \vec{S}_{Ad}$ | 1,94 | - | - |
| LC5.1 | $\vec{G}_k + (\vec{F}_{a,v} + \vec{F}_{a,h})$ | 0,92 | -0,65 | - |
| LC5.2 | $\vec{G}_k + (\vec{F}_{a,v} + \vec{F}_{a,h})$ | 0,69 | -0,65 | - |
| LC5.3 | $\vec{G}_k + (\vec{F}_{a,v} + \vec{F}_{a,h})$ | 0,92 | 0,65 | - |
| LC5.4 | $\vec{G}_k + (\vec{F}_{a,v} + \vec{F}_{a,h})$ | 0,69 | 0,65 | - |
| LC5.5 | $\vec{G}_k + (\vec{F}_{a,v} + \vec{F}_{a,h})$ | 0,92 | - | 0,65 |
| LC5.6 | $\vec{G}_k + (\vec{F}_{a,v} + \vec{F}_{a,h})$ | 0,69 | - | 0,65 |
| Valeurs maximales [kN] | | + 3,01 / -1,89 | + 1,854 / - 2,69 | 0,65 |



Sens des actions :

- Sur l'axe « vertical » :
 - une valeur > 0 indique une action vers le bas,
 - une valeur < 0 indique une action de soulèvement.
- Sur l'axe « horizontal » :
 - une valeur > 0 indique une action orientée vers l'arrière des capteurs,
 - une valeur < 0 indique une action vers l'avant des capteurs.
- Sur l'axe « I » : le système est supposé avoir un comportement symétrique, le signe des actions n'influe pas sur le résultat.

Notes : Cas de charges sismiques

- Le cas de charge est répété plusieurs fois pour couvrir toutes les directions possibles des forces d'inerties.
- Dans cet exemple le calcul des forces d'inerties verticales n'est pas exigé par la réglementation, on pourrait négliger $F_{a,v}$.

5.8.4.2 Étape 2 – Détermination des résistances de calcul au niveau des pattes de fixation

On décide de fixer le châssis du capteur par des vis.

Calcul des efforts issus des forces situées dans le plan vertical :

- Répartition des efforts un plan vertical entre les 3 membrures :
On détermine par un calcul séparé (calcul de poutre ou équivalent) que dans cette configuration, la membrure centrale reprend 50 % des efforts et que les membrures externes reprennent chacune 25 % des efforts exercés sur les capteurs.
On choisit de calculer les fixations sur la base des fixations de la membrure du milieu.
→ On considère que dans le plan vertical, les efforts appliqués à la membrure centrale sont égaux à la moitié de ceux appliqués aux capteurs.

- Calcul des réactions verticales des vis :

Un calcul statique (1 équilibre de forces + 1 équilibre de moments) permet de déterminer les réactions suivant l'axe vertical au niveau des vis.

On obtient pour chaque cas de charge :

$$R_{A,v} = \frac{H \cdot L_{G,v} - V \cdot L_{GB,h}}{L_{AB}}$$

$$R_{B,v} = - \frac{H \cdot L_{G,v} + V \cdot L_{GA,h}}{L_{AB}}$$

Avec :

$R_{A,v}$: composante verticale de la réaction en A

$R_{B,v}$: composante verticale de la réaction en B

V : résultante des actions suivant l'axe vertical

H : résultante des actions suivant l'axe horizontal

L_{AB} : longueur AB (bras de levier de R_A par rapport à B ou de R_B par rapport à A)

$$L_{AB} = 1,2 \text{ m}$$

$L_{G,v}$: hauteur du point G par rapport à la barre AB (bras de levier de H par rapport à A ou B)

$$L_{G,v} = 1 / \sqrt{2} = 0,71 \text{ m}$$

$L_{GA,h}$: distance horizontale entre G et A (bras de levier de V par rapport à A)

$$L_{GA,h} = 1 / \sqrt{2} - 0,20 = 0,51 \text{ m}$$

$L_{GB,h}$: distance horizontale entre G et B (bras de levier de V par rapport à B)

$$L_{GB,h} = L_{AB} - L_{GA,h} = 0,69 \text{ m}$$

- Calcul des réactions horizontales des vis :

Suivant l'axe horizontal, le système est hyperstatique.

On se place dans le cas le plus défavorable : l'ensemble des efforts horizontaux se reporte sur une seule des fixations – chaque vis est ainsi dimensionnée pour reprendre en cisaillement la totalité des efforts horizontaux.

Calcul des efforts issus des forces latérales (sismiques)

Note : Le calcul proposé ici est très simplifié et donne des résultats largement surestimés.

- Composante horizontale :

De la même façon que dans le plan vertical, le système est hyperstatique.

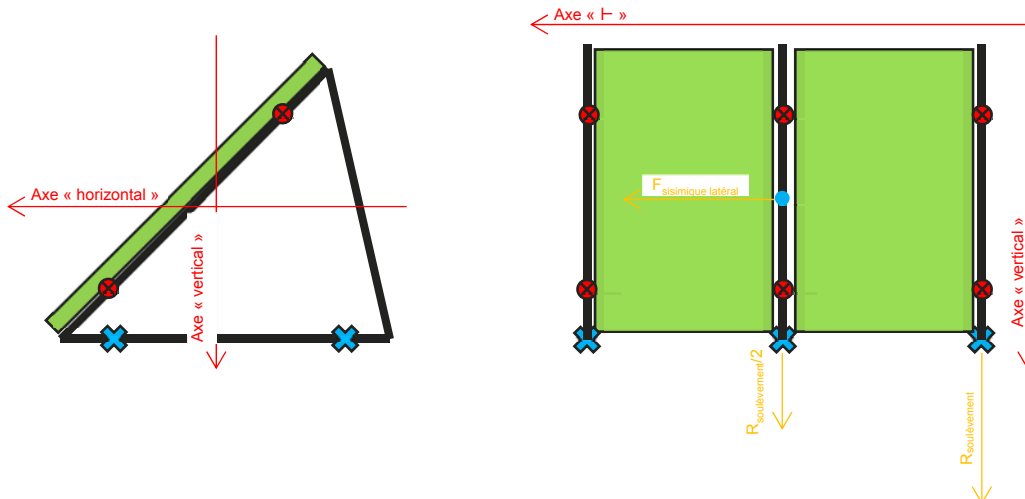
On se place dans le cas le plus défavorable : l'ensemble des efforts horizontaux se reporte sur une seule des fixations – chaque vis est ainsi dimensionnée pour reprendre en cisaillement la totalité des efforts horizontaux.

- Composante de soulèvement / appui lié à l'action latérale :

→ On ramène les fixations avant et arrière en 1 seul point de calcul.

→ On néglige l'influence favorisant du poids propre en ne calculant que le soulèvement / appui lié aux actions sismiques horizontales.

→ On suppose que la force de soulèvement / appui au niveau de chaque membrure est proportionnelle à sa distance par rapport à l'extrémité de l'installation.



De ces hypothèses il vient qu'un majorant de l'effort de soulèvement ou d'appui lié aux efforts sismiques latéraux s'écrit :

$$R_{\text{soulèvement/appui}} = \frac{2}{5} (F_{\text{sismique latéral}} \cdot L_{G,v})$$

Résultats :

| Référence du cas de charge | Résultante sur l'axe « vertical » [kN] <i>Rapporté à la membrure centrale</i> | Résultante sur l'axe « horizontal » [kN] <i>Rapporté à la membrure centrale</i> | Réaction verticale en A [kN] | Réaction verticale en B [kN] | Réaction horizontale (en A ou B) [kN] |
|----------------------------|---|---|---------------------------------|---------------------------------|--|
| LC1 | -0,95 | -1,35 | -0,25 | 1,19 | -1,35 |
| LC2 | 1,50 | 0,77 | -0,41 | -1,09 | 0,77 |
| LC3 | 1,39 | 0,46 | -0,53 | -0,86 | 0,46 |
| LC4 | 0,97 | - | -0,56 | -0,41 | - |
| LC5.1 | 0,46 | -0,33 | -0,46 | 0,00 | -0,33 |
| LC5.2 | 0,34 | -0,33 | -0,39 | 0,05 | -0,33 |
| LC5.3 | 0,46 | 0,33 | -0,08 | -0,39 | 0,33 |
| LC5.4 | 0,34 | 0,33 | -0,01 | -0,34 | 0,33 |

| Référence du cas de charge | Résultante latérale axe « T » de l'action sismique [kN] | Composante de soulèvement ou de compression induite par l'action sismique latérale [kN] |
|----------------------------|---|--|
| LC5.5 / LC 5.6 | 0,65 | 0,18 |

Conclusion

→ En considérant qu'on sélectionne un seul type de fixation, celle-ci doit avoir des caractéristiques minimales suivantes (en valeur de calcul – pour l'ELU) :

- Résistance à la traction : 1,19 kN
- Résistance à la compression : 1,09 kN
- Résistance au cisaillement : 1,35 kN

→ Malgré les hypothèses prises, les actions sismiques ne sont pas critiques pour le dimensionnement de ces fixations

→ La vérification du châssis n'a pas été réalisée ici, elle relève généralement de la responsabilité du fabricant.

5.8.5 Exemple 3 – Installation lestée en toiture-terrasse

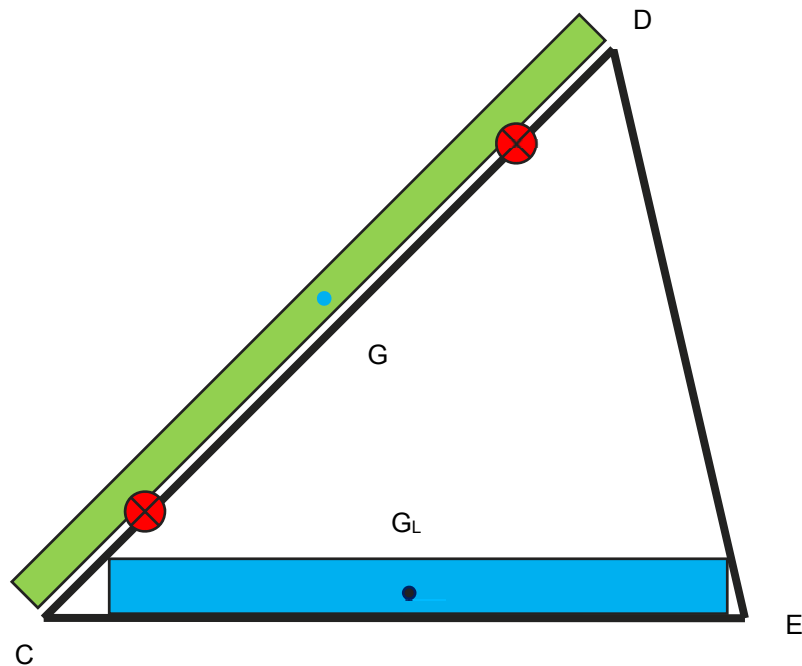
La façade sud du bâtiment a une longueur de $L = 16$ m, son pignon a une longueur de $l = 8$ m.

L'installation est réalisée au milieu de la toiture. La toiture ne comporte pas d'édicule de hauteur significative.

Les capteurs sont installés sur un châssis à 45°, le châssis est posé sur un matériau de répartition au-dessus de la protection d'étanchéité. Le maintien en place est réalisé par un lestage supposé uniformément réparti sur le bas de châssis (sur le schéma : le long de CE).

L'objectif est ici de calculer le poids du lest.

Note : Dans cet exemple on néglige la distance entre le bas du capteur et le support.



Point de fixation du capteur sur son châssis

G : centre de gravité du capteur

G_L : centre de gravité du lest

Dimensions :

- Fournies :
 - angle C = 45°
 - CD = 2 m
 - CE = 1,60 m
- Précalculées (indicatives) :
 - DE = 1,43 m
 - angle G = $82,5^\circ$
 - angle D = $52,5^\circ$

5.8.5.1 Étape 1 : Identification des actions et des cas de charges

5.8.5.1.1 Vent

Détermination du zonage en toiture :

$d_1 = 8 \text{ m} / h = 12 \text{ m}$

→ $a = 1,2 \text{ m}$

→ $c = 2 \text{ m}$

Conclusion : tous les capteurs sont situés en zone Z1.

On retient donc : $c_{p,net}^- = -1,4$ et $c_{p,net}^+ = 0,8$.

5.8.5.1.2 Poids propre du capteur

Le poids d'un capteur et de son système de montage est de : $41 \times 9,81 = 402 \text{ N}$.

5.8.5.1.3 Poids propre du lest

Sa valeur caractéristique est notée $G_{k,lest}$

La valeur caractéristique du poids propre est calculée à partir de la masse nominale du lest.

$$G_{k,lest} = m \cdot g$$

5.8.5.1.4 Coefficient de frottement

Le coefficient de frottement du capteur sur son support est une donnée majeure du problème. Il doit prendre en compte toutes des conditions climatiques, notamment lorsque l'eau favorise le glissement.

Il n'existe à ce jour aucune valeur tabulée pour des coefficients de frottement sur les matériaux situés en toiture-terrasse.

On propose dans cet exemple une valeur de 0,3 pour ce coefficient de frottement c_{fr} .

La force de frottement dépend de la résultante des forces verticales :

$$F_{fr} = c_{fr} \cdot \|V\|$$

5.8.5.1.5 Synthèse : Valeurs caractéristiques des actions

| Domaine | Action | Symbole | Valeur pour l'installation de 4 m ² [kN] | Valeur ramenée au m ² [kN/m ²] |
|--------------|------------------|--------------|---|---|
| Vent | Soulèvement | W_k | - 2,54 | - 0,64 |
| | Vers le bâtiment | W_k^+ | 1,45 | 0,36 |
| Poids propre | Poids du capteur | G_k | 0,80 | 0,20 |
| | Poids du lest | $G_{k,lest}$ | | |
| Frottements | | | | |

5.8.5.1.6 Cas de charges et projections par rapport au plan horizontal

| Référence du cas de charge | Description | Résultante (hors lest) sur l'axe « vertical » V [kN] | Résultante (hors lest) sur l'axe « horizontal » H [kN] |
|----------------------------|---|---|---|
| LC1 | $0,9 (\overrightarrow{G_{k,capteur}} + \overrightarrow{G_{k,lest}}) + 1,5 \overrightarrow{W_k^-}$ | -1,97 | -2,69 |
| LC2 | $0,9 (\overrightarrow{G_{k,capteur}} + \overrightarrow{G_{k,lest}}) + 1,5 \overrightarrow{W_k^+}$ | 2,26 | 1,53 |

Sens des actions :

- Sur l'axe « vertical »
 - une valeur > 0 indique une action vers le bas ;
 - une valeur < 0 indique une action de soulèvement.
- Sur l'axe « horizontal » :
 - une valeur > 0 indique une action orientée vers l'arrière des capteurs ;
 - une valeur < 0 indique une action vers l'avant des capteurs.

5.8.5.2 Étape 2 : Calcul de la quantité de lest nécessaire pour stabiliser le capteur

Remarque préliminaire

Dans cet exemple, la géométrie du châssis et l'emplacement de la charge de vent (au milieu du capteur) font que le cas de charge LC2 ne peut induire de déstabilisation.

En fonction du modèle de vent utilisé (décalage de point d'application vers le haut) et de la géométrie du châssis, le cas de charge LC2 peut parfois induire un risque de basculement des capteurs vers l'arrière.

Par ailleurs, la résultante horizontale des forces est plus importante dans le cas de charge LC1 que dans le cas de charge LC2. Du point de vue du glissement, le cas de charge LC1 est donc plus critique que le cas LC2.

Dans la suite du calcul, on ne traitera donc que le cas de charge LC1.

| | |
|-------------|--|
| Soulèvement | $0,9 \cdot G_{k,lest} + V \geq 0$ |
| Glissement | $ H \leq c_{fr} \cdot (0,9 \cdot G_{k,lest} + V)$ |
| Basculement | $0,9 \cdot G_{k,lest} \cdot \frac{L_{CE}}{2} + V \cdot \frac{L_{CD} \cdot \cos \alpha}{2} + H \cdot \frac{L_{CD} \cdot \sin \alpha}{2} \geq 0$ |

Ce qui donne :

| | | | |
|-------------|---|---|-------------------------|
| Soulèvement | $m \geq \frac{-V}{0,9 \cdot g}$ | $m \geq \frac{-(-1,97)}{0,9 \cdot 9,81}$ | $m \geq 0,22 \text{ t}$ |
| Glissement | $m \geq \frac{ H - c_{fr} \cdot V}{0,9 \cdot g \cdot c_{fr}}$ | $m \geq \frac{(2,69) - 0,3 \cdot (-1,97)}{0,9 \cdot 9,81 \cdot 0,3}$ | $m \geq 1,24 \text{ t}$ |
| Basculement | $m \geq -\frac{L_{CD} \cdot (V \cos \alpha + H \sin \alpha)}{0,9 \cdot g \cdot L_{CE}}$ | $m \geq -\frac{2 \cdot (1,97 \cdot 0,71 + (-2,69) \cdot 0,71)}{0,9 \cdot 9,81 \cdot 1,6}$ | $m \geq 0,47 \text{ t}$ |

Conclusion

La charge obtenue ne permet que d'assurer le lestage du capteur.

On note que l'un des paramètres majeurs du calcul est le coefficient de frottement et que ce paramètre est le plus mal connu dans ce dimensionnement.

On relève par ailleurs que ce calcul n'a pas permis de déterminer si le support (l'étanchéité avec son isolant, la structure du bâtiment) est capable de supporter les efforts rapportés par le système solaire calculé ici. Le risque de poinçonnement n'est également pas abordé dans ce calcul.

Enfin si le chargement est réalisé avec du gravier (20 kN/m³) la charge correspond à une épaisseur de 20 cm de gravier. Des investigations complémentaires seraient nécessaires pour s'assurer que cette couche de gravier est susceptible de rester en place de façon durable.

Annexe 1 – Régions de vent

Source : NF EN 1991-1-4/NA (mars 2008)

Eurocode 1 - Actions sur les structures Partie 1-4 : Actions générales - Actions du vent - Annexe nationale à la NF EN 1991-1-4.

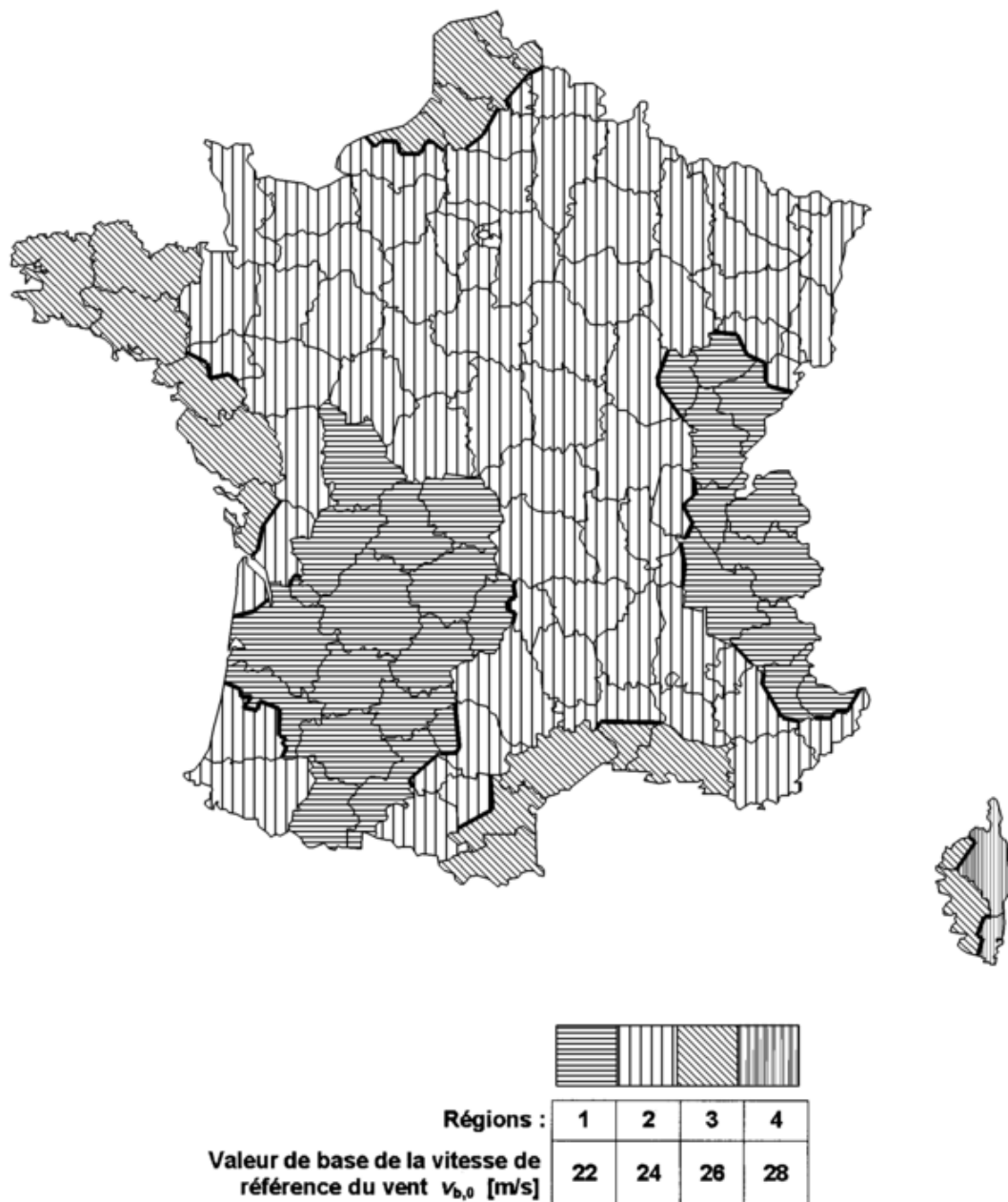


Figure 4.3(NA) Carte de la valeur de base de la vitesse de référence en France

| Département | Région(s) | Département | Région(s) | Département | Région(s) |
|----------------------------|-----------|-----------------------|-----------|--------------------------|-----------|
| 01 Ain | 1 ; 2 | 32 Gers | 1 | 64 Pyrénées-Atlantiques | 2 |
| 02 Aisne | 2 | 33 Gironde | 1 ; 2 | 65 Hautes-Pyrénées | 1 |
| 03 Allier | 2 | 34 Hérault | 3 | 66 Pyrénées-Orientales | 3 |
| 04 Alpes-de-Haute-Provence | 1 ; 2 | 35 Ille-et-Vilaine | 2 | 67 Bas-Rhin | 2 |
| 05 Hautes-Alpes | 1 ; 2 | 36 Indre | 2 | 68 Haut-Rhin | 2 |
| 06 Alpes-Maritimes | 1 ; 2 | 37 Indre-et-Loire | 2 | 69 Rhône | 2 |
| 07 Ardèche | 2 | 38 Isère | 1 ; 2 | 70 Haute-Saône | 1 ; 2 |
| 08 Ardennes | 2 | 39 Jura | 1 | 71 Saône-et-Loire | 2 |
| 09 Ariège | 2 | 40 Landes | 1 ; 2 | 72 Sarthe | 2 |
| 10 Aube | 2 | 41 Loir-et-Cher | 2 | 73 Savoie | 1 |
| 11 Aude | 2 ; 3 | 42 Loire | 2 | 74 Haute-Savoie | 1 |
| 12 Aveyron | 2 | 43 Haute-Loire | 2 | 75 Paris | 2 |
| 13 Bouches-du-Rhône | 3 | 44 Loire-Atlantique | 2 ; 3 | 76 Seine-Maritime | 2 ; 3 |
| 14 Calvados | 2 | 45 Loiret | 2 | 77 Seine-et-Marne | 2 |
| 15 Cantal | 1 ; 2 | 46 Lot | 1 | 78 Yvelines | 2 |
| 16 Charente | 1 | 47 Lot-et-Garonne | 1 | 79 Deux-Sèvres | 2 |
| 17 Charente-Maritime | 1 ; 2 ; 3 | 48 Lozère | 2 | 80 Somme | 2 ; 3 |
| 18 Cher | 2 | 49 Maine-et-Loire | 2 | 81 Tarn | 1 ; 2 |
| 19 Corrèze | 1 | 50 Manche | 2 | 82 Tarn-et-Garonne | 1 |
| 2B Haute-Corse | 3 ; 4 | 51 Marne | 2 | 83 Var | 2 |
| 2A Corse-du-Sud | 3 ; 4 | 52 Haute-Marne | 2 | 84 Vaucluse | 2 |
| 21 Côte-d'Or | 1 ; 2 | 53 Mayenne | 2 | 85 Vendée | 3 |
| 22 Côtes-d'Armor | 3 | 54 Meurthe-et-Moselle | 2 | 86 Vienne | 1 |
| 23 Creuse | 1 | 55 Meuse | 2 | 87 Haute-Vienne | 1 |
| 24 Dordogne | 1 | 56 Morbihan | 3 | 88 Vosges | 2 |
| 25 Doubs | 1 ; 2 | 57 Moselle | 2 | 89 Yonne | 2 |
| 26 Drôme | 2 | 58 Nièvre | 2 | 90 Territoire de Belfort | 2 |
| 27 Eure | 2 | 59 Nord | 2 ; 3 | 91 Essonne | 2 |
| 28 Eure-et-Loir | 2 | 60 Oise | 2 | 92 Hauts-de-Seine | 2 |
| 29 Finistère | 3 | 61 Orne | 2 | 93 Seine-Saint-Denis | 2 |
| 30 Gard | 2 ; 3 | 62 Pas-de-Calais | 2 ; 3 | 94 Val-de-Marne | 2 |
| 31 Haute-Garonne | 1 ; 2 | 63 Puy-de-Dôme | 2 | 95 Val-d'Oise | 2 |

Tableau 4.3(NA) Définition des régions climatiques selon les départements

| Département | Région(s) | Cantons |
|----------------------------|-----------|---|
| 01 Ain | 2 | Bâgé-le-Châtel, Chalamont, Châtillon-sur-Chalaronne, Coligny, Meximieux, Miribel, Montluel, Montrevel-en-Bresse, Pont-de-Vaux, Pont-de-Veyle, Reyrieux, Saint-Triviers-de-Courtes, Saint-Triviers-sur-Moignans, Thoissey, Trévoux, Villars-les-Dombes |
| | 1 | Tous les autres cantons |
| 04 Alpes-de-Haute-Provence | 1 | Annot, Barcelonnette, Colmars, Entrevaux, Javie (la), Lauzet-Ubaye (le), Saint-André-les-Alpes, Seyne |
| | 2 | Tous les autres cantons |
| 05 Hautes-Alpes | 2 | Aspres-sur-Buëch, Barillonnette, Laragne-Montéglin, Orpierre, Ribiers, Rosans, Serres, Tallard, Veynes |
| | 1 | Tous les autres cantons |
| 06 Alpes-Maritimes | 1 | Guillaumes, Puget-Théniers, Saint-Étienne-de-Tinée, Saint-Martin-Vésubie, Saint-Sauveur-sur-Tinée, Villars-sur-Var |
| | 2 | Tous les autres cantons |
| 11 Aude | 2 | Alaigne, Alzonne, Belpech, Carcassonne (tous cantons), Castelnaudary (tous cantons), Chalabre, Conques-sur-Orbiel, Fanjeaux, Limoux, Mas-Cabardès, Montréal, Saissac, Salles-sur-l'Hers |
| | 3 | Tous les autres cantons |
| 15 Cantal | 2 | Allanche, Chaudes-Aigues, Condat, Massiac, Murat, Pierrefort, Ruynes-en-Margeride, Saint-Flour (tous cantons) |
| | 1 | Tous les autres cantons |
| 17 Charente-Maritime | 1 | Montendre, Montguyon, Montlieu-la-Garde |
| | 2 | Archiac, Aulnay, Burie, Cozes, Gémovac, Jonzac, Loulay, Matha, Mirambeau, Pons, Saintes (tous cantons), Saint-Genis-de-Saintonge, Saint-Hilaire-de-Villefranche, Saint-Jean-d'Angély, Saint-Porchaire, Saint-Savinien, Saujon, Tonnay-Boutonne, |
| | 3 | Tous les autres cantons |
| 2A Corse-du-Sud | 4 | Bonifacio, Figari, Levie, Porto-Vecchio, Serra-di-Scopamène |
| | 3 | Tous les autres cantons |
| 2B Haute-Corse | 3 | Belgodère, Calenzana, Calvi, Île-Rousse (l') |
| | 4 | Tous les autres cantons |
| 21 Côte-d'Or | 1 | Auxonne, Chenôve, Dijon (tous cantons), Fontaine-Française, Fontaine-les-Dijon, Genlis, Grancey-le-Château-Neuville, Is-sur-Tille, Mirebeau-sur-Bèze, Pontallier-sur-Saône, Saint-Jean-de-Losne, Saint-Seine-l'Abbaye, Selongey |
| | 2 | Tous les autres cantons |
| 25 Doubs | 2 | Audincourt, Clerval, Etupes, Hérimoncourt, Isle-sur-le-Doubs (l'), Maiche, Montbéliard (tous cantons), Pont-de-Roide, Saint-Hippolyte, Sochaux, Valentigney |
| | 1 | Tous les autres cantons |

Tableau 4.4(NA) Départements appartenant à plusieurs régions : découpage selon les cantons

| Département | Région(s) | Cantons |
|---------------------|-----------|---|
| 30 Gard | 3 | Aigues-Mortes, Aimargues, Aramon, Beaucaire, Bouillargues, Saint-Gilles, Marguerittes, Nîmes (tous cantons), Quissac, Saint-Mamert-du-Gard, Sommières, Vauvert |
| | 2 | Tous les autres cantons |
| 31 Haute-Garonne | 2 | Auterive, Caraman, Cintegabelle, Lanta, Montgiscard, Nailloux, Revel, Villefranche-de-Lauragais |
| | 1 | Tous les autres cantons |
| 33 Gironde | 2 | Castelnau-de-Médoc, Lesparre-Médoc, Pauillac, Saint-Laurent-Médoc, Saint-Vivien-de-Médoc |
| | 1 | Tous les autres cantons |
| 38 Isère | 2 | Beaurepaire, Heyrieux, Roussillon, Saint-Jean-de-Bournay, Vienne (tous cantons) |
| | 1 | Tous les autres cantons |
| 40 Landes | 2 | Arrou, Castets, Dax (tous cantons), Montfort-en-Chalosse, Mugron, Peyrehorade, Pouillon, Saint-Martin-de-Seignanx, Saint-Vincent-de-Tyrosse, Soustons, Tartas (tous cantons) |
| | 1 | Tous les autres cantons |
| 44 Loire-Atlantique | 2 | Ancenis, Blain, Châteaubriant, Derval, Guémené-Penfao, Ligné, Moisdon-la-Rivière, Nort-sur-Erdre, Nozay, Riaillé, Rougé, Saint-Julien-de-Vouvantes, Saint-Marc-la-Jaille, Saint-Nicolas-de-Redon, Varades |
| | 3 | Tous les autres cantons |
| 59 Nord | 2 | Arleux, Anzin, Avesnes-sur-Helpe (tous cantons), Bavay, Berlaimont, Bouchain, Cambrai (tous cantons), Carnières, Cateau-Cambrésis (le), Clary, Condé-sur-l'Escaut, Denain, Douai (tous cantons), Hautmont, Landrecies, Marchiennes, Marcoing, Maubeuge (tous cantons), Solre-le-Château, Orchies, Quesnoy (le) (tous cantons), Saint-Amand-les-Eaux (tous cantons), Solesmes, Trélon, Valenciennes (tous cantons) |
| | 3 | Tous les autres cantons |
| 62 Pas-de-Calais | 2 | Bapaume, Bertincourt, Croisilles, Marquion, Vitry-en-Artois |
| | 3 | Tous les autres cantons |
| 70 Haute-Saône | 1 | Autrey-lès-Gray, Champlitte, Dampierre-sur-Salon, Fresne-Saint-Mamès, Gray, Gy, Marnay, Montbozon, Pesmes, Riez, Scey-sur-Saône-et-Saint-Albin |
| | 2 | Tous les autres cantons |
| 76 Seine-Maritime | 3 | Bacqueville-en-Caux, Blangy-sur-Bresle, Cany-Barville, Eu, Dieppe (tous cantons), Envermeu, Fontaine-le-Dun, Offranville, Saint-Valéry-en-Caux |
| | 2 | Tous les autres cantons |
| 80 Somme | 2 | Ailly-sur-Noye, Albert, Bray-sur-Somme, Chaulnes, Comblès, Ham, Montdidier, Moreil, Nesle, Péronne, Roisel, Rosières-en-Santerre, Roye |
| | 3 | Tous les autres cantons |
| 81 Tarn | 1 | Cadalen, Castelnau-de-Montmiral, Cordes-sur-Ciel, Gaillac, Graulhet, Lavaur, Lisle-sur-Tarn, Rabastens, Saint-Paul-Cap-de-Joux, Salvagnac, Vaour |
| | 2 | Tous les autres cantons |

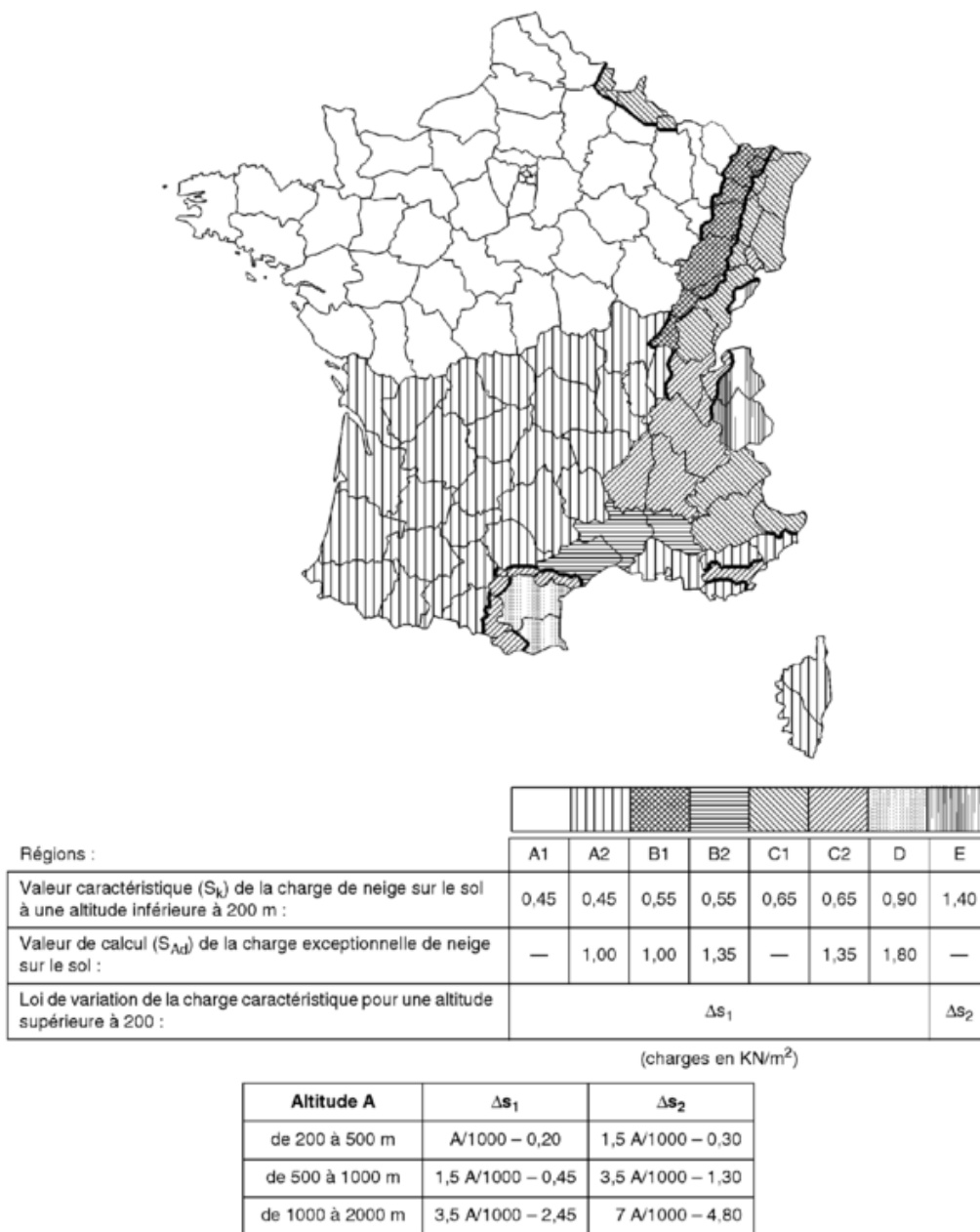
Limites cantonales selon la carte administrative de la France, publiée par IGN — Paris 1997 (Édition 2)

Tableau 4.4(NA) Départements appartenant à plusieurs régions : découpage selon les cantons (fin)

Annexe 2 – Régions de neige

Source : NF EN 1991-1-3/NA (mai 2007)

Eurocode 1 - Actions sur les structures Partie 1-3 : Actions générales - Charges de neige - Annexe nationale à la NF EN 1991-1-3



Carte des valeurs des charges de neige à prendre en compte sur le territoire national

| Département | Région(s) | Département | Région(s) | Département | Région(s) |
|----------------------------|-------------|-----------------------|--------------|--------------------------|--------------|
| 01 Ain | A2 / C2 | 32 Gers | A2 | 64 Pyrénées-Atlantiques | A2 |
| 02 Aisne | A1 / C1 | 33 Gironde | A2 | 65 Hautes-Pyrénées | A2 |
| 03 Allier | A2 | 34 Hérault | B2 / C2 | 66 Pyrénées-Orientales | C2 / D |
| 04 Alpes-de-Haute-Provence | C1 | 35 Ille-et-Vilaine | A1 | 67 Bas-Rhin | B1 / C1 |
| 05 Hautes-Alpes | C1 | 36 Indre | A1 | 68 Haut-Rhin | C1 |
| 06 Alpes-Maritimes | A2 / C1 | 37 Indre-et-Loire | A1 | 69 Rhône | A2 |
| 07 Ardèche | C2 | 38 Isère | C2 | 70 Haute-Saône | B1 / C1 |
| 08 Ardennes | A1 / C1 | 39 Jura | B1 / C1 | 71 Saône-et-Loire | A2 / B1 |
| 09 Ariège | A2 / C2 | 40 Landes | A2 | 72 Sarthe | A1 |
| 10 Aube | A1 | 41 Loir-et-Cher | A1 | 73 Savoie | C2 / E |
| 11 Aude | C2 / D | 42 Loire | A2 | 74 Haute-Savoie | C2 / E |
| 12 Aveyron | A2 | 43 Haute-Loire | A2 | 75 Paris | A1 |
| 13 Bouches-du-Rhône | A2 | 44 Loire-Atlantique | A1 | 76 Seine-Maritime | A1 |
| 14 Calvados | A1 | 45 Loiret | A1 | 77 Seine-et-Marne | A1 |
| 15 Cantal | A2 | 46 Lot | A2 | 78 Yvelines | A1 |
| 16 Charente | A2 | 47 Lot-et-Garonne | A2 | 79 Deux-Sèvres | A1 |
| 17 Charente-Maritime | A2 | 48 Lozère | A2 | 80 Somme | A1 |
| 18 Cher | A1 | 49 Maine-et-Loire | A1 | 81 Tarn | A2 / C2 |
| 19 Corrèze | A2 | 50 Manche | A1 | 82 Tarn-et-Garonne | A2 |
| 2B Haute-Corse | A2 | 51 Marne | A1 | 83 Var | A2 / C2 |
| 2A Corse-du-Sud | A2 | 52 Haute-Marne | A1 | 84 Vaucluse | B2 / C2 |
| 21 Côte d'Or | A1 | 53 Mayenne | A1 | 85 Vendée | A1 |
| 22 Côtes-d'Armor | A1 | 54 Meurthe-et-Moselle | A1 / B1 / C1 | 86 Vienne | A1 |
| 23 Creuse | A2 | 55 Meuse | A1 / C1 | 87 Haute-Vienne | A2 |
| 24 Dordogne | A2 | 56 Morbihan | A1 | 88 Vosges | A1 / B1 / C1 |
| 25 Doubs | B1 / C1 / E | 57 Moselle | A1 / B1 / C1 | 89 Yonne | A1 |
| 26 Drôme | C2 | 58 Nièvre | A1 | 90 Territoire de Belfort | C2 |
| 27 Eure | A1 | 59 Nord | A1 / C1 | 91 Essonne | A1 |
| 28 Eure-et-Loir | A1 | 60 Oise | A1 | 92 Hauts-de-Seine | A1 |
| 29 Finistère | A1 | 61 Orne | A1 | 93 Seine-Saint-Denis | A1 |
| 30 Gard | B2 | 62 Pas-de-Calais | A1 | 94 Val-de-Marne | A1 |
| 31 Haute-Garonne | A2 / C2 | 63 Puy-de-Dôme | A2 | 95 Val-d'Oise | A1 |

Tableau A.1 - Classement des départements au regard des charges de neige

| Département | Région(s) | Cantons |
|--------------------|-----------|--|
| Ain | A2 | Bâgé-le-Châtel, Bourg-en-Bresse (tous cantons), Chalamont, Châtillon-sur-Chalaronne, Coligny, Meximieux, Miribel, Montluel, Montrevel-en-Bresse, Péronnas, Pont-d'Ain, Pont-de-Vaux, Ponte-de-Veyle, Reyrieux, Saint-Trivier-de-Courtes, Saint-Trivier-sur-Moignans, Thoissey, Trévoux, Villars-les-Dombes, Viriat |
| | C2 | Tous les autres cantons |
| Aisne | C1 | Aubenton, la Capelle, Hirson |
| | A1 | Tous les autres cantons |
| Alpes-Maritimes | C1 | Breil-sur-Roya, Guillaumes, Lantosque, Puget-Théniers, Roquebillière, St-Etienne-de-Tinée, St-Martin-Vésubie, St-Sauveur-sur-Tinée, Sospel, Tende, Villars-sur-Var |
| | A2 | Tous les autres cantons |
| Ardennes | A1 | Asfeld, Attigny, Buzancy, Château-Porcien, Chaumont-Porcien, Chesne (le), Grandpré, Juniville, Machault, Monthois, Novion-Porcien, Rethel, Tourteron, Vouziers |
| | C1 | Tous les autres cantons |
| Ariège | C2 | Ax-les-Thermes, Cabannes (Les), Lavelanet, Mirepoix, Quérigut |
| | A2 | Tous les autres cantons |
| Aude | C2 | Belpech, Castelnaudary (tous cantons), Fanjeaux, Salles-sur-l'Hers |
| | D | Tous les autres cantons |
| Doubs | B1 | Audeux, Besançon (tous cantons), Boussières, Marchaux |
| | E | Maiche, Montbenoit, Morteau, Pierrefontaine-les-Varans, Russey (le), St-Hippolyte |
| | C1 | Tous les autres cantons |
| Haute-Garonne | C2 | Revel |
| | A2 | Tous les autres cantons |
| Hérault | C2 | Béziers (tous cantons), Capetang, Olonzac, Saint-Chinian, Saint-Pons-de-Thomières |
| | B2 | Tous les autres cantons |
| Jura | B1 | Chaussin, Chemin, Dampierre, Dole (tous cantons), Gendrey, Montbarrey, Montmirey-le-Château, Rochefort-sur-Nenon |
| | C1 | Tous les autres cantons |
| Meurthe-et-Moselle | B1 | Arracourt, Baccarat, Bayon, Blâmont, Gerbéviller, Haroué, Lunéville (tous cantons) |
| | C1 | Badonviller, Cirey-sur-Vezouze |
| | A1 | Tous les autres cantons |
| Meuse | C1 | Montmédy, Stenay |
| | A1 | Tous les autres cantons |
| Moselle | B1 | Albestroff, Behren-lès-Forbach, Château-Salins, Dieuze, Fénétrange, Forbach, Freyming-Merlebach, Grostenquin, Réchicourt-le-Château, Rohrbach-lès-Bitche, Saint-Avoid (tous cantons), Sarralbe, Sarreguemines, Sarreguemines-Campagne, Stiring-Wendel, Vic-sur-Seille, Volmuth |
| | C1 | Bitche, Lorquin, Phalsbourg, Sarrebourg |
| | A1 | Tous les autres cantons |

(à suivre)

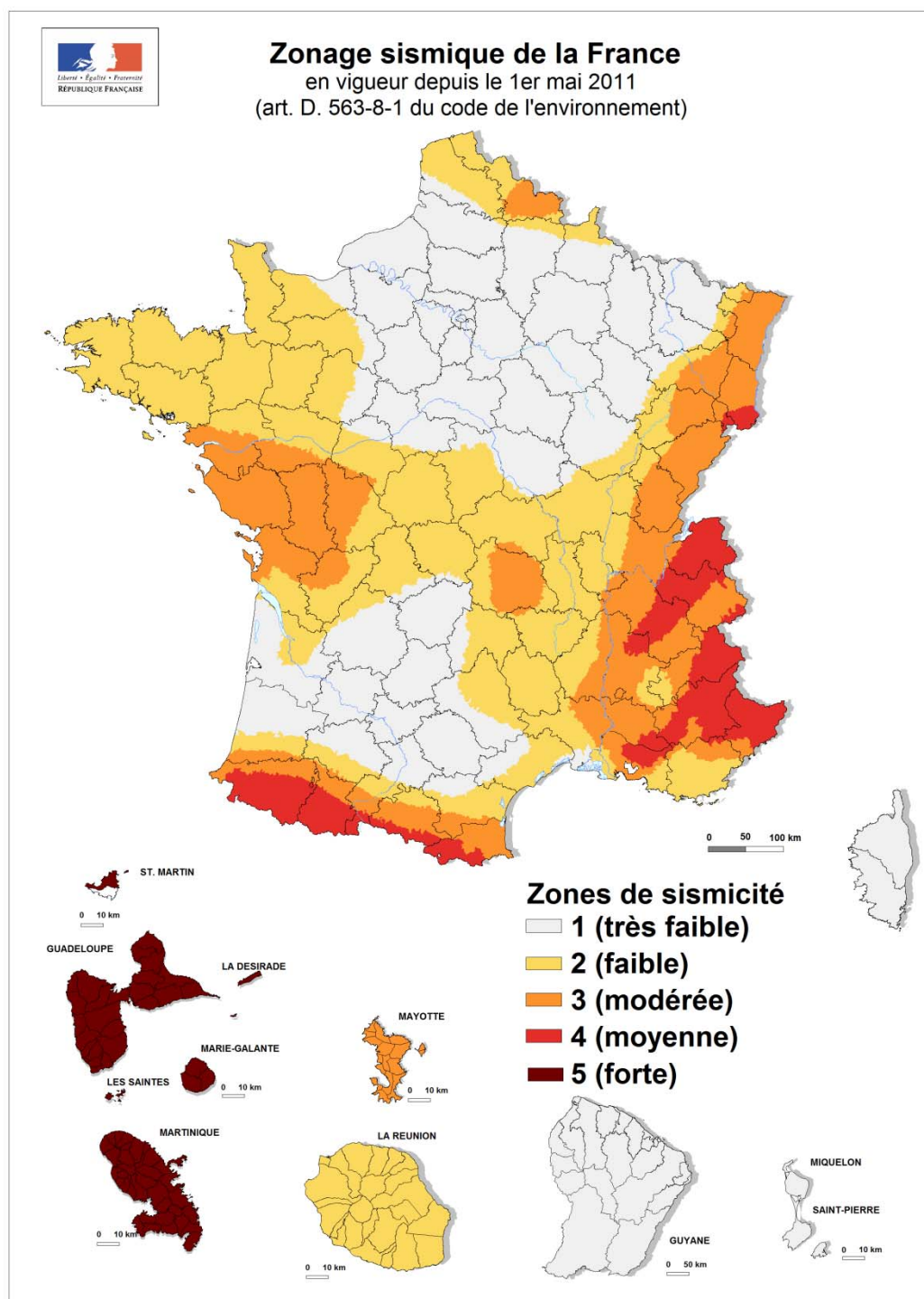
Tableau A.2 - Départements appartenant à plusieurs zones : découpage selon les cantons

| Département | Région(s) | Cantons |
|--|-----------|--|
| Nord | C1 | Avesnes-sur-Helpe (tous cantons), Hautmont, Maubeuge (tous cantons), Trélon, Solre-le-Château |
| | A1 | Tous les autres cantons |
| Pyrénées- Orientales | C2 | Mont-Louis, Olette, Sallégouse |
| | D | Tous les autres cantons |
| Bas-Rhin | B1 | Drulingen, Sarre-Union |
| | C1 | Tous les autres cantons |
| Haute-Saône | C1 | Champagny, Faucogney-et-la-Mer, Héricourt, Lure (tous cantons), Mélissey, Villersexel |
| | B1 | Tous les autres cantons |
| Saône-et- Loire | B1 | Beaurepaire-en-Bresse, Cuiseaux, Cuisery, Louhans, Montpont-en-Bresse, Montret, Pierre-de-Bresse, Saint-Germain-du-Bois, Tournus |
| | A2 | Tous les autres cantons |
| Savoie | E | Aiguebelle, Aime, Albertville (tous cantons), Beaufort, Bourg-St-Maurice, Bozel, Châtelard (le), Chambre (la), Chamoux-sur-Gelon, Grésy-sur-Isère, Lanslebourg-Mont-Cenis, Modane, Moutiers, St-Jean-de-Maurienne, St-Michel-de-Maurienne, St-Pierre-d'Albigny, Rochette (la), Ugine |
| | C2 | Tous les autres cantons |
| Haute-Savoie | C2 | Alby-sur-Chéran, Annemasse (tous cantons), Boège, Cruseilles, Frangy, Douvaine, Reignier, Rumilly, St-Julien-en-Genevois, Seyssel |
| | E | Tous les autres cantons |
| Tarn | C2 | Dourgne, Labruguière, Mazamet (tous cantons), Saint-Amans-Soult |
| | A2 | Tous les autres cantons |
| Var | C2 | Barjols, Besse-sur-Issole, Brignoles, Cotignac, Fréjus, Grimaud, Lorgues, Luc (Le), Muy (le), Saint-Maximin-la-Sainte-Baume, Saint-Raphaël, Saint-Tropez |
| | A2 | Tous les autres cantons |
| Vaucluse | C2 | Valréas |
| | B2 | Tous les autres cantons |
| Vosges | A1 | Bulgnéville, Châtenois, Coussey, Lamarche, Mirecourt, Neufchâteau, Vittel |
| | B1 | Bains-les-Bains, Bruyères, Charmes, Châtel-sur-Moselle, Damey, Dompierre, Epinal (tous cantons), Monthureux-sur-Saône, Plombières-les-Bains, Rambervillers, Remiremont, Xertigny |
| | C1 | Tous les autres cantons |
| 1) Selon la carte administrative de la France, publiée par IGN — Paris 1997 (Édition 2). | | |

Tableau A.2 - Départements appartenant à plusieurs zones : découpage selon les cantons (fin)

Annexe 3 – Zones de sismicité

Sources : Ministère de l'environnement & Code de l'environnement



Carte du zonage sismique de la France

Code de l'environnement – article D. 563-8-1 :

Les communes sont réparties entre les cinq zones de sismicité définies à l'article R. 563-4 conformément à la liste ci-après, arrêtée par référence aux délimitations administratives, issues du code officiel géographique de l'Institut national de la statistique et des études économiques, en vigueur à la date du 1^{er} janvier 2008.

Ain : tout le département zone de sismicité modérée, sauf :

- les communes de Massignieu-de-Rives, Murs-et-Gélignieux, Nattages, Parves, Peyrieu : zone de sismicité moyenne ;
- les cantons de Bâgé-le-Châtel, Châtillon-sur-Chalaronne, Miribel, Montrevel-en-Bresse, Pont-de-Vaux, Pont-de-Veyle, Reyrieux, Saint-Trivier-de-Courtes, Saint-Trivier-sur-Moignans, Thoissey, Trévoux, Villars-les-Dombes : zone de sismicité faible ;
- les communes de Buellas, Montcet, Le Montellier, Montluel, Montracol, Le Plantay, Polliat, Saint-André-sur-Vieux-Jonc, Saint-Denis-lès-Bourg, Sainte-Croix, Saint-Rémy, Vandeins : zone de sismicité faible.

Aisne : tout le département zone de sismicité très faible, sauf :

- les cantons de La Capelle, Hirson, Le Nouvion-en-Thiérache, Wassigny : zone de sismicité faible ;
- les communes de Aisonville-et-Bernoville, Any-Martin-Rieux, Aubencheul-aux-Bois, Aubenton, Autreppe, Beaume, Beaurevoir, Becquigny, Bellicourt, Besmont, Bohain-en-Vermandois, Bony, La Bouteille, Brancourt-le-Grand, Le Catelet, Estrées, Fresnoy-le-Grand, Gouy, Hargicourt, Iron, Joncourt, Landouzy-la-Ville, Lavaqueresse, Lempire, Lesquielles-Saint-Germain, Leuze, Logny-lès-Aubenton, Malzy, Martigny, Monceau-sur-Oise, Montbrehain, Nauroy, Prémont, Ramicourt, Saint-Algis, Seboncourt, Serain, Vadencourt, Vendhuile, Villers-les-Guise : zone de sismicité faible.

Allier : tout le département zone de sismicité faible, sauf :

- le canton de Gannat : zone de sismicité modérée ;
- les communes de Brugheas, Charroux, Chouigny, Cognat-Lyonne, Ebreuil, Escurolles, Espinasse-Vozelle, Lalizolle, Mariol, Nades, Naves, Saint-Germain-de-Salles, Serbannes, Sussat, Valignat, Veauce, Vicq : zone de sismicité modérée.

Alpes-de-Haute-Provence : tout le département zone de sismicité moyenne, sauf :

- les cantons de Banon, Noyers-sur-Jabron : zone de sismicité modérée ;
- les communes d'Allemagne-en-Provence, Aubenas-les-Alpes, Bras-d'Asse, Le Caire, Le Chaffaut-Saint-Jurson, Châteauredon, Claret, Curbans, Esparron-de-Verdon, Estoublon, Faucon-du-Caire, Lardiers, Limans, Majastres, Melve, Mézel, Mison, Montagnac-Montpezat, La Motte-du-Caire, Moustiers-Sainte-Marie, Ongles, Oppedette, Puimoisson, Quinson, Riez, Roumoules, Sainte-Croix-à-Lauze, Sainte-Croix-du-Verdon, Saint-Etienne-les-Orgues, Saint-Jeannet, Saint-Julien-d'Asse, Saint-Jurs, Saint-Laurent-du-Verdon, Saint-Martin-de-Brômes, Sigoyer, Thèze, Vachères, Vaumeilh, Venterol : zone de sismicité modérée.

Hautes-Alpes : tout le département zone de sismicité moyenne, sauf :

- les cantons de Barillonnette, Gap-Campagne, Gap-Centre, Gap-Nord-Est, Gap-Nord-Ouest, Gap-Sud-Est, Gap-Sud-Ouest, La Grave, Saint-Etienne-en-Dévoluy, Saint-Firmin, Tallard : zone de sismicité modérée ;
- les communes d'Aspres-sur-Buëch, Bénévent-et-Charbillac, Buissard, Chabottes, Châteauneuf-d'Oze, Les Costes, La Fare-en-Champsaur, Forest-Saint-Julien, Furmeyer, Les Infournas, Laye, Lazer, Monétier-Allemont, Montmaur, La Motte-en-Champsaur, Le Noyer, Le Poët, Poligny, Ribiers, La Rochette, Saint-Auban-d'Oze, Saint-Bonnet-en-Champsaur, Saint-Eusèbe-en-Champsaur, Saint-Julien-en-Bauchène, Saint-Julien-en-Champsaur, Saint-Laurent-du-Cros, Saint-Michel-de-Chaillol, Le Saix, Upaix, Ventavon : zone de sismicité modérée ;
- les cantons d'Orpierre, Rosans, Serres : zone de sismicité faible ;
- les communes d'Antonaves, Aspremont, Barret-sur-Méouge, La Beaume, Chabestan, Châteauneuf-de-Chabre, Eourres, Eyguians, La Faurie, La Haute-Beaume, Laragne-Montéglin, Montbrand, Oze, Saint-Pierre-Avez, Saint-Pierre-d'Argençon, Salérans : zone de sismicité faible.

Alpes-Maritimes : tout le département zone de sismicité moyenne, sauf :

- les cantons d'Antibes-Biot, Antibes-Centre, Le Bar-sur-Loup, Cannes-Centre, Cannes-Est, Le Cannet, Grasse-Nord, Grasse-Sud, Mougins, Saint-Vallier-de-Thiery, Vallauris-Antibes-Ouest : zone de sismicité modérée ;
- les communes de Cannes, Mandelieu-la-Napoule : zone de sismicité modérée ;
- la commune de Théoule-sur-Mer : zone de sismicité faible.

Ardèche : tout le département zone de sismicité faible, sauf :

- les cantons de Bourg-Saint-Andéol, Chomérac, Rochemaure, Saint-Péray, Tournon-sur-Rhône, Vallon-Pont-d'Arc, Villeneuve-de-Berg, Viviers : zone de sismicité modérée ;
- les communes d'Alissas, Andance, Ardoix, Beauchastel, Beaulieu, Boffres, Bogy, Bozas, Champagne, Charmes-sur-Rhône, Charnas, Châteauneuf-de-Vernoux, Chauzon, Colombier-le-Cardinal, Colombier-le-Vieux, Coux, Le Crestet, Davézieux, Dunière-sur-Eyrieux, Félines, Flaviac, Freyssenet, Gilhac-et-Bruzac, Gilhoc-sur-Ormèze, Grospierres, Labeaume, Limony, Lyas, Peaugres, Peyraud, Privas, Quintenas, Rompon, Saint-Alban-Auriolles, Saint-André-de-Cruzières, Saint-Barthélemy-Grozon, Saint-Cierge-la-Serre, Saint-Cyr, Saint-Désirat, Saint-Etienne-de-Valoux, Saint-Fortunat-sur-Eyrieux, Saint-Georges-les-Bains, Saint-Jeure-d'Ay, Saint-Julien-le-Roux, Saint-Laurent-du-Pape, Saint-Paul-le-Jeune, Saint-Priest, Saint-Romain-d'Ay, Saint-Sauveur-de-Cruzières, Saint-Victor, Saint-Vincent-de-Durfort, Serrières, Talencieux, Thorrenc, Vernosc-les-Annonay, Vernoux-en-Vivaraire, Veyras, La Voulte-sur-Rhône : zone de sismicité modérée.

Ardennes : tout le département zone de sismicité très faible, sauf :

- les cantons de Charleville-Centre, Charleville-La Houillère, Fumay, Givet, Monthermé, Nouzonville, Renwez, Revin, Rocroi, Signy-le-Petit, Villers-Semeuse : zone de sismicité faible ;
- les communes d'Antheny, Aouste, Belval, Bosseval-et-Briancourt, Bossus-les-Rumigny, Cernion, Champlin, La Chapelle, Charleville-Mézières, Donchery, L'Echelle, Estrebay, Flaing, Flaing-Havys, Fleigneux, Floing, Francheval, Girondelle, Givonne, Glaire, Hannappes, Illy, Marby, Prez, Prix-les-Mézières, Rouvroy-sur-Audry, Rumigny, Saint-Menges, Sury, Villers-Cernay, Vrineux-aux-Bois, Warcq : zone de sismicité faible.

Ariège : tout le département zone de sismicité modérée, sauf :

- les communes d'Antras, Aston, Aulus-les-Bains, Auzat, Ax-les-Thermes, Bethmale, Bonac-Irazein, Les Bordes-sur-Lez, Couflens, Gesties, L'Hospitalet-Près-l'Andorre, Lercoul, Luzenac, Mérens-les-Vals, Orgeix, Orlu, Perles-et-Castelet, Saint-Lary, Savignac-les-Ormeaux, Seix, Sentein, Siguer, Ustou : zone de sismicité moyenne ;
- les cantons de Le Fossat, Pamiers-Est, Pamiers-Ouest, Saverdun : zone de sismicité faible ;
- les communes d'Artix, La Bastide-de-Besplas, La Bastide-de-Bousignac, Belloc, Besset, Les Bordes-sur-Arize, Calzan, Camon, Campagne-sur-Arize, Castex, Cazals-des-Bayles, Coussa, Coutens, Daumazan-sur-Arize, Fabas, Fornex, Lagarde, Lapenne, Loubaut, Malegoude, Manses, Méras, Mérigon, Mirepoix, Montégut-Plantaurel, Montfa, Moulin-Neuf, Rieucros, Rieux-de-Pelleport, Roumengoux, Sabarat, Saint-Bauzeil, Sainte-Croix-Volvestre, Sainte-Foi, Saint-Félix-de-Rieutord, Saint-Félix-de-Tournegat, Saint-Julien-de-Gras-Capou, Saint-Quentin-la-Tour, Teilhet, Thouars-sur-Arize, Tourtrol, Troye-d'Ariège, Vals, Varilhes, Verniolle, Vira, Viviès : zone de sismicité faible.

Aube : tout le département zone de sismicité très faible.

Aude : tout le département zone de sismicité faible, sauf :

- les cantons d'Alzonne, Carcassonne 2e canton-Nord, Carcassonne 2e canton Sud, Carcassonne 3e canton, Castelnaudary-Nord, Castelnaudary-Sud, Conques-sur-Orbiel, Mas-Cabardès, Saissac, Salles-sur-l'Hers : zone de sismicité très faible ;
- les communes d'Alairac, Arzens, Berriac, Bouilhonnac, Bram, Cabrespine, Carcassonne, Castans, Caunes-Minervois, Citou, Fanjeaux, Fonters-du-Razès, La Force, Laurac, Laure-Minervois, Lavalette, Lespinassière, Molandier, Montréal, Peyrefitte-sur-l'Hers, Peyriac-Minervois, Trausse, Villasavary, Villedubert, Villeneuve-Minervois, Villesiscle : zone de sismicité très faible ;
- les cantons de Axat, Belcaire, Quillan : zone de sismicité modérée ;
- les communes d'Antugnac, Bugarach, Camps-sur-l'Agly, Cassaignes, Chalabre, Couiza, Coustaussa, Cubières-sur-Cinoble, Cucugnan, Duilhac-sous-Peyrepertuse, Festes-et-Saint-André, Fourtou, Montazels, Padern, Paziols, Puivert, Rennes-le-Château, Rennes-les-Bains, Rivel, Rouffiac-des-Corbières, Sainte-Colombe-sur-l'Hers, Saint-Jean-de-Paracol, La Serpent, Serres, Sougraigne, Soulatgé, Tuchan, Villefort : zone de sismicité modérée.

Aveyron : tout le département zone de sismicité faible, sauf :

- les cantons de Belmont-sur-Rance, Camarès, Capdenac-Gare, Cornus, Montbazens, Najac, Naucelle, Réquista, Rieupeyroux, Saint-Affrique, Saint-Rome-de-Tarn, Saint-Sernin-sur-Rance, La Salvétat-Peyralès, Villefranche-de-Rouergue, Villeneuve : zone de sismicité très faible ;
- les communes d'Alrance, Anglars-Saint-Félix, Aubin, Auriac-Lagast, Baraqueville, Boisse-Penchat, Boussac, Camboulazet, Cassagnes-Bégonhès, Castanet, Colombières, La Couvertorade, Decazeville, Flagnac, Gramond, Livinhac-le-Haut, Pradinas, Rignac, Sainte-Juliette-sur-Viaur, Saint-Parthem, Saint-Santin, Salmiech, Sauveterre-de-Rouergue, Viala-du-Tarn, Villefranche-de-Panat, Viviez : zone de sismicité très faible.

Bouches-du-Rhône : tout le département zone de sismicité modérée, sauf :

- les cantons de Lambesc, Péligasse, Peyrolles-en-Provence, Salon-de-Provence : zone de sismicité moyenne ;
- les communes d'Aix-en-Provence, Alleins, Eguilès, Eyguières, Lamanon, Mallemort, Saint-Marc-Jaumegarde, Sénas, Venelles, Vernègues : zone de sismicité moyenne ;
- les cantons de Allauch, Aubagne, La Ciotat, Port-Saint-Louis-du-Rhône, Roquevaire : zone de sismicité faible ;
- les communes de Arles, Fuveau, Marseille, Mimet, Peynier, Puyloubier, Rousset, Saintes-Maries-de-la-Mer, Trets : zone de sismicité faible.

Calvados : tout le département zone de sismicité faible, sauf :

- les cantons de Blangy-le-Château, Cambremer, Douvres-la-Délivrande, Dozulé, Honfleur, Lisieux 1er canton, Lisieux 2e canton, Lisieux 3e canton, Orbec, Pont-l'Évêque, Trouville-sur-Mer : zone de sismicité très faible ;
- les communes d'Amfreville, Auquainville, Les Authieux-Papion, Barent, Bellou, Bénouville, Biéville-Quétieville, Bréville-Les-Monts, Cabourg, Castillon-en-Auge, Cheffreville-Tonnencourt, Cléville, Colleville-Montgomery, Coupesarte, Courseulles-sur-Mer, Crèvecœur-en-Auge, Escoville, Ferveques, Gonville-en-Auge, Grandchamp-le-Château, Hérouvillette, Janville, Lécaude, Livarot, Merville-Franceville-Plage, Méry-Corbon, Le Mesnil-Durand, Le Mesnil-Germain, Le Mesnil-Mauger, Monteille, Les Moutiers-Hubert, Notre-Dame-de-Courson, Notre-Dame-de-Livaye, Ouistreham, Périers-sur-le-Dan, Petiville, Ranville, Saint-Aubin-d'Arquenay, Sainte-Marguerite-des-Loges, Saint-Julien-le-Faucon, Saint-Laurent-du-Mont, Saint-Loup-de-Fribois, Saint-Martin-du-Mesnil-Oury, Saint-Michel-de-Livet, Saint-Ouen-du-Mesnil-Oger, Saint-Ouen-le-Houx, Saint-Pierre-du-Jonquet, Sallenelles, Sannerville, Touffréville, Troarn, Varaville, Vieux-Pont-en-Auge : zone de sismicité très faible.

Cantal : tout le département zone de sismicité faible, sauf :

- les cantons de Jussac, Laroquebrou, Maurs, Pleaux : zone de sismicité très faible ;
- les communes d'Arches, Bassignac, Besse, Cayrols, Chalignac, Champagnac, Drugeac, Freix-Anglards, Jaleyrac, Marcolès, Mauriac, Méallet, Omps, Parlan, Pers, Le Rouget, Roumégoux, Saint-Cernin, Saint-Chamant, Saint-Cirgues-de-Malbert, Saint-Ilde, Saint-Mamet-la-Salvetat, Saint-Martin-Valmeroux, Saint-Paul-des-Landes, Saint-Pierre, Saint-Saury, Salins, Sansac-de-Marmiesse, La Ségallassière, Sourniac, Veyrières, Le Vigean, Vitrac, Ytrac : zone de sismicité très faible.

Charente : tout le département zone de sismicité faible, sauf :

- les cantons d'Aigre, Cognac-Nord, Gond-Pontouvre, Hiersac, Jarnac, Mansle, Rouillac, Saint-Amant-de-Boixe, Villefagnan : zone de sismicité modérée ;
- les communes des Adjots, Agris, Angeac-Charente, Barro, Beaulieu-sur-Sonnette, Bioussac, Bourg-Charente, Brie, Chassieq, Châteaubernard, Cognac, Condac, Coulgens, Couture, Fléac, Gensac-la-Pallue, Gondeville, Graves-Saint-Amant, Jauldes, Javrezac, Louzac-Saint-André, Mainxe, Merpins, Mesnac, Mosnac, Nanteuil-en-Vallée, Les Pins, Poursac, La Rochette, Ruelle-sur-Touvre, Ruffec, Saint-Georges, Saint-Gourson, Saint-Laurent-de-Cognac, Saint-Mary, Saint-Même-les-Carrières, Saint-Simeux, Saint-Simon, Saint-Sulpice-de-Ruffec, Segonzac, Taizé-Aizie, Verteuil-sur-Charente, Vibrac, Villegats : zone de sismicité modérée.

Charente-Maritime : tout le département zone de sismicité modérée, sauf :

- les cantons d'Archiac, Cozes, Gémovac, Jonzac, Mirambeau, Montendre, Montguyon, Montlieu-la-Garde, Pons, Royan-Est, Royan-Ouest, Saint-Genis-de-Saintonge, Saujon : zone de sismicité faible ;
- les communes de Chermignac, Colombiers, Courcoury, Les Essards, Les Gonds, La Jard, Nieul-les-Saintes, Pessines, Pont-l'Abbé-d'Arnoult, Préguiillac, Sainte-Gemme, Sainte-Radegonde, Saintes, Saint-Georges-des-Coteaux, Saint-Porchaire, Saint-Sulpice-d'Arnoult, Soulignonne, Thénac, Varzay : zone de sismicité faible.

Cher : tout le département zone de sismicité très faible, sauf :

- les cantons des Aix-d'Angillon, Baugy, Bourges 1er canton, Bourges 2e canton, Bourges 3e canton, Bourges 4e canton, Bourges 5e canton, Charenton-du-Cher, Chârost, Châteaumeillant, Châteauneuf-sur-Cher, Le Châtelet, Dun-sur-Auron, Graçay, Henrichemont, Levet, Lignières, Lury-sur-Arnon, Mehun-sur-Yèvre, Nérondes, Saint-Amand-Montrond, Saint-Doulchard, Saint-Martin-d'Auxigny, Sancoins, Saulzais-le-Potier, Vierzon 1er canton : zone de sismicité faible ;
- les communes d'Apremont-sur-Allier, Bué, La Chapelle-Hugon, Charentonnay, Chaumoux-Marcilly, Le Chautay, Couy, Crézancy-en-Sancerre, Cuffy, Etréchy, Feux, Gardefort, Garigny, Germigny-l'Exempt, Groises, La Guerche-sur-l'Aubois, Jalognes, Lugny-Champagne, Massay, Menetou-Râtel, Méry-ès-Bois, Méry-sur-Cher, Le Noyer, Précycy, Saint-Hilaire-de-Court, Saint-Laurent, Sancergues, Sens-Beaujeu, Sévry, Thénieux, Torteron, Veaugues, Vierzon, Vignoux-sur-Barangeon, Vinon, Vouzeron : zone de sismicité faible.

Corrèze : tout le département zone de sismicité très faible.

Côte-d'Or : tout le département zone de sismicité très faible, sauf :

- les cantons d'Auxonne, Beaune-Nord, Beaune-Sud, Genlis, Nolay, Nuits-Saint-Georges, Pontailler-sur-Saône, Saint-Jean-de-Losne, Seurre : zone de sismicité faible ;
- les communes d'Antigny-la-Ville, Arc-sur-Tille, Aubaine, Barges, Beaumont-sur-Vingeanne, Belleneuve, Bessey-en-Chaume, Bessey-la-Cour, Bézouotte, Blagny-sur-Vingeanne, Bligny-sur-Ouche, Bressy-sur-Tille, Broindon, Chambolle-Musigny, Champagne-sur-Vingeanne, Champignolles, Charmes, Cheuge, Chevannes, Collonges-les-Bévy, Corcelles-les-Cîteaux, Crimolois, Cuiserey, Curtil-Vergy, Cussy-la-Colonne, Ecutigny, Epernay-sous-Gevrey, Fénay, Jancigny, Lacanche, Lacey-sur-Vingeanne, Lusigny-sur-Ouche, Maligny, Messanges, Mirebeau-sur-Bèze, Montceau-et-Echamant, Montigny-Mornay-Villeneuve-sur-Vingeanne, Morey-Saint-Denis, Neuilly-les-Dijon, Noiron-sous-Gevrey, Oisilly, Pouilly-sur-Vingeanne, Remilly-sur-Tille, Renève, Saint-Philibert, Saint-Pierre-en-Vaux, Saint-Seine-sur-Vingeanne, Saulon-la-Chapelle, Saulon-la-Rue, Saussey, Savolles, Savouges, Segrois, Tanay, Thomirey, Trochères, Vic-des-Prés, Viévy : zone de sismicité faible.

Côtes-d'Armor : tout le département zone de sismicité faible.

Creuse : tout le département zone de sismicité faible, sauf :

- les communes de Beissat, Clairavaux, La Courtine, Faux-la-Montagne, Féniers, Gentioux-Pigerolles, Gioux, Le Mas-d'Artige, Saint-Martial-le-Vieux, Saint-Oradoux-de-Chirouze, La Villedieu : zone de sismicité très faible.

Dordogne : tout le département zone de sismicité très faible, sauf :

- les cantons de Bussière-Badil, Mareuil, Nontron, Saint-Pardoux-la-Rivière, Verteillac : zone de sismicité faible ;
- les communes d'Allemans, Bourg-du-Bost, Cantillac, Celles, Chaleix, Champagnac-de-Belair, Chapdeuil, La Chapelle-Montmoreau, Chassaignes, Chenaud, Comberanche-et-Epeluche, La Coquille, Creyssac, Festalemps, La Gonterie-Boulouneix, Grand-Brassac, Parcou, Paussac-et-Saint-Vivien, Petit-Bersac, Ponteyraud, Puymangou, Quinsac, Ribérac, La Roche-Chalais, Saint-Antoine-Cumond, Saint-Aulaye, Saint-Jory-de-Chalais, Saint-Julien-de-Bourdeilles, Saint-Just, Saint-Martin-de-Fressengeas, Saint-Pancrace, Saint-Paul-la-Roche, Saint-Pierre-de-Frugie, Saint-Priest-les-Fougères, Saint-Privat-des-Prés, Saint-Vincent-Jalmoutiers, Villars, Villeteureix : zone de sismicité faible.

Doubs : tout le département zone de sismicité modérée, sauf :

- les communes d'Abbévillers, Badevel, Dampierre-les-Bois : zone de sismicité moyenne ;
- le canton d'Audeux : zone de sismicité faible ;
- les communes de Bonnav, Châtillon-le-Duc, Chevroz, Cussey-sur-l'Ognon, Devecey, Geneuille, Grandfontaine, Routelle, Saint-Vit, Tallenay, Velesmes-Essarts : zone de sismicité faible.

Drôme : tout le département zone de sismicité modérée, sauf :

- les cantons de La Chapelle-en-Vercors, Saint-Jean-en-Royans : zone de sismicité moyenne ;
- les communes de Barbières, La Baume-d'Hostun, Beauregard-Baret, Bésayes, Le Chaffal, Charpey, Châteaudouble, Combovin, Hostun, Jaillans, Omblèze, Peyrus, Plan-de-Baix, Rochefort-Samson, Saint-Andéol, Saint-Julien-en-Quint, Saint-Vincent-la-Commanderie : zone de sismicité moyenne ;
- le canton de Rémuzat : zone de sismicité faible ;
- les communes d'Arpavon, Aulan, Ballons, La Bâtie-des-Fonds, Beaumont-en-Diois, Beaurières, Bellecombe-Tarendol, Bellegarde-en-Diois, Bésignan, Boulc, Charens, Establet, Eygalayes, Izon-la-Bruisse, Jonchères, Laborel, Lachau, Lesches-en-Diois, Luc-en-Diois, Mévouillon, Miscon, Montauban-sur-l'Ouvèze, Montguers, Montlaur-en-Diois, La Motte-Chalancon, Le Poët-en-Percip, Poyols, Les Prés, Rioms, La Roche-sur-le-Buis, La Rochette-du-Buis, Rottier, Saint-Auban-sur-l'Ouvèze, Saint-Dizier-en-Diois, Sainte-Euphémie-sur-Ouvèze, Sainte-Jalle, Saint-Sauveur-Gouvernet, Séderon, Valdrôme, Val-Maravel, Vercoiran, Vers-sur-Méouge, Villebois-les-Pins, Villefranche-le-Château : zone de sismicité faible.

Eure : tout le département zone de sismicité très faible.

Eure-et-Loir : tout le département zone de sismicité très faible.

Finistère : tout le département zone de sismicité faible.

Corse-du-Sud : tout le département zone de sismicité très faible.

Haute-Corse : tout le département zone de sismicité très faible.

Gard : tout le département zone de sismicité faible, sauf :

- le canton d'Aigues-Mortes : zone de sismicité très faible ;
- les communes d'Aimargues, Le Cailar, Saint-Gilles, Vauvert : zone de sismicité très faible ;
- les cantons d'Aramon, Bagnols-sur-Cèze, Barjac, Lussan, Pont-Saint-Esprit, Remoulins, Roquemaure, Uzès, Villeneuve-lès-Avignon : zone de sismicité modérée ;
- les communes de Allègre-les-Fumades, Baron, Beaucaire, Bezouce, Bouquet, Brouzet-les-Alès, Cabrières, Courry, Jonquières-Saint-Vincent, Lédénon, Les Mages, Meyrannes, Molières-sur-Cèze, Navacelles, Potelières, Poulx, Redessan, Rousson, Saint-Ambroix, Saint-Brès, Saint-Denis, Saint-Gervasy, Saint-Julien-de-Cassagnas, Saint-Just-et-Vacquières, Saint-Victor-de-Malcap, Seynes, Vallabrègues : zone de sismicité modérée.

Haute-Garonne : tout le département zone de sismicité très faible, sauf :

- les cantons de Bagnères-de-Luchon, Saint-Béat : zone de sismicité moyenne ;
- les communes d'Antichan-de-Frontignes, Arguenos, Bagiry, Frontignan-de-Comminges, Moncaup, Ore, Saint-Bertrand-de-Comminges, Sengouagnet : zone de sismicité moyenne ;
- les cantons de Montréjeau, Saint-Gaudens : zone de sismicité modérée ;
- les communes d'Arbas, Arbon, Ardiège, Arnaud-Guilhem, Aspet, Aulon, Barbazan, Beauchalot, Belbèze-en-Comminges, Blajan, Cabanac-Cazaux, Cardeilhac, Cassagne, Castagnède, Castelbiague, Castillon-de-Saint-Martory, Cazaunous, Charlas, Chein-Dessus, Cier-de-Rivière, Couret, Encausse-les-Thermes, Escoulis, Estadens, Figarol, Fougaron, Franczal, Galié, Ganties, Génos, Gensac-de-Boulogne, Gourdan-Polignan, Herran, His, Huos, Izaut-de-l'Hôtel, Juzet-d'Izaut, Labroquère, Larroque, Latoue, Lespugue, Lestelle-de-Saint-Martory, Lourde, Luscan, Malvezie, Mane, Marsoulas, Martres-de-Rivière, Mazères-sur-Salat, Milhas, Montastruc-de-Salies, Mont-de-Galié, Montespan, Montgaillard-de-Salies, Montmaurin, Montsaunès, Nizan-Gesse, Payssous, Pointis-de-Rivière, Portet-d'Aspet, Proupiary, Razecueillé, Rouède, Saint-Lary-Boujean, Saint-Loup-en-Comminges, Saint-Martory, Saint-Médard, Saint-Pé-d'Ardet, Saleich, Salies-du-Salat, Saman, Sarrecave, Sarremezan, Sauveterre-de-Comminges, Seilhan, Sepx, Soueich, Touille, Urau, Valcabrière : zone de sismicité modérée ;
- les cantons de Cazères, Le Fousseret, L'Isle-en-Dodon, Montesquieu-Volvestre, Rieux : zone de sismicité faible ;
- les communes d'Alan, Aurignac, Ausseing, Auzas, Bachas, Benque, Bois-de-la-Pierre, Boulogne-sur-Gesse, Boussan, Bouzin, Capens, Carbonne, Cassagnabère-Tournas, Castéra-Vignoles, Cazeneuve-Montaut, Ciadoux, Eoux, Escanecrabe, Esparron, Esperce, Le Fréchet, Gaillac-Toulza, Labastide-Clermont, Laffite-Toupière, Lautignac, Lunax, Mancieux, Marliac, Marquefave, Mondilhan, Monès, Montastruc-Savès, Montgaillard-sur-Save, Montgazin, Montoulieu-Saint-Bernard, Nénigan, Péguilhan, Peyrissas, Peyrouzet, Peyssies, Le Pin-Murelet, Roquefort-sur-Garonne, Saint-André, Saint-Elix-Séglan, Saint-Ferréol, Saint-Pé-Delbosc, Saint-Sulpice-sur-Lèze, Sajas, Samouillan, Savères, Terrebasse : zone de sismicité faible.

Gers : tout le département zone de sismicité très faible, sauf :

- les communes de Barcugnan, Beccas, Betplan, Blousson-Sérian, Castex, Cazaux-Villecomtal, Cuélas, Duffort, Estampes, Haget, Laguian-Mazous, Malabat, Manas-Bastanous, Miélan, Montégut-Arros, Sarrazuzan, Sembouès, Troncens, Villecomtal-sur-Arros : zone de sismicité modérée ;
- les cantons de Mirande, Montesquiou, Plaisance, Riscle : zone de sismicité faible ;
- les communes d'Aignan, Arblade-le-Haut, Armentieux, Arroède, Aujan-Mournède, Aussos, Aux-Aussat, Barran, Bellegarde, Betcave-Aguin, Bétous, Bézues-Bajon, Boucagnères, Bouzon-Gellenave, Cabas-Loumassès, Cadeillan, Callian, Castelnavet, Cazaux-d'Anglès, Chélan, Durban, Esclassan-Labastide, Espoon, Faget-Abbatial, Fustérouau, Garravet, Gaujac, Gaujan, Le Houga, Juillac, Labarthe, Ladevèze-Rivière, Ladevèze-Ville, Lalanne-Arqué, Lamaguère, Lanne-Soubiran, Lasseube-Propre, Laveraët, Laymont, Loubédac, Lourties-Monbrun, Loussous-Débat, Lupiac, Luppé-Violles, Magnan, Manent-Montané, Marciac, Margouët-Meymes, Masseube, Meilhan, Mirannes, Monbardon, Moncorneil-Grazan, Monferran-Plavès, Monlaur-Bernet, Monlezun, Monpardi, Montadet, Montaut, Mont-d'Astarac, Mont-de-Marrast, Montégut-Savès, Monties, Montpézat, Mornès, Nogaro, Orbessan, Ornézan, Pallanne, Panassac, Pellefigue, Perchède, Ponsan-Soubiran, Pouydraguin, Pouy-Loubrin, Puylausic, Ricourt, Sabaillan, Sabazan, Sadeillan, Saint-Araillès, Saint-Arroman, Saint-Blancard, Sainte-Aurence-Cazaux, Sainte-Dode, Saint-Elix, Saint-Griède, Saint-Jean-le-Comtal, Saint-Justin, Saint-Lizier-du-Planté, Saint-Martin-d'Armagnac, Saint-Pierre-d'Aubézies, Samaran, Sansan, Sarcos, Sarrazachies, Sauveterre, Scieurac-et-Flourès, Seissan, Sémézies-Cachan, Sère, Simorre, Sion, Sorbets, Tachaires, Termes-d'Armagnac, Tillac, Tourdun, Tournan, Traversères, Tudelle, Urgosse, Villefranche : zone de sismicité faible.

Gironde : tout le département zone de sismicité très faible, sauf :

- les cantons de Bègles, Blanquefort, Blaye, Bordeaux 1er canton, Bordeaux 2e canton, Bordeaux 3e canton, Bordeaux 4e canton, Bordeaux 5e canton, Bordeaux 6e canton, Bordeaux 7e canton, Bordeaux 8e canton, Bourg, Le Bouscat, Carbon-Blanc, Cenon, Créon, Floirac, Fronsac, Guîtres, Libourne, Lormont, Mérignac 1er canton, Pessac 1er canton, Pessac 2e canton, Saint-André-de-Cubzac, Saint-Ciers-sur-Gironde, Saint-Savin, Talence, Villenave-d'Ornon : zone de sismicité faible ;
- les communes d'Abzac, Les Artigues-de-Lussac, Ayguemorte-les-Graves, Baron, Beautiran, Branne, Cadaujac, Camiac-et-Saint-Denis, Camps-sur-l'Isle, Canéjan, Capian, Chamadelle, Coutras, Daignac, Dardenac, Les Eglisottes-et-Chalaures, Espiet, Faleyras, Le Fieu, Génissac, Gradignan, Grézillac, Guillac, Le Haillan, Isle-Saint-Georges, Labarde, Langoiran, Léognan, Lugaingnac, Lussac, Margaux, Martillac, Mérignac, Montagne, Moulon, Néac, Nérigeon, Les Peintures, Petit-Palais-et-Cornemps, Porchères, Saint-Christoly-Médoc, Saint-Christophe-de-Double, Saint-Germain-du-Puch, Saint-Médard-de-Guizières, Saint-Médard-d'Eyrans, Saint-Quentin-de-Baron, Saint-Sauveur-de-Puynormand, Soulac-sur-Mer, Le Taillan-Médoc, Talais, Targon, Tizac-de-Curton, Valeyrac, Le Verdon-sur-Mer : zone de sismicité faible.

Hérault : tout le département zone de sismicité faible, sauf :

- les cantons de Bédarieux, Lattes, Lunas, Olargues, Saint-Gervais-sur-Mare, Saint-Pons-de-Thomières, Salvetat-sur-Agout (La) : zone de sismicité très faible ;
- les communes de Babeau-Bouldoux, Le Bosc, Cabrerolles, Candillargues, Cassagnoles, La Caunette, Caussiniojols, Le Caylar, Celles, Cessenon-sur-Orb, Le Cros, Félines-Minervois, Ferrals-les-Montagnes, Fos, Fozières, La Grande-Motte, Lansargues, Lauroux, La Livinière, Lodève, Marsillargues, Mauguio, Minerve, Olmet-et-Villecun, Pégaïrolles-de-l'Escalette, Pierrerue, Les Plans, Pujols, Prades-sur-Vernazobre, Le Puech, Les Rives, Roquessels, Saint-Chinian, Saint-Etienne-de-Gourgas, Saint-Félix-de-l'Hérès, Saint-Jean-de-la-Blaquière, Saint-Michel, Saint-Nazaire-de-Ladarez, Saint-Nazaire-de-Pézan, Saint-Pierre-de-la-Fage, Saint-Privat, Siran, Soubès, Soumont, Usclas-du-Bosc : zone de sismicité très faible.

Ile-et-Vilaine : tout le département zone de sismicité faible.

Indre : tout le département zone de sismicité faible.

Indre-et-Loire : tout le département zone de sismicité faible, sauf :

- les cantons d'Amboise, Château-Renault, Neuvy-le-Roi, Vouvray : zone de sismicité très faible ;
- les communes de Beaumont-la-Ronce, Braye-sur-Maulne, Brèches, Cerelles, Charentilly, Château-la-Vallière, Couesmes, Mettray, Neuillé-Pont-Pierre, Rouziers-de-Touraine, Saint-Antoine-du-Rocher, Semblançay, Sonzay, Souvigné, Villiers-au-Bouin : zone de sismicité très faible ;
- les communes d'Abilly, Antogny-le-Tillac, Assay, Barrou, Braslou, Braye-sous-Faye, Champigny-sur-Veude, Chaveignes, Courcoué, Faye-la-Vineuse, Le Grand-Pressigny, La Guerche, Jaulnay, Luzé, Marçay, Marigny-Marmande, Pussigny, Razines, Richelieu : zone de sismicité modérée.

Isère : tout le département zone de sismicité modérée, sauf :

- les cantons d'Allevard, Domène, Echirolles-Est, Echirolles-Ouest, Eybens, Fontaine-Sassenage, Fontaine-Seyssinet, Goncelin, Grenoble 1er canton, Grenoble 2e canton, Grenoble 3e canton, Grenoble 4e canton, Grenoble 5e canton, Grenoble 6e canton, Meylan, Pont-en-Royans, Saint-Egrève, Saint-Ismier, Saint-Laurent-du-Pont, Saint-Martin-d'Hères-Nord, Saint-Martin-d'Hères-Sud, Le Touvet, Vif, Villard-de-Lans : zone de sismicité moyenne ;
- les communes de L'Albenc, Beaulieu, Brié-et-Angonnes, La Buisse, Champagnier, Champ-sur-Drac, Chamrousse, Chantesse, Château-Bernard, Cognin-les-Gorges, Coublevie, Jarrie, Mallevial, Merlas, Miribel-Lanchâtre, Moirans, Montaud, Montchaboud, Monteynard, Notre-Dame-de-Commiers, Notre-Dame-de-l'Osier, Notre-Dame-de-Mésage, Poliénas, Pommiers-la-Placette, Le Pont-de-Beauvoisin, La Rivière, Romagnieu, Rovon, Saint-Albin-de-Vaulserre, Saint-Andéol, Saint-Aupre, Saint-Bueil, Saint-Etienne-de-Crossey, Saint-Geoire-en-Valdaine, Saint-Georges-de-Commiers, Saint-Gervais, Saint-Hilaire-du-Rosier, Saint-Jean-d'Avelanne, Saint-Jean-de-Moirans, Saint-Julien-de-Raz, Saint-Marcellin, Saint-Martin-de-la-Cluze, Saint-Martin-de-Vaulserre, Saint-Nicolas-de-Macherin, Saint-Pierre-de-Mésage, Saint-Quentin-sur-Isère, Saint-Sauveur, Saint-Vérand, Séchillienne, La Sône, Têche, Tullins, Vaulnaveys-le-Bas, Vaulnaveys-le-Haut, Velanne, Vinay, Vizille, Voiron, Voissant, Voreppe, Vourey : zone de sismicité moyenne.

Jura : tout le département zone de sismicité modérée, sauf :

- les cantons de Chemin, Dole-Nord-Est, Dole-Sud-Ouest, Gendrey, Montmirey-le-Château, Rochefort-sur-Nenon : zone de sismicité faible ;
- les communes d'Asnans-Beauvoisin, Augerans, Balaiseaux, Bans, La Barre, Belmont, La Bretenière, Chaînée-des-Coupis, Chapelle-Voland, La Chassagne, Chaussin, Chêne-Bernard, Chêne-Sec, Dampierre, Le Deschaux, Les Deux-Fays, Les Essards-Taignevaux, Etrepigny, Evans, Fraisans, Gatey, Les Hays, La Loye, Monteplain, Neublans-Abergement, Orchamps, Our, Pleure, Plumont, Rahon, Ranchot, Rans, Rye, Saint-Baraing, Salans, Séligney, Sergenau, Sergeon, Souvans, Tassenières, La Vieille-Loye, Villers-Robert : zone de sismicité faible.

Landes : tout le département zone de sismicité très faible, sauf :

- les cantons d'Amou, Peyrehorade, Pouillon, Saint-Martin-de-Seignanx : zone de sismicité modérée ;
- les communes d'Arboucave, Bénèsse-les-Dax, Bénèsse-Maremne, Castelner, Cazalis, Clèdes, Clermont, Hagetmau, Heugas, Josse, Labastide-Chalosse, Labenne, Lacajunte, Lacrabe, Lauret, Mant, Miramont-Sensacq, Momuy, Monget, Monséguir, Morganx, Orx, Ozourt, Peyre, Philondenx, Pimbo, Poudenx, Puyol-Cazalet, Saint-Cricq-Chalosse, Sainte-Marie-de-Gosse, Saint-Jean-de-Marsacq, Saint-Martin-de-Hinx, Saint-Vincent-de-Tyrosse, Samadet, Saubrigues, Siest : zone de sismicité modérée ;
- les cantons d'Aire-sur-l'Adour, Dax-Nord, Grenade-sur-l'Adour, Mugron, Saint-Sever : zone de sismicité faible ;
- les communes d'Angresse, Aubagnan, Audon, Azur, Bats, Bégaar, Benquet, Bretagne-de-Marsan, Campagne, Candresse, Capbreton, Carcarès-Sainte-Croix, Carcen-Ponson, Cassen, Castelnau-Tursan, Dax, Gamarde-les-Bains, Garrey, Geaune, Gibret, Goos, Gousse, Gouts, Haut-Mauco, Hinx, Hontanx, Horsarrieu, Laluque, Lamothe, Léon, Lesgor, Le Leuy, Louer, Lourquen, Magescq, Mauries, Messanges, Montfort-en-Chalosse, Narrosse, Nousse, Oeyreluy, Onard, Payros-Cazautets, Pécorade, Pontonx-sur-l'Adour, Poyanne, Poyartin, Préchacq-les-Bains, Sainte-Colombe, Saint-Gein, Saint-Geours-d'Auribat, Saint-Geours-de-Maremne, Saint-Jean-de-Lier, Saint-Pandelon, Saubion, Saugnac-et-Cambran, Seignosse, Serres-Gaston, Serreslous-et-Arribans, Seyresse, Soorts-Hossegor, Sorbets, Sort-en-Chalosse, Souprosse, Soustons, Tartas, Tercis-les-Bains, Tosse, Urgons, Vicq-d'Auribat, Vieux-Boucau-les-Bains, Yzosse : zone de sismicité faible.

Loir-et-Cher : tout le département zone de sismicité très faible, sauf :

- les communes d'Angé, La Chapelle-Montmartin, Châteaueux, Châtillon-sur-Cher, Couffy, Faverolles-sur-Cher, Maray, Mareuil-sur-Cher, Meusnes, Moyers-sur-Cher, Pouillé, Saint-Aignan, Saint-Georges-sur-Cher, Saint-Julien-de-Chédon, Saint-Julien-sur-Cher, Saint-Loup, Saint-Romain-sur-Cher, Seigy, Selles-sur-Cher, Thésée : zone de sismicité faible.

Loire : tout le département zone de sismicité faible, sauf :

- les communes de Bessey, La Chapelle-Villars, Chavanay, Chuyer, Lupé, Maclas, Mallevial, Saint-Michel-sur-Rhône, Saint-Pierre-de-Bouf, Vêrin : zone de sismicité modérée.

Haute-Loire : tout le département zone de sismicité faible, sauf

- les communes d'Auzon, Azérat, Bournoncle-Saint-Pierre, Chambez, Chassignolles, Cohade, Frugerès-les-Mines, Lempdes-sur-Allagnon, Léotoing, Lorient, Sainte-Florine, Saint-Géron, Saint-Hilaire, Torsiac, Vergongheon, Vézézoux : zone de sismicité modérée.

Loire-Atlantique : tout le département zone de sismicité modérée, sauf :

- les cantons de Châteaubriant, Derval, Guémené-Penfao, Moisdon-la-Rivière, Nozay, Riaillé, Rougé, Saint-Julien-de-Vouvantes, Saint-Mars-la-Jaille, Saint-Nicolas-de-Redon, Varades : zone de sismicité faible ;
- les communes de Ancenis, Anetz, Blain, Le Gâvre, Guenrouet, Mésanger, Mouzeil, Nort-sur-Erdre, Pouillé-les-Côteaux, Quilly, La Roche-Blanche, Saint-Géréon, Saint-Gildas-des-Bois, Saint-Herblon, Sévérac, Les Touches : zone de sismicité faible.

Loiret : tout le département zone de sismicité très faible.

Lot : tout le département zone de sismicité très faible.

Lot-et-Garonne : tout le département zone de sismicité très faible.

Lozère : tout le département zone de sismicité faible.

Maine-et-Loire : tout le département zone de sismicité faible, sauf :

- les cantons de Beaupréau, Champocéaux, Chemillé, Cholet 1er canton, Cholet 2e canton, Cholet 3e canton, Montfaucon-Montigné, Montrevault, Vihiers : zone de sismicité modérée ;
- les communes d'Antoigné, Beausse, Botz-en-Mauges, Bourgneuf-en-Mauges, Brigné, Brossay, Champ-sur-Layon, Chanzeaux, La Chapelle-Saint-Florent, Cizay-la-Madeleine, Concourson-sur-Layon, Doué-la-Fontaine, Epieds, Faveraye-Mâchelles, Louresse-Rochemenier, Martigné-Briand, Montreuil-Bellay, Le Puy-Notre-Dame, Rablay-sur-Layon, Saint-Florent-le-Vieil, Saint-Georges-sur-Layon, Saint-Laurent-de-la-Plaine, Saint-Laurent-du-Mottay, Saint-Macaire-du-Bois, Thouarcé, Valanjou, Vaudelnay, Les Verchers-sur-Layon : zone de sismicité modérée.

Manche : tout le département zone de sismicité faible.

Marne : tout le département zone de sismicité très faible.

Haute-Marne : tout le département zone de sismicité très faible sauf :

- le canton de Laferté-sur-Amance : zone de sismicité faible ;
- les communes d'Aigremont, Arbigny-sous-Varennnes, Belmont, Bourbonne-les-Bains, Champigny-sous-Varennnes, Coiffy-le-Bas, Coiffy-le-Haut, Damméromont, Enfonville, Farincourt, Fayl-Billot, Fresnes-sur-Apance, Genevrières, Gilley, Laneuville, Melay, Montcharvot, Poinson-lès-Fayl, Pressigny, Rougeux, Saulles, Savigny, Serqueux, Tornay, Valleroy, Vonnecourt : zone de sismicité faible.

Mayenne : tout le département zone de sismicité faible.

Meurthe-et-Moselle : tout le département zone de sismicité très faible, sauf :

- les communes de Bionville, Raon-lès-Leau : zone de sismicité modérée ;
- le canton de Cirey-sur-Vezouze : zone de sismicité faible ;
- les communes d'Ancerville, Angomont, Azeraillies, Baccarat, Badonviller, Barbas, Bertrichamps, Blâmont, Bréménil, Brouville, Deneuvre, Domèvre-sur-Vezouze, Essey-la-Côte, Fenneville, Fontenoy-la-Joûte, Frémontville, Gélacourt, Giriviller, Glonville, Gogney, Hablainville, Halloville, Harbouey, Herbéviller, Lachapelle, Magnières, Mattexey, Merviller, Mignéville, Montigny, Montreux, Neufmaisons, Neuville-lès-Badonviller, Nonhigny, Pettonville, Pexonne, Pierre-Percée, Réclonville, Reherrey, Repaix, Saint-Boingt, Sainte-Pôle, Saint-Maurice-aux-Forges, Saint-Rémy-aux-Bois, Thiaville-sur-Meurthe, Vacqueville, Vallois, Vaxainville, Veney, Vennenezey, Verdental : zone de sismicité faible.

Meuse : tout le département zone de sismicité très faible.

Morbihan : tout le département zone de sismicité faible.

Moselle : tout le département zone de sismicité très faible, sauf :

- les communes d'Abreschviller, Arzviller, Baerenthal, Berling, Bitche, Bourscheid, Brouviller, Dabo, Danne-et-Quatre-Vents, Dannelbourg, Eguelshardt, Garrebou, Guntzville, Hangville, Harreberg, Haselbourg, Henridorff, Hérange, Hommert, Hultehouse, Lutzelbourg, Mittelbronn, Mouterhouse, Phalsbourg, Philippsbourg, Plaine-de-Walsch, Roppeville, Saint-Jean-Kourtzerode, Saint-Louis, Saint-Quirin, Sturzelbronn, Troisfontaines, Turquestein-Blancrupt, Vescheim, Vilsberg, Walscheid, Waltembourg, Wintersbourg, Zilling : zone de sismicité modérée ;
- les cantons de Rohrbach-lès-Bitche, Volmunster : zone de sismicité faible ;
- les communes d'Aspach, Barchain, Bébing, Berthelming, Bettborn, Bickenholtz, Bliesbruck, Brouderdorff, Buhl-Lorraine, Diane-Capelle, Dolving, Fénétrange, Fleisheim, Foulcrey, Fraquelfing, Goetzenbruck, Gondrexange, Gosselming, Hanviller, Hartzviller, Haspelschiedt, Hattigny, Haut-Clocher, Helling-lès-Fénétrange, Héming, Hermelange, Hertzling, Hesse, Hilbesheim, Hommaring, Ibigny, Imling, Kerprich-aux-Bois, Lafrimbolle, Landange, Laneuveville-lès-Lorquin, Langatte, Lemberg, Liederschiedt, Lixheim, Lorquin, Meisenthal, Métairies-Saint-Quirin, Metting, Neufmoulins, Niederhoff, Niderviller, Niederstintzel, Nitting, Oberstintzel, Postroff, Réding, Reyersviller, Richeval, Romelfing, Saint-Georges, Saint-Jean-de-Bassel, Saint-Louis-lès-Bitche, Sarraaltroff, Sarrebou, Schalbach, Schneckbusch, Schorbach, Vasperviller, Veckersviller, Vieux-Lixheim, Voyer, Wiesviller, Wittring, Woelfling-lès-Sarreguemines, Xouaxange : zone de sismicité faible.

Nièvre : tout le département zone de sismicité très faible, sauf :

- les communes d'Azy-le-Vif, Chantenay-Saint-Imbert, Dornes, Fleury-sur-Loire, Gimouille, Langeron, Livry, Lucenay-lès-Aix, Luzay, Magny-Cours, Mars-sur-Allier, Neuville-lès-Decize, Saincaize-Meauce, Saint-Parize-en-Viry, Saint-Parize-le-Châtel, Saint-Pierre-le-Moûtier, Saint-Seine, Tazilly, Ternant, Toury-Lurcy, Toury-sur-Jour, Tresnay : zone de sismicité faible.

Nord : tout le département zone de sismicité modérée, sauf :

- les cantons d'Armentières, Bailleul-Nord-Est, Bailleul-Sud-Ouest, Bassée (La), Bergues, Bourbourg, Cassel, Coudekerque-Branche, Cysoing, Douai-Nord, Douai-Nord-Est, Douai-Sud-Ouest, Dunkerque-Est, Dunkerque-Ouest, Grande-Synthe, Gravelines, Haubourdin, Hazebrouck-Nord, Hazebrouck-Sud, Hondschoote, Lannoy, Lille-Centre, Lille-Est, Lille-Nord, Lille-Nord-Est, Lille-Ouest, Lille-Sud, Lille-Sud-Est, Lille-Sud-Ouest, Lomme, Marcq-en-Baroul, Merville, Orchies, Pont-à-Marcq, Quesnoy-sur-Deûle, Roubaix-Centre, Roubaix-Est, Roubaix-Nord, Roubaix-Ouest, Seclin-Nord, Seclin-Sud, Steenvoorde, Tourcoing-Nord, Tourcoing-Nord-Est, Tourcoing-Sud, Villeneuve-d'Ascq-Nord, Villeneuve-d'Ascq-Sud, Wormhout : zone de sismicité faible ;
- les communes d'Anneux, Anor, Arleux, Baives, Banteux, Bantouzelle, Boursies, Bouvignies, Brillon, Brunémont, Bugnicourt, Busigny, Cantin, Clary, Dechy, Dehéries, Doignies, Douai, Ecaillon, Elincourt, Erchin, Estrées, Etroeungt, Féron, Flesquières, Flines-lès-Mortagne, Floyon, Fourmies, Glageon, Goeulzin, Gonnelieu, Gouzeaucourt, Guesnain, Hamel, Honnechy, Honnecourt-sur-Escaut, Larouillies, Lecelles, Lécluse, Lewarde, Loffre, Malincourt, Marchiennes, Marez, Masny, Maulde, Mazinghien, Moeuvres, Montigny-en-Ostrevent, Mortagne-du-Nord, Moustier-en-Fagne, Ohain, Pecquencourt, Rainsars, Rejet-de-Beaulieu, Ribécourt-la-Tour, Riéulay, Roucourt, Les Rues-des-Vignes, Rumegies, Sains-du-Nord, Saint-Souplet, Sars-et-Rosières, Thun-Saint-Amand, Tilloy-lez-Marchiennes, Trélon, Villers-au-Tertre, Villers-Guislain, Villers-Outréaux, Villers-Plouich, Vred, Wallers-Trélon, Wignehies : zone de sismicité faible.

Oise : tout le département zone de sismicité très faible.

Orne : tout le département zone de sismicité faible, sauf :

- les cantons d'Aigle-Est (L'), Aigle-Ouest (L'), Longny-au-Perche, Nocé, Rémalard, Theil (Le), Tourouvre : zone de sismicité très faible ;
- les communes d'Anceins, Appenai-sous-Bellême, Les Aspres, Auguaise, Avernès-Saint-Gourgon, Bellême, Bocquencé, Bonnefoi, Bonsmoulins, Le Bosc-Renoult, Brethel, Canapville, La Chapelle-Montligeon, La Chapelle-Souëf, La Chapelle-Viel, Corbon, Courgeon, Couvains, Dame-Marie, Feings, La Ferrière-au-Doyen, La Ferté-Frênel, Gauville, Les Genettes, Glos-la-Ferrière, La Gonfière, Heugon, Igé, Mauves-sur-Huisne, Le Ménil-Bérard, Monnai, Pouvrail, Saint-Aquilin-de-Corbon, Saint-Aubin-de-Bonneval, Saint-Evrault-Notre-Dame-du-Bois, Saint-Germain-d'Aunay, Saint-Hilaire-sur-Risle, Saint-Mard-de-Réno, Saint-Nicolas-de-Sommaire, Saint-Ouen-de-la-Cour, Le Sap, Sérigny, Soligny-la-Trappe, Villers-en-Ouche, Villiers-sous-Mortagne : zone de sismicité très faible.

Pas-de-Calais : tout le département zone de sismicité faible, sauf :

- les cantons d'Auxi-le-Château, Berck, Hesdin, Montreuil, Pas-en-Artois : zone de sismicité très faible ;
- les communes d'Ablainzeville, Achiet-le-Petit, Aix-en-Issart, Alette, Attin, Auchy-lès-Hesdin, Bailleulmont, Bailleulval, Barly, Bavincourt, Beaudricourt, Beaufort-Blavincourt, Beaurainville, Beauvois, Berlencourt-le-Cauroy, Berles-au-Bois, Beutin, Blangerval-Blangermont, Boisjean, Bréxent-Enocq, Brimeux, Bucquoy, Buire-le-Sec, Buneville, Camiers, Campagne-lès-Hesdin, Canettemont, La Cauchie, Coullemont, Couturelle, Croisette, Dannes, Denier, Douchy-lès-Ayette, Douriez, Ecoivres, Estrée, Estréelles, Estrée-Wamin, Etaples, Fillièvres, Flers, Framecourt, Frencq, Fresnoy, Fressin, Galametz, Gouy-en-Artois, Gouy-Saint-André, Grand-Rullecourt, Gréville, Grigny, Guinecourt, Hauteclouque, Héricourt, La Herlière, Herlincourt, Herlin-le-Sec, Hesmond, Houvin-Houvigneul, Humières, Incourt, Inxent, Ivergny, Lebiez, Lefaux, Lespinoy, Liencourt, Ligny-Thilloy, Linzeux, Loison-sur-Créquoise, Longvilliers, Magnicourt-sur-Canche, Maintenay, Marant, Marenla, Maresquel-Ecquemicourt, Maresville, Marles-sur-Canche, Martinpuich, Moncheaux-lès-Frévent, Monchy-au-Bois, Montcavrel, Monts-en-Ternois, Morval, Neulette, Neuville-au-Cornet, Noyelles-lès-Humières, Nuncq-Hautecôte, Ouf-en-Ternois, Offin, Le Parcq, Le Quesnoy-en-Artois, Rebreuve-sur-Canche, Rebreville, Recques-sur-Course, Rollancourt, Roussent, Saint-Denoux, Saint-Georges, Saint-Rémy-au-Bois, Le Sars, Sars-le-Bois, Saulchoy, Saulty, Sempy, Séricourt, Sibiville, Sombrin, Le Souich, Sus-Saint-Léger, Le Transloy, Tubersent, Vacqueriette-Erquières, Vieil-Hesdin, Wail, Wamin, Warlencourt-Eaucourt, Warluzel, Willeman : zone de sismicité très faible ;
- les communes de Bourlon, Epinoy, Oisy-le-Verger, Sauchy-Lestrée : zone de sismicité modérée.

Puy-de-Dôme : tout le département zone de sismicité modérée, sauf :

- les cantons d'Arlanc, Bourg-Lastic, Herment, Montaigut, Pionsat, Pontaumur, Saint-Anthème, Tauves, Tour-d'Auvergne (La), Viverols : zone de sismicité faible ;
- les communes d'Ambert, Les Ancizes-Comps, Anzat-le-Luguet, Arconsat, Biollet, La Bourboule, Bromont-Lamothe, Chabreloche, Charensat, Cisternes-la-Forêt, Eglise-neuve-d'Entraigues, Espinasse, Espinhal, La Forie, Gelles, La Godivelle, La Goutelle, Goutières, Heume-l'Eglise, Job, Lachaux, Laqueuille, Marsac-en-Livradois, Menat, Mont-Dore, Montfermy, Murat-le-Quaire, Neuf-Eglise, Orcival, Perpezat, Rochefort-Montagne, Sainte-Christine, Saint-Jacques-d'Ambur, Saint-Julien-la-Geneste, Saint-Martin-des-Olmes, Saint-Pierre-la-Bourlhonne, Saint-Pierre-Roche, Saint-Priest-des-Champs, Sauret-Besserve, Teilhet, Valcivrières : zone de sismicité faible.

Pyrénées-Atlantiques : tout le département zone de sismicité moyenne, sauf :

- les cantons d'Anglet-Nord, Anglet-Sud, Arzacq-Arraziguet, Bayonne-Est, Bayonne-Nord, Bayonne-Ouest, Biarritz-Est, Biarritz-Ouest, Bidache, Hendaye, Lembeye, Orthez, Saint-Jean-de-Luz, Saint-Pierre-d'Irube, Salies-de-Béarn, Thèze : zone de sismicité modérée ;
- les communes d'Abère, Abidos, Abitain, Ahetze, Anos, Arbonne, Arcangues, Argagnon, Arnos, Arraute-Charritte, Arthez-de-Béarn, Artix, Athos-Aspis, Baleix, Baliracq-Maumusson, Barinque, Bassussarry, La Bastide-Clairence, Bèdeille, Bentayou-Sérée, Bernadets, Biron, Boueilh-Boueilho-Lasque, Bougarber, Boumourt, Briscous, Burgaronne, Burosse-Mendousse, Casteide-Cami, Casteide-Candau, Casteide-Doat, Castéra-Loubix, Castetbon, Castetner, Castetpugon, Castillon (Canton d'Arthez-de-Béarn), Caubios-Loos, Cescau, Conchez-de-Béarn, Dussé, Doazon, Escoubès, Gabaston, Garlin, Hagetaubin, Halsou, Higuères-Souye, L'Hôpital-d'Orion, Jatxou, Laà-Mondrans, Labastide-Monréjeau, Labatut, Labeyrie, Lacadée, Lacq, Lamayou, Lescourcy, Lombardia, Loubieng, Mascaraàs-Haron, Maslacq, Masparraute, Maure, Mesplède, Momas, Monségur, Mont, Montaner, Mont-Disse, Mouhous, Oraàs, Orègue, Orion, Orriule, Os-Marsillon, Ozenx-Montestrucq, Ponson-Debat-Pouts, Ponson-Dessus, Pontiacq-Viellepinte, Portet, Ribarrouy, Riupeyrous, Saint-Armou, Saint-Castin, Saint-Jammes, Saint-Jean-Poudge, Saint-Laurent-Bretagne, Saint-Médard, Saint-Pée-sur-Nivelle, Sare, Sarpourenx, Saubole, Sauvagnon, Sauvelade, Sedze-Maubecq, Sedzère, Serres-Castet, Serres-Sainte-Marie, Tadousse-Ussau, Taron-Sadirac-Viellenave, Urdès, Urost, Urt, Ustaritz, Uzein, Vialer, Viellenave-d'Arthez : zone de sismicité modérée ;
- les communes d'Aubous, Aydie, Moncla : zone de sismicité faible.

Hautes-Pyrénées : tout le département zone de sismicité moyenne, sauf :

- les cantons d'Aureilhan, Galan, Pouyastruc, Rabastens-de-Bigorre, Trie-sur-Baïse, Vic-en-Bigorre : zone de sismicité modérée ;
- les communes d'Anères, Angos, Anla, Aries-Espéran, Arné, Aurensan, Aventignan, Barthe, Bazet, Bazordan, Bégole, Bernadets-Dessus, Bertren, Betbèze, Betpouy, Bordères-sur-l'Echez, Bordes, Burg, Caharet, Calavanté, Campistrous, Campuzan, Cantauac, Castelnau-Magnoac, Castéra-Lanusse, Caubous, Caussade-Rivière, Cizos, Clarac, Clarens, Devèze, Escala, Estirac, Gaussan, Gayan, Goudon, Guizerix, Hachan, Hagedet, Izaourt, Lafitole, Lagarde, Lagrange, Lahitte-Toupière, Lalanne, Lanespède, Lannemezan, Laran, Larreule, Larroque, Lascazères, Lassales, Lespouey, Lhez, Lombrès, Loures-Barousse, Lutilhous, Madiran, Mascaras, Maubourguet, Mazères-de-Neste, Monléon-Magnoac, Monlong, Moulédous, Nestier, Organ, Orioux, Oroix, Oursbelille, Ozon, Péré, Peyraube, Peyret-Saint-André, Pinas, Pintac, Pouy, Puntous, Réjaumont, Ricaud, Saint-Laurent-de-Neste, Saint-Paul, Sarric-Magnoac, Sarriguier, Sarp, Sarrouilles, Sauveterre, Sémeac, Séron, Sinzos, Sombrun, Soulecausse, Tajan, Tarasteix, Tibirin-Jaunac, Tournay, Tuzaguet, Ugla, Vidouze, Vieuzos, Villefranque, Villemur : zone de sismicité modérée ;
- les communes d'Auriébat, Castelnau-Rivière-Basse, Casterets, Hères, Labatut-Rivière, Saint-Lanne, Thermes-Magnoac : zone de sismicité faible.

Pyrénées-Orientales : tout le département zone de sismicité modérée, sauf :

- les cantons d'Arles-sur-Tech, Mont-Louis, Olette, Prats-de-Mollo-la-Preste, Saillagouse : zone de sismicité moyenne ;
- les communes de Conat, Nohèdes, Urbanya : zone de sismicité moyenne.

Bas-Rhin : tout le département zone de sismicité modérée, sauf :

- le canton de Sarre-Union : zone de sismicité faible ;
- les communes d'Adamswiller, Asswiller, Baerendorf, Berg, Bettwiller, Burbach, Diemeringen, Drulingen, Durstel, Eschwiller, Eywiller, Frohmuhl, Goerlingen, Gungwiller, Hinsbourg, Hirschland, Kirrberg, Mackwiller, Ottwiller, Puberg, Rauwiller, REXINGEN, Siewiller, Struth, Thal-Drulingen, Tieffenbach, Volksberg, Waldhambach, Weislingen, Weyer : zone de sismicité faible.

Haut-Rhin : tout le département zone de sismicité modérée, sauf :

- les cantons de Ferrette, Hirsingue, Huningue, Sierentz : zone de sismicité moyenne ;
- les communes d'Altenach, Altkirch, Aspach, Ballersdorf, Berentzwiller, Bruebach, Buethwiller, Carspach, Chavannes-sur-l'Etang, Dannemarie, Eglingen, Elbach, Emlingen, Flaxlanden, Franken, Gommersdorf, Hagenbach, Hausgau, Heidwiller, Heiwiller, Hundsbach, Illfurth, Jettingen, Luemschwiller, Magny, Manspach, Montreux-Jeune, Montreux-Vieux, Obermorschwiller, Retzwiller, Romagny, Saint-Bernard, Schwoben, Spechbach-le-Bas, Tagolsheim, Tagsdorf, Traubach-le-Bas, Valdieu-Lutran, Walheim, Willer, Wittersdorf, Wolfersdorf, Zillisheim : zone de sismicité moyenne.

Rhône : tout le département zone de sismicité faible, sauf :

- les cantons de Bron, Décines-Charpieu, Meyzieu, Saint-Fons, Saint-Priest, Saint-Symphorien-d'Ozon, Vénissieux-Nord, Vénissieux-Sud : zone de sismicité modérée ;
- les communes de Ampuis, Condrieu, Echalas, Givors, Les Haies, Irigny, Loire-sur-Rhône, Pierre-Bénite, Saint-Cyr-sur-le-Rhône, Sainte-Colombe, Saint-Romain-en-Gal, Tupin-et-Semons, Vernaison : zone de sismicité modérée.

Haute-Saône : tout le département zone de sismicité modérée, sauf :

- les cantons d'Autrey-lès-Gray, Champlitte, Combeaufontaine, Dampierre-sur-Salon, Fresnoy-Saint-Mamès, Gray, Gy, Jussey, Marnay, Pesmes, Vitrey-sur-Mance : zone de sismicité faible ;
- les communes d'Alaincourt, Ambiéwillers, Baulay, Boulot, Boult, Bucey-lès-Traves, Buffignécourt, Bussièrès, Buthiers, Chantes, Chasse-lès-Scey, Chaux-la-Lotière, Contrégglise, Cordonnet, Ferrières-lès-Scey, Hurecourt, Montarlot-lès-Rioz, Montdoré, Montureux-lès-Baulay, Noidans-le-Ferroux, Ovanches, Perrouse, Polaincourt-et-Clairefontaine, Pont-du-Bois, Rupt-sur-Saône, Saponcourt, Scey-sur-Saône-et-Saint-Albin, Selles, Senoncourt, Sorans-lès-Breurey, Traves, Vauvillers, Venisey, Villers-Bouton, Voray-sur-l'Ognon, Vy-le-Ferroux, Vy-lès-Rupt : zone de sismicité faible.

Saône-et-Loire : tout le département zone de sismicité faible, sauf :

- le canton de Lucenay-l'Évêque : zone de sismicité très faible ;
- les communes de Brion, La Comelle, La Grande-Verrière, Laizy, Monthelon, Saint-Forgeot, Saint-Léger-sous-Beuvray, Saint-Prix, Tavernay : zone de sismicité très faible ;
- les communes de Beaurepaire-en-Bresse, Champagnat, Condal, Cuiseaux, Dommartin-lès-Cuiseaux, Le Fay, Flacey-en-Bresse, Frontenard, Joudes, Le Miroir, Sagy, Saillenard, Savigny-en-Revermont : zone de sismicité modérée.

Sarthe : tout le département zone de sismicité faible, sauf :

- les cantons de Bouloire, Chartre-sur-le-Loir (La), Château-du-Loir, Ferté-Bernard (La), Grand-Lucé (Le), Mayet, Montmirail, Saint-Calais, Tuffé, Vibraye : zone de sismicité très faible ;
- les communes de Bonnétable, Le Breil-sur-Mérize, La Bruère-sur-Loir, Challes, La Chapelle-aux-Choux, Chenu, Connerré, Ecommoy, Marigné-Lailly, Nogent-le-Bernard, Nuillé-le-Jalais, Parigné-l'Évêque, Saint-Georges-du-Rosay, Saint-Germain-d'Arcé, Saint-Mars-d'Outilly, Soullitré, Surfonds : zone de sismicité très faible.

Savoie : tout le département zone de sismicité moyenne, sauf :

- les cantons d'Aime, Bozel, Saint-Jean-de-Maurienne, Saint-Michel-de-Maurienne : zone de sismicité modérée ;
- les communes d'Aigueblanche, Aussois, Les Avanchers-Valmorel, Le Bois, Bonneval-sur-Arc, La Chambre, Chanaz, Les Chapelles, Les Chavannes-en-Maurienne, Fontaine-le-Puits, Fourneaux, Freney, Hautecourt, Lanslevillard, Modane, Montaimont, Montgellafrey, Montvalezan, Motz, Moûtiers, Notre-Dame-du-Cruet, Notre-Dame-du-Pré, Ruffieux, Saint-Alban-des-Villards, Saint-André, Saint-Avre, Saint-Colomban-des-Villards, Sainte-Foy-Tarentaise, Sainte-Marie-de-Cuines, Saint-Etienne-de-Cuines, Saint-François-Longchamp, Saint-Jean-de-Belleville, Saint-Marcel, Saint-Martin-de-Belleville, Saint-Martin-sur-la-Chambre, Saint-Oyen, Salins-les-Thermes, Séz, Serrières-en-Chautagne, Sollières-Sardières, Termignon, Tignes, Val-d'Isère, Villarlurin, Villarodin-Bourget, Villaroger, Vions : zone de sismicité modérée.

Haute-Savoie : tout le département zone de sismicité moyenne, sauf :

- les cantons de Frangy, Seyssel : zone de sismicité modérée ;
- les communes d'Andilly, Cernex, Chênex, Chevrier, Crempigny-Bonneguête, Dingy-en-Vuache, Feigères, Jonzier-épagny, Lornay, Mégnin, Neydens, Présilly, Saint-Julien-en-Genevois, Sallenôves, Savigny, Val-de-Fier, Valleiry, Vers, Versonnex, Viry, Vulbens : zone de sismicité modérée.

Paris : tout le département zone de sismicité très faible.

Seine-Maritime : tout le département zone de sismicité très faible.

Seine-et-Marne : tout le département zone de sismicité très faible.

Yvelines : tout le département zone de sismicité très faible.

Deux-Sèvres : tout le département zone de sismicité modérée.

Somme : tout le département zone de sismicité très faible, sauf :

- les communes d'Aizecourt-le-Bas, Epehy, Equancourt, Etrécourt-Manancourt, Fins, Guyencourt-Saulcourt, Heudicourt, Liéramont, Mesnil-en-Arrouaise, Nurlu, Ronssoy, Sorel, Templeux-le-Guéard, Villers-Faucon : zone de sismicité faible.

Tarn : tout le département zone de sismicité très faible.

Tarn-et-Garonne : tout le département zone de sismicité très faible.

Var : tout le département zone de sismicité faible, sauf :

- les cantons d'Aups, Callas, Fayence, Salernes : zone de sismicité modérée ;
- les communes de Bargème, La Bastide, Le Bourguet, Brenon, Châteauvieux, La Martre, Trigance, Vinon-sur-Verdon : zone de sismicité moyenne ;
- les communes des Adrets-de-l'Estérel, Ampus, Artignosc-sur-Verdon, Bagnols-en-Forêt, Comps-sur-Artuby, Draguignan, Flayosc, Ginasservis, Moissac-Bellevue, Montmeyan, Régusse, Rians, La Roque-Esclapon, Saint-Julien : zone de sismicité modérée.

Vaucluse : tout le département alé modérée, sauf :

- le canton de Pertuis : zone de sismicité moyenne ;
- les communes d'Auribeau, Bonnieux, Buoux, Cadenet, Caseneuve, Castellet, Cucuron, Lauris, Lourmarin, Puget, Puyvert, Saignon, Saint-Martin-de-Castillon, Sivergues, Vaugines, Villelaure : zone de sismicité moyenne.

Vendée : tout le département zone de sismicité modérée.

Vienne : tout le département zone de sismicité modérée, sauf :

- les cantons d'Availles-Limouzine, Chauvigny, Isle-Jourdain (L'), Lussac-les-Châteaux, Montmorillon, Saint-Savin, Trimouille (La) : zone de sismicité faible ;
- les communes d'Asnois, Brion, La Chapelle-Bâton, Charroux, Chatain, Château-Garnier, Joussé, Payroux, Pleumartin, Port-de-Piles, La Puye, La Roche-Posay, Saint-Romain, Saint-Secondin, Surin, Usson-du-Poitou, Vicq-sur-Gartempe : zone de sismicité faible.

Haute-Vienne : tout le département en zone de sismicité faible, sauf :

- le canton de Saint-Germain-les-Belles : zone de sismicité très faible ;
- les communes de Beaumont-du-Lac, Châteauneuf-la-Forêt, Coussac-Bonneval, La Croisille-sur-Briance, Doms, Eymoutiers, Glandon, Nedde, Neuvis-Entier, Rempnat, Sainte-Anne-Saint-Priest, Saint-Gilles-les-Forêts, Saint-Méard, Saint-Yrieix-la-Perche, Surdoux, Sussac : zone de sismicité très faible.

Vosges : tout le département zone de sismicité modérée, sauf :

- les cantons de Bulgnéville, Châtenois, Coussey, Neufchâteau : zone de sismicité très faible ;
- les cantons de Darney, Monthureux-sur-Saône : zone de sismicité faible ;
- les communes d'Ambacourt, Avrainville, Battexey, Baudricourt, Bettoncourt, Biécourt, Blémerey, Blevaincourt, Boulaincourt, Chamagne, Charmes, Chauffecourt, Chef-Haut, Contrexéville, Damblain, Dombasle-en-Xaintois, Domjulien, Domvallier, Florémont, Frenelle-la-Grande, Frenelle-la-Petite, Gemmelaincourt, Gircourt-lès-Viéville, Hergugney, Juvaincourt, Marainville-sur-Madon, Martigny-les-Bains, Mazirot, Ménil-en-Xaintois, Mirecourt, Oëlleville, Offroicourt, Pont-sur-Madon, Poussay, Puzieux, Ramecourt, Rémicourt, Repel, Robécourt, Rocourt, Romain-aux-Bois, Rouvres-en-Xaintois, Rozières-sur-Mouzon, Saint-Menge, Saint-Prancher, Savigny, Socourt, They-sous-Montfort, Thiraucourt, Tollaincourt, Totainville, Villotte, Vittel, Viviers-lès-Offroicourt, Vomécourt-sur-Madon, Xaronval : zone de sismicité très faible ;
- les communes des Ableuvenettes, Ahéville, Ainville, Anglemont, Avillers, Badménil-aux-Bois, Bainville-aux-Saules, Bazegney, Bazien, Bazoilles-et-Ménil, Begnécourt, Bettégney-Saint-Brice, Bocquegney, Bouxières-aux-Bois, Bouxurulles, Bouzemont, Brantigny, Brû, Bult, Celles-sur-Plaine, Châtel-sur-Moselle, Châtillon-sur-Saône, Circourt, Clémentine, Damas-aux-Bois, Damas-et-Bettégney, Deinvillers, Derbamont, Dombrot-le-Sec, Domèvre-sous-Montfort, Domèvre-sur-Durbion, Dompierre, Dompail, Doncières, Essegney, Estrennes, Eux-et-Ménil, Fauconcourt, Fouchécourt, Frain, Frizon, Gelvécourt-et-Adompt, Gigney, Gorhey, Grandrupt-de-Bains, Grignoncourt, Gugney-aux-Aulx, Hadigny-les-Verrières, Hagécourt, Haillainville, Hardancourt, Haréville, Hennecourt, Hymont, Igney, Isches, Jorxey, Lamarche, Langley, Légéville-et-Bonfays, Lignéville, Lironcourt, Madecourt, Madegney, Madonne-et-Lamerey, Marey, Maroncourt, Mattaincourt, Mazeley, Ménarmont, Ménil-sur-Belvitte, Monthureux-le-Sec, Mont-lès-Lamarche, Morville, Morizécourt, Moyemont, La Neuveville-sous-Montfort, Nomexy, Nossoncourt, Oncourt, Ortoncourt, Pallegney, Portieux, Racécourt, Rambervillers, Rancourt, Raon-l'Étape, Rapey, Regney, Rehaincourt, Remoncourt, Romont, Roville-aux-Chênes, Rozerotte, Rugney, Saint-Benoît-la-Chipotte, Sainte-Barbe, Saint-Genest, Saint-Julien, Saint-Maurice-sur-Mortagne, Saint-Pierremont, Saint-Vallier, Senaide, Serécourt, Serocourt, Les Thons, Thuillères, Tignécourt, Ubexy, Valfroicourt, Valleroy-aux-Saules, Valleroy-le-Sec, Varmonzey, Vaubexy, Vaxoncourt, Velotte-et-Tatignécourt, Villers, Ville-sur-Ilton, Vincey, Vioménil, Vomécourt, Vroville, Xaffévillers, Zincoart : zone de sismicité faible.

Yonne : tout le département zone de sismicité très faible.

Territoire de Belfort : tout le département zone de sismicité modérée, sauf :

- les cantons de Beaucourt, Delle : zone de sismicité moyenne ;
- les communes d'Autrechêne, Boron, Brebotte, Bretagne, Chavanatte, Chavannes-les-Grands, Cunelières, Foussemagne, Froidefontaine, Grandvillars, Grosne, Méziré, Montreux-Château, Morvillars, Novillard, Petit-Croix, Recouvrance, Suarce, Vellescot : zone de sismicité moyenne.

Essonne : tout le département zone de sismicité très faible.

Hauts-de-Seine : tout le département zone de sismicité très faible.

Seine-Saint-Denis : tout le département zone de sismicité très faible.

Val-de-Marne : tout le département zone de sismicité très faible.

Val-d'Oise : tout le département zone de sismicité très faible.

Guadeloupe : tout le département zone de sismicité forte.

Martinique : tout le département zone de sismicité forte.

Guyane : tout le département zone de sismicité très faible.

La Réunion : tout le département zone de sismicité faible.

Saint-Pierre-et-Miquelon : toute la collectivité zone de sismicité très faible.

Mayotte : toute la collectivité zone de sismicité modérée.

Saint-Martin : toute la collectivité zone de sismicité forte.

Annexe 4 – Catégories de terrain

Source AFNOR



Figure 4.6(NA) Rugosité 0 (mer) et IV (ville)



Figure 4.7(NA) Rugosité II (rase campagne, aéroport)



Figure 4.8(NA) Rugosité II (rase campagne)



Figure 4.9(NA) Rugosité IIIa (campagne avec des haies, bocage...)



Figure 4.10(NA) Rugosité IIIb (bocage dense)



Figure 4.11(NA) Rugosité IIIb (zone industrielle)



Figure 4.12(NA) Rugosité IV (ville)



Figure 4.13(NA) Rugosité IV (ville)



Figure 4.14(NA) Rugosité IV (forêt)

Annexe 5 – Liste des Eurocodes

Source AFNOR

AFNOR/P06E Eurocodes structuraux: publication des Eurocodes et annexes nationales. Février 2016



Tableau d'avancement des Eurocodes

Note : jusqu'en 2012, les amendements sont publiés séparément des Eurocodes, sans consolidation. Par ailleurs, seuls les *corrigenda* non encore pris en compte lors des retirages sont mentionnés dans ce tableau.

Eurocode 0 – Base de calcul des structures

| | Titre | Référence | Etat d'avancement |
|----|------------------------------------|----------------------------------|--|
| | Base de calcul des structures | NF EN 1990 | Publiée, 2003/03 (2e tirage 2003/04) |
| A1 | Annexe A2 : applications aux ponts | NF EN 1990/A1 | Publiée, 2006/07 (1er tirage) |
| C2 | Corrigendum | EN 1990:2002/A1:2005/AC:2010 | Intégration programmée |
| AN | Annexe nationale EN 1990 | NF EN 1990/NA | Publiée, 2011/12 (révision - 1er tirage) |
| AN | Annexe nationale EN 1990/A1 | NF EN 1990/A1/NA | Publiée, 2007/12 (1er tirage) |

Eurocode 1 - Actions sur les structures

| | Titre | Référence | Etat d'avancement |
|----|--|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | Partie 1-1: Actions générales - Poids volumique, poids propres et charges d'exploitation bâtiments | NF EN 1991-1-1 | Publiée, 2003/03 (3e tirage 2009/11) |
| AN | Annexe nationale | NF P06-111-2 | Publiée, 2004/06 (1er tirage) |
| AN | Amendement à l'annexe nationale | NF P06-111-2/A1 | Publié, 2009/03 (1er tirage) |
| | Partie 1-2: Actions générales - Actions sur les structures exposées au feu | NF EN 1991-1-2 | Publiée, 2003/07 (4e tirage 2014/04) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1991-1-2/NA | Publiée, 2007/02 (1er tirage) |
| | Partie 1-3: Actions générales - Charges de neige | NF EN 1991-1-3 | Publiée, 2004/04 (2e tirage 2009/10) |
| A1 | Amendement | NF EN 1991-1-3/A1 | Publié, 2015/10 (1er tirage) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1991-1-3/NA | Publiée, 2007/05 (1er tirage) |
| AN | Amendement à l'annexe nationale | NF EN 1991-1-3/NA/A1 | Publiée, 2011/07 (1er tirage) |

Eurocode 1 - Actions sur les structures (Fin)

| | Titre | Référence | Etat d'avancement |
|----|--|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | Partie 1-4: actions générales - Actions du vent | NF EN 1991-1-4 | Publiée, 2005/11 (2e tirage 2010/05) |
| A1 | Amendement | NF EN 1991-1-4/A1 | Publiée, 2010/10 (1er tirage) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1991-1-4/NA | Publiée, 2008/03 (1er tirage) |
| AN | Amendement à l'annexe nationale | NF EN 1991-1-4/NA/A1 | Publiée, 2011/07 (1er tirage) |
| AN | Amendement 2 à l'annexe nationale | NF EN 1991-1-4/NA/A2 | Publiée, 2012/09 (1er tirage) |
| | Partie 1-5: Actions générales - Actions thermiques | NF EN 1991-1-5 | Publiée, 2004/05 (2e tirage 2009/10) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1991-1-5/NA | Publiée, 2008/02 (1er tirage) |
| | Partie 1-6: Actions générales - Actions en cours d'exécution | NF EN 1991-1-6 | Publiée, 2005/11 (3e tirage 2012/12) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1991-1-6/NA | Publiée, 2009/03 (1er tirage) |
| | Partie 1-7: Actions générales - Actions accidentelles | NF EN 1991-1-7 | Publiée 2007/02 (3e tirage 2015/04) |
| A1 | Amendement | NF EN 1991-1-7/A1 | Publiée, 2014/08 (1er tirage) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1991-1-7/NA | Publiée, 2008/09 (1er tirage) |
| | Partie 2: Actions sur les ponts dues au trafic | NF EN 1991-2 | Publiée, 2004/03 (2e tirage 2010/05) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1991-2/NA | Publiée, 2008/03 (1er tirage) |
| | Partie 3: Actions induites par les grues et les ponts roulants | NF EN 1991-3 | Publiée, 2007/04 (2e tirage 2013/01) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1991-3/NA | Publiée, 2010/01 (1er tirage) |
| | Partie 4: Silos et réservoirs | NF EN 1991-4 | Publiée, 2007/05 (3e tirage 2012/12) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1991-4/NA | Publiée, 2007/11 (1er tirage) |

Eurocode 2 - Calcul des structures en béton

| | Titre | Référence | Etat d'avancement |
|----|---|-----------------------------------|--|
| | Partie 1-1: Règles générales et règles pour les bâtiments | NF EN 1992-1-1 | Publiée, 2005/10 (4e tirage 2013/05) |
| A1 | Amendement | NF EN 1992-1-1/A1 | Publié, 2015/02 (1er tirage) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1992-1-1/NA | Publiée, 2007/03 (1er tirage) Publication révision prévue 1er semestre 2016 |
| | Partie 1-2: Règles générales - Calcul du comportement au feu | NF EN 1992-1-2 | Publiée, 2005/10 (3e tirage 2013/12) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1992-1-2/NA | Publiée, 2007/10 (1er tirage) |
| | Partie 2: Ponts en béton - Calcul et dispositions constructives | NF EN 1992-2 | Publiée, 2006/05 (1er tirage) |
| C1 | Corrigendum | EN 1992-2:2005/AC:2008 | Intégration en cours |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1992-2/NA | Publiée, 2007/04 (1er tirage) |
| | Partie 3: Silos et réservoirs | NF EN 1992-3 | Publiée, 2006/12 (1er tirage) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1992-3/NA | Publiée, 2008/07 (1er tirage) Révision en cours |
| | Partie 4: Conception des inserts utilisés dans le béton | PR NF EN 1992-4 | Publication prévue 1er semestre 2017 |

Eurocode 3 - Calcul des structures en acier

| Titre | | Référence | Etat d'avancement |
|--|------------------|--------------------------------------|--|
| Partie 1-1: Règles générales et règles pour les bâtiments | | NF EN 1993-1-1 | Publiée, 2005/10 (3e tirage 2010/01) |
| A1 | Amendement | NF EN 1993-1-1/A1 | Publiée 2014/07 (1er tirage) |
| | Annexe nationale | NF EN 1993-1-1/NA | Publiée, 2013/08 (révision - 1er tirage) |
| Partie 1-2: Règles générales - Calcul du comportement au feu | | NF EN 1993-1-2 | Publiée, 2005/11 (3e tirage 2010/06) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1993-1-2/NA | Publiée, 2007/10 (1er tirage) |
| | Annexe nationale | NF EN 1993-1-2/NA | Publiée, 2007/10 (1er tirage) |
| Partie 1-3: Profilés et plaques formés à froid | | NF EN 1993-1-3 | Publiée, 2007/03 (2e tirage 2013/02) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1993-1-3/NA | Publiée, 2007/10 (1er tirage) |
| | Annexe nationale | NF EN 1993-1-3/NA/A1 | Publication prévue 1er semestre 2016 |
| Partie 1-4: Aciers inoxydables | | NF EN 1993-1-4 | Publiée, 2007/02 (1er tirage) |
| A1 | Amendement | EN 1993-1-4/A1 | Publiée, 2015/12 (1er tirage) |
| | Annexe nationale | NF EN 1993-1-4/NA | Publiée, 2008/03 (1er tirage) |
| Partie 1-5: Plaques planes chargées dans leur plan | | NF EN 1993-1-5 | Publiée, 2007/03 (2e tirage 2009/10) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1993-1-5/NA | Publiée, 2007/10 (1er tirage) |
| | Annexe nationale | NF EN 1993-1-5/NA | Publiée, 2007/10 (1er tirage) |
| Partie 1-6: Coques | | NF EN 1993-1-6 | Publiée, 2007/07 (2e tirage 2009/10) |
| A1 | Amendement | EN 1993-1-6/FprA1 | Publication prévue 1er semestre 2016 |
| | Annexe nationale | NF EN 1993-1-6/NA | Publiée, 2010/05 (1er tirage) |
| Partie 1-7: Plaques planes chargées transversalement à leur plan | | NF EN 1993-1-7 | Publiée, 2007/09 (2e tirage 2009/10) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1993-1-7/NA | Publiée, 2008/08 (1er tirage) |
| | Annexe nationale | NF EN 1993-1-7/NA | Publiée, 2008/08 (1er tirage) |
| Partie 1-8: Calcul des assemblages | | NF EN 1993-1-8 | Publiée, 2005/12 (4e tirage 2010/11) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1993-1-8/NA | Publiée, 2007/07 (1er tirage) |
| | Annexe nationale | NF EN 1993-1-8/NA | Publiée, 2007/07 (1er tirage) |
| Partie 1-9: Fatigue | | NF EN 1993-1-9 | Publiée, 2005/12 (3e tirage 2011/03) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1993-1-9/NA | Publiée, 2007/04 (1er tirage) |
| | Annexe nationale | NF EN 1993-1-9/NA | Publiée, 2007/04 (1er tirage) |
| Partie 1-10: Choix des qualités d'acier | | NF EN 1993-1-10 | Publiée, 2005/12 (3e tirage 2009/08) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1993-1-10/NA | Publiée, 2007/04 (1er tirage) |
| | Annexe nationale | NF EN 1993-1-10/NA | Publiée, 2007/04 (1er tirage) |

Eurocode 3 - Calcul des structures en acier (Suite)

| Titre | | Référence | Etat d'avancement |
|--|------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| Partie 1-11: Calcul des structures à câbles ou éléments tendus | | NF EN 1993-1-11 | Publiée, 2007/04 (2e tirage 2009/12) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1993-1-11/NA | Publiée, 2007/12 (1er tirage) |
| | Annexe nationale | NF EN 1993-1-11/NA | Publiée, 2007/12 (1er tirage) |
| Partie 1-12: Règles additionnelles pour l'utilisation de l'EN 1993 jusqu'à la nuance d'acier S 700 | | NF EN 1993-1-12 | Publiée, 2007/08 (2e tirage 2010/01) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1993-1-12/NA | Publiée, 2008/08 (1er tirage) |
| | Annexe nationale | NF EN 1993-1-12/NA | Publiée, 2008/08 (1er tirage) |
| Partie 2: Ponts métalliques | | NF EN 1993-2 | Publiée, 2007/03 (2e tirage 2010/10) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1993-2/NA | Publiée, 2007/12 (1er tirage) |
| | Annexe nationale | NF EN 1993-2/NA | Publiée, 2007/12 (1er tirage) |
| Partie 3-1: Tours et mâts | | NF EN 1993-3-1 | Publiée, 2007/03 (3e tirage 2010/10) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1993-3-1/NA | Publiée, 2008/07 (1er tirage) |
| | Annexe nationale | NF EN 1993-3-1/NA | Publiée, 2008/07 (1er tirage) |
| Partie 3-2: Cheminées | | NF EN 1993-3-2 | Publiée, 2007/04 (1er tirage) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1993-3-2/NA | Publiée, 2008/07 (1er tirage) |
| | Annexe nationale | NF EN 1993-3-2/NA | Publiée, 2008/07 (1er tirage) |
| Partie 4-1: Silos | | NF EN 1993-4-1 | Publiée, 2007/11 (2e tirage 2009/10) |
| A1 | Amendement | EN 1993-4-1/FprA1 | Publication prévue 1er semestre 2016 |
| | Annexe nationale | NF EN 1993-4-1/NA | Publiée, 2010/09 (1er tirage) |
| Partie 4-2: Réservoirs | | NF EN 1993-4-2 | Publiée, 2007/07 (2e tirage 2010/07) |
| A1 | Amendement | EN 1993-4-2/FprA1 | Publication prévue 1er semestre 2016 |
| | Annexe nationale | NF EN 1993-4-2/NA | Publiée, 2010/09 (1er tirage) |
| Partie 4-3: Canalisations | | NF EN 1993-4-3 | Publiée, 2007/07 (2e tirage 2010/10) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1993-5 | Publiée, 2007/08 (2e tirage 2013/12) |
| | Annexe nationale | NF EN 1993-5/NA | Publiée, 2008/08 (1er tirage) |
| Partie 6: Chemins de roulement | | NF EN 1993-6 | Publiée, 2007/09 (2e tirage 2010/10) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1993-6/NA | Publiée, 2011/12 (1er tirage) |
| | Annexe nationale | NF EN 1993-6/NA | Publiée, 2011/12 (1er tirage) |

Eurocode 4 - Calcul des structures mixtes acier-béton

| Titre | | Référence | Etat d'avancement |
|--|------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Partie 1-1: Règles générales et règles pour les bâtiments | | NF EN 1994-1-1 | Publiée, 2005/06 (3e tirage 2010/01) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1994-1-1/NA | Publiée, 2007/04 (1er tirage) |
| | Annexe nationale | NF EN 1994-1-1/NA | Publiée, 2007/04 (1er tirage) |
| Partie 1-2: Règles générales - Calcul du comportement au feu | | NF EN 1994-1-2 | Publiée, 2006/02 (2e tirage 2009/02) |
| A1 | Amendement | NF EN 1994-1-2/A1 | Publiée, 2014/06 (1er tirage) |
| | Annexe nationale | NF EN 1994-1-2/NA | Publiée, 2007/10 (1er tirage) |
| Partie 2: Règles générales et règles pour les ponts | | NF EN 1994-2 | Publiée, 2006/02 (2e tirage 2009/06) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1994-2/NA | Publiée, 2007/05 (1er tirage) |
| | Annexe nationale | NF EN 1994-2/NA | Publiée, 2007/05 (1er tirage) |

Eurocode 5 - Conception et calcul des structures en bois

| Titre | | Référence | Etat d'avancement |
|--|--|-----------------------------------|--|
| Partie 1-1: Généralités - Règles communes et règles pour les bâtiments | | NF EN 1995-1-1 | Publiée, 2005/11 (3e tirage 2013/06) |
| A1 | Amendement | NF EN 1995-1-1/A1 | Publiée, 2008/10 (1er tirage) |
| | Amendement | NF EN 1995-1-1/A2 | Publiée, 2014/07 (1er tirage) |
| AN | Annexe nationale (révision, prise en compte amendement A1) | NF EN 1995-1-1/NA | Publiée, 2010/05 (révision - 1er tirage) |
| | Annexe nationale | NF EN 1995-1-1/NA | Publiée, 2010/05 (révision - 1er tirage) |
| Partie 1-2: Généralités - Calcul des structures au feu | | NF EN 1995-1-2 | Publiée, 2005/09 (3e tirage 2009/10) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1995-1-2/NA | Publiée, 2007/04 (1er tirage) |
| | Annexe nationale | NF EN 1995-1-2/NA | Publiée, 2007/04 (1er tirage) |
| Partie 2: Ponts | | NF EN 1995-2 | Publiée, 2005/03 (1er tirage) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1995-2/NA | Publiée, 2007/04 (1er tirage) |
| | Annexe nationale | NF EN 1995-2/NA | Publiée, 2007/04 (1er tirage) |

Eurocode 6 - Calcul des ouvrages en maçonnerie

| Titre | | Référence | Etat d'avancement |
|--|------------------|-----------------------------------|--|
| Partie 1-1: Règles communes pour ouvrages en maçonnerie armée et non armée | | NF EN 1996-1-1 | Publiée, 2006/03 (2e tirage 2010/01) ; remplacée par version amendée et consolidée |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1996-1-1/NA | Publiée, 2009/12 (1er tirage) |
| | | NF EN 1996-1-1+A1 | Version amendée et consolidée, publiée, 2013/03 (1er tirage) |
| Partie 1-2: Calcul du comportement au feu | | NF EN 1996-1-2 | Publiée, 2006/09 (2e tirage 2011/03) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1996-1-2/NA | Publiée, 2008/09 (1er tirage) |
| Partie 2: Conception, choix des matériaux et mise en œuvre des maçonneries | | NF EN 1996-2 | Publiée, 2006/06 (2e tirage 2010/01) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1996-2/NA | Publiée, 2007/12 (1er tirage) |
| Partie 3: Méthodes de calcul simplifiées | | NF EN 1996-3 | Publiée, 2006/06 (3e tirage 2014/06) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1996-3/NA | Publiée, 2009/12 (1er tirage) |

Eurocode 7 - Calcul géotechnique

| Titre | | Référence | Etat d'avancement |
|---|------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| Partie 1: Règles générales | | NF EN 1997-1 | Publiée, 2005/06 (2e tirage 2011/08) |
| A1 | Amendement | NF EN 1997-1/A1 | Publiée, 2014/04 (1er tirage) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1997-1/NA | Publiée, 2006/09 (1er tirage) |
| Partie 2: Reconnaissance des terrains et essais | | NF EN 1997-2 | Publiée, 2007/09 (2e tirage 2010/10) |

Normes d'application nationale pour la mise en œuvre de l'Eurocode 7

| Titre | | Référence | Etat d'avancement |
|---|------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| Justification des ouvrages géotechniques – Normes d'application nationale de l'Eurocode 7 - Fondations superficielles | | NF P94-261:2013 | Publiée, 2013/06 (1er tirage) |
| Justification des ouvrages géotechniques - Normes d'application nationale de l'Eurocode 7 - Fondations profondes | | NF P94-262:2012 | Publiée, 2012/07 (2e tirage 2013/01) |
| Calcul géotechnique - Ouvrages de soutènement - Remblais renforcés et massif en sol cloué | | NF P94-270: 2009 | Publiée, 2009/07 (2e tirage 2010/06) |
| Justification des ouvrages géotechniques - Ecrans de soutènement - Murs de soutènement | | NF P94-281:2014 | Publiée, 2014/04 (1er tirage) |
| Calcul géotechnique - Ouvrages de soutènement - Ecrans | | NF P94-282: 2009 | Publiée, 2009/03 (1er tirage) |
| A1 | Amendement | NF P94-282/A1 | Publiée, 2015/02 (1er tirage) |
| Ouvrages en terre | | prNF P94-290 | En cours d'élaboration |

Eurocode 8 - Calcul des structures pour leur résistance aux séismes

| Titre | | Référence | Etat d'avancement |
|--|------------------|---------------------------------|--|
| Partie 1: Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments | | NF EN 1998-1 | Publiée, 2005/09 (2e tirage 2010/10) |
| A1 | Amendement | NF EN 1998-1/A1 | Publiée, 2013/05 (1er tirage) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1998-1/NA | Publiée 2013/12 (révision - 1er tirage) |
| Partie 2: Ponts | | NF EN 1998-2 | Publiée, 2006/12 (2e tirage 2010/2) |
| A1 | Amendement | NF EN 1998-2/A1 | Publiée, 2012/09 (1er tirage) |
| A2 | Amendement | NF EN 1998-2/A2 | Publiée, 2012/09 (1er tirage) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1998-2/NA | Publiée, 2013/04 (révision - 1er tirage) |
| Partie 3: Evaluation et renforcement des bâtiments | | NF EN 1998-3 | Publiée, 2005/12 (3e tirage 2013/10) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1998-3/NA | Publiée, 2008/01 (1er tirage) |
| Partie 4: Silos, réservoirs et canalisations | | NF EN 1998-4 | Publiée, 2007/03 (1er tirage) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1998-4/NA | Publiée, 2008/01 (1er tirage) |
| Partie 5: Fondations, ouvrages de soutènement et aspects géotechniques | | NF EN 1998-5 | Publiée, 2005/09 (3e tirage 2013/10) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1998-5/NA | Publiée, 2007/10 (1er tirage) |
| Partie 6: Tours, mâts et cheminées | | NF EN 1998-6 | Publiée, 2005/12 (2e tirage 2006/11) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1998-6/NA | Publiée, 2007/10 (1er tirage) |

Eurocode 9 - Calcul des structures en aluminium

| Titre | | Référence | Etat d'avancement |
|---|------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Partie 1-1: Règles générales – Structures | | NF EN 1999-1-1 | Publiée, 2007/08 (1er tirage) |
| A1 | Amendement | NF EN 1999-1-1/A1 | Publiée, 2010/07 (1er tirage) |
| A2 | Amendement | NF EN 1999-1-1/A2 | Publiée, 2014/01 (1er tirage) |
| AN | Annexe nationale | NF EN 1999-1-1/NA | Publication prévue 1er semestre 2016 |
| Partie 1-2: Calcul du comportement au feu | | NF EN 1999-1-2 | Publiée, 2007/06 (2e tirage 2009/11) |
| Partie 1-3: Règles complémentaires pour les structures sensibles à la fatigue | | NF EN 1999-1-3 | Publiée, 2007/09 (1er tirage) |
| A1 | Amendement | NF EN 1999-1-3/A1 | Publiée, 2012/02 (1er tirage) |
| Partie 1-4: Tôles de structure formées à froid | | NF EN 1999-1-4 | Publiée, 2007/06 (3e tirage 2009/11) |
| A1 | Amendement | NF EN 1999-1-4/A1 | Publiée, 2011/10 (1er tirage) |
| Partie 1-5: Coques | | NF EN 1999-1-5 | Publiée, 2007/06 (2e tirage 2009/12) |

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