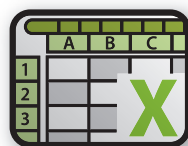


Actions du vent sur les bâtiments



D'après l'Eurocode 1

> Calcul des pressions et forces de vent
sur l'enveloppe des bâtiments



Feuilles de calcul
à télécharger

Guide Eurocode

D'après la norme NF EN 1991-1-4: 2005
(Eurocode 1, partie 1-4)



ACTIONS DU VENT SUR LES BÂTIMENTS

Calcul des pressions et forces de vent sur l'enveloppe des bâtiments

Directeur de collection : Ménad CHENAF (CSTB)

Auteurs : Ménad CHENAF (CSTB)
Erwann BELLOIR (CSTB)
Céline FLORENCE (CSTB)
Gérard GRILLAUD (CSTB)
Julien GUILHOT (CSTB)

Etablissement 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 développement durable 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 ses 909 collaborateurs, ses filiales et de ses réseaux de partenaires nationaux, européens et internationaux, le CSTB est au service de l'ensemble des parties prenantes de la construction pour faire progresser la qualité et la sécurité des bâtiments.

Avertissement

Le présent guide ne se substitue en aucun cas aux textes de référence qu'ils soient réglementaires, normatifs ou codificatifs.

Le CSTB décline toute responsabilité quant aux conséquences directes ou indirectes de toute nature qui pourraient résulter de toute interprétation erronée du contenu du présent guide.

Feuilles de calcul



Vous pouvez télécharger gratuitement les feuilles de calcul développées sous Excel® 2003 sur le site : <http://e-cahiers.cstb.fr/>

Rubrique téléchargement, puis Eurocodes

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).

AVANT-PROPOS

Les autorités publiques ont confié au CSTB l'organisation et la gestion d'un programme d'accompagnement de la mise en œuvre de la directive « produits de construction » (Directive 89/106 du 21 décembre 1988). Ce programme d'accompagnement, appelé « Plan Europe » comporte plusieurs volets, tous concourant à l'intégration des textes techniques européens du domaine de la construction dans les usages français.

Le Plan Europe a été dirigé et organisé par le CSTB, en partenariat avec les acteurs du bâtiment, partenariat formalisé par une convention en date du 1^{er} juin 2004. Les partenaires concernés sont :

- le ministère de l'Équipement, des Transports, de l'Aménagement du Territoire, du Tourisme et de la Mer ;
- le Secrétariat d'État au Logement ;
- la Fédération Française du Bâtiment (FFB) ;
- la Confédération de l'Artisanat et des Petites Entreprises du Bâtiment (CAPEB) ;
- l'Union Sociale pour l'Habitat (USH) ;
- la Fédération française des Promoteurs Constructeurs de France (FPC France) ;
- la Confédération des Organismes indépendants tierce partie de Prévention, de Contrôle et d'Inspection (COPREC) ;
- l'Union Nationale des Syndicats Français d'Architectes (UNSFA) ;
- la Fédération professionnelle de l'ingénierie (SYNTEC-Ingénierie) ;
- la Chambre de l'Ingénierie et du Conseil de France (CICF) ;
- l'Association Française de Normalisation (AFNOR) ;
- le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB).

L'un des volets du Plan Europe est dédié spécifiquement aux Eurocodes. Il vise à procurer aux acteurs de la construction, pour les ouvrages courants, des outils leur permettant d'appliquer les principes et méthodes de dimensionnement proposées dans ces normes. Sont abordés à ce titre tous les matériaux habituels de structure : acier, béton, bois et maçonnerie vis-à-vis des actions normales, climatiques (vent, neige) ou accidentelles (feu, séisme).

Ce guide attire l'attention de l'utilisateur sur le domaine d'application couvert, forcément restreint par rapport à celui de l'Eurocode en question. Le choix délibéré a été de traiter les cas les plus couramment rencontrés. Cette restriction s'accompagnant d'une simplification de traitement.

Enfin, il est indispensable de souligner que les méthodes proposées dans ce guide sont destinées à réaliser des calculs de structure, et que leur utilisation suppose la connaissance des principes généraux de résistance des matériaux et de la mécanique des structures. Cette connaissance est indispensable pour effectuer les choix judicieux qui incombent au calculateur et apprécier la pertinence des résultats obtenus dans le contexte particulier de l'ouvrage qu'il dimensionne.

SOMMAIRE

1.	INTRODUCTION.....	3
1.1	Objet.....	3
1.2	Domaine d'application.....	3
2.	COMBINAISONS D'ACTIONS.....	5
2.1	Généralités (cf. EN 1991-1.3 §2 [①]).....	5
2.2	États Limites Ultimes (ELU STR/EQU).....	5
2.3	États Limites de Service (ELS).....	7
2.4	Récapitulatif.....	8
3.	GÉNÉRALITÉS.....	9
3.1	Actions du vent (cf. NF EN 1991-1-4 §3 [②]).....	9
3.2	Situations de projet.....	9
4.	CALCUL DE LA PRESSION DYNAMIQUE DE POINTE LIÉE AU VENT.....	11
4.1	Choix du vent de référence.....	11
4.2	Hypothèse pour le calcul du vent moyen.....	13
4.3	Détermination de la pression dynamique de pointe.....	15
5.	MÉTHODOLOGIE ET DESCRIPTION DES CALCULS RÉALISÉS.....	17
5.1	Coefficients de pression extérieures toutes directions confondues.....	17
5.2	Forces s'appliquant sur chaque élément.....	18
5.3	Forces globales sur le bâtiment.....	19
6.	EXEMPLE DE LA MAISON INDIVIDUELLE.....	21
6.1	Géométries et hypothèses.....	21
6.2	Les coefficients de pression extérieure toutes directions confondues.....	24
6.3	Les coefficients de pression intérieure.....	37
6.4	Calcul des forces perpendiculaires par élément.....	38
6.5	Calcul des forces globales pour chaque type de maison.....	43
7.	EXEMPLE DE LA HALLE INDUSTRIELLE.....	47
7.1	Géométries et hypothèses.....	47
7.2	Les coefficients de pression extérieure toutes directions confondues.....	50
7.3	Les coefficients de pression intérieure.....	61
7.4	Calcul des forces perpendiculaires par élément.....	61
7.5	Calcul des forces globales pour chaque type de halle industrielle.....	68
8.	EXEMPLE DE LA TOITURE EN VOÛTE CYLINDRIQUE.....	73
8.1	Géométrie et hypothèse.....	73
8.2	Les coefficients de pression extérieure toutes directions confondues.....	74
8.3	Les coefficients de pression intérieure.....	79
8.4	Calcul des forces perpendiculaires par élément.....	79
8.5	Calcul des forces globales pour un bâtiment à toiture en voûte.....	81

9.	EXEMPLE DE LA PASSERELLE	83
9.1	Géométries et hypothèses	83
9.2	Calcul de la force dans la direction x.....	84
9.3	Calcul de la force dans la direction y.....	85
9.4	Calcul de la force dans la direction z.....	85
10.	RÉFÉRENCES	87
11.	GUIDE D'UTILISATION DU CLASSEUR EXCEL.....	89
11.1	Généralités	89
11.2	Saisie des caractéristiques générales du projet	89
11.3	Saisie des caractéristiques particulières au type d'ouvrage.....	93
11.4	Lecture des feuilles de résultats.....	99
11.5	Modification du niveau de sécurité du classeur EXCEL	104

1. INTRODUCTION

1.1 Objet

Le présent Guide concerne la détermination de l'action du vent sur les bâtiments. Il s'inscrit dans le programme d'accompagnement de la Directive Produits de Construction (DPC) et a pour objectif de faciliter l'application de la norme **NF EN 1991-1-4** de novembre 2005 [②] et de son Annexe Nationale de mars 2008 [③].

Le présent guide s'est fixé comme principal objectif de permettre à l'utilisateur la détermination des pressions et des forces statiques équivalentes dues au vent sur les parois des bâtiments, dans le domaine d'emploi spécifié, sans avoir recours à d'autres documents (d'où le rappel sur la norme **NF EN 1990** [④]), et d'identifier immédiatement le cas étudié pour une utilisation plus rapide, avec des exemples d'applications détaillés pour les principaux cas rencontrés.

Le présent Guide se compose :

- d'une partie explicative reprenant les prescriptions de la norme pour ce qui concerne les divers cas de figures relevant du domaine d'application (voir paragraphe 1.2) ;
- d'exemples d'application permettant d'illustrer l'application des prescriptions de la norme ;
- d'un classeur de calcul Excel® (téléchargement gratuit sur <http://e-cahiers.cstb.fr>) programmé pour donner directement les pressions ainsi que les forces résultantes sur les parois, selon les zones de France et le cas de figure souhaité, pour les constructions faisant partie du domaine d'application.

Sur un plan pratique, la principale difficulté vient des nombreux coefficients dont il faut tenir compte dans les calculs, ce qui rend ces derniers quelque peu complexes à mener. L'objet du présent guide est notamment de faciliter la démarche calculatoire en décrivant les principes et en montrant des exemples pratiques d'application de cette démarche.

1.2 Domaine d'application

Le présent Guide garde les méthodes de calcul proposées par la norme **NF EN 1991-1-4** [②], munie de son Annexe Nationale française [③]. Il permet l'évaluation des actions du vent sur les parois des bâtiments, pour les cas suivants :

- maison individuelle :
 - toiture à un versant ;
 - toiture à deux versants ;
 - toiture à quatre versants ;

- bâtiment industriel :
 - toiture-terrasse ;
 - toiture à un versant ;
 - toiture à deux versants ;
- bâtiment avec toiture en voûte ;
- passerelle (plancher ou toiture aérodynamiquement isolée du sol).

Ce guide reprend les mêmes hypothèses que la norme **NF EN 1991-1-4** et son Annexe Nationale française. Le classeur Excel proposé en accompagnement du présent guide vise les bâtiments dont la hauteur au-dessus du sol n'excède pas quinze mètres.

2. COMBINAISONS D' ACTIONS

2.1 Généralités (cf. EN 1991-1.3 §2 [1])

Le vent est considéré comme une action variable, fixe et statique.

Remarque

Une action est considérée comme statique si elle ne provoque pas d'accélération significative de la structure (par opposition à une action dynamique, cf. NF EN 1990 §1.5 [4]).

2.2 États Limites Ultimes (ELU STR/EQU)

Remarque

ELU EQU : perte de l'équilibre statique de la structure ou d'une partie quelconque de celle-ci considérée comme corps rigide, dans lequel des variations mineures de valeur ou de distribution spatiale d'actions d'une source unique sont significatives, et les résistances des matériaux de construction ou du sol ne sont généralement pas dominantes.

ELU STR : défaillance interne ou déformation excessive de la structure ou des éléments structuraux, y compris les semelles, pieux, les murs de soubassement, etc., dans lesquels la résistance des matériaux de construction de la structure domine.

2.2.1 Situations de projet durables et transitoires

Remarque

Une situation de projet est considérée comme durable si elle se réfère aux conditions normales d'utilisation.

Une situation de projet est considérée comme transitoire si elle se réfère à des conditions temporaires applicables à la structure, par exemple en cours d'exécution ou de réparation (cf. NF EN 1990 §3.5).

■ Cas où le vent est l'action variable dominante

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \times G_{k,j} + \gamma_P \times P + 1,5 \times W_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \times \Psi_{0,i} \times Q_{k,i},$$

avec :

$G_{k,j}$: valeur caractéristique de l'action permanente ;

P : action de précontrainte ;

$Q_{k,i}$: valeur caractéristique de l'action variable d'accompagnement.

Remarque

Le symbole « + » signifie « doit être combiné à », et le symbole « Σ » « l'effet combiné de ».

- Cas où le vent est l'action variable d'accompagnement

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \times G_{k,j} + \gamma_P \times P + \gamma_{Q,1} \times Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \times \Psi_{0,i} \times Q_{k,i}.$$

Dans l'expression ci-dessus, l'action du vent apparaîtra dans le dernier terme sous la forme : $1,5 \times 0,6 \times W_{k,j} = 0,9 \cdot W_{k,j}$.

2.2.2 Situations de projet accidentelles

Remarque

Une situation de projet accidentelle se réfère à des conditions exceptionnelles applicables à la structure ou à son exposition, par exemple, incendie, choc, ou conséquences de défaillance localisée (cf. NF EN 1990 §3.5).

- Cas où le vent est l'action variable de base

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d (\Psi_{1,1} \text{ ou } \Psi_{2,1}) \times W_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \times \Psi_{2,i} \times Q_{k,i}.$$

L'action du vent apparaîtra donc dans le troisième terme avec les coefficients suivants :

$$0,2 \times W_{k,j} \text{ pour } \Psi_{1,1} \text{ ou } 0,0 \times W_{k,j} \text{ pour } \Psi_{2,1}.$$

- Cas où le vent n'est pas l'action variable de base

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + (\Psi_{1,1} \text{ ou } \Psi_{2,1}) \times Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \Psi_{2,i} \times Q_{k,i},$$

avec $\Psi_{2,i} = 0$ pour l'action du vent.

Pour les situations de projet accidentelles, la norme NF EN 1991-1-4 indique, en son article 2 (4), que : « lorsque le calcul pose comme hypothèse que les portes et fenêtres seront fermées en cas de tempête, il convient de traiter l'effet de leur ouverture comme une situation de projet accidentelle. »