

Choix de l'analyse globale des ossatures en acier



D'après l'Eurocode 3

- > Analyse élastique avec prise en compte des effets de second ordre et des imperfections
- Introduction à l'analyse plastique

Guide Eurocode

D'après la norme NF EN 1993-1-1: 2005
(Eurocode 3, partie 1-1)



CHOIX DE L'ANALYSE GLOBALE DES OSSATURES EN ACIER

**Analyse élastique avec prise en compte des
effets de second ordre et des imperfections.
Introduction à l'analyse plastique.**

Directeur de collection : Ménad CHENAF (CSTB)
Auteurs : Yvan GALÉA (CTICM)
Alain BUREAU (CTICM)

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.

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.

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 juillet 2011 - Mars 2015

ISBN 978-2-86891-492-7

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) ;
- le Comité professionnel de la Prévention et du Contrôle technique dans la Construction (COPREC) ;
- l'Union Nationale des Syndicats Français d'Architectes (UNSFA) ;
- la Fédération des Professionnels 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 pratiques consistant en des guides d'analyse commentés et des programmes de calcul 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'accompagne 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.	OBJECTIF DU GUIDE	3
2.	DOMAINE D'APPLICATION	5
3.	CONTENU DU GUIDE – CONVENTIONS POUR LES RÉFÉRENCES.....	7
3.1	Contenu du Guide	7
3.2	Notations – Conventions pour les références	8
4.	LES RÈGLES DE L'EN 1993-1-1 ET LEUR INTERPRÉTATION	9
4.1	Analyse structurale.....	9
4.2	Prise en compte des effets du second ordre dans l'analyse structurale	13
4.3	Prise en compte des imperfections dans l'analyse structurale	41
4.4	Comportement plastique.....	58
4.5	Comportement des assemblages poutre-poteau.....	66
4.6	Vérification des barres au flambement par flexion : évolution de l'approche	74
4.7	Organigramme général simplifié pour l'analyse élastique d'ossatures planes de bâtiments courants	77
5.	TRAITEMENT D'OSSATURES TYPES	81
5.1	Portiques de bâtiments industriels courants	81
5.2	Bâtiments multi-étagés courants.....	96
5.3	Contreventement en toiture de bâtiments courants	117
6.	RÉFÉRENCES	127

1. OBJECTIF DU GUIDE

En matière d'analyse structurale des ossatures de bâtiments en acier, les apports de l'Eurocode 3 (notamment l'EN 1993-1-1 [①]) sont suffisamment importants pour chambouler quelque peu les connaissances de nombreux praticiens de bureaux d'études fondées sur la classique analyse élastique linéaire. Ces apports se traduisent par l'introduction, au niveau de l'analyse globale – c'est-à-dire de la détermination même des sollicitations –, de concepts comme les effets du second ordre, les imperfections d'ossature, la plasticité et la semi-rigidité des assemblages. La présentation adoptée souffrant dans l'énoncé des règles de certaines lacunes qui peuvent s'avérer préjudiciables à une mise en application éclairée par un praticien non avisé, le traitement même d'ossatures courantes (comme des portiques à une ou plusieurs nefs) peut dans certains cas ressembler à un parcours du combattant.

Ce Guide se propose donc de clarifier les « nouveaux » concepts introduits par l'Eurocode 3 en précisant certaines définitions et classifications, de décrire les diverses options de méthodes d'analyse présentées et leurs conditions d'application, de dérouler des procédures explicites dans le cas d'ossatures de bâtiments courants, et de rappeler l'incidence du choix et de l'étendue de l'analyse globale sur les modalités de vérification individuelle de résistance des barres. L'objectif est que le praticien se sente mieux guidé dans une démarche qui intervient généralement au départ de tout processus de dimensionnement ou de vérification d'une structure. Quelques exemples illustratifs sur des ossatures de bâtiments courants accompagnent cette démarche de clarification.

2. DOMAINE D'APPLICATION

Bien que certains principes exposés puissent être étendus à un domaine plus large d'ossatures, ce Guide vise surtout les ossatures planes en acier de bâtiments courants réguliers (portiques, bâtiments multi-étagés) chargées dans leur plan. Quelques indications concernant le comportement tridimensionnel de certains bâtiments sont données le cas échéant.

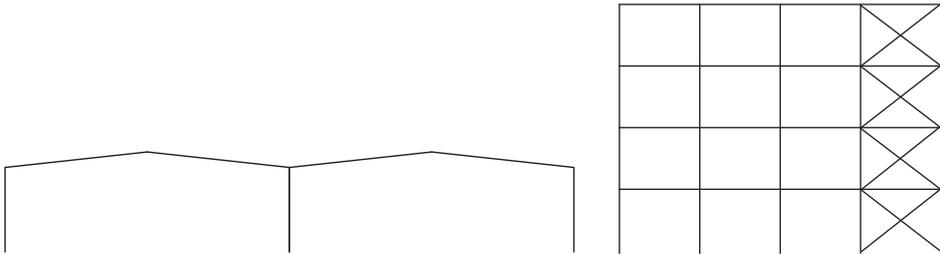


Figure 2.1 : Exemples d'ossatures considérées dans le Guide.

D'une manière générale, c'est l'analyse élastique (statique) des ossatures qui est considérée ici, car elle constitue l'essentiel de la pratique actuelle. L'analyse plastique est cependant abordée succinctement au travers de quelques notions clés et ses conditions d'application sont exposées à l'attention des praticiens qui seraient intéressés par cette approche.

Dans le cadre de cette analyse élastique, sont traitées la sensibilité des ossatures aux effets du changement de géométrie (effets du second ordre), les modalités de prise en compte de ces effets, les modalités d'introduction et de prise en compte des diverses imperfections définies par l'Eurocode 3. Les méthodes exposées pour la prise en compte des effets du second ordre ne couvrent pas toutes les possibilités offertes notamment par les logiciels d'analyse de structures, mais ont été choisies, d'une part pour leur aspect didactique pratique et abordable par le plus grand nombre, et d'autre part parce qu'elles nous semblent correspondre le mieux à l'esprit dans lequel a été rédigé le chapitre 5 « Analyse structurale » de l'EN 1993-1-1.

Par ailleurs, la classification et la caractérisation des assemblages en fonction de leur comportement, qui relève de l'EN 1993-1-8 [2], n'est abordée qu'afin de sensibiliser le praticien à cet aspect et l'amener, le cas échéant, à considérer une modélisation spécifique de certains assemblages de l'ossature.

3. CONTENU DU GUIDE – CONVENTIONS POUR LES RÉFÉRENCES

3.1 Contenu du Guide

Le Guide développe et explicite dans son paragraphe 4 les évolutions principales apportées par l'EN 1993-1-1 en matière d'analyse structurale. Les principes énoncés dans l'Eurocode sont rappelés au paragraphe 4.1, puis chaque type d'évolution ou de nouveau concept recensé dans ce même paragraphe est abordé :

- au paragraphe 4.2 : prise en compte des effets du second ordre dans l'analyse structurale ;
- au paragraphe 4.3 : prise en compte des imperfections dans l'analyse structurale ;
- au paragraphe 4.4 : comportement plastique ;
- au paragraphe 4.5 : comportement des assemblages poutre-poteau.

Ces aspects sont soit abordés en détail (effets du changement de géométrie, imperfections), soit développés plus succinctement (plasticité, assemblages semi-rigides). Notamment pour ce qui concerne l'effet du changement de géométrie, les phénomènes sont mis en évidence sur des ossatures très simples qui permettent néanmoins d'expliquer la nature des effets discutés et d'établir l'origine de certaines formules proposées dans l'Eurocode. L'objectif principal de ce paragraphe 4 est ainsi d'assurer une bonne interprétation des règles de l'EN 1993-1-1 et donc d'en faciliter la bonne application.

L'impact et les conséquences de l'étendue de l'analyse globale sur les modalités de vérification de la résistance individuelle des barres sont abordés au paragraphe 4.6.

Enfin, un organigramme simplifié pour l'analyse élastique d'ossatures de bâtiments courants est proposé au paragraphe 4.7.

Dans son paragraphe 5, ce Guide traite d'ossatures types et décrit une procédure qui leur est adaptée et conforme à l'EN 1993-1-1. Ces ossatures types sont :

- les portiques plans de bâtiments courants à un niveau ;
- les ossatures planes de bâtiments multi-étagés courants ;
- les poutres au vent en toiture de bâtiments courants.

Un exemple est traité pour chacune de ces ossatures types.

3.2 Notations – Conventions pour les références

Dans la mesure du possible, les notations utilisées dans ce Guide sont celles de l'EN 1993-1-1. Cependant, pour alléger les écritures, l'indice « Ed » attaché dans l'EN 1993-1-1 à tout effet d'action de calcul sera généralement omis dans ce Guide.