

CHAPITRE 2

Bases de Calcul du règlement Eurocode 3

2.1. Introduction

Le règlement EC3 est basé sur l'évaluation des actions totales dans deux situations limites. La première situation correspond à l'état d'exploitation normale et appelée situation en service. Le dépassement de cette action en service provoque des déformations nuisibles à l'exploitation normale (présence de fissure, réduction de la durée de vie). La seconde correspond à un état limite ultime au delà duquel l'action exercée provoque l'instabilité de la structure (instabilité par atteinte des contraintes ultimes des matériaux utilisés ou géométrique par flambement local ou global, par déversement, par voilement).

L'action totale en service ou ultime est le résultat d'une combinaison des charges et des surcharges permanentes telle que poids propres de la structure, revêtements ..., d'exploitations telle que les personnes meubles et autres, des actions climatiques à titre d'exemple actions du vent, actions de la neige, actions de la température et éventuellement des actions accidentelles.

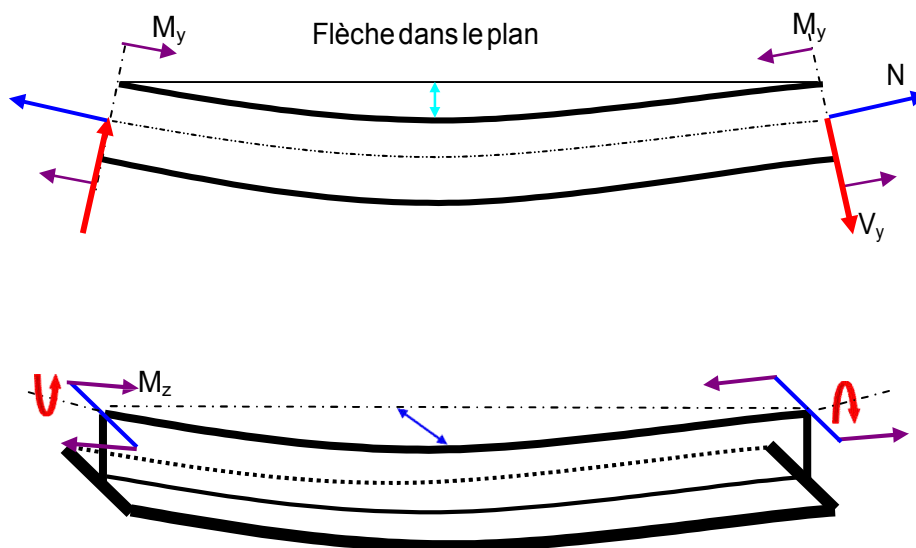
2.2. Etats limites

Un état limite est un état particulier, au de la du quel une structure ne satisfait plus aux exigences pour les quelles elle a été conçue et dimensionnée. On distingue deux types d'états limites:

- L'état limite de service (**E.L.S**) qui correspond à l'utilisation courante et quotidienne de l'ouvrage et qui limite les déformations de la structure afin d'éviter des désordres secondaires et garantir la pérennité de l'ouvrage (limitation de la flèche, limitation des déplacements et des rotations aux nœuds, non fissuration du béton...). Le comportement des matériaux est absolument élastique.
- L'état limite ultime (**E.L.U**) qui correspond à un cas de charge exceptionnel ultime (par exemple neige trentenaire, crue centenaire...) pour le quel la stabilité de l'ouvrage

doit être garantie bien qu'étant à la limite de la ruine. Un état limite ultime est atteint lorsque l'on constate une perte d'équilibre, une instabilité de forme, une rupture d'élément, une déformation plastique excessive...

Les sollicitations (efforts internes) N effort normal, V_y effort tranchant, V_z effort tranchant, M_y moment fléchissant autour de G_y dans le plan, M_z moment fléchissant autour de G_z hors du plan et M_x moment de torsion autour de G_x . Les sollicitations évaluées à l'ELS permettront de calculer d'une part les contraintes maximales qui sont limitées par des contraintes admissibles et d'autre part les flèches et les déplacements qui sont également limités par des déformations admissibles (en adoptant un comportement élastique du matériau). Les sollicitations évaluées à l'ELU doivent être inférieures aux efforts limites ultimes évaluées d'après le règlement FC3.



Finalement les éléments de la structure doivent être justifiés à l'ELS et à l'ELU. Le principe des justifications est basé d'une part sur l'évaluation des contraintes appliquées et d'autre part sur la détermination des contraintes admissibles. Il paraît qu'un coefficient de sécurité global (γ) ne peut pas tenir compte de toutes variations dans les actions. Par conséquent il faut décomposer le coefficient de sécurité global γ en coefficients de sécurité partiels afin de prendre en compte l'incertitude dans l'évaluation de chaque action et dans la détermination des résistances des matériaux. Alors, la sécurité devient s'exprimer par :

$$\sum \gamma_i \cdot \sigma_i \leq \frac{R}{\gamma_m}$$

Avec γ_i coefficient de sécurité partiel et γ_m coefficient de sécurité partiel matériau ($\gamma_m = 1$ pour acier agréé et 1,1 pour acier non agréé).

Les coefficients de sécurité partiels γ_i peuvent être appliqués soit sur les efforts internes ou sur les contraintes qui en résultent.

2.3. Actions prises en compte dans les calculs

Dans les normes, les actions sont classées selon leur variation dans le temps, en actions permanentes, variables ou accidentelles. Ces trois types d'action (chargement) sont brièvement décrits ci-dessous :

i. Actions permanentes (charges permanentes G)

Les actions permanentes sont celles qui ne varient pas dans le temps, comme :

- Le poids propre d'une structure et d'un équipement fixe ;
- L'action de la précontrainte ;
- Le déplacement différentiel des appuis ;
- La déformation imposée à la construction.

ii. Actions variables (surcharges Q)

Les actions variables sont celles qui peuvent varier dans le temps.

- Les charges d'exploitation, Q_e
- L'action du vent, Q_w
- L'action de la neige, Q_s
- L'action des gradients thermiques (variation relative de longueur de -4.10^{-4} à $+3.10^{-4}$, ce qui correspond à une variation de température de -33° à $+25^\circ$, par rapport à la température ambiante). Q_T

iii. Actions accidentelles A

Les actions accidentelles résultent de conditions exceptionnelles telles qu'un incendie, une explosion et des impacts (Chocs de véhicules).

Ce dernier type d'actions est rarement pris en compte ; uniquement s'il est spécifié sur le cahier des charges du marché.

2.4. Coefficients partiels de sécurité

Les coefficients de sécurité partiels γ_i sont définis à l'ELU par :

	Actions permanentes	Actions variables de base Q_1	Actions variables d'accompagnement $Q_i ; i=2,3 \dots$
Effet défavorable	$\gamma_G = 1.35$	$\gamma_Q = 1.50$	$\gamma_Q = 1.50$
Effet favorable	$\gamma_G = 1.00$	$\gamma_Q = 0$	$\gamma_Q = 0$

Une action variable se présente de plusieurs façons qui dépendent de la durée d'application et de sa fréquence :

- Valeur nominale : Q
- Valeur de combinaison $\psi_0 \cdot Q$
- Valeur fréquente : $\psi_1 \cdot Q$
- Valeur quasi-permanente : $\psi_2 \cdot Q$

Les valeurs du coefficient ψ figurent dans le tableau suivant.

Tableau A1.1(F) : Valeurs des coefficients ψ pour les bâtiments

Action	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Charges d'exploitation des bâtiments (voir NF EN 1991-1.1)			
- Catégorie A : habitation, zones résidentielles	0,7	0,5	0,3
- Catégorie B : bureaux	0,7	0,5	0,3
- Catégorie C : lieux de réunion	0,7	0,7	0,6
- Catégorie D : commerces	0,7	0,7	0,6
- Catégorie E : stockage	1,0	0,9	0,8
- Catégorie F : zone de trafic, véhicules de poids ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
- Catégorie G : zone de trafic, véhicules de poids compris entre 30 et 160 kN	0,7	0,5	0,3
- Catégorie H : toits	0	0	0
Charges dues à la neige sur les bâtiments (voir NF EN 1991-1-3)			
- pour les lieux situés à une altitude $H > 1000$ m au dessus du niveau de la mer, et pour Saint-Pierre et Miquelon	0,70	0,50	0,20
- pour les lieux situés à une altitude $H \leq 1000$ m au dessus du niveau de la mer	0,50	0,20	0
Charges dues au vent sur les bâtiments (voir NF EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Action de la température (hors incendie) dans les bâtiments (voir NF EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0

NOTE Pour des actions variables particulières non définies dans l'Eurocode EN 1991, une simplification (admise) consiste à considérer que $\psi_0 Q_k = Q_k$

Les coefficients de sécurité partiels γ_i sont définis à l'ELS par :

	Actions permanentes	Actions variables de base Q_1	Actions variables d'accompagnement Q_i ; $i=2,3 \dots$
Effet défavorable	$\gamma_G = 1$	$\gamma_Q = 1$	$\gamma_Q = 1$
Effet favorable	$\gamma_G = 1$	$\gamma_Q = 0$	$\gamma_Q = 0$

2.5. Combinaisons d'actions

2.5.1. Combinaisons d'actions à l'ELU

La combinaison fondamentale s'écrit en fonction des actions permanentes G_i et des n actions variables Q_i . Soit Q_1 l'action variable de base choisie avec sa valeur nominale et Q_i les actions variables d'accompagnement avec leurs valeurs de combinaison $\psi_{0i}Q_i$.

$$\sum \gamma_{G_i} \cdot G_i + \gamma_{Q_1} \cdot Q_1 + \sum_{i \geq 2}^n \gamma_{Q_i} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_i$$

Si on a n actions variables, on aura n combinaisons à écrire ; la combinaison à retenir est celle qui donne l'action la plus élevée.

Combinaison simplifiée :

La combinaison fondamentale peut être remplacée par celle qui se révèle la plus contraignante parmi les combinaisons données ci-après :

- Avec prise en compte uniquement de l'action variable la plus défavorable :

$$\left(\sum \gamma_{G_i} \cdot G_i \right) + \gamma_{Q_i} \cdot Q_i$$

- Avec prise en compte de toutes les actions variables défavorable :

$$\left(\sum \gamma_{G_i} \cdot G_i \right) + 0.9 \sum_{i=1}^n \gamma_{Q_i} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_i$$

2.5.2 Combinaisons d'actions à l'ELS

Elles servent exclusivement pour le calcul et la vérification des déformations (flèches et déplacements)

La combinaison fondamentale s'écrit : $G + 0.9 \sum_{i=1}^n Q_i$

Cette combinaison peut être remplacée par :

- Combinaisons rares. $G + Q + \sum_{i \geq 2}^n \psi_{0i} Q_i$

- Combinaisons fréquentes. $G + \psi_1 Q_1 + \sum_{i \geq 2}^n \psi_{2i} Q_i$
- Combinaisons quasi-permanentes. $G + \sum_{i=1}^n \psi_{2i} Q_i$

Nombre d'actions variables	ELU (verification des résistances)	ELS (verification des déformations)
Avec prise en compte uniquement de l'action variable la plus défavorable :	$1.35 G_{\max} + 1.5 Q_i$ ou $G_{\min} + 1.5 Q_i$	$G + Q$
Avec prise en compte de toutes les actions variables défavorables :	$1.35 G_{\max} + 1.35 \sum Q_i$ ou $G_{\min} + 1.35 \sum Q_i$	$G + 0.9 \sum Q_i$
Avec G_{\max} : action permanente totale défavorable G_{\min} : action permanente totale favorable Q_i : action variable défavorable.		

2.6. Valeurs limites des déformations

Le règlement **EUROCODE 3** recommande des limites qui sont les suivantes et qui restent approximatives :

Verticalement	Toitures en général	$f = \frac{L}{200}$	$\delta_2 = \frac{L}{250}$
	Planchers en général	$f = \frac{L}{250}$	$\delta_2 = \frac{L}{300}$
	Planchers supportant de poteaux	$f = \frac{L}{400}$	$\delta_2 = \frac{L}{500}$
Horizontalement	Poteau de portiques en général	$\Delta = \frac{L}{300}$	
	Poteau de portiques avec un pont roulant	$\Delta = \frac{L}{500}$	

f : flèche dans l'état final, par rapport à la droite reliant les appuis d'une poutre.

$$f = \delta_1 + \delta_2 - \delta_0$$

δ_0 : Pré-centrage (contre flèche résultant de la précontrainte de la poutre non chargée)

δ_1 : variation de la flèche de la poutre due aux charges permanentes immédiatement après chargement.

δ_2 : variation de la flèche de la poutre due aux charges variables augmentée de toutes les déformations dans le temps due aux charges permanentes (fluage, retrait...).

Δ : déplacement horizontal en tête de poteaux.

L : Portée

