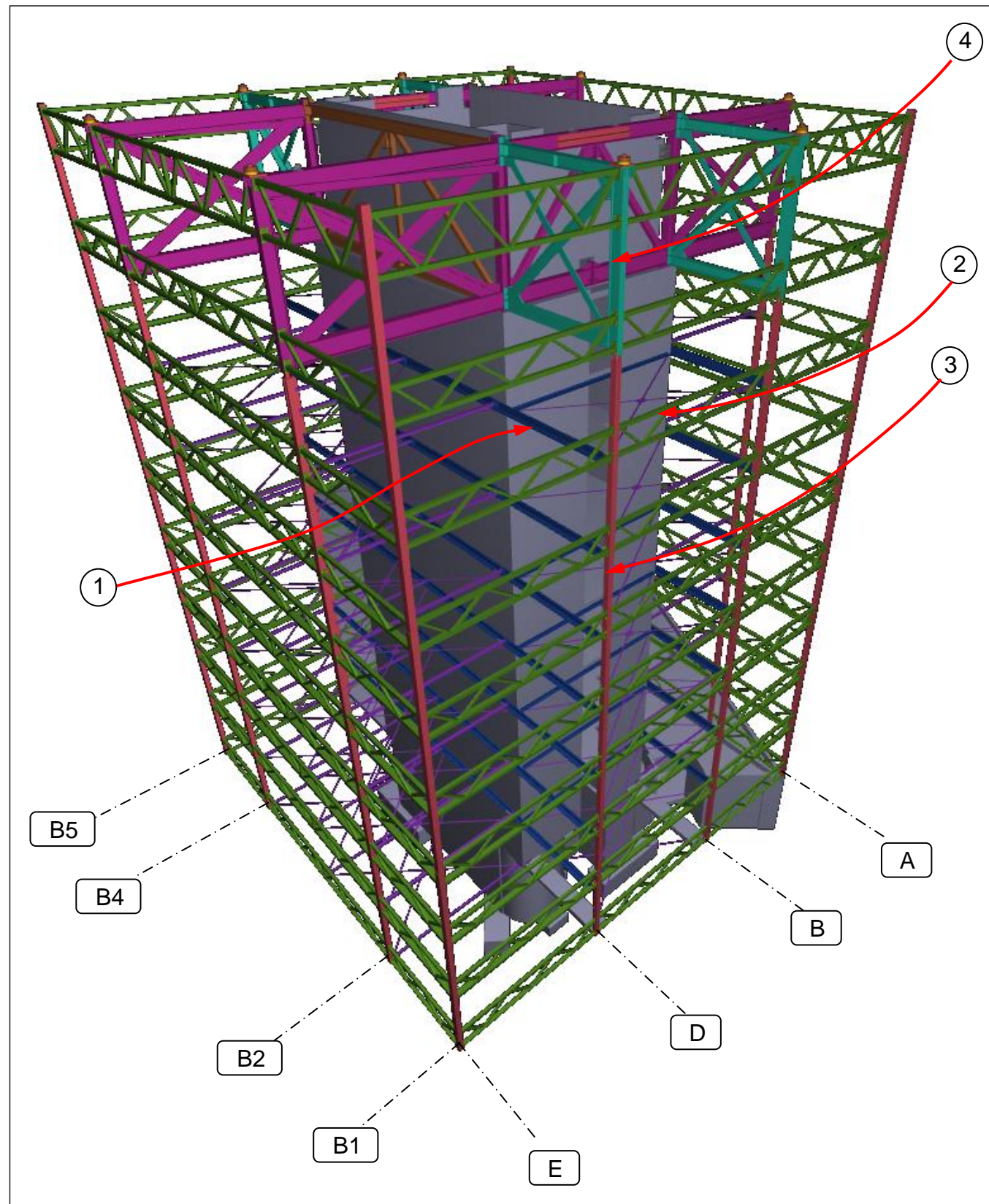
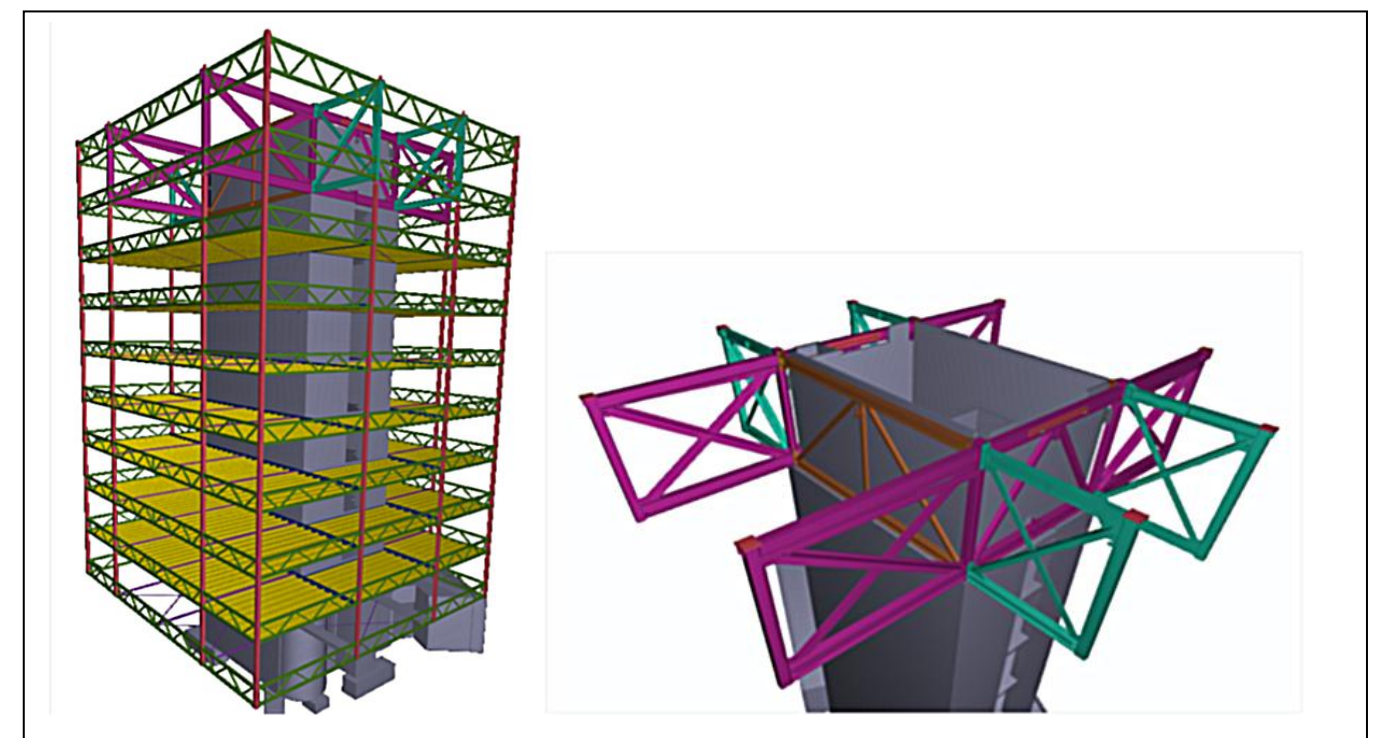
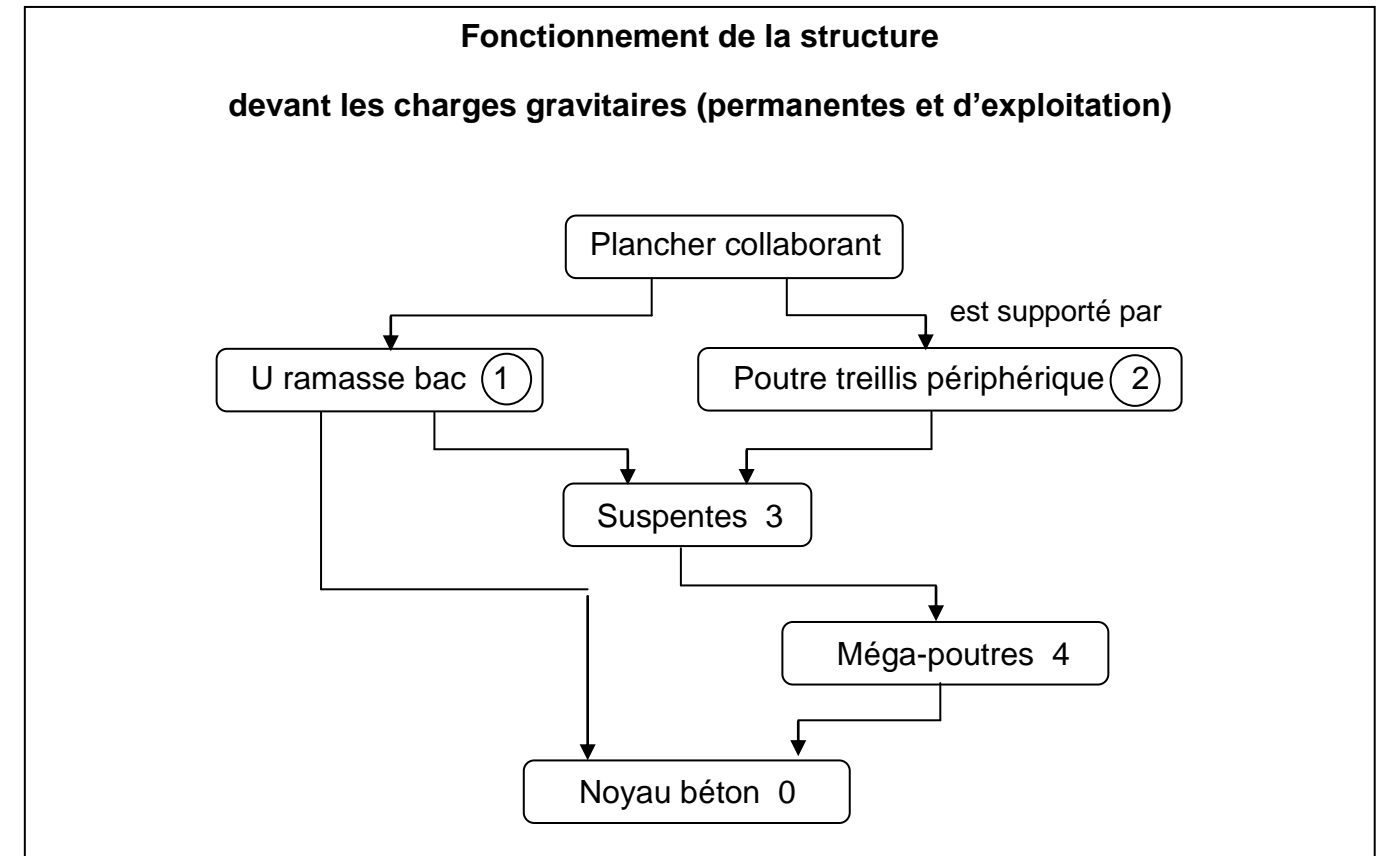


PARTIE I : DESCRIPTION DE L'OUVRAGE



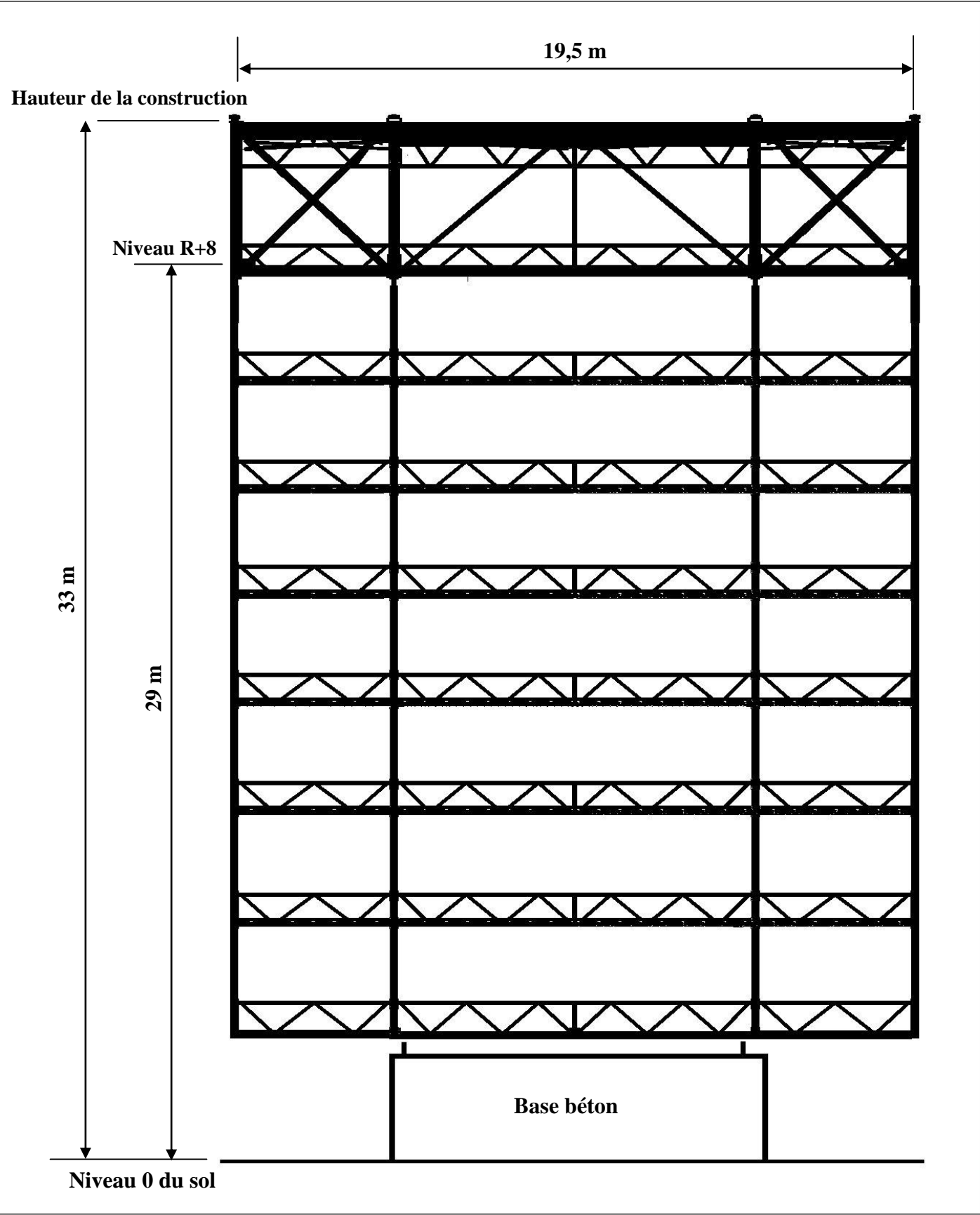
Vue perspective de la structure sans les planchers



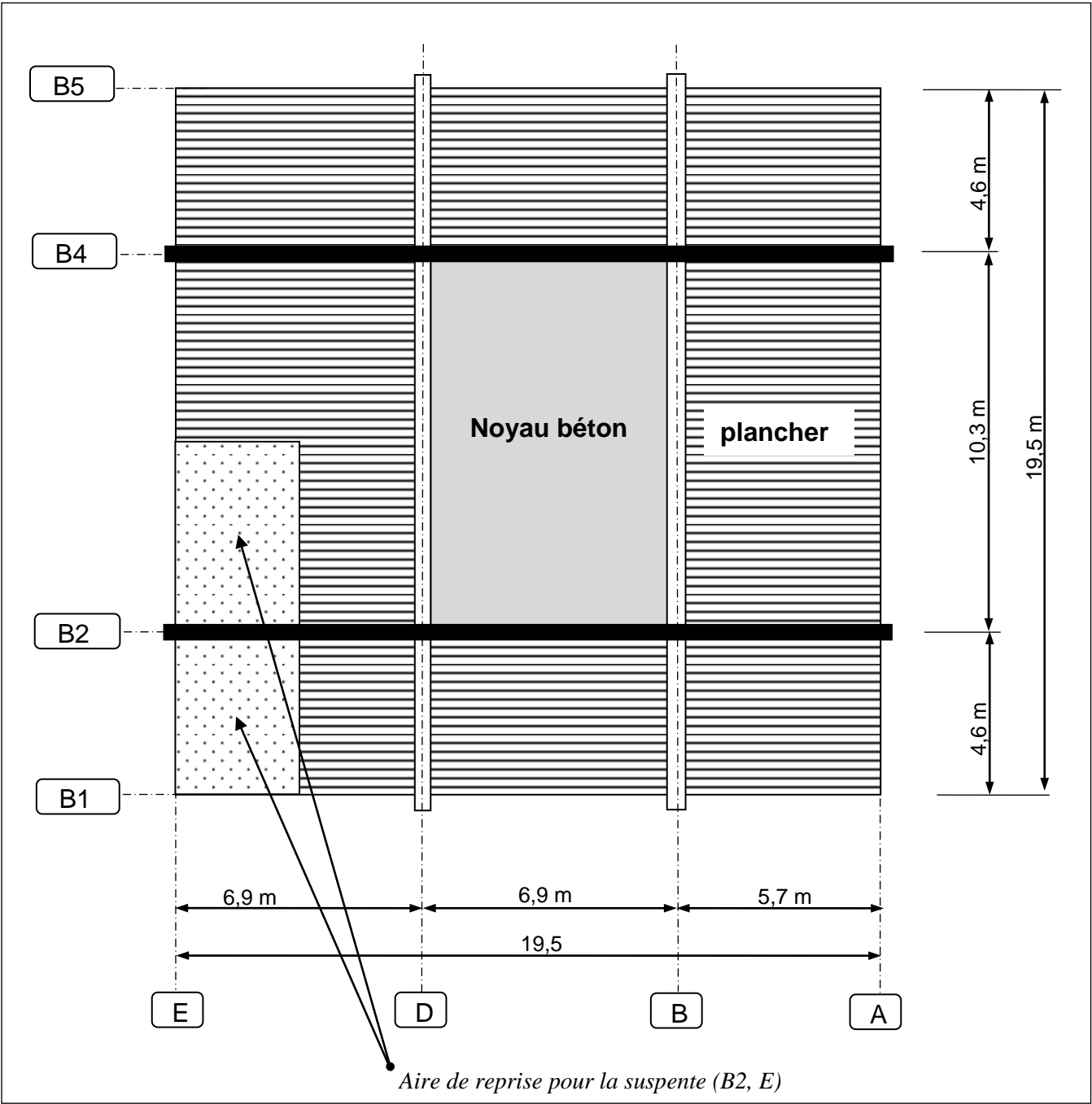
Vue avec les planchers

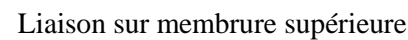
Méga-poutres

Vue en élévation simplifiée sans le noyau béton



Vue en plan simplifiée





CODE DU TRAVAIL

Article R4216-24

▶ Créé par Décret n°2008-244 du 7 mars 2008 - art. (V)

Afin de prendre en compte l'augmentation des risques en cas de sinistre, les bâtiments dont le plancher bas du dernier niveau est situé à plus de huit mètres du sol extérieur ont une structure d'une stabilité au feu de degré une heure et des planchers coupe-feu de même degré.
Ils sont isolés de tout bâtiment ou local occupé par des tiers, au minimum par des parois coupe-feu de degré une heure ou par des sas comportant des portes pare-flammes de degré demi-heure munies de ferme-porte et s'ouvrant vers l'intérieur du sas.

**ARRETE DU 30 DECEMBRE 2011 PORTANT REGLEMENT DE SECURITE POUR
LA CONSTRUCTION DES IMMEUBLES DE GRANDE HAUTEUR ET LEUR
PROTECTION CONTRE LES RISQUES D'INCENDIE ET DE PANIQUE**

Stabilité au feu

La stabilité au feu des éléments de la structure de l'immeuble (poteaux, poutres, planchers, etc.) est de degré deux heures ou R 120.

TERMINOLOGIE DES DEGRES DE RESISTANCE AU FEU

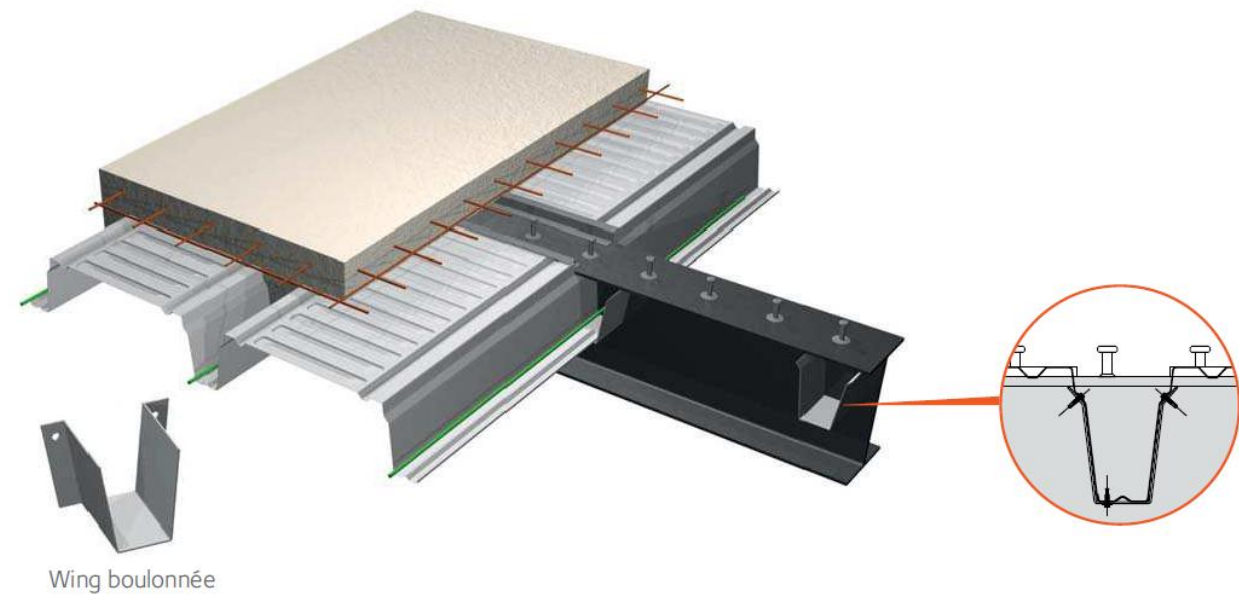
Equivalences		Exemples
Stable au feu	R	Une solution coupe-feu 1h30 est REI90 Une solution stable au feu 4h est R240
Pare-flammes	RE	
Coupe-feu	REI	

Une solution REI est automatiquement classée RE et R.

LES DEUX SOLUTIONS ENVISAGEES POUR LES PLANCHERS

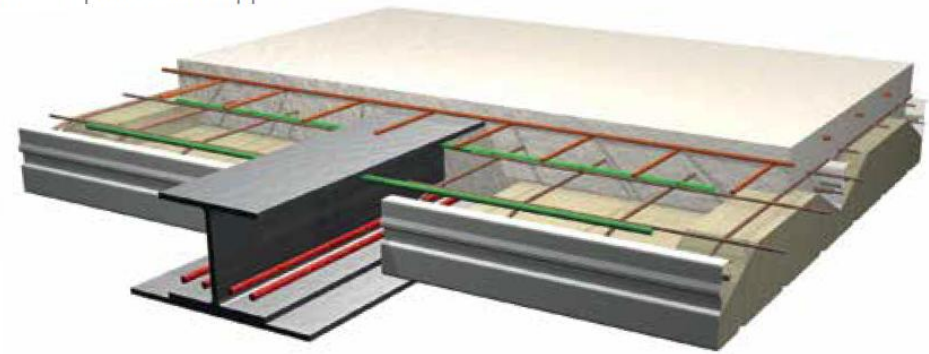
Cofraplus 220 avec consoles Wing®

Les Wings sont des consoles qui peuvent être soit préalablement soudées sur la poutre soit boulonnées sur site.

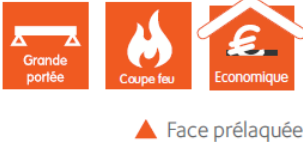
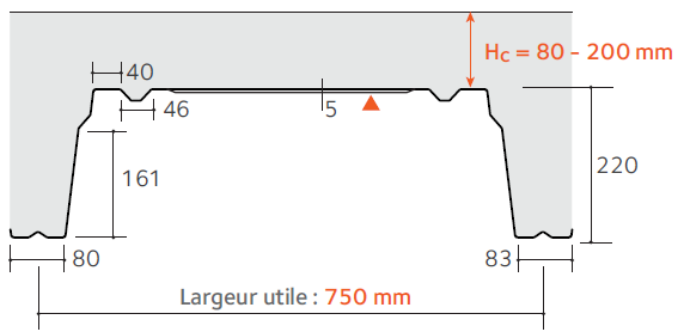


Cofradal sur poutre CoSfb

L'intégration de la poutre CoSfb dans l'épaisseur du plancher Cofradal® évite toute retombée et lui permet d'être stable au feu R60 sans protection rapportée.



EXTRAITS DE LA DOCUMENTATION TECHNIQUE COFRAPLUS



Cofraplus® 220 est un plancher additif, ce qui signifie que les performances mécaniques du profil acier d’une part et de la dalle nervurée en béton armé d’autre part s’associent pour donner au plancher sa pleine résistance.

La performance mécanique de ce plancher le destine à tout type de construction, particulièrement pour les ouvrages de grandes portées et de fortes charges (parkings, tertiaire, industriel,...)

Le profil Cofraplus® 220 est galvanisé (ZM évolution) en version standard et peut être prélaqué sur demande.

Caractéristiques du plancher	Epaisseur nominale du profil (en mm)	
	1,13	1,25
Poids (daN/m²)	15,14	16,75
Section Ap : (cm²/ml)	18,17	20,17
Inertie efficace Ieff (cm⁴/ml) (*)	926	1 063
Position fibre neutre vi (cm)	15,99	15,99
Module d’inertie I/vi (cm³/ml)	57,91	66,48

(*) suivant DTA, l’inertie du plancher varie en fonction de la portée et de l’épaisseur **hc**.

Suivant DTA N°3.1/17-927_V1

Caractéristiques du matériau de base		Normes
Nuance d’acier	S 350 GD	NF EN 10346
Type de protection	Acier galvanisé ZM 175 évolution et	NF EN 10346
	acier galvanisé ZM 175 évolution prélaqué	NF P 34-310 ETPM ZM Evolution NF EN 10169+A1 NF P 34-301
Revêtement		Normes
Hairplus 25	Catégorie IIIa	NF P 34-310
	Catégorie CPI3	NF EN 10169+A1
Autres revêtements	sur consultation	

Consommation nominale de béton

	Epaisseur Hc (cm)							
	80	90	100	110	120	130	140	150
Litrage (l/m²)	117	127	137	147	157	167	177	187
Poids théorique du plancher (daN/m²)	308	333	358	383	408	433	458	483

Poids volumique du béton 2 500 daN/m³

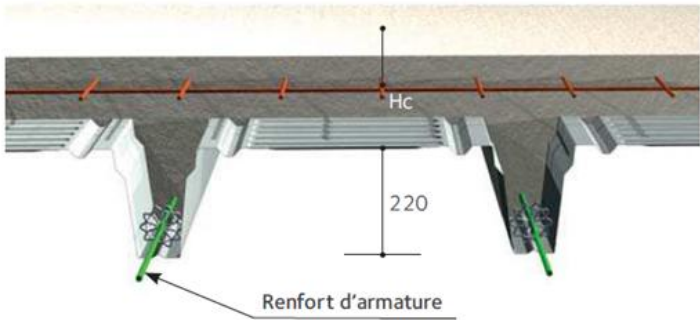


Résistance au feu

	REI (min)			
	30	60	90	120
Hc mini (mm)	80	80	100	120

Les renforts d’armatures sont fonction des hypothèses du chantier.

Une note de calcul spécifique sera communiquée par notre bureau d’études (suivant EFR – 17-002508).



EXTRAITS DE LA DOCUMENTATION TECHNIQUE COFRADAL

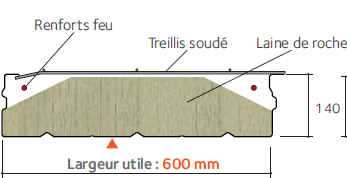
Cofradal® est un plancher composite destiné à tout type de construction. Sa légèreté et sa performance lui permettent de franchir de grandes portées. Cofradal® en version Décibel permet la réalisation d’un plafond acoustique en acier prélaqué.



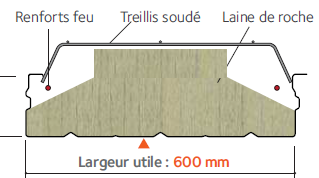
Suivant Avis Technique N°3-1/11-687_V1

Caractéristiques du matériau de base		Normes
Nuance d’acier	S 320 GD	NF EN 10346
Type de protection	Acier galvanisé ZM évolution et	NF EN 10346
	acier galvanisé ZM évolution prélaqué	NF P 34-310 ETPM ZM Evolution NF EN 10169+A1 NF P 34-301
Revêtement		
Hairplus 25	Catégorie IIIa	NF P 34-310
	Catégorie CPI3	NF EN 10169+A1
Autres revêtements	Sur consultation	

Cofradal® 200

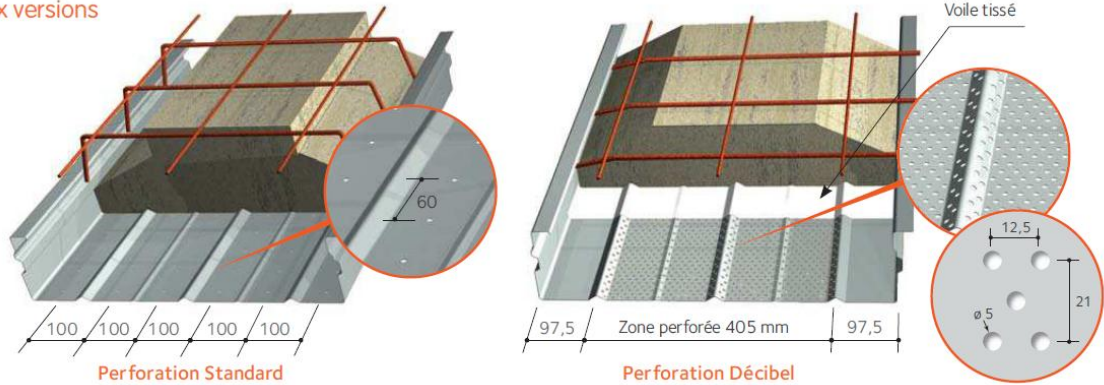


Cofradal® 260



Cofradal®	200	260
Epaisseur du complexe (mm)	200	260
Poids plancher fini (daN/m²) Hors zones d'appuis et BN	240	280

Deux versions



Résistance au feu

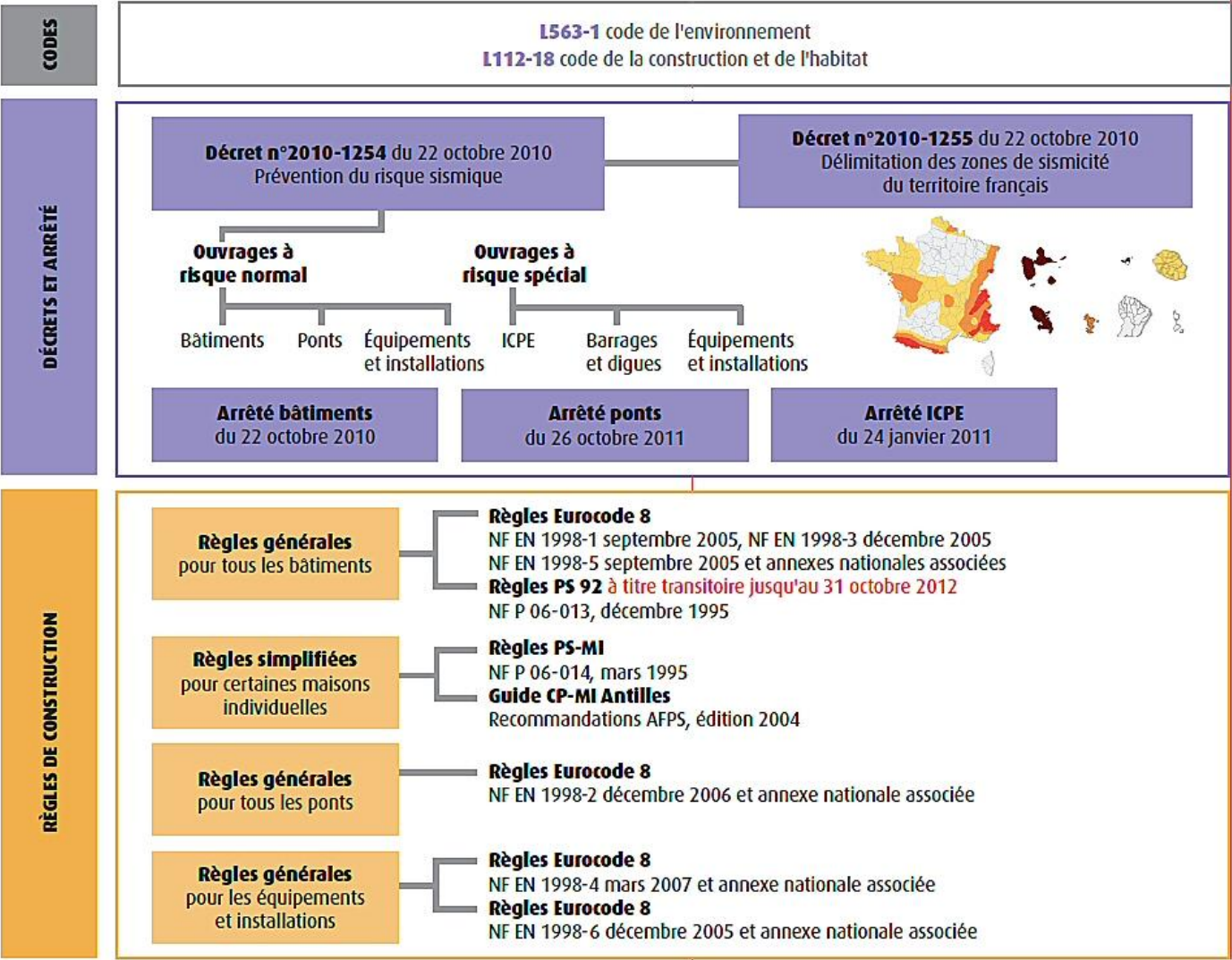
Cofradal®		200			260		
Portée (m)		5,00	6,00	7,00	6,00	7,50	8,00
REI (min)		120			120		
G' (daN/m²)	Q (daN/m²)						
100	250	HA 12	HA 16	HA 16	HA 16	HA 16	HA 16
70	350	HA 12	HA 16		HA 16	HA 16	
100	500	HA 12			HA 16		

REI : degré coupe-feu du plancher brut
L’intégration d’un panneau de laine de roche et de renforts d’armatures permettent d’obtenir une résistance REI 120 jusqu’à la portée maximale.





PARTIE III : EXTRAIT DES NORMES EN VIGUEUR POUR LES CALCULS REGLEMENTAIRES

Règlementation parasismique

Extrait de la brochure Prévention des risques naturels - Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie



Catégorie d'importance de l'ouvrage :

Catégories d'importance	Description	Exemples
I	 <ul style="list-style-type: none">Bâtiments dans lesquels il n'y a aucune activité humaine nécessitant un séjour de longue durée	Hangars, bâtiments agricoles
II	 <ul style="list-style-type: none">Habitations individuellesÉtablissements recevant du public (ERP) de catégories 4 et 5Habitations collectives de hauteur inférieure à 28 mBureaux ou établissements non commerciaux, non ERP, hauteur ≤ 28 m, maximum 300 personnesBâtiments industriels pouvant accueillir au plus 300 personnesParcs de stationnement ouverts au public	Maisons individuelles, petits bâtiments
III	 <ul style="list-style-type: none">ERP de catégories 1, 2 et 3Habitations collectives et bureaux, hauteur >28 mBâtiments pouvant accueillir plus de 300 personnesÉtablissements sanitaires et sociauxCentres de production collective d'énergieÉtablissements scolaires	Grands établissements, centres commerciaux, écoles
IV	 <ul style="list-style-type: none">Bâtiments indispensables à la sécurité civile, la défense nationale et le maintien de l'ordre publicBâtiments assurant le maintien des communications, la production et le stockage de l'eau potable, la distribution publique de l'énergieBâtiments assurant le contrôle de la sécurité aérienneÉtablissements de santé nécessaires à la gestion de criseCentres météorologiques	Protection primordiale : hôpitaux, casernes...

Zonage sismique :

Nouveau zonage sismique (depuis le 01/05/2011)
Décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010

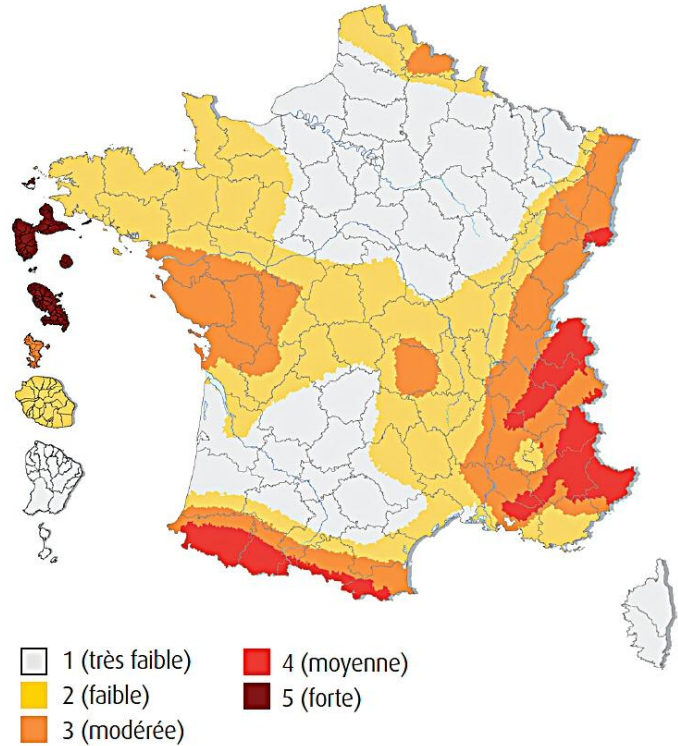






Tableau de prise en compte du risque :

☒ Catégorie d'importance des bâtiments					
		I	II	III	IV
☒ Zones de sismicité					
Zone 1	Pas de prise en compte obligatoire				
Zone 2	aucune exigence			Eurocode 8 ³ $a_{gr}=0,7 \text{ m/s}^2$	
Zone 3	PS-MI ¹		Eurocode 8 ³ $a_{gr}=1,1 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 ³ $a_{gr}=1,1 \text{ m/s}^2$	
Zone 4	PS-MI ¹		Eurocode 8 ³ $a_{gr}=1,6 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 ³ $a_{gr}=1,6 \text{ m/s}^2$	
Zone 5	CP-MI ²		Eurocode 8 ³ $a_{gr}=3 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 ³ $a_{gr}=3 \text{ m/s}^2$	

¹ Application possible (en dispense de l'Eurocode 8) des PS-MI sous réserve du respect des conditions de la norme PS-MI

² Application possible du guide CP-MI sous réserve du respect des conditions du guide

³ Application obligatoire des règles Eurocode 8

En 1090 : définition des classes d'exécution

RECOMMANDATIONS POUR LA DETERMINATION DES CLASSES D'EXECUTION SELON LA NF EN 1090-2 POUR LES STRUCTURES EN ACIER DE BATIMENT
JANVIER 2015 BNCM - CNC2M

Tableau 1 : Définition des classes de conséquences "Ouvrage"

Classes de conséquences "Ouvrage »	Exemples de constructions courantes
CCO.1	<ul style="list-style-type: none">- Maisons individuelles ;- Bâtiments agricoles ;- Bâtiments peu fréquentés, dont aucune partie ne se situe à une distance d'un autre bâtiment ou d'une zone fréquentée, inférieure à 1,5 fois leur hauteur (par exemple petit stockage, activité artisanale unique).
CCO.2a	<ul style="list-style-type: none">- Bâtiments d'habitation collective, d'hôtellerie, et de bureaux jusqu'à R+3 ;- Bâtiments industriels de hauteur jusqu'à 8 m à la sablière ;- Locaux de vente au détail jusqu'à R+2, surface de plancher par niveau inférieure à 1000 m² ;- Autres bâtiments recevant du public, jusqu'à R+1, surface de plancher par niveau inférieure à 2000 m² (sauf ceux cités dans une classe supérieure du fait de leur destination) ;- Parkings aériens couverts à simple rez-de-chaussée.
CCO.2b	<ul style="list-style-type: none">- Bâtiments d'habitation, d'hôtellerie, de bureaux, et locaux de vente au détail jusqu'à 28 mètres de hauteur ;- Bâtiments scolaires ;- Bâtiments industriels de hauteur au-delà de 8 m à la sablière ;- Autres bâtiments recevant du public, jusqu'à 28 mètres de hauteur, surface de plancher par niveau inférieure à 5000 m² ;- Autres bâtiments accueillant plus de 300 personnes en fonctionnement normal ;- Parkings aériens jusqu'à R+5.
CCO.3	<ul style="list-style-type: none">- Bâtiments définis en CCO.2b en dehors des limites fixées ;- Tous bâtiments de catégorie d'importance IV au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010* [7] ;- Bâtiments abritant des substances ou produits dangereux (SEVESO seuil haut et bas)**.
<p>* Exemples de bâtiments de catégorie d'importance IV [7]:</p> <ul style="list-style-type: none">- les bâtiments abritant les moyens de secours ;- les bâtiments des établissements de santé au sens de l'article L.711-2 du code de la santé publique ;- les bâtiments de production ou de stockage d'eau potable ;- les bâtiments des centres de distribution publique de l'énergie ;- les bâtiments des centres météorologiques, etc... <p>** Installations classées soumises aux règles de la DIRECTIVE SEVESO III [9]</p>	

Tableau 2 : Définition des familles d'éléments

Famille	Types d'élément structural
A	Eléments secondaires ne participant pas à la stabilité générale* <ul style="list-style-type: none"> — Empannage : pannes, éclisses, échantignoles, liernage, bracons, chevêtres ; — Eléments de façade : lisses, montants de bardage, linteaux ; — Eléments de plancher jusqu'à 8 mètres de portée ; — Auvents jusqu'à 3 mètres de portée et acrotères.
B	Eléments de circulation courants <ul style="list-style-type: none"> — Eléments porteurs de passerelle de circulation jusqu'à 10 mètres de portée, et jusqu'à 2 UP (unités de passage) ; — Poutrason, limons, et supports d'escaliers ; — Eléments porteurs des passerelles d'entretien.
C	Eléments de plancher <ul style="list-style-type: none"> — Solives de portée supérieure à 8 mètres ; — Poutres à âme pleine, de portée supérieure à 8 mètres ; — Poutres alvéolaires (toutes configurations) ; — Poteaux pendulaires et consoles supports de plancher.
D	Supports d'équipements industriels <ul style="list-style-type: none"> — Chemins de roulement pour ponts roulants de capacité inférieure ou égale à 100 kN, contreventements associés, consoles-supports ; — Supports de machines courantes (capacité limitée à 100 kN).
D+	Supports d'équipements industriels lourds <ul style="list-style-type: none"> — Chemins de roulement pour ponts roulants de capacité supérieure à 100 kN, contreventements associés, consoles-supports ; — Supports de machines lourdes.
E	Eléments courants de structure principale ** <ul style="list-style-type: none"> — Eléments constitutifs de portiques de portée inférieure ou égale à 35 mètres et de hauteur inférieure ou égale à 15 mètres (poteaux, traverses à âme pleine, traverses treillis) ; — Poutres treillis de portée inférieure ou égale à 35 mètres ; — Poutres-au-vent, palées de stabilité ; — Auvents (portée maximum 6 mètres) ; — Eléments porteurs de passerelle de circulation de portée supérieure à 10 mètres et inférieure ou égale à 35 mètres, de plus de 2 UP (Unités de passage).
E+	Eléments complexes de structure <ul style="list-style-type: none"> — Eléments constitutifs de portiques de portée supérieure à 35 mètres (poteaux, traverses à âme pleine, traverses treillis) ou de hauteur supérieure à 15 mètres ; — Poutres treillis de portée supérieure à 35 mètres ; — Auvents (portée supérieure à 6 mètres) ; — Eléments porteurs de passerelle de circulation de portée supérieure à 35 mètres.

* Les éléments participant à la stabilité générale sont constitués des éléments structuraux qui conduisent les efforts horizontaux, dus aux actions extérieures (vent, séisme,...), jusqu'aux fondations et qui assurent le contreventement de la structure principale.

** Les éléments de structure principale sont constitués des éléments structuraux qui conduisent les efforts principaux, dus aux actions extérieures, jusqu'aux fondations.

Tableau 3 : Définition des classes de conséquences par famille d'éléments

Classes de conséquences CC								
Classe de conséquences de l'élément structural		Familles d'éléments						
		A	B	C	D	D+	E	E+
Classe de l'ouvrage	CCO.1	CC1	CC1	CC1	CC1	CC2	CC1	CC2
	CCO.2a	CC1	CC1	CC2	CC1	CC2	CC2	CC2
	CCO.2b	CC1	CC1	CC2	CC2	CC2	CC2	CC3
	CCO.3	CC1	CC1	CC2	CC2	CC3	CC3	CC3

Tableau 4 : Critères de choix des catégories de service

Catégorie de service	Exemples
SC1	<ul style="list-style-type: none"> — éléments structuraux calculés pour des actions quasi statiques ^(a), sauf cas définis en SC2 ; — éléments structuraux calculés pour des actions de fatigue exercées par des ponts roulants de classe S0 ^(b) ; — éléments structuraux avec leurs assemblages calculés pour des actions sismiques dans la classe de ductilité DCL et DCL+ ^(c).
SC2	<ul style="list-style-type: none"> — éléments structuraux calculés pour des actions de fatigue exercées par des ponts roulants de classe S1 à S9 ^(b) ; — éléments structuraux calculés pour des actions dynamiques induites par la foule ^(d) ou les machines tournantes ; — éléments structuraux avec leurs assemblages, calculés pour des actions sismiques dans les classes de ductilité DCM et DCH ^(e) ; — structures sensibles aux instabilités aéroélastiques ou au détachement tourbillonnaire (Annexe E de l'EN 1991-1-4) mais aussi les structures pour lesquelles la part dynamique (C_d) du coefficient structural $C_s C_d$ dépasse la valeur seuil de 1,25.

^(a) Le vent est considéré comme une action quasi-statique : voir la NF EN 1991-1-4 (chapitre 3.3),

^(b) Les classes S0 à S9 sont définies dans le Tableau 2.11 de la NF EN 1991-3. Ces classes prennent en compte la fréquence d'utilisation du pont et le niveau usuel de chargement.

^(c) Voir les « Recommandations pour le dimensionnement parasismique des structures en acier et mixtes non ou faiblement dissipatives » de la CNC2M.

^(d) Certains escaliers de secours relèvent de cette catégorie en fonction de la destination des ouvrages qu'ils desservent.

^(e) La catégorie SC2 concerne les éléments conçus pour avoir un comportement dissipatif, ainsi que leurs assemblages, en tant qu'éléments de structure parasismique en classe de ductilité DCM ou DCH selon la norme NF EN 1998-1. Les autres éléments de la structure, non dissipatifs, peuvent être considérés en catégorie SC1.

Tableau 5 : Critères de choix des catégories de production

Catégorie de production	Exemples
PC1	<ul style="list-style-type: none"> — Éléments non soudés fabriqués à partir de produits en acier, quelles que soient leurs nuances. — Éléments soudés fabriqués à partir de produits de nuance d'acier inférieure à S355. — Soudures âme /semelle de PRS de nuance d'acier inférieure ou égale à S355.
PC2	<ul style="list-style-type: none"> — Éléments soudés (toutes nuances) comportant des assemblages de continuité par soudures bout à bout. — Éléments soudés fabriqués à partir de produits de nuance d'acier supérieure ou égale à S355. — Éléments essentiels à l'intégrité de la structure qui sont assemblés par soudage sur le chantier de construction. — Éléments devant subir un formage à chaud ou un traitement thermique au cours de la fabrication. — Éléments de treillis tubulaires nécessitant des découpes en gueule de loup. — Assemblages particuliers tels que certains inserts à goujons.

Tableau 6 : Définition des classes d'exécution par famille d'éléments structuraux

Classe d'exécution	CC1		CC2		CC3	
	SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
PC1	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3	EXC3
PC2	EXC2	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3	EXC4

7. ETATS LIMITES DE SERVICE

7.2. Etats limites de service pour les bâtiments

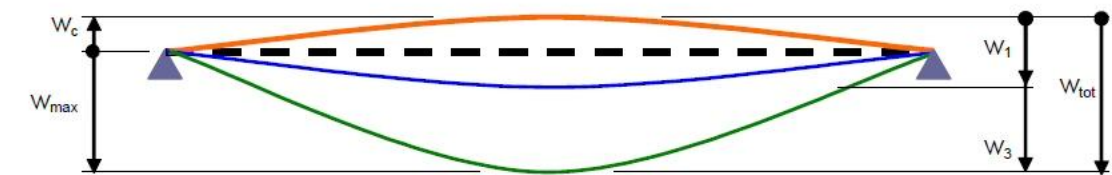
7.2.1 Flèches verticales

(1)B En référence à l'EN 1990 – Annexe A1.4, il convient que les limites pour les flèches verticales définies à la figure A1.1 soient spécifiées pour chaque projet et convenues avec le client.

NOTE B : L'Annexe Nationale peut spécifier ces limites – voir clause 7.2.1(1)B suivante.

Clause 7.2.1 (1)B – flèches verticales :

(1) Les notations des valeurs limites de flèches indiquées ci-après sont représentées sur la figure 1 dans le cas de la poutre simplement appuyée.



w_1 : Flèche due aux charges permanentes ;

w_3 : Flèche due aux actions variables ;

w_c : Contre-flèche dans l'élément structural non chargé.

Ces flèches permettent de déterminer :

La flèche totale

$$w_{tot} = w_1 + w_3$$

La flèche résiduelle totale w_{max} incluant la contre-flèche w_c

$$w_{max} = w_1 + w_3 - w_c$$

(2) Les valeurs limites recommandées de flèches verticales pour les poutres de bâtiments sont données au tableau 1, où L est la portée de la poutre. Pour les poutres en porte-à-faux, la longueur L à considérer est égale à 2 fois la longueur du porte-à-faux.

Tableau 1 - Valeurs limites recommandées pour les flèches verticales

Conditions	Limites (voir figure 1)	
	w_{max}	w_3
Toitures en général	$L / 200$	$L / 250$
Toitures supportant fréquemment du personnel autre que le personnel d'entretien	$L / 200$	$L / 300$
Planchers en général	$L / 200$	$L / 300$
Planchers et toitures supportant des cloisons en plâtre ou en autres matériaux fragiles ou rigides	$L / 250$	$L / 350$
Planchers supportant des poteaux	$L / 400$	$L / 500$
Cas où w_{max} peut nuire à l'aspect du bâtiment	$L / 250$	-
Notes :		

6.3 Valeurs caractéristiques des charges d'exploitation

6.3.1 Bâtiments résidentiels, sociaux, commerciaux ou administratifs

6.3.1.1 Catégories

(1)P Les surfaces des bâtiments résidentiels, sociaux, commerciaux ou administratifs doivent être classées selon leur usage spécifique, comme indiqué dans le tableau 6.1.

(2)P Indépendamment de cette classification, les effets dynamiques doivent être pris en compte dès lors qu'on s'attend à ce que l'occupation des locaux produise des effets dynamiques significatifs.

Tableau 6.1 – Catégories d'usages

Catégorie	Usage spécifique	Exemples
A	Habitation, résidentiel	Pièces des bâtiments et maisons d'habitation ; chambres et salles des hôpitaux ; chambres d'hôtels et de foyers ; cuisines et sanitaires
B	Bureaux	
C	Lieux de réunion (à l'exception des surfaces des catégories A, B et D)	C1 : Espaces équipés de tables etc., par exemple : écoles, cafés, restaurants, salles de banquet, salles de lecture, salles de réception
		C2 : Espaces équipés de sièges fixes, par exemple : églises, théâtres ou cinémas, salles de conférence, amphithéâtres, salles de réunion, salles d'attente
		C3 : Espaces ne présentant pas d'obstacles à la circulation des personnes, par exemple : salles de musée, salles d'exposition etc. Et accès des bâtiments publics et administratifs, hôtels, hôpitaux, gares
		C4 : Espaces permettant des activités physiques, par exemple : dancings, salles de gymnastique, scènes
		C5 : Espaces susceptibles d'accueillir des foules importantes, par exemple : bâtiments destinés à des événements publics tels que salles de concert, salles de sport y compris tribunes, terrasses et aires d'accès, quais de gare
D	Commerces	D1 : Commerces de détails courants
		D2 : Grands magasins

6.3.1.2 Valeurs des actions

(1)P Les surfaces chargées relevant des catégories indiquées dans le tableau 6.1 doivent être calculées en utilisant les valeurs caractéristiques q_k (charge uniformément répartie) et Q_k (charge concentrée).

NOTE : Des valeurs de q_k et Q_k sont données dans le tableau 6.2 ci-dessous. Lorsque ce tableau indique une fourchette de valeurs, la valeur à retenir peut être fixée par l'Annexe Nationale....

Tableau 6.2 – Charges d'exploitation sur les planchers, balcons et escaliers dans les bâtiments

Catégorie de la surface chargée	Annexe Nationale (NF)	
	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Catégorie A :		
- planchers	1,5	2,0
- escaliers	2,5	2,0
- balcons	3,5	2,0
Catégorie B :	2,5	4,0
Catégorie C :		
- C1	2,5	3,0
- C2	4,0	4,0
- C3	4,0	4,0
- C4	5,0	7,0
- C5	5,0	4,5
Catégorie D :		
- D1	5,0	5,0
- D2	5,0	7,0

...

(5)P La charge concentrée doit être considérée comme agissant en un point quelconque du plancher, du balcon ou de l'escalier, sur une surface de forme adaptée, en fonction de l'usage et du type de plancher

NOTE : On peut, normalement considérer, que cette surface à la forme d'un carré de 50 mm de côté...

6.2 Résistance des sections transversales

6.2.3 Traction

- Condition de résistance qui doit se vérifier pour toute section :

$$N_{Ed} \leq N_{t,Rd}$$

N_{Ed} : valeur de calcul ou effort sollicitant pondéré

$N_{t,Rd}$: effort résistant de traction

$$N_{t,Rd} = \min (N_{pl,Rd} ; N_{u,Rd})$$

$N_{pl,Rd}$: Résistance plastique pour la section brute

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad \gamma_{M0} = 1 : \text{coefficient partiel de sécurité pour les sections brutes}$$

$N_{u,Rd}$: Résistance ultime pour la section nette

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \quad \gamma_{M2} = 1,25 \text{ coefficient partiel de sécurité pour les sections nettes}$$

6.2.5 Flexion

$$M_{Ed} / M_{c,Rd} \leq 1$$

Expressions des moments résistants:

Sections de classe 1 et 2 : $M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl} \cdot f_y / \gamma_{M0}$

Sections de classe 3 : $M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = W_{el,min} \cdot f_y / \gamma_{M0}$

Sections de classe 4 : $M_{c,Rd} = W_{eff,min} \cdot f_y / \gamma_{M0}$

6.2.6 Effort tranchant

- Condition de résistance plastique :

$$V_{Ed} / V_{c,Rd} \leq 1$$

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

A_v : aire de cisaillement :

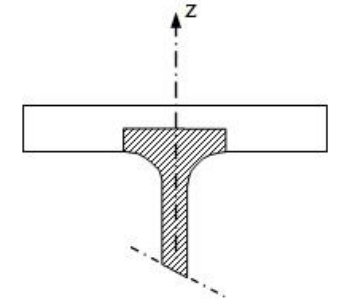
- Pour les H et I laminés :

- Charge parallèle à l'âme : $A_{vz} = A - 2b \cdot t_f + (t_w + 2r)t_f$

Limitation : $A_v \geq \eta h_w t_w$

η voir l'EN 1993-1-5.

η peut être pris en se plaçant du côté de la sécurité égal à 1,0.



- Charge parallèle aux semelles : non précisé (hors norme : $A_{vy} = 2b \cdot t_f + (t_w + r)t_w$)

- Pour les H, I ou caisson PRS :

- Charge parallèle à l'âme : $A_v = \eta \sum (h_w t_w)$

- Charge parallèle aux semelles : $A_v = A - \sum (h_w t_w)$

6.2.8 Flexion et effort tranchant

- Cas où $V_{Ed} \leq 0,5 V_{pl,Rd}$

L'influence de l'effort tranchant est négligeable dans la vérification de flexion.

La vérification se ramène au cas de la flexion seule : $M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$

- Cas où $0,5 V_{pl,Rd} < V_{Ed} \leq V_{pl,Rd}$

- Limite d'élasticité réduite pour l'aire de cisaillement : $(1 - \rho) f_y$ où $\rho = \left[\frac{2 V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right]^2$

- Condition de résistance : $M_{Ed} \leq M_{V,Rd}$

$M_{V,Rd}$: moment résistant plastique réduit par la présence l'effort tranchant

6.3.1 Barres uniformes comprimées

- Résistance de la barre au flambement

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$N_{b,Rd}$: Effort résistant de la barre comprimée au flambement.

• Sections de classe 1, 2, 3

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

• Sections de classe 4

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot \frac{A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

χ : coefficient de réduction de flambement.

A ou A_{eff} : aire brute ou aire efficace pour les sections de classe 4. Il n'est pas nécessaire de prendre en compte les trous de fixation aux extrémités de la poutre pour la détermination de ces aires.

$\gamma_{M1} = 1$: coefficient partiel de sécurité pour matériaux et barres des bâtiments travaillant aux instabilités
pour les ponts : $\gamma_{M1} = 1,1$

- Elancement réduit de la barre: $\bar{\lambda}$

• sections de classe 1, 2, 3

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

• sections de classe 4

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} \sqrt{\frac{A_{eff}}{A}} = \sqrt{\frac{A_{eff} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

- A : Section transversale de l'élément considéré
- N_{cr} : effort normal critique d'Euler. $N_{cr} = \frac{\Pi^2 \cdot E \cdot I}{L_{cr}^2}$
- λ : élancement de la barre. $\lambda = L_{cr} / i$

L_{cr} : longueur de flambement dans le plan de flambement considéré

$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$: rayon de giration par rapport à l'axe approprié, propriétés de la section transversale brute.

- λ_1 : constante matériau. $\lambda_1 = \Pi \sqrt{\frac{E}{f_y}}$

Acier	S235	S275	S355	S420	S460
λ_1	93.9	86.8	76.4	70.2	66.2

- Coefficient de réduction χ par abaque :

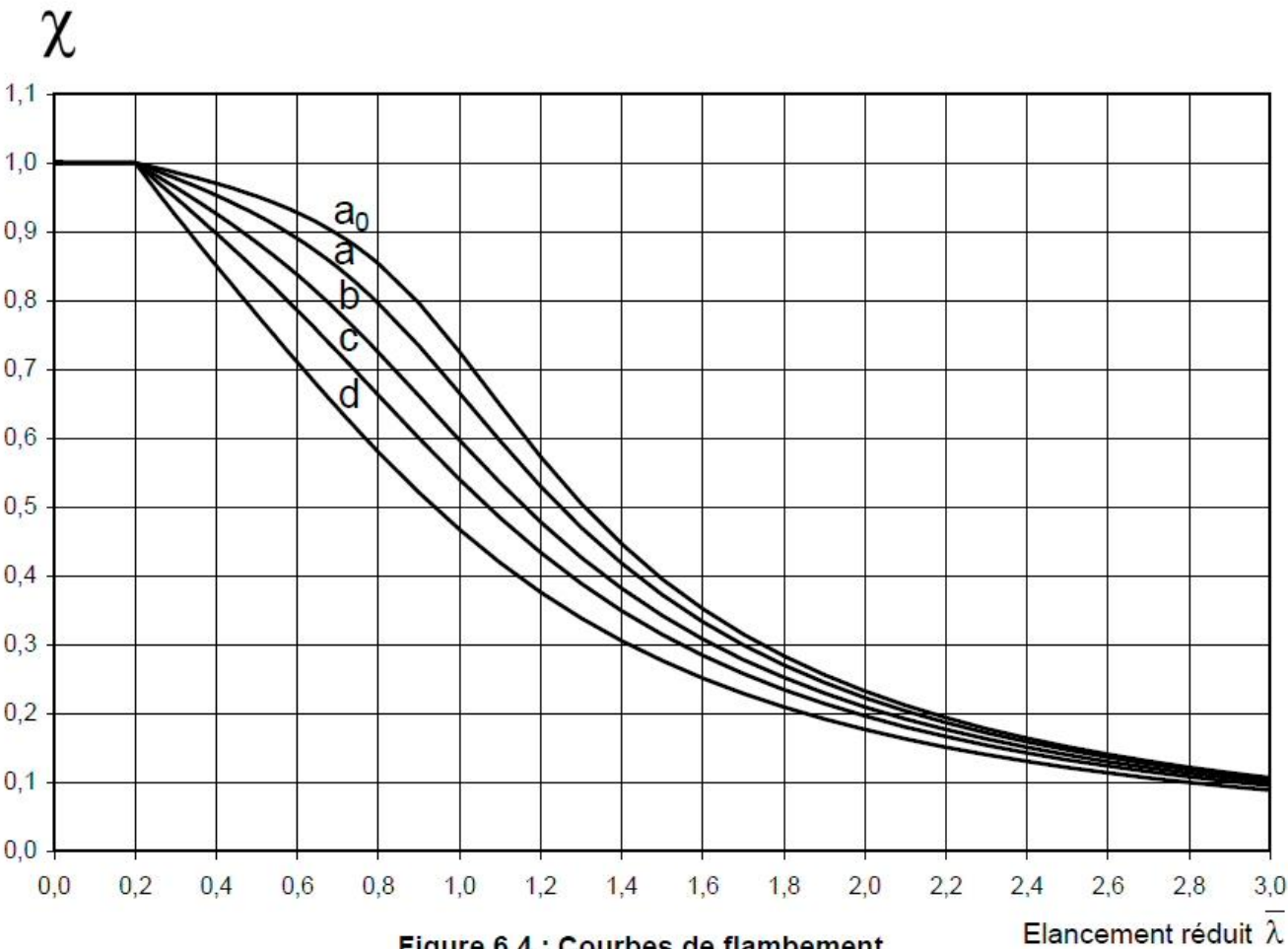


Figure 6.4 : Courbes de flambement

Annexe BB
BB.1 Longueurs de flambement par flexion des barres de structures triangulées et à treillis

BARRES DE TREILLIS			
Dans le plan du treillis (excepté pour les cornières)			Hors plan
Attaches d'extrémité appropriée : - Attaches soudées - Attache boulonnée avec au moins 2 boulons.			Attaches d'extrémité inappropriée : - Attache boulonnée avec un seul boulon.
Dans tous les cas			
L_{cr}	$0,9 L$ avec L : longueur d'épure	$1,0 L$	$1,0 L$

3.8 Assemblages longs

(1) Lorsque la distance L_j entre les axes des fixations extrêmes d'un assemblage, mesurée dans la direction des efforts (voir figure 3.7), est supérieure à 15 d, il convient de réduire la résistance de calcul au cisaillement $F_{v,Rd}$ de toutes les fixations, calculée conformément au tableau 3.4, en la multipliant par un coefficient minorateur β_{Lf} , donné par :

$$\beta_{Lf} = 1 - \frac{L_j - 15d}{200d} \text{ mais } \beta_{Lf} \leq 1,0 \text{ et } \beta_{Lf} \geq 0,75 \quad (3.5)$$

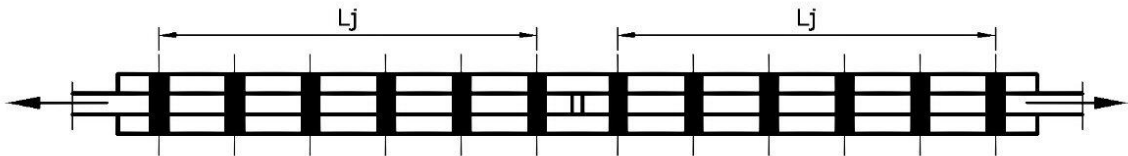


Figure 3.7 : Assemblages longs

Spécificité des assemblages longs

Tableau 2.1 - Coefficients partiels pour les assemblages

Résistance des barres et sections transversales	$\gamma_{M0}=1,0$ $\gamma_{M1}=1,0$ et $\gamma_{M2}= 1,25$ suivant l'EN 1993-1-1 et Annexe Nationale
Résistance des boulons	$\gamma_{M2} = 1,25$
Résistance des rivets	
Résistance des axes d'articulation.	
Résistance des plaques en pression diamétrale	

Tableau 3.1 - Valeurs nominales de limite d'élasticité f_{yb} et de résistance ultime à la traction f_{ub} pour les boulons

Classe de boulon	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
f_{yb} (MPa)	240	320	300	400	480	640	900
f_{ub} (MPa)	400	400	500	500	600	800	1000

Principales caractéristiques géométriques des boulons

Caractéristiques géométriques (mm, mm ²)										
Désignations	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30
d	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
d ₀	11	13	15	18	20	22	24	26	30	33
A	78,5	113	154	201	254	314	380	452	573	707
A _s	58	84,3	115	157	192	245	303	353	459	561
Φ rondelle	20	24	27	30	34	37	40	44	50	52
d _m	17,24	19,39	22,63	25,86	29,09	32,32	36,63	28,79	44,17	

- d diamètre de la partie non filetée
- d₀ diamètre nominal du trou normal
- A section nominale du boulon
- A_s section résistante de la partie filetée
- d_m moyenne entre surangle et surplat (calcul de B_{p,Rd})

Tableau 3.4 - Résistance de calcul individuelle pour les fixations sollicitées au cisaillement et/ou à la traction

Mode de ruine	Boulons
Résistance au cisaillement par plan de cisaillement	$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}}$ <ul style="list-style-type: none">lorsque le plan de cisaillement passe par la partie filetée du boulon (A est l'aire de la section résistante en traction du boulon A_s) :<ul style="list-style-type: none">- pour les Classes 4.6, 5.6 et 8.8 : $\alpha_v = 0,6$- pour les Classes 4.8, 5.8, 6.8 et 10.9 : $\alpha_v = 0,5$lorsque le plan de cisaillement passe par la partie non filetée du boulon (A est l'aire de la section brute du boulon) : $\alpha_v = 0,6$