



DOC AMCR

Le présent document reprend les normes EUROCODES mais ne se substitue pas aux documents officiels, notamment :

- NF EN 1990
- NF EN 1991
- NF EN 1993
- NF EN 1090-2

Ce document représente une sélection d'informations et de données que les étudiants en BTS AMCR peuvent être amenés à employer durant leurs études.

La numérotation des articles EUROCODES a été conservée mais le contenu de l'article n'est pas le texte original.

NOM :

Prénom :

Sommaire

EUROCODE 0 – Base de calcul des structures.....	1
Annexe A1-Combinaisons d’action	1
EUROCODE 1 – Partie 1.1 – Charges d’exploitation.....	2
6-Charges sur les planchers.....	2
EUROCODE 1 – Partie 1.3 – Neige	4
4-Charges de neige au sol.....	4
5.2-Charges de neige sur les toitures.....	8
5.3.2-Coeff de forme des toitures à un seul versant	9
5.3.3-Coeff de forme des toitures à 2 versants	9
5.3.4-Coeff de forme des toitures à versants multiples	10
5.3.6-Coeff de forme des toitures attenant à des constructions plus élevées.....	11
6.2-Effets locaux	12
EUROCODE 1 – Partie 1.4 – Vent.....	14
4.5-Pression dynamique de pointe	14
5.2-Action du vent.....	18
7.2.1-Généralités	18
<i>Interpolation entre $C_{pe,1}$ et $C_{pe,10}$</i>	18
<i>Pression sur les avancées de toit</i>	18
7.2.2- C_{pe} - Murs verticaux.....	19
7.2.3- C_{pe} - Toitures terrasses.....	20
7.2.4- C_{pe} - Toitures à 1 seul versant.....	22
7.2.5- C_{pe} - Toitures à 2 versants.....	24
7.2.9- C_{pi} - Pression intérieure.....	26
7.4.1- $C_{p,net}$ - Acrotère	27
7.5-Forces de frottement	27

EUROCODE 3 – Partie 1.1 – Calcul des structures	28
1.6-Symboles	28
1.7-Conventions pour les axes des barres	28
3.2-Matériaux	29
5.5-Classification des sections	30
6.1-Coefficients partiels de sécurité	36
6.2-ELU - Résistance des sections transversales	36
6.2.2.2-Aire nette	36
6.2.3-Traction N_{Ed}	37
6.2.4-Compression N_{Ed}	37
6.2.5-Flexion simple $M_{y,Ed}$ ou $M_{z,Ed}$	38
6.2.5-Flexion bi-axiale $M_{y,Ed}$ et $M_{z,Ed}$	39
6.2.6-Cisaillement $V_{y,Ed}$ ou $V_{z,Ed}$	40
6.2.8-Flexion simple $M_{y,Ed}$ et cisaillement $V_{z,Ed}$	41
6.2.9-Flexion simple $M_{y,Ed}$ ou $M_{z,Ed}$ et effort normal N_{Ed}	42
6.3-ELU – Résistance des barres aux instabilités	44
6.3.1-Flambement	44
6.3.2-Déversement	48
6.3.3-Flambement et déversement	49
7-ELS	56
7.2.1-Flèches verticales	56
7.2.2-Flèches horizontales	57
EUROCODE 3 – Partie 1.8 – Assemblages	61
3-Attaches par boulons	61
3.1-Boulons	61
3.5-Dispositions constructives	62
3.4-Catégories d'attaches boulonnées	64
3.6-Résistance au cisaillement	65
3.6-Résistance en pression diamétrale	65
3.6-Résistance en traction	65
3.6-Résistance au poinçonnement	65
3.9-Résistance au glissement ELS ou ELU	66
3.10.2-Résistance au cisaillement de bloc	67
3.12-Distribution des efforts dans un groupe de boulons	68
4-Attaches par soudures	69
4.1-4.2-4.5-Généralités et dispositions constructives des soudures d'angle	69
4.5.3.2-Résistance d'une soudure d'angle – méthode directionnelle	70
4.5.3.3-Résistance d'une soudure d'angle – méthode simplifiée	71
4.9-Distribution des efforts dans un groupe soudures	71
A savoir par coeur	72
Dispositions constructives	74
Boulons	74
Résistance au cisaillement F_v, Ed et pas et pinces	74
Disposition des boulons dans les profils L, I et H	74
Soudures	76
Dimensions commerciales des plats et tôles	76
Caractéristiques des profils L, I et H	78

EUROCODE 0 – Base de calcul des structures

Annexe A1-Combinaisons d'action

Tableau des combinaisons d'actions à envisager pour un bâtiment en acier situé en France, pour les conditions suivantes :

- Combinaisons ELU : situation de projet durable ou transitoire
- Combinaisons ELS : combinaisons caractéristiques

- ✓ Charges permanentes G (Gravity load)
- ✓ Actions variables :
 - Charges d'exploitation I (Imposed load)
 - Charges de neige S (Snow load)
 - Charges de vent W (Wind load)
- ✓ Actions accidentelles :
 - Charges de neige S_A (Snow Accident)

	ELU		ELS
	Combinaisons fondamentales	Combinaisons accidentelles	Combinaisons caractéristiques
G + 1 action variable	1,35 G + 1,5 I 1,35 G + 1,5 S 1,35 G + 1,5 W G + 1,5 W (soulèvement)	G + S _A	G + I G + S G + W
G + 2 actions variables	1,35 G + 1,5 I + 1,5 Ψ _{0S} S 1,35 G + 1,5 I + 1,5 Ψ _{0W} W 1,35 G + 1,5 S + 1,5 Ψ _{0I} I 1,35 G + 1,5 S + 1,5 Ψ _{0W} W 1,35 G + 1,5 W + 1,5 Ψ _{0I} I 1,35 G + 1,5 W + 1,5 Ψ _{0S} S	G + S _A + Ψ _{2I} I G + S _A + Ψ _{2W} W (mais Ψ _{2W} = 0)	G + I + Ψ _{0S} S G + I + Ψ _{0W} W G + S + Ψ _{0I} I G + S + Ψ _{0W} W G + W + Ψ _{0I} I G + W + Ψ _{0S} S
G + 3 actions variables (si mentionné dans le projet selon Annexe Nationale)	1,35 G + 1,5 I + 1,5 Ψ _{0S} S + 1,5 Ψ _{0W} W 1,35 G + 1,5 S + 1,5 Ψ _{0I} I + 1,5 Ψ _{0W} W 1,35 G + 1,5 W + 1,5 Ψ _{0I} I + 1,5 Ψ _{0S} S	G + S _A + Ψ _{2I} I + Ψ _{2W} W	G + I + Ψ _{0S} S + Ψ _{0W} W G + S + Ψ _{0I} I + Ψ _{0W} W G + W + Ψ _{0I} I + Ψ _{0S} S

ACTION	Ψ ₀	Ψ ₂
Charges d'exploitation		
Catégorie A : habitation, zones résidentielles	0.7	0.3
Catégorie B : bureaux	0.7	0.3
Catégorie C : lieux de réunion	0.7	0.6
Catégorie D : commerces	0.7	0.6
Catégorie E : stockage	1.0	0.8
Catégorie F : zone de trafic, véhicules de poids ≤ 30 kN	0.7	0.6
Catégorie G : zone de trafic, véhicules de poids entre 30 kN et 160 kN	0.7	0.5
Catégorie H : toits	0	0
Charges dues à la neige		
Altitude > 1000 m	0.7	0.2
Altitude ≤ 1000 m	0.5	0
Charges dues au vent	0.6	0

EUROCODE 1 – Partie 1.1 – Charges d'exploitation

6-Charges sur les planchers

→ Catégorie 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 ^{a)})	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 détail courants D2 : Grands magasins

a) On attire l'attention sur l'alinéa 6.3.1.1(2), notamment pour C4 et C5. Voir EN 1990 lorsque les effets dynamiques doivent être pris en considération. Pour la catégorie E, voir Tableau 6.3.

NOTE 1 Selon l'usage prévu, les surfaces devant être classées a priori C2, C3 ou C4 peuvent être classées C5 par décision du client et/ou d'une Annexe Nationale.

NOTE 2 L'Annexe Nationale peut définir des sous-catégories pour A, B, C1 à C5, D1 et D2.

NOTE 3 Voir 6.3.2 pour les aires de stockage et les locaux industriels.

Catégorie	Usage spécifique	Exemples
E1	Surfaces susceptibles de recevoir une accumulation de marchandises, y compris aires d'accès	Aires de stockage, y compris stockages de livres et autres documents
E2	Usage industriel	

→ Charges d'exploitation dans les bâtiments

Catégorie de la surface chargée	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Catégorie A :		
— planchers	1,5	2,0
— escaliers (1)	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
(1) Sauf pour des marches indépendantes, qui relèvent d'une approche dynamique.		

Catégorie de l'aire chargée	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Catégorie E1	7,5	7,0

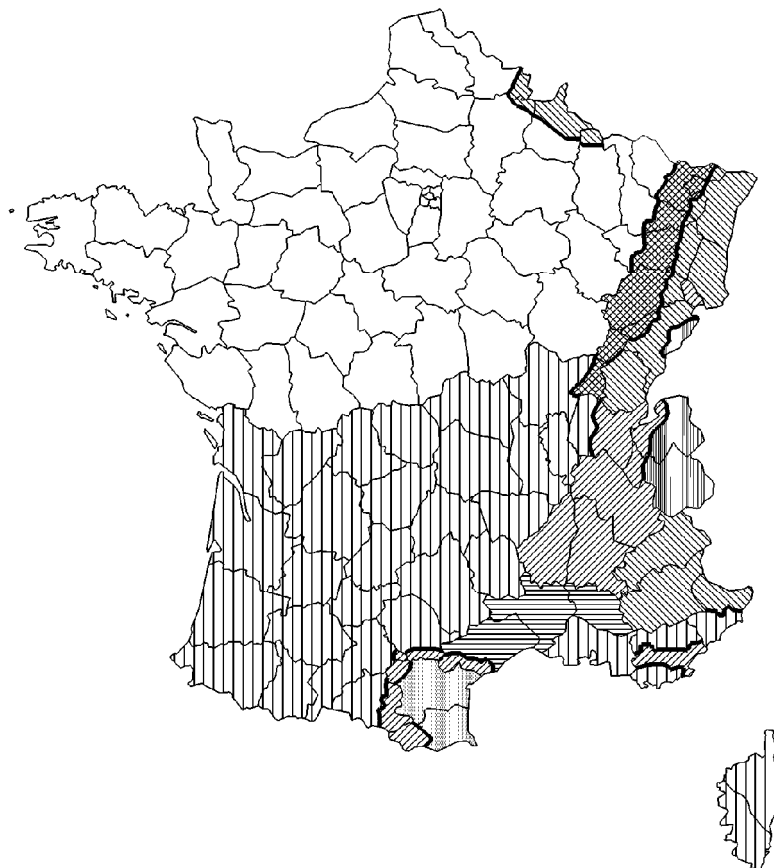
→ q_k est destinée à la détermination des effets généraux et Q_k à celle des effets localisés (considérée comme agissant seule)

→ Le poids propre des cloisons mobiles peut être pris en compte par une charge uniformément répartie q_k qu'il convient d'ajouter aux charges d'exploitation supportées par les planchers, obtenues à partir du tableau ci-dessus. Cette charge uniformément répartie dépend du poids propre des cloisons de la manière suivante :

- ✓ cloisons mobiles de poids propre $\leq 1,0$ kN/m linéaire de mur : $q_k = 0,5$ kN/m² ;
- ✓ cloisons mobiles de poids propre $\leq 2,0$ kN/m linéaire de mur : $q_k = 0,8$ kN/m² ;
- ✓ cloisons mobiles de poids propre $\leq 3,0$ kN/m linéaire de mur : $q_k = 1,2$ kN/m².

EUROCODE 1 – Partie 1.3 – Neige

4-Charges de neige au sol



Régions :									
		A1	A2	B1	B2	C1	C2	D	E
S_{k0}	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
S_{Ad}	Valeur de calcul (S_{Ad}) de la charge exceptionnelle de neige sur le sol :	—	1,00	1,00	1,35	—	1,35	1,80	—
Δ_S	Loi de variation de la charge caractéristique pour une altitude supérieure à 200 :	Δs_1						Δs_2	

(charges en KN/m²)

Altitude du lieu A en m	Influence de l'altitude Δs_1	Influence de l'altitude Δs_2
$A \leq 200$ m	0	0
$200 \text{ m} < A \leq 500$ m	$(0,10A - 20) / 100$	$(0,15A - 30) / 100$
$500 \text{ m} < A \leq 1000$ m	$(0,15A - 45) / 100$	$(0,35A - 130) / 100$
$1000 \text{ m} < A \leq 2000$ m	$(0,35A - 245) / 100$	$(0,70A - 480) / 100$

$$S_{k \text{ alt} > 200} = S_{k0} + \Delta_S \text{ ou } 2$$

$S_{Ad} \rightarrow$ pas de variation en fonction de l'altitude

Classement des départements

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

Départements appartenant à plusieurs zones : découpage selon les cantons

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	Maïche, Montbenoît, 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), Capestang, 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-Avold (tous cantons), Sarralbe, Sarreguemines, Sarreguemines-Campagne, Stiring-Wendel, Vic-sur-Seille, Volmuster
	C1	Bitche, Lorquin, Phalsbourg, Sarrebourg
	A1	Tous les autres cantons

(à suivre)

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, Sailleouse
	D	Tous les autres cantons
Bas-Rhin	B1	Drulingen, Sarre-Union
	C1	Tous les autres cantons
Haute-Saône	C1	Champagney, 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	A2	Bulgnéville, Châtenois, Coussey, Lamarche, Mirecourt, Neufchâteau, Vittef
	B1	Bains-les-Bains, Bruyères, Charmes, Châtel-sur-Moselle, Darney, Dompierre, Epinal (tous cantons), Monthureux-sur-Saône, Plombières-les-Bains, Rambervillers, Remiremont, Xertigny
	C2	Tous les autres cantons
1) Selon la carte administrative de la France, publiée par IGN — Paris 1997 (Édition 2).		

5.2-Charges de neige sur les toitures

Charge de neige :

- **sans** redistribution et **sans** accumulation S1 $= \mu_1 * C_e * C_t * S_k + S^*$
- **avec** redistribution **et/ou** avec accumulation S2 ou S3 $= \mu_1 * C_e * C_t * S_k + S^*$ (partie courante)
 $= \mu_2 * C_e * C_t * S_k + S^*$ (accumulation)
- accidentelle **sans** redistribution et **sans** accumulation S_{Ad} $= \mu_1 * C_e * C_t * S_{Ad} + S^*$

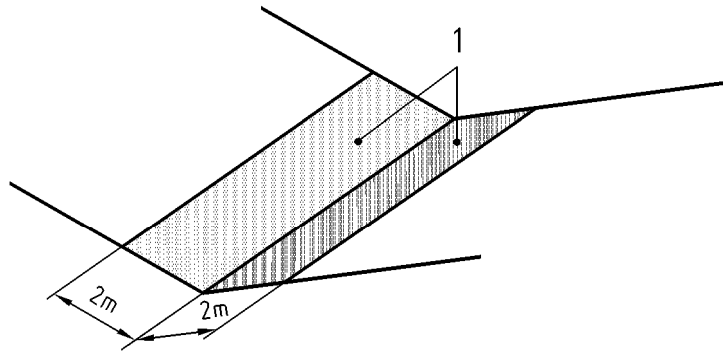
C_t : coefficient thermique = 1 sauf indication contraire

C_e : coefficient d'exposition = 1 sauf indication contraire

S* : tient compte des difficultés d'écoulement d'eau en cas de faible pente

pente < 3%	pente ≥ 3%
S* = 0.2 kN/m ²	S* = 0 kN/m ²

Cas particulier d'une noue : la majoration S* s'applique sur une bande de 2m de part et d'autre du fil d'eau.

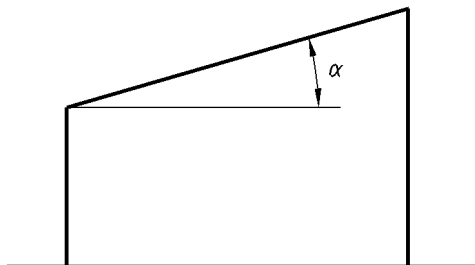


Légende

- 1 Zone de majoration

5.3.2-Coeff de forme des toitures à un versant

S1, S2 ou S_{Ad}



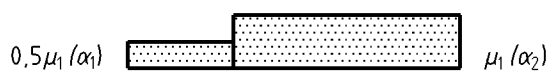
α (angle du toit avec l'horizontale)	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0.8	$0.8 * (60 - \alpha) / 30$	0.0

5.3.3-Coeff de forme des toitures à 2 versants

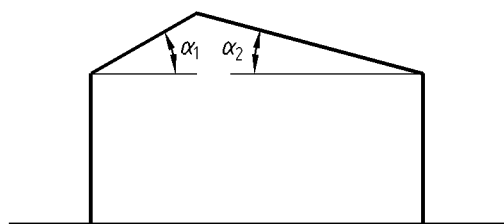
S1 ou S_{Ad}



S2



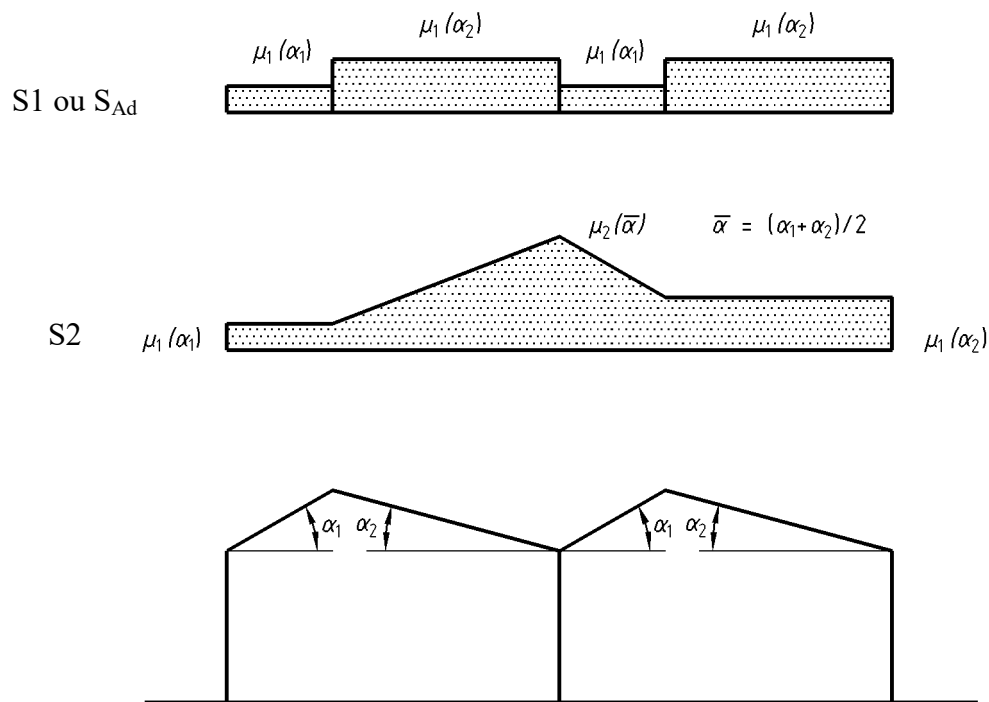
S3



α (angle du toit avec l'horizontale)	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0.8	$0.8 * (60 - \alpha) / 30$	0.0

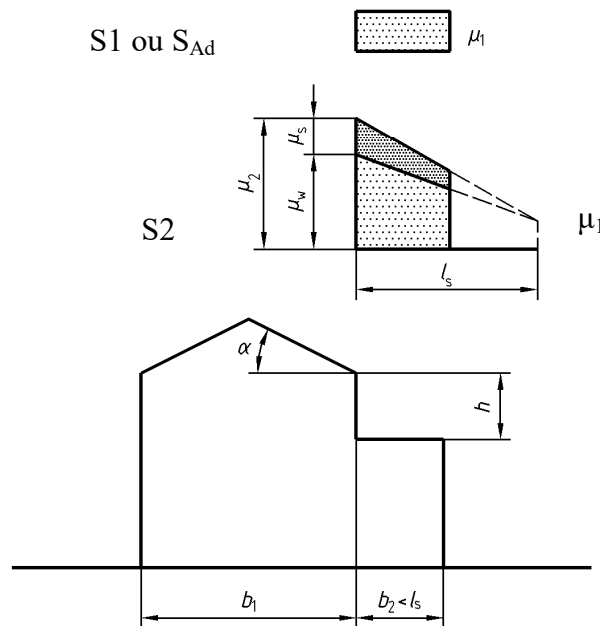
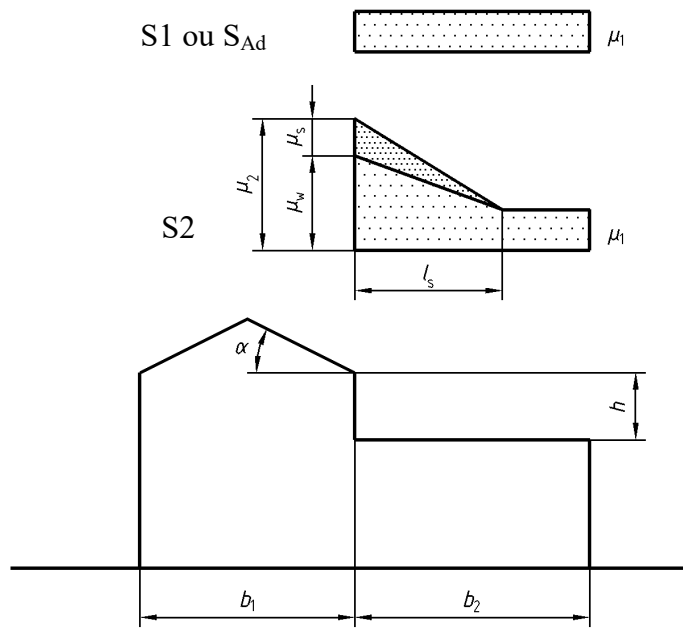
Neige

5.3.4-Coeff de forme des toitures à versants multiples



α (angle du toit avec l'horizontale)	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0.8	$0.8 * (60 - \alpha) / 30$	0.0
μ_2	$0.8 + 0.8\alpha / 30$	1.6	-

5.3.6-Coeff de forme des toitures attenant à des constructions plus élevées



Lorsque b_2 est inférieur à l_s

$\mu_1 = 0.8$ (en supposant que la toiture est plane)

$\mu_2 = \mu_s + \mu_w$

$\mu_s \rightarrow \alpha \leq 15^\circ \rightarrow \mu_s = 0$

$\alpha > 15^\circ \rightarrow \mu_s$ est déterminé par l'application d'une charge additionnelle égale à la moitié de la charge maximale totale sur le versant adjacent de la toiture supérieure

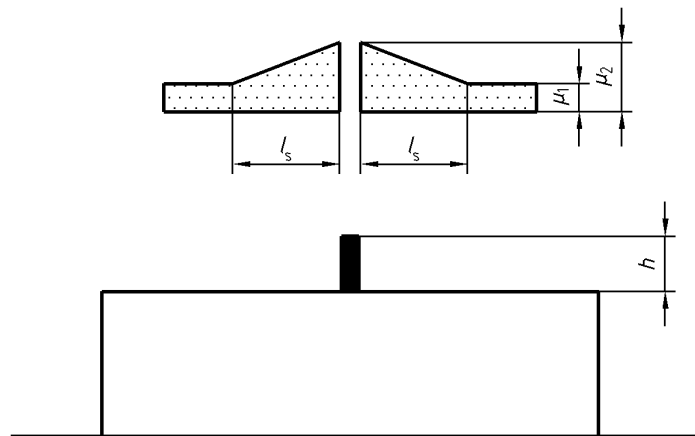
$\mu_w = \frac{b_1 + b_2}{2 \cdot h}$ avec limitations $\mu_w \leq \frac{\gamma \cdot h}{S_k}$ et $0.8 \leq \mu_w \leq 2.8$ avec $\gamma = 2 \text{ kN/m}^3$

$l_s \rightarrow 5 \text{ m} \leq l_s = 2 \cdot h \leq 15 \text{ m}$

Si $b_2 \leq l_s$, le coefficient en rive de la toiture est obtenu par interpolation entre μ_1 et μ_2

6.2-Effets locaux

→ Accumulation au droit de saillie et d'obstacles.

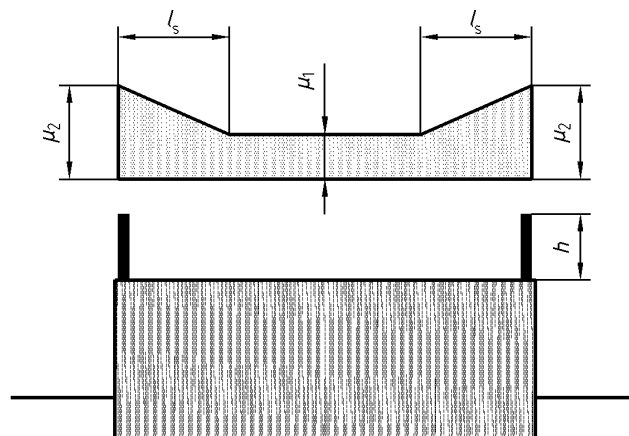


$$\mu_1 = 0.8$$

$$\mu_2 \rightarrow 0.8 \leq \mu_2 = \frac{\gamma \cdot h}{S_k} \leq 2.0 \text{ avec } \gamma = 2 \text{ kN/m}^3$$

$$l_s \rightarrow 5 \text{ m} \leq l_s = 2 \cdot h \leq 15 \text{ m}$$

→ Cas des acrotères



$$\mu_1 = 0.8$$

$$\mu_2 \rightarrow 0.8 \leq \mu_2 = \frac{\gamma \cdot h}{S_k} \leq 1.6 \text{ avec } \gamma = 2 \text{ kN/m}^3$$

$$l_s \rightarrow 5 \text{ m} \leq l_s = 2 \cdot h \leq 15 \text{ m}$$

EUROCODE 1 – Partie 1.4 – Vent

4.5-Pression dynamique de pointe

Cas d'un terrain plat (effet d'orographie négligé)

$$q_{p(z)} = C_e(z) * q_b$$

$$q_b = \frac{1}{2} * \rho * v_b^2 \rightarrow \text{en Pa soit } 10^{-3} \text{ kN/m}^2$$

$$v_b = v_{b,0} * C_{dir} * C_{season} \text{ en m/s}$$

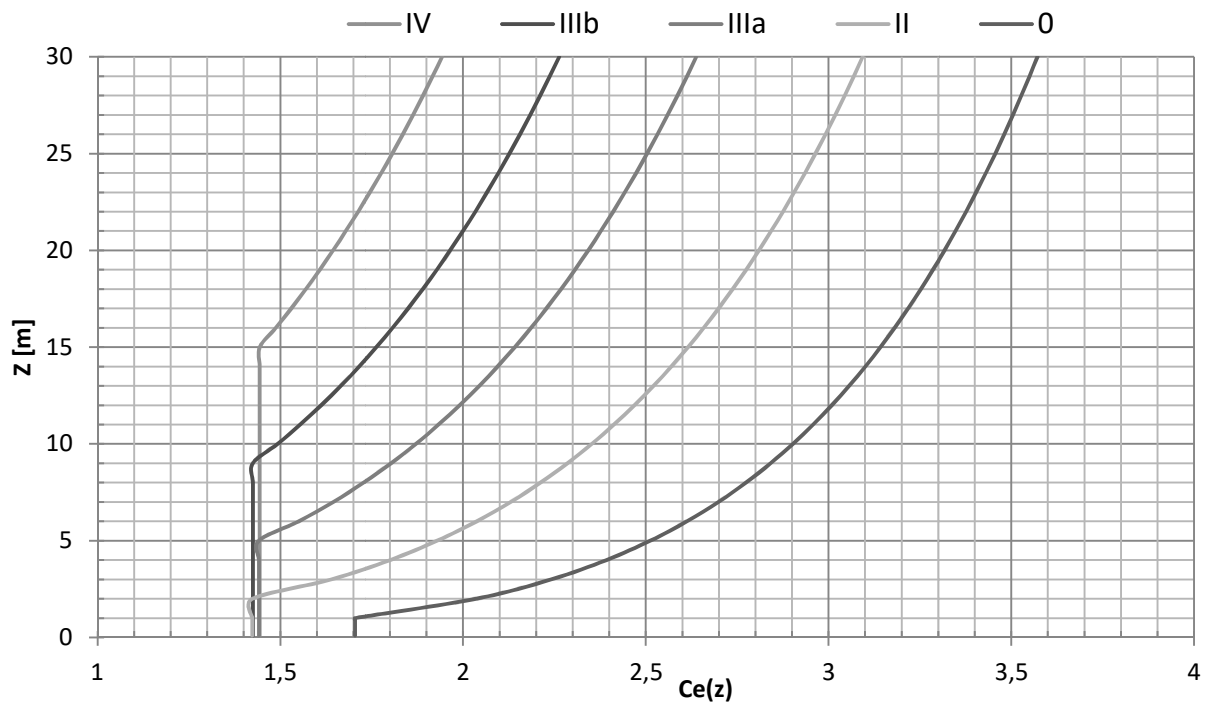
$$\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$$

$$C_{dir} = 1, C_{season} = 1 \text{ sauf indications contraires}$$

$$v_{b,0} \rightarrow \text{voir p15}$$

$C_e(z) \rightarrow z = \text{hauteur maximale de la construction}$

Catégorie de terrain	
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 recouvertes de bâtiments dont la hauteur moyenne est supérieure à 15 m ; forêts



$V_{b,0}$

Régions :	France métropolitaine				Départements d'Outre-Mer			
	1	2	3	4	Guadeloupe	Guyane	Martinique	Réunion
Vitesse de référence $V_{b,0}$ [m/s]	22	24	26	28	36	17	32	34

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

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, Gémozac, 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-Neuveville, Is-sur-Tille, Mirebeau-sur-Beze, Pontailleur-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'), Maîche, Montbéliard (tous cantons), Pont-de-Roide, Saint-Hippolyte, Sochaux, Valentigney
	1	Tous les autres 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, Saint-Jean-de-Bournay
	1	Tous les autres cantons
40 Landes	2	Amou, 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-Mames, Gray, Gy, Marnay, Montbozon, Pesmes, Rioz, 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-Valery-en-Caux
	2	Tous les autres cantons
80 Somme	2	Ailly-sur-Noye, Albert, Bray-sur-Somme, Chaulnes, Combles, 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)

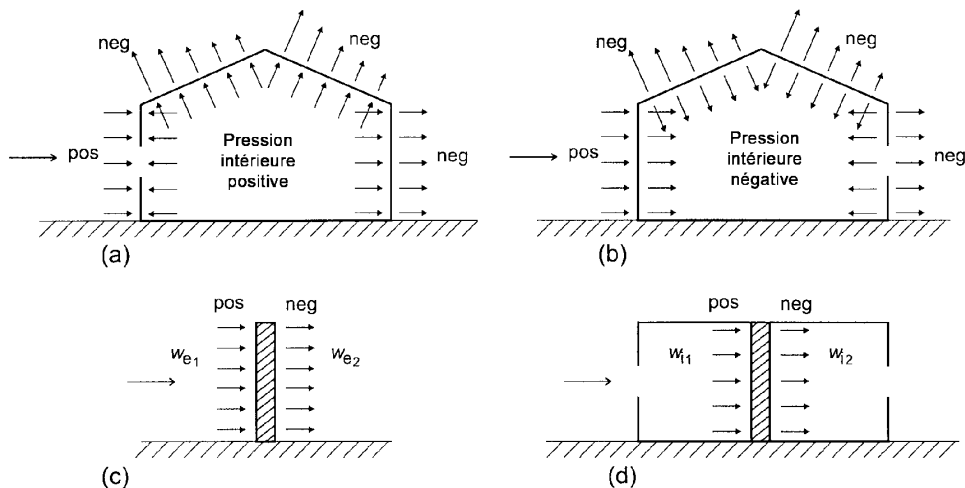
5.2-Action du vent

Pression surfacique de vent en kN/m²

$$q_{W,surfacique} = q_{p(z)} * C_{p,net}$$

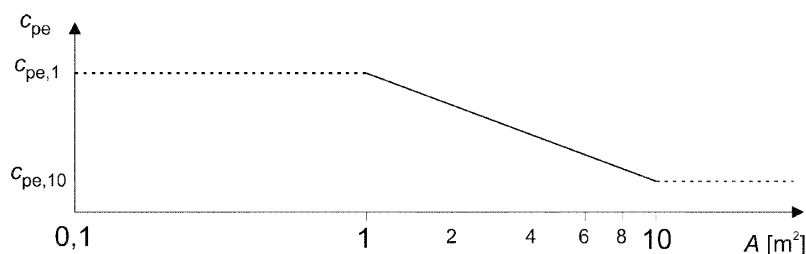
$$C_{p,net} = (C_{pe} + C_{pi})$$

Conventions de signe pour les coefficients C_{pe} et C_{pi}



7.2.1-Généralités

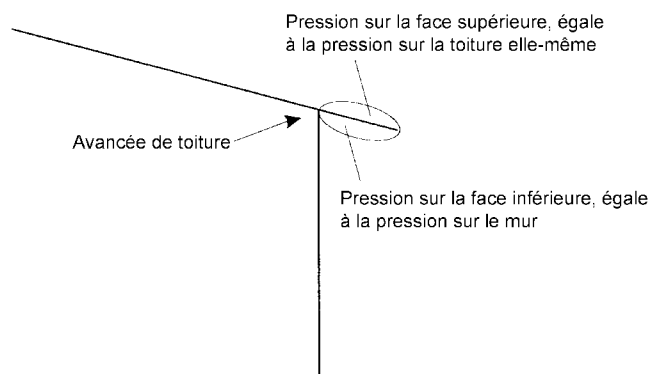
Interpolation entre $C_{pe,1}$ et $C_{pe,10}$



La figure est fondée sur les éléments suivants :
 pour $1 \text{ m}^2 < A < 10 \text{ m}^2$ $C_{pe} = C_{pe,1} - (C_{pe,1} - C_{pe,10}) \log_{10} A$

Pression sur les avancées de toit

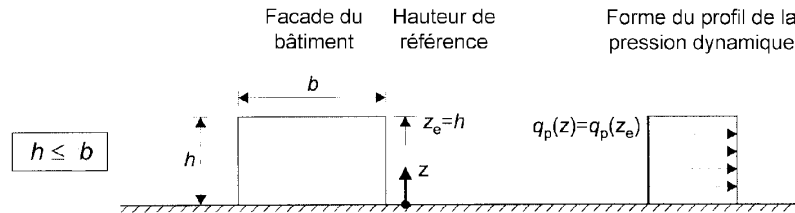
Figure 7.3



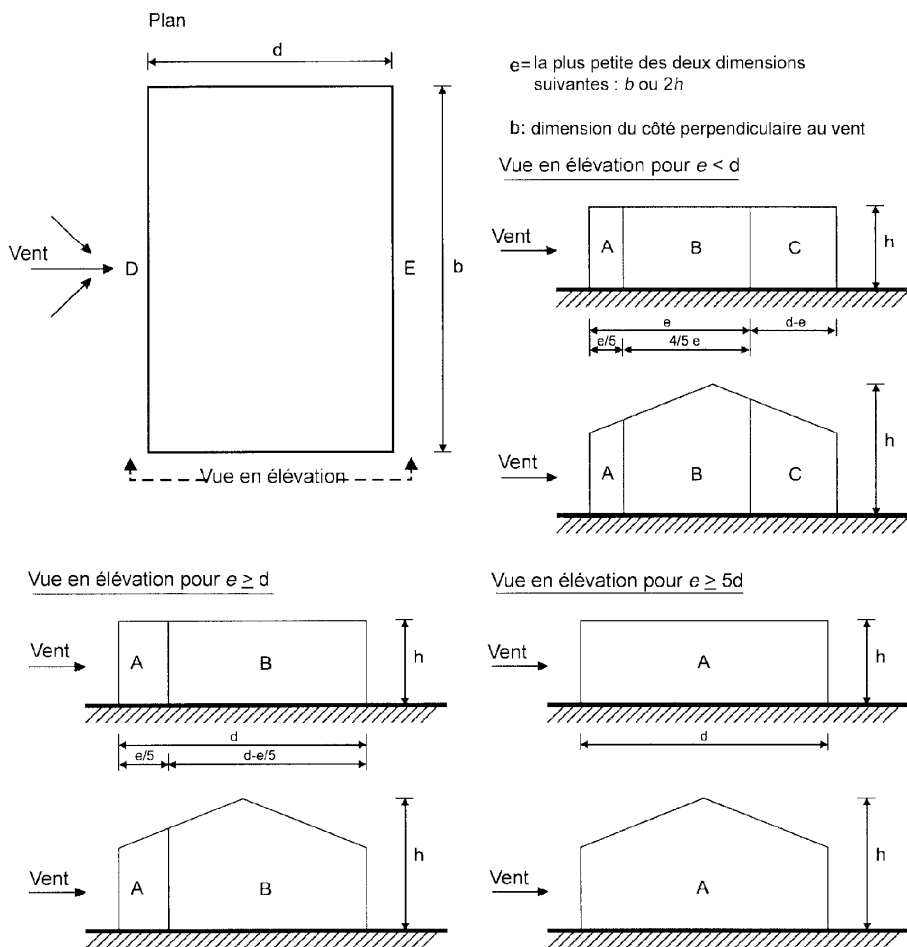
7.2.2- C_{pe} - Murs verticaux

→ Zones dans le sens vertical :

- ✓ $h \leq b \rightarrow$ 1 zone dans le sens vertical
- ✓ $h > b \rightarrow$ plusieurs zones dans le sens vertical : hors programme BTS AMCR



→ Zones dans le sens horizontal



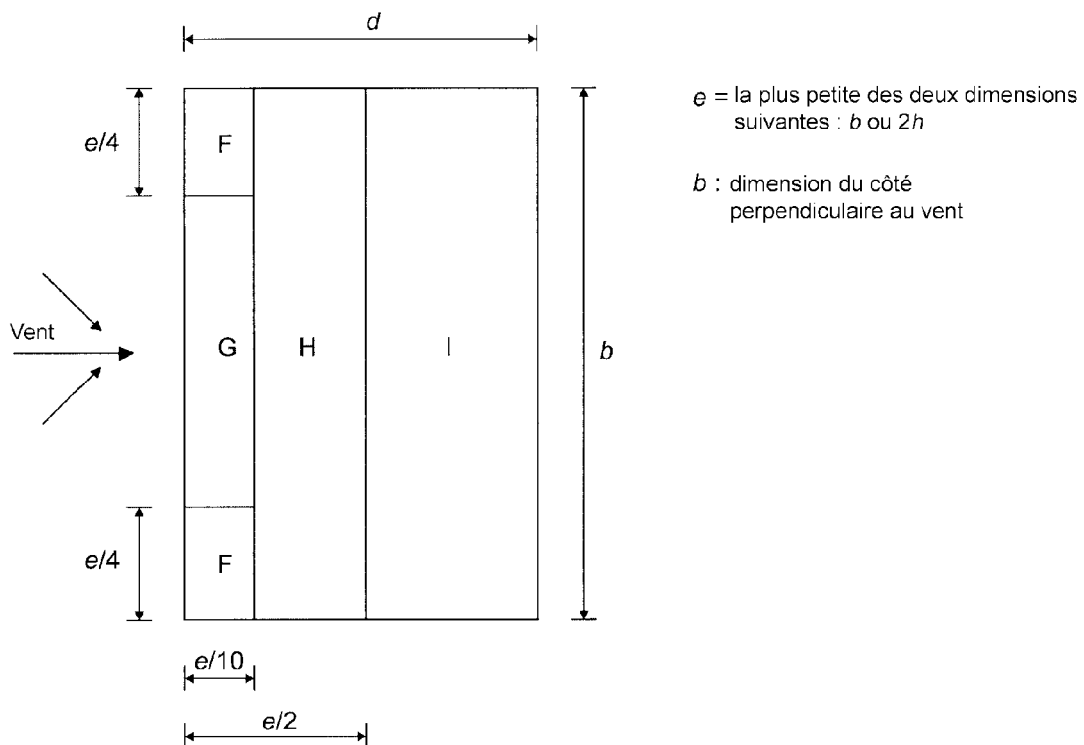
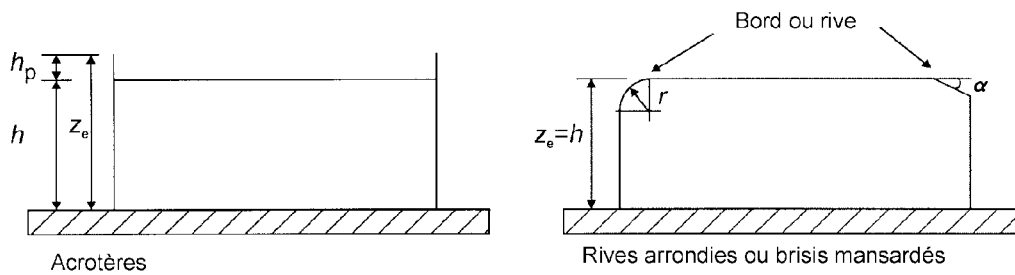
h/d	A		B		C		D		E	
	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}
5,0	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		0,8	1,0	-0,7	
1,0	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		0,8	1,0	-0,5	
0,25	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		0,7	1,0	-0,3	

- $h/d > 5 \rightarrow$ prendre les valeurs de $h/d = 5$
- $1 < h/d < 5 \rightarrow$ zone E interpolation linéaire
- $0.25 < h/d < 1 \rightarrow$ interpolation linéaire
- $h/d < 0.25 \rightarrow$ prendre les valeurs de $h/d = 0.25$

Vent

7.2.3- C_{pe} - Toitures terrasses

Les toitures-terrasses sont définies comme ayant une pente (α) telle que $-5^\circ < \alpha < 5^\circ$.



La hauteur de référence qu'il convient d'utiliser pour les toitures à brisis mansardés est égale à h . La hauteur de référence qu'il convient d'utiliser pour les toitures avec acrotères est égale à $h + h_p$, voir Figure ci-dessus.

Il convient de déterminer le coefficient de pression résultante exercée sur l'acrotère en utilisant les données de 7.4. Murs isolés, acrotères, voir p27

Type de toiture		Zone								
		F		G		H		I		
		$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	
rives à arêtes vives		-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2	
avec acrotères	$h_p/h = 0,025$	-1,6	-2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2	
		-1,4	-2,0	-0,9	-1,6	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2	
	$h_p/h = 0,05$	-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2	
		-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2	
	rives arrondies	$r/h = 0,05$	-1,0	-1,5	-1,2	-1,8	-0,4	-0,4	+0,2	-0,2
			-0,7	-1,2	-0,8	-1,4	-0,3	-0,3	+0,2	-0,2
$r/h = 0,10$		-0,5	-0,8	-0,5	-0,8	-0,3	-0,3	+0,2	-0,2	
		-0,5	-0,8	-0,5	-0,8	-0,3	-0,3	+0,2	-0,2	
brisis mansardés		$\alpha = 30^\circ$	-1,0	-1,5	-1,0	-1,5	-0,3	-0,3	+0,2	-0,2
			-1,2	-1,8	-1,3	-1,9	-0,4	-0,4	+0,2	-0,2
	$\alpha = 45^\circ$	-1,3	-1,9	-1,3	-1,9	-0,5	-0,5	+0,2	-0,2	
		-1,3	-1,9	-1,3	-1,9	-0,5	-0,5	+0,2	-0,2	

NOTE 1 Pour les toitures avec acrotères ou rives arrondies, une interpolation linéaire peut être utilisée pour les valeurs intermédiaires de h_p/h et r/h .

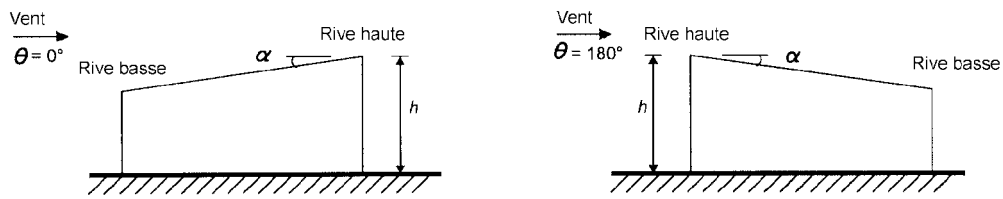
NOTE 2 Pour les toitures à brisis mansardés, une interpolation linéaire entre $\alpha = 30^\circ$, 45° et $\alpha = 60^\circ$ peut être utilisée. Pour $\alpha > 60^\circ$, une interpolation linéaire entre les valeurs pour $\alpha = 60^\circ$ et les valeurs applicables aux toitures-terrasses à arêtes vives peut être utilisée.

NOTE 3 En zone I, où des valeurs positives et négatives sont données, chacune des deux valeurs doit être prise en considération.

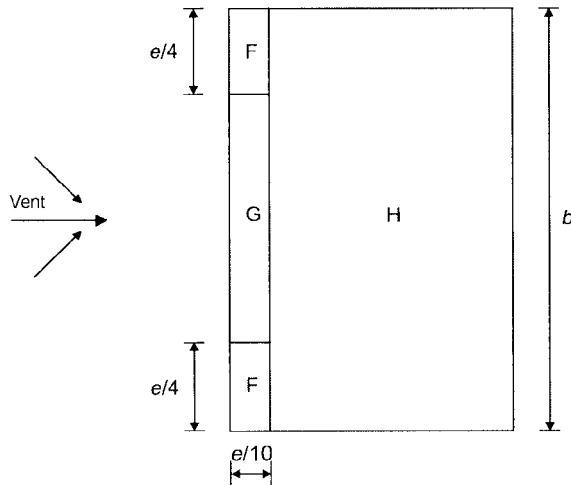
NOTE 4 Pour le brisis mansardé lui-même, les coefficients de pression extérieure sont donnés dans le Tableau 7.4a «Coefficients de pression extérieure applicables aux toitures à deux versants» (direction du vent $\theta = 0^\circ$), en considérant les zones F et G selon l'angle de pente du brisis.

NOTE 5 Pour la rive arrondie elle-même, les coefficients de pression extérieure sont obtenus par interpolation linéaire le long de l'arrondi, entre les valeurs relatives au mur et celles relatives à la toiture.

7.2.4- C_{pe} - Toitures à 1 seul versant



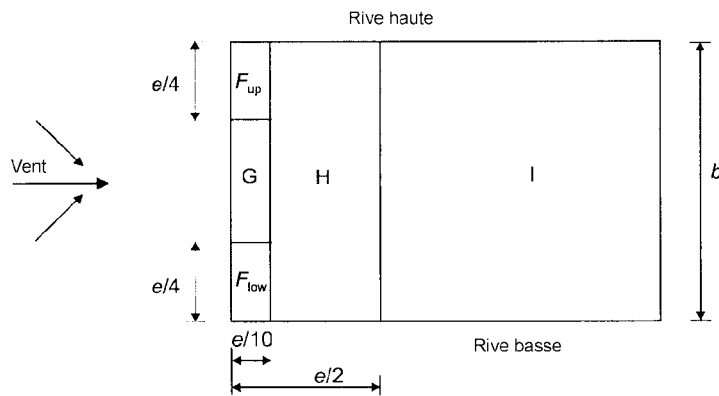
(a) Généralités



(b) Directions du vent $\theta = 0^\circ$ et $\theta = 180^\circ$

e = la plus petite des deux dimensions suivantes : b ou $2h$

b : dimension du côté perpendiculaire au vent



(c) Direction du vent $\theta = 90^\circ$

Direction de vent $\theta = 0^\circ$ et $\theta = 180^\circ$

Angle de pente α	Zone pour la direction du vent $\theta = 0^\circ$						Zone pour la direction du vent $\theta = 180^\circ$					
	F		G		H		F		G		H	
	Cpe,10	Cpe,1	Cpe,10	Cpe,1	Cpe,10	Cpe,1	Cpe,10	Cpe,1	Cpe,10	Cpe,1	Cpe,10	Cpe,1
entre 0° et 5° voir §7.2.3 Toitures terrasses												
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-2,3	-2,5	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2
	0,0		0,0		0,0							
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2
	0,2		0,2		0,2							
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-1,1	-2,3	-0,8	-1,5	-0,8	-0,8
	0,7		0,7		0,4							
45°	0,0		0		0		-0,6	-1,3	-0,5		-0,7	
	0,7		0,7		0,6							

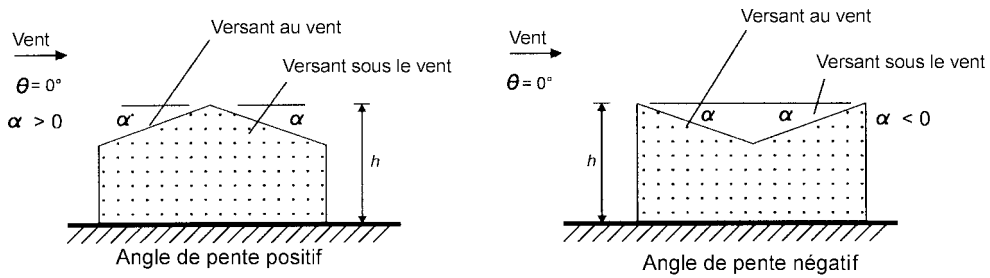
Direction de vent $\theta = 90^\circ$

Angle de pente α	Zone pour la direction du vent $\theta = 90^\circ$									
	Fup		Flow		G		H		I	
	Cpe,10	Cpe,1	Cpe,10	Cpe,1	Cpe,10	Cpe,1	Cpe,10	Cpe,1	Cpe,10	Cpe,1
entre 0° et 5° voir §7.2.3 Toitures terrasses										
5°	-2,1	-2,6	-2,1	-2,4	-1,8	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	-0,5
15°	-2,4	-2,9	-1,6	-2,4	-1,9	-2,5	-0,8	-1,2	-0,7	-1,2
30°	-2,1	-2,9	-1,3	-2,0	-1,5	-2,0	-1,0	-1,3	-0,8	-1,2
45°	-1,5	-2,4	-1,3	-2,0	-1,4	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2

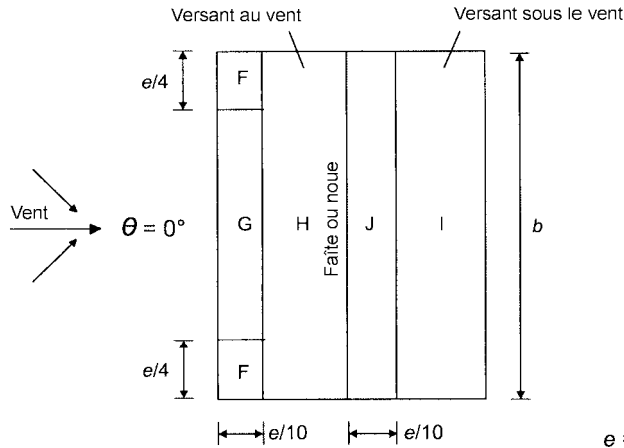
NOTE 1 : Avec $q = 0^\circ$, la pression varie rapidement entre des valeurs positives et négatives pour un angle de pente α allant de $+5^\circ$ à $+45^\circ$; c'est pourquoi des valeurs positives et négatives sont indiquées pour ces pentes. Pour ces toitures, il convient de prendre en considération deux cas ; un cas présentant toutes les valeurs positives, et un cas présentant toutes les valeurs négatives. Un mélange de valeurs positives et négatives sur un même versant n'est pas admis.

NOTE 2 : Pour les angles de pente intermédiaire, une interpolation linéaire peut être utilisée entre valeurs de même signe. Les valeurs égales à 0,0 sont données à cette fin d'interpolation.

7.2.5- C_{pe} - Toitures à 2 versants



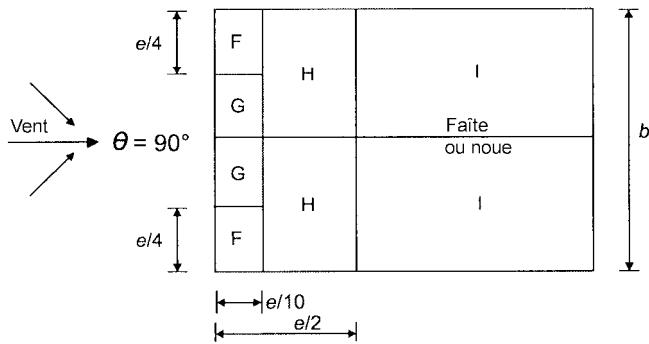
(a) Généralités



e = la plus petite des deux dimensions suivantes : b ou $2h$

(b) Direction du vent $\theta = 0^\circ$

b : dimension du côté perpendiculaire au vent



(c) Direction du vent $\theta = 90^\circ$

Direction de vent $\theta = 0^\circ$

Angle de pente α	Zone pour la direction du vent $\theta = 0^\circ$									
	F		G		H		I		J	
	Cpe,10	Cpe,1	Cpe,10	Cpe,1	Cpe,10	Cpe,1	Cpe,10	Cpe,1	Cpe,10	Cpe,1
-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	-0,7	-1,2	
							0,0	0,0		
-5°	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,6	-0,6		
							0,2	0,2		
entre -5° et 5° voir §7.2.3 Toitures terrasses										
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6	-0,6		
		0,0	0,0		0,0		0,0	0,2		
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4	-1,0	-1,5	
		0,2	0,2		0,2		0,0	0,0		
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4	-0,5		
		0,7	0,7		0,4		0,0	0,0		
45°	0		0		0		-0,2	-0,3		
		0,7	0,7		0,6		0	0		

NOTE 1 : Avec $\theta = 0^\circ$, la pression varie rapidement entre des valeurs positives et négatives sur le versant au vent, pour un angle de pente α allant de -5° à $+45^\circ$; c'est pourquoi des valeurs positives et négatives sont indiquées pour ces pentes. Pour ces toitures, il convient de prendre en considération quatre cas de figure avec lesquels les plus grandes ou les plus petites valeurs de toutes les zones F, G et H sont combinées aux plus grandes ou aux plus petites valeurs des zones I et J. Un mélange de valeurs positives et négatives sur un même versant, n'est pas admis.

NOTE 2 : Pour les angles de pentes intermédiaires de même signe, une interpolation linéaire peut être utilisée entre valeurs de même signe. (Ne pas effectuer d'interpolation entre $\alpha = +5^\circ$ et $\alpha = -5^\circ$, mais utiliser les données relatives aux toitures-terrasses définies en 7.2.3). Les valeurs égales à 0,0 sont données à cette fin d'interpolation.

Direction de vent $\theta = 90^\circ$

Angle de pente α	Zone pour la direction du vent $\theta = 90^\circ$							
	F		G		H		I	
	Cpe,10	Cpe,1	Cpe,10	Cpe,1	Cpe,10	Cpe,1	Cpe,10	Cpe,1
-15°	-1,9	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2
-5°	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
entre -5° et 5° voir §7.2.3 Toitures terrasses								
5°	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	
15°	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	
45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	

7.2.9- C_{pi} - Pression intérieure

Lorsqu'une ouverture extérieure, telle qu'une porte ou une fenêtre, est dominante en position ouverte mais est considérée fermée à l'état limite ultime, lors de vents violents extrêmes, il convient de considérer la situation avec la porte ou la fenêtre ouverte comme une situation de projet accidentelle conformément à l'EN 1990.

→ Si pas d'informations précises sur les ouvertures ou si les ouvertures du bâtiment sont considérées fermées dans la situation de projet durable et transitoire → $C_{pi} = +0.2 / -0.3$

→ Si pour au moins 2 faces (façades ou toiture) $\frac{A_o}{A} \geq 30\%$ alors traitement en toitures et murs isolés (§7.3 et §7.4)

→ Présence d'une face dominante si $A_{ofd} \geq 2 * \sum_{\text{faces}} A_{\text{Autre } A_o}$

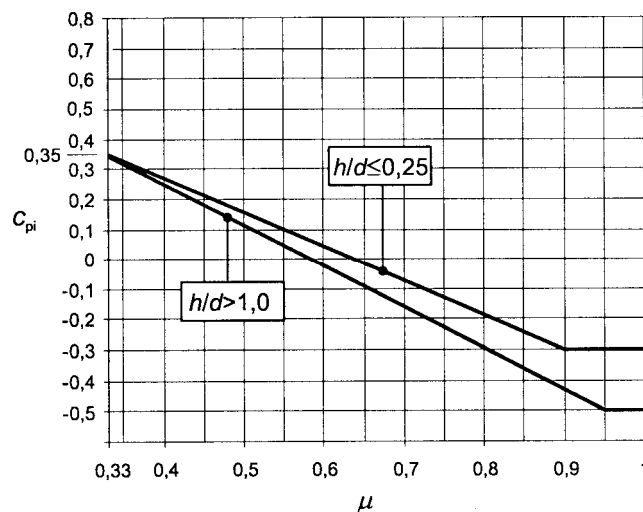
$$A_{ofd} = 2 * \sum_{\text{faces}} A_{\text{Autre } A_o} \quad \rightarrow \quad C_{pi} = 0.75 * C_{pe}$$

$$A_{ofd} \geq 3 * \sum_{\text{faces}} A_{\text{Autre } A_o} \quad \rightarrow \quad C_{pi} = 0.90 * C_{pe}$$

$$2 * \sum_{\text{faces}} A_{\text{Autre } A_o} < A_{ofd} < 3 * \sum_{\text{faces}} A_{\text{Autre } A_o} \quad \rightarrow \quad \text{interpolation linéaire entre 0.75 et 0.90}$$

C_{pe} est le coefficient de pression extérieure au niveau des ouvertures de la face dominante

→ Pas de face dominante : C_{pi} fonction de $\frac{h}{d}$ et $\mu = \frac{\sum A_o \text{ faces } C_{pe \leq}}{\sum A_o}$



Si $0.25 \leq \frac{h}{d} \leq 1.0 \rightarrow$ interpolation linéaire :

$$C_{pi} \left(\frac{h}{d} \right) = C_{pi}(0.25) + \frac{C_{pi}(1.0) - C_{pi}(0.25)}{0.75} * \left(\frac{h}{d} - 0.25 \right)$$

A = Aire d'une face

A_o = Aire totale des ouvertures de la face

A_{ofd} = aire des ouvertures sur une face dominante

7.4.1- $C_{p,net}$ - Acrotère

Pour les acrotères, le coefficient de pression résultante $C_{p,net}$ peut être pris égal, sans considération de pente de toiture à 2.

7.5-Forces de frottement

EC1-1.4-§5.3

Prise en compte des forces de frottement F_{fr}

$$F_{fr} \text{ négligé si } A_{//} \leq 4 * A_{\perp}$$

$A_{//}$ = aire de toutes les surfaces parallèles au vent (ou faiblement inclinées par rapport à sa direction)

A_{\perp} = aire de toutes les surfaces perpendiculaires au vent (au vent et sous le vent)

EC1-1.4-§5.3 et 7.5

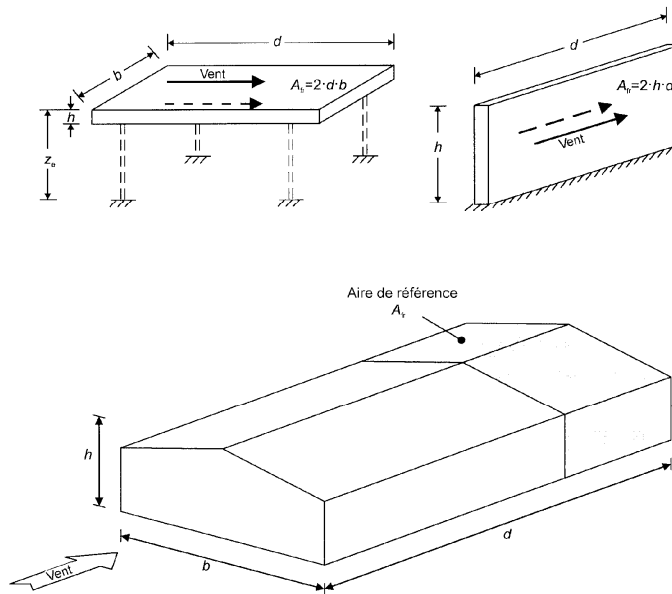
$$F_{fr} = c_{fr} * q_{p(z)} * A_{fr}$$

$q_{p(z)}$: pression dynamique de pointe

c_{fr} : coefficient de frottement

Surface	Coefficient de frottement c_{fr}
Lisse (à savoir acier, béton lisse)	0.01
Rugueuse (à savoir béton brut, bardeaux bitumés (shingles))	0.02
Très rugueuse (à savoir ondulations, nervures, pliures)	0.04

A_{fr} : Aire de référence



$$A_{fr} = (d - \min[2 * b; 4 * h]) * L_{\text{développé extérieur}}$$

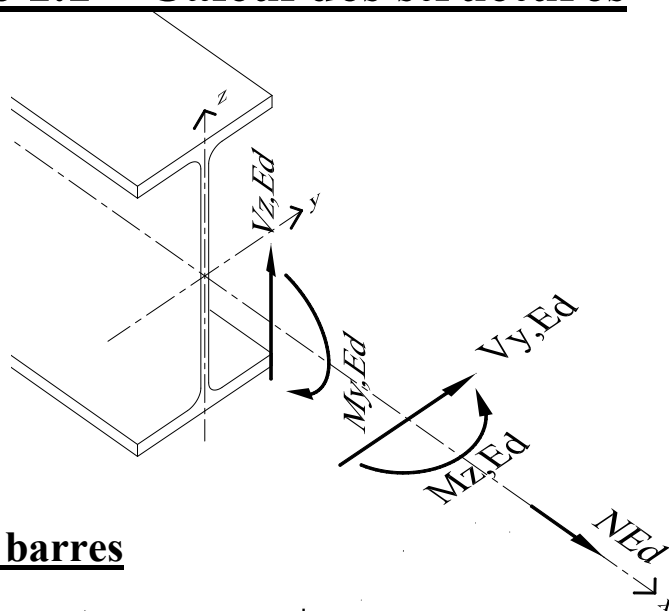
Vent

EUROCODE 3 – Partie 1.1 – Calcul des structures

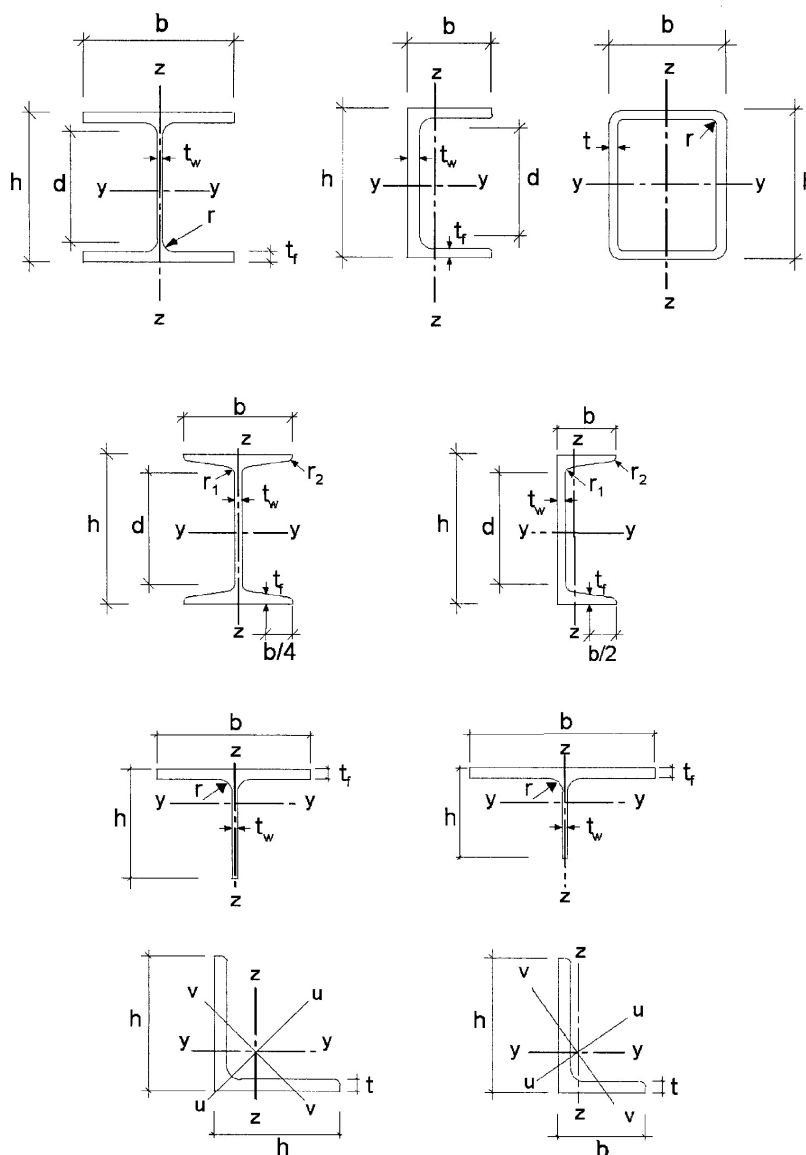
1.6-Symboles

- A → aire de la section
- A_{net} → aire nette de la section
- I_y, I_z → inertie
- $W_{pl,y}, W_{pl,z}$ → module plastique
- $W_{el,y}, W_{el,z}$ → module élastique
- A_{vy}, A_{vz} → aire de cisaillement

- f_y → limite élastique de l'acier
- f_u → limite ultime de l'acier



1.7-Conventions pour les axes des barres



3.2-Matériaux

Acier de construction laminé à chaud

Norme et nuance d'acier	Épaisseur nominale t de l'élément [mm]			
	$t \leq 40$ mm		$40 \text{ mm} < t \leq 80$ mm	
	f_y [N/mm ²]	f_u [N/mm ²]	f_y [N/mm ²]	f_u [N/mm ²]
EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	490	335	470
S 450	440	550	410	550
EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	490	335	490

Profils creux finis à chaud

Norme et nuance d'acier	Épaisseur nominale t de l'élément [mm]			
	$t \leq 40$ mm		$40 \text{ mm} < t \leq 80$ mm	
	f_y [N/mm ²]	f_u [N/mm ²]	f_y [N/mm ²]	f_u [N/mm ²]
EN 10210-1				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490
S 275 NH/NLH	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	490	335	470
S 420 NH/NLH	420	540	390	520
S 460 NH/NLH	460	560	430	550

Profils creux finis à froid

Norme et nuance d'acier	Épaisseur nominale t de l'élément [mm]			
	$t \leq 40$ mm		$40 \text{ mm} < t \leq 80$ mm	
	f_y [N/mm ²]	f_u [N/mm ²]	f_y [N/mm ²]	f_u [N/mm ²]
EN 10219-1				
S 235 H	235	360		
S 275 H	275	430		
S 355 H	355	510		
S 275 NH/NLH	275	370		
S 355 NH/NLH	355	470		
S 460 NH/NLH	460	550		
S 275 MH/MLH	275	360		
S 355 MH/MLH	355	470		
S 420 MH/MLH	420	500		
S 460 MH/MLH	460	530		

Pour tous les aciers :

Module d'élasticité longitudinal (module d'Young)	→	$E = 210000 \text{ MPa}$
Module de cisaillement	→	$G = 81000 \text{ MPa}$
Coefficient de dilatation thermique	→	$\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ par } ^\circ\text{C}$

5.5-Classification des sections

Le rôle de la classification des sections transversales est d'identifier dans quelle mesure leur résistance et leur capacité de rotation sont limitées par l'apparition du voilement local.

Quatre classes de sections transversales sont définies de la façon suivante :

- Les sections transversales de Classe 1 sont celles dans lesquelles peut se former une rotule plastique pouvant atteindre sans réduction de résistance la capacité de rotation requise pour une analyse plastique.
- Les sections transversales de Classe 2 sont celles dans lesquelles peut se développer leur moment résistant plastique, mais qui possèdent une capacité de rotation limitée à cause du voilement local.
- Les sections transversales de Classe 3 sont celles pour lesquelles la contrainte calculée dans la fibre comprimée extrême de la barre en acier en supposant une distribution élastique des contraintes peut atteindre la limite d'élasticité, mais pour lesquelles le voilement local est susceptible d'empêcher le développement du moment résistant plastique.
- Les sections transversales de Classe 4 sont celles pour lesquelles le voilement local se produit avant l'atteinte de la limite d'élasticité dans une ou plusieurs parois de la section transversale.

La classe d'une section transversale est définie par la classe la plus élevée (la moins favorable) de ses parois comprimées.

Rapport largeur / épaisseur pour les parois comprimées

Parois comprimées internes						
					Axe de flexion	
					Axe de flexion	
Classe	Paroi fléchie	Paroi comprimée	Paroi fléchie et comprimée			
Distribution des contraintes dans les parois (compression positive)						
1	$c/t \leq 72\varepsilon$	$c/t \leq 33\varepsilon$	lorsque $\alpha > 0,5$: $c/t \leq \frac{396\varepsilon}{13\alpha - 1}$ lorsque $\alpha \leq 0,5$: $c/t \leq \frac{36\varepsilon}{\alpha}$			
2	$c/t \leq 83\varepsilon$	$c/t \leq 38\varepsilon$	lorsque $\alpha > 0,5$: $c/t \leq \frac{456\varepsilon}{13\alpha - 1}$ lorsque $\alpha \leq 0,5$: $c/t \leq \frac{41,5\varepsilon}{\alpha}$			
Distribution des contraintes dans les parois (compression positive)						
3	$c/t \leq 124\varepsilon$	$c/t \leq 42\varepsilon$	lorsque $\psi > -1$: $c/t \leq \frac{42\varepsilon}{0,67 + 0,33\psi}$ lorsque $\psi \leq -1^*)$: $c/t \leq 62\varepsilon(1 - \psi)\sqrt{(-\psi)}$			
$\varepsilon = \sqrt{235 / f_y}$	f_y (N/mm ²)	235	275	355	420	460
	ε	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

$$\alpha = \min \left[\frac{|N_{Ed}|}{2 \cdot c \cdot t_w \cdot f_y} + \frac{1}{2} ; 1 \right]$$

$$\psi = \min \left[\frac{2 \cdot |N_{Ed}|}{A \cdot f_y} - 1 ; 0 \right]$$

*) $\psi \leq -1$ s'applique soit lorsque la contrainte de compression $\sigma < f_y$, soit lorsque la déformation de traction $\varepsilon_y > f_y/E$.

N_{Ed} = effort de compression
 A = aire de la section
 t_w = épaisseur de l'âme

Semelles en console						
		Sections laminées		Sections soudées		
Classe	Paroi comprimée	Paroi fléchie et comprimée				
		Extrémité comprimée		Extrémité tendue		
Distribution des contraintes dans les parois (compression positive)						
1	$c/t \leq 9\varepsilon$	$c/t \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$			
2	$c/t \leq 10\varepsilon$	$c/t \leq \frac{10\varepsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{10\varepsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$			
Distribution des contraintes dans les parois (compression positive)						
3	$c/t \leq 14\varepsilon$	$c/t \leq 21\varepsilon\sqrt{k_\sigma}$ Pour k_σ , voir l'EN 1993-1-5				
$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y (N/mm ²)	235	275	355	420	460
	ε	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

Cornières						
Consulter également "Semelles en console" (voir feuille 2 sur 3)						
Ne s'applique pas aux cornières en contact continu avec d'autres composants						
Classe	Section comprimée					
Distribution des contraintes dans les parois (compression positive)						
3	$h/t \leq 15\varepsilon ; \frac{b+h}{2t} \leq 11,5\varepsilon$					
Sections tubulaires						
Classe	Section fléchie et/ou comprimée					
1	$d/t \leq 50\varepsilon^2$					
2	$d/t \leq 70\varepsilon^2$					
3	$d/t \leq 90\varepsilon^2$					
NOTE : Pour $d/t > 90\varepsilon^2$, voir l'EN 1993-1-6						
$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y (N/mm ²)	235	275	355	420	460
	ε	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71
	ε^2	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51

Conventions
 Matériaux
 Classe sections

Classification des sections des profils de type IPE

	Nuance S235						Nuance S275					
	M _{y,Ed}	M _{z,Ed}	N _{Ed}	M _{y,Ed} et N _{Ed} Effort axial limite en kN			M _{y,Ed}	M _{z,Ed}	N _{Ed}	M _{y,Ed} et N _{Ed} Effort axial limite en kN		
				Cl 1	Cl 2	Cl 3				Cl 1	Cl 2	Cl 3
IPE 80	1	1	1	*			1	1	1	*		
IPE 100	1	1	1	*			1	1	1	*		
IPE 120	1	1	1	*			1	1	1	*		
IPE 140	1	1	1	*			1	1	1	*		
IPE 160	1	1	1	*			1	1	1	*		
IPE 180	1	1	1	*			1	1	1	*		
IPE 200	1	1	1	*			1	1	1	*		
IPE 220	1	1	1	*			1	1	1	*		
IPE 240	1	1	1	*			1	1	2	320,7	*	
IPE 270	1	1	2	335,4	*		1	1	2	337,4	*	
IPE 300	1	1	2	370,7	*		1	1	2	370,0	*	
IPE 330	1	1	2	401,2	*		1	1	3	398,2	530,2	*
IPE 360	1	1	2	441,3	*		1	1	3	435,3	585,5	*
IPE 400	1	1	3	492,8	653,3	*	1	1	3	483,1	656,6	*
IPE 450	1	1	3	557,0	748,7	*	1	1	4	539,9	747,3	2566,6
IPE 500	1	1	3	625,5	851,2	*	1	1	4	600,2	844,4	2849,9
IPE 550	1	1	4	731,9	999,2	3134,7	1	1	4	700,5	989,6	3247,5
IPE 600	1	1	4	835,2	1147,5	3557,9	1	1	4	795,0	1132,9	3681,8

	Nuance S355						Nuance S460					
	M _{y,Ed}	M _{z,Ed}	N _{Ed}	M _{y,Ed} et N _{Ed} Effort axial limite en kN			M _{y,Ed}	M _{z,Ed}	N _{Ed}	M _{y,Ed} et N _{Ed} Effort axial limite en kN		
				Cl 1	Cl 2	Cl 3				Cl 1	Cl 2	Cl 3
IPE 80	1	1	1	*			1	1	1	*		
IPE 100	1	1	1	*			1	1	1	*		
IPE 120	1	1	1	*			1	1	1	*		
IPE 140	1	1	1	*			1	1	2	237,2	*	
IPE 160	1	1	1	*			1	1	2	253,2	*	
IPE 180	1	1	2	261,9	*		1	1	3	261,5	346,7	*
IPE 200	1	1	2	284,4	*		1	1	3	281,6	376,8	*
IPE 220	1	1	2	297,8	*		1	1	4	289,4	395,1	1530,0
IPE 240	1	1	2	321,8	*		1	1	4	310,5	427,2	1737,4
IPE 270	1	1	3	331,1	447,3	*	1	1	4	308,4	440,6	1798,6
IPE 300	1	1	4	356,9	491,3	1840,3	1	1	4	322,7	475,7	1939,9
IPE 330	1	1	4	379,3	529,3	2039,5	1	1	4	335,6	506,3	2141,4
IPE 360	1	1	4	408,6	579,3	2250,5	1	1	4	352,2	546,4	2352,5
IPE 400	1	1	4	446,4	643,6	2490,0	1	1	4	373,5	597,9	2591,1
IPE 450	1	1	4	485,3	720,8	2699,5	1	1	4	384,0	652,1	2788,5
IPE 500	1	1	4	525,5	802,9	2983,7	1	1	4	392,7	708,5	3062,4
IPE 550	1	1	4	609,0	937,5	3396,1	1	1	4	447,7	821,7	3480,0
IPE 600	1	1	4	681,1	1065,1	3841,3	1	1	4	483,6	920,7	3923,4

* indique la classe maximale qui peut être atteinte

Classification des sections des profils de type HEA

	Nuance S235						Nuance S275					
	M _{y,Ed}	M _{z,Ed}	N _{Ed}	M _{y,Ed} et N _{Ed} Effort axial limite en kN			M _{y,Ed}	M _{z,Ed}	N _{Ed}	M _{y,Ed} et N _{Ed} Effort axial limite en kN		
				Cl 1	Cl 2	Cl 3				Cl 1	Cl 2	Cl 3
HE 100 A	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 120 A	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 140 A	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 160 A	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 180 A	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 200 A	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 220 A	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 240 A	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 260 A	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 280 A	1	1	1	*			2	2	2		*	
HE 300 A	1	1	1	*			2	2	2		*	
HE 320 A	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 340 A	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 360 A	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 400 A	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 450 A	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 500 A	1	1	1	*			1	1	2	1141,2	*	
HE 550 A	1	1	2	1148,3	*		1	1	2	1145,9	*	
HE 600 A	1	1	2	1163,3	*		1	1	3	1147,2	1543,8	*

	Nuance S355						Nuance S460					
	M _{y,Ed}	M _{z,Ed}	N _{Ed}	M _{y,Ed} et N _{Ed} Effort axial limite en kN			M _{y,Ed}	M _{z,Ed}	N _{Ed}	M _{y,Ed} et N _{Ed} Effort axial limite en kN		
				Cl 1	Cl 2	Cl 3				Cl 1	Cl 2	Cl 3
HE 100 A	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 120 A	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 140 A	1	1	1	*			2	2	2		*	
HE 160 A	1	1	1	*			2	2	2		*	
HE 180 A	2	2	2		*		3	3	3			*
HE 200 A	2	2	2		*		3	3	3			*
HE 220 A	2	2	2		*		3	3	3			*
HE 240 A	2	2	2		*		3	3	3			*
HE 260 A	3	3	3			*	3	3	3			*
HE 280 A	3	3	3			*	3	3	3			*
HE 300 A	3	3	3			*	3	3	3			*
HE 320 A	2	2	2		*		3	3	3			*
HE 340 A	1	1	1	*			3	3	3			*
HE 360 A	1	1	1	*			2	2	2		*	
HE 400 A	1	1	2	1144,5	*		1	1	2	1147,8	*	
HE 450 A	1	1	2	1138,8	*		1	1	3	1109,3	1510,6	*
HE 500 A	1	1	3	1128,1	1512,0	*	1	1	4	1062,8	1499,8	8034,4
HE 550 A	1	1	4	1104,9	1521,5	7236,7	1	1	4	998,7	1473,0	7627,8
HE 600 A	1	1	4	1076,0	1526,6	6993,8	1	1	4	926,0	1438,9	7309,0

* indique la classe maximale qui peut être atteinte

Classification des sections des profils de type HEB

	Nuance S235						Nuance S275					
	M _{y,Ed}	M _{z,Ed}	N _{Ed}	M _{y,Ed} et N _{Ed} Effort axial limite en kN			M _{y,Ed}	M _{z,Ed}	N _{Ed}	M _{y,Ed} et N _{Ed} Effort axial limite en kN		
				CI 1	CI 2	CI 3				CI 1	CI 2	CI 3
HE 100 B	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 120 B	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 140 B	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 160 B	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 180 B	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 200 B	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 220 B	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 240 B	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 260 B	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 280 B	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 300 B	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 320 B	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 340 B	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 360 B	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 400 B	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 450 B	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 500 B	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 550 B	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 600 B	1	1	1	*			1	1	2	1968,0	*	

	Nuance S355						Nuance S460					
	M _{y,Ed}	M _{z,Ed}	N _{Ed}	M _{y,Ed} et N _{Ed} Effort axial limite en kN			M _{y,Ed}	M _{z,Ed}	N _{Ed}	M _{y,Ed} et N _{Ed} Effort axial limite en kN		
				CI 1	CI 2	CI 3				CI 1	CI 2	CI 3
HE 100 B	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 120 B	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 140 B	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 160 B	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 180 B	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 200 B	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 220 B	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 240 B	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 260 B	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 280 B	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 300 B	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 320 B	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 340 B	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 360 B	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 400 B	1	1	1	*			1	1	1	*		
HE 450 B	1	1	1	*			1	1	2	2051,5	*	
HE 500 B	1	1	2	2001,0	*		1	1	2	2010,3	*	
HE 550 B	1	1	2	1985,7	*		1	1	3	1949,6	2632,5	*
HE 600 B	1	1	3	1964,8	2605,3	*	1	1	4	1880,3	2609,4	11618,6

* indique la classe maximale qui peut être atteinte

6.1-Coefficients partiels de sécurité

$$\gamma_{M0} = 1.0$$

$$\gamma_{M1} = 1.0$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

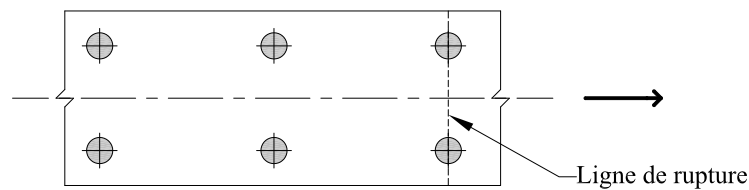
$$\gamma_{M3} = 1.1$$

$$\gamma_{m3,ser} = 1.25$$

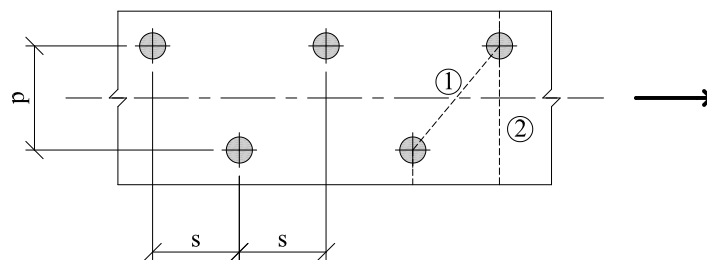
6.2-ELU - Résistance des sections transversales

6.2.2.2-Aire nette

→ Boulons alignés dans la section transversale : $A_{net} = A - t \cdot n \cdot d_0$



→ Boulons en quinconce : $A_{net} = \min[A_{net1} ; A_{net2}]$



Suivant la ligne de rupture 1 → $A_{net1} = A - t \cdot \left(n \cdot d_0 - \sum \frac{s^2}{4 \cdot p} \right)$

Suivant la ligne de rupture 2 → $A_{net2} = A - t \cdot n \cdot d_0$

- A → aire brute de la section transversale
- t → épaisseur de l'élément
- n → nombre de boulons situés sur la ligne de rupture considérée
- s → pas en quinconce
- p → entraxe des 2 mêmes trous mesurés perpendiculairement à l'axe de la barre
- d_0 → diamètre du trou

6.2.3-Traction N_{Ed}

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$N_{t,Rd} = \min[N_{pl,Rd}; N_{u,Rd}]$$

$$\left| \begin{aligned} N_{pl,Rd} &= \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \\ N_{u,Rd} &= \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \text{ (prise en compte des trous avec } A_{net} \text{ voir p36)} \end{aligned} \right.$$

EC3-1.8-§3.10.3 : cornières attachées par une seule aile :

Avec 1 boulon : $N_{u,Rd} = \frac{2 \cdot (e_2 - 0,5 \cdot d_0) \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$

Avec 2 boulons : $N_{u,Rd} = \frac{\beta_2 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$

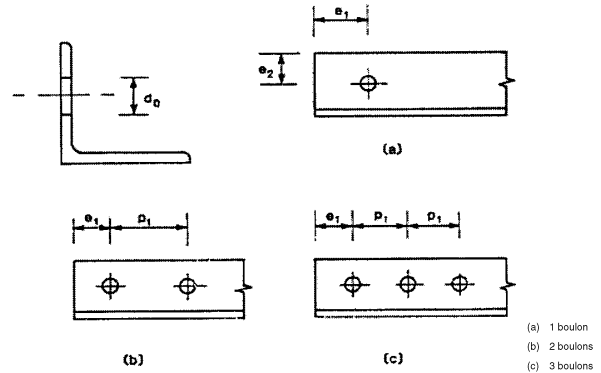
Avec 3 boulons ou plus : $N_{u,Rd} = \frac{\beta_3 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$

Entraxe	p_1	$\leq 2,5 d_0$	$\geq 5,0 d_0$
2 boulons	β_2	0,4	0,7
3 boulons ou plus	β_3	0,5	0,7

Interpolation linéaire pour $2,5 \cdot d_0 \leq p_1 \leq 5 \cdot d_0$

$$\beta_2 = 0,4 + \frac{0,3}{2,5 \cdot d_0} \cdot (p_1 - 2,5 \cdot d_0)$$

$$\beta_3 = 0,5 + \frac{0,2}{2,5 \cdot d_0} \cdot (p_1 - 2,5 \cdot d_0)$$



Pour les attaches de catégorie C (résistant au glissement à l'ELU) :

$$N_{t,Rd} = N_{net,Rd} = \frac{A_{net} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

6.2.4-Compression N_{Ed}

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

→ Classe 1,2 et 3 : $N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$

Prise en compte des trous :

| Trous négligés

6.2.5-Flexion simple $M_{y,Ed}$ ou $M_{z,Ed}$

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

Pour déterminer la classe de la section → voir §5.5

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

$$M_{c,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{c,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{plz} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

→ Section de classe 3 : $M_{c,y,Rd} = M_{el,y,Rd} = \frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$

$$M_{c,y,Rd} = M_{el,y,Rd} = \frac{W_{ely} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{c,z,Rd} = M_{el,z,Rd} = \frac{W_{etz} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

Prise en compte des trous dans :

Semelle tendue : si $\frac{A_{f,net} \cdot 0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \geq \frac{A_f \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$ avec A_f = aire de la semelle tendue → trous négligés

Ame tendue : si $\frac{A_{t,net} \cdot 0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \geq \frac{A_t \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$ avec A_t = aire de la semelle + âme tendues → trous négligés

Semelle et âme comprimées → trous négligés

6.2.5-Flexion bi-axiale $M_{y,Ed}$ et $M_{z,Ed}$

EC3-1.1-§6.2.5 et §6.2.9(6)

→ Classe 1 et 2

$$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \right]^\beta \leq 1$$

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

α et β sont des constantes pouvant être prises en toute sécurité égales à 1, sinon de la façon suivante :

- | | |
|-----------------------------------|--------------------------|
| Sections en I ou H : | $\alpha = 2 ; \beta = 1$ |
| Sections creuses circulaires : | $\alpha = 2 ; \beta = 2$ |
| Sections creuses rectangulaires : | $\alpha = \beta = 1,66$ |

→ Classe 3

$$\sigma_{x,Ed} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

6.2.6-Cisaillement $V_{y,Ed}$ ou $V_{z,Ed}$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{C,Rd}} \leq 1$$

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

$$V_{C,y,Rd} = V_{pl,y,Rd} = \frac{A_{vy}(f_y/\sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{C,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_{vz}(f_y/\sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

| A_{vy} ou A_{vz} = aire de cisaillement

Section	A_{vz} Charge // à l'âme	A_{vy} Charge \perp à l'âme
Laminée en I ou H	Catalogue de profils ou $A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2r) \cdot t_f$	$A - \sum (h_w \cdot t_w)$
Laminée en U	Catalogue de profils ou $A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + r) \cdot t_f$	
Laminée en T	Catalogue de profils ou $0,9 \cdot (A - 2 \cdot b \cdot t_f)$	
Soudée en I, H ou caisson	$\sum (h_w \cdot t_w)$	
Creuse rectangulaire d'épaisseur uniforme	$\frac{A \cdot h}{b + h}$	$\frac{A \cdot b}{b + h}$
Creuse circulaire d'épaisseur uniforme		$\frac{2 \cdot A}{\pi}$

Voir p28 pour la signification des symboles

Prise en compte des trous :

| Prise en compte dans le calcul d'attaches

6.2.8-Flexion simple $M_{y,Ed}$ et cisaillement $V_{z,Ed}$

- Si $V_{z,Ed} \leq 0,5 \cdot V_{pl,z,Rd} \rightarrow$ effet de V_z négligé sur M_y ($V_{pl,z,Rd} = \frac{A_{vz}(f_y/\sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$) \rightarrow voir 6.2.5-Flexion simple
- Sinon pour $V_{z,Ed} > 0,5 \cdot V_{pl,z,Rd} \rightarrow$ effet de V_z pris en compte sur M_y ($V_{pl,z,Rd} \rightarrow$ voir p40)

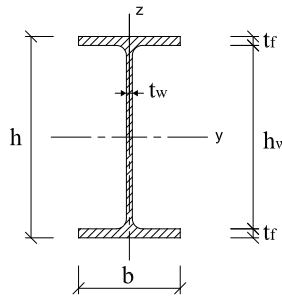
$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{V,y,Rd}} \leq 1$$

Classe 1, 2 et 3

$M_{V,y,Rd} \rightarrow$ moment résistant réduit en utilisant pour l'aire de cisaillement une limite d'élasticité réduite de $(1-\rho) \cdot f_y$

$$\left| \rho = \left(\frac{2 \cdot V_{z,Ed}}{V_{pl,z,Rd}} - 1 \right)^2 \right. \text{ avec } V_{pl,z,Rd} = \frac{A_{vz}(f_y/\sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

Sections en I ou H



$$M_{V,y,Rd} = \min \left[\frac{\left(W_{pl,y} - \frac{\rho A_w^2}{4 \cdot t_w} \right) \cdot f_y}{\gamma_{M0}} ; M_{c,y,Rd} \right]$$

$A_w = h_w \cdot t_w$	
Classe 1 et 2	$\rightarrow M_{c,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$
Classe 3	$\rightarrow M_{c,y,Rd} = M_{el,y,Rd} = \frac{W_{el,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$

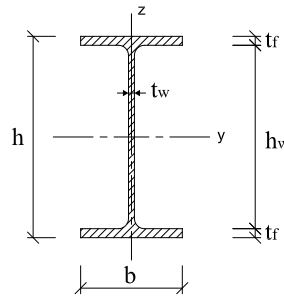
ELU
Résistance en
section

6.2.9-Flexion simple $M_{y,Ed}$ ou $M_{z,Ed}$ et effort normal N_{Ed}

Classe 1 et 2

$$\frac{M_{Ed}}{M_{N,Rd}} \leq 1$$

Sections en I ou H



$M_{y,Ed} + N_{Ed}$

- Si $N_{Ed} \leq 0,25 \cdot N_{pl,Rd}$ et $N_{Ed} \leq \frac{0,5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$ → effet de N négligé sur M_y ($N_{pl,Rd}$ → voir p37) :

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd}$$

- Sinon → effet de N pris en compte sur M_y :

$$M_{N,y,Rd} = \min \left[M_{pl,y,Rd} \cdot \frac{(1-n)}{(1-0,5 \cdot a)} ; M_{pl,y,Rd} \right]$$

$$\left| \begin{array}{l} M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \\ n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \text{ (} N_{pl,Rd} \text{ → voir p37)} \\ a = \min \left[\frac{(A-2 \cdot b \cdot t_f)}{A} ; 0,5 \right] \end{array} \right.$$

$M_{z,Ed} + N_{Ed}$

- Si $N_{Ed} \leq \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$ ou $n \leq a$ → effet de N négligé sur M_z :

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd}$$

- Sinon, pour $n > a$ → effet de N pris en compte :

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} \left[1 - \left(\frac{n-a}{1-a} \right)^2 \right]$$

$$\left| \begin{array}{l} M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \\ n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \text{ (} N_{pl,Rd} \text{ → voir p37)} \\ a = \min \left[\frac{(A-2 \cdot b \cdot t_f)}{A} ; 0,5 \right] \end{array} \right.$$

6.3-ELU – Résistance des barres aux instabilités

6.3.1-Flambement

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

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

$\chi = \min [\chi_y; \chi_z; 1] \rightarrow$ coefficient de réduction

Calcul de χ_y ou χ_z

Pour i valant y ou z :

$L_{f,i}$ (ou $L_{cr,i}$) \rightarrow longueur de flambement (ou longueur critique) voir p46

$N_{cr,i} = \frac{\pi^2 E I_i}{L_{cr,i}^2} \rightarrow$ effort normal critique ($\frac{N_{Ed}}{N_{cr,i}} \leq 0,04 \rightarrow$ effet du flbt négligé)

$\bar{\lambda}_i = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,i}}} \rightarrow$ élancement réduit ($\bar{\lambda}_i \leq 0,2 \rightarrow$ effet du flbt négligé)

Courbe de flambement \rightarrow voir p45

$\chi_i \rightarrow$ tableaux p50 à 54

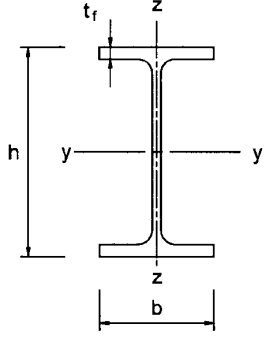
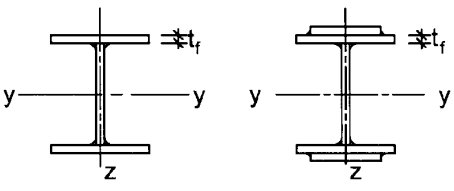
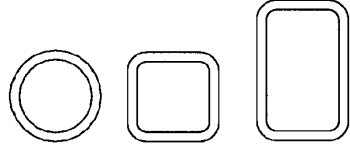
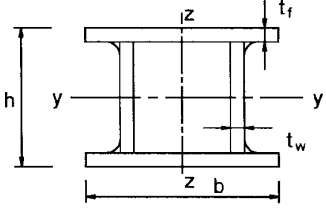
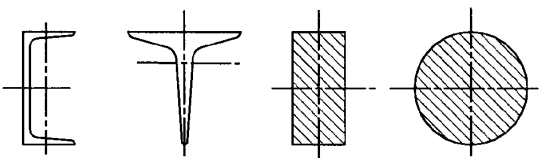
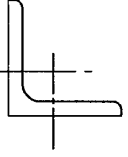
ou

$$\rightarrow \phi_i = 0.5 \left[1 + \alpha_i (\bar{\lambda}_i - 0.2) + \bar{\lambda}_i^2 \right]; \chi_i = \frac{1}{\phi_i + \sqrt{\phi_i^2 - \bar{\lambda}_i^2}}$$

Facteur d'imperfection α_i

Courbe de flambement	a_0	a	b	c	d
Facteur d'imperfection α	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

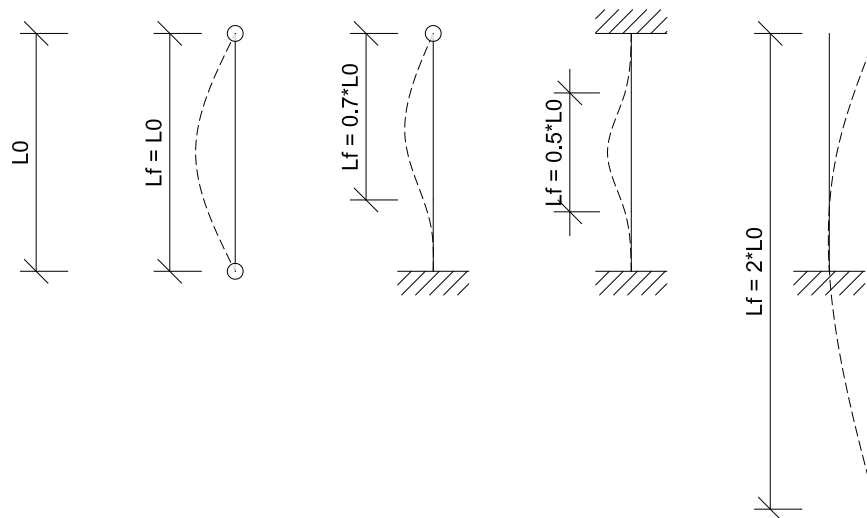
Courbe de flambement

Section transversale	Limites	Flambement Selon l'axe	Courbe de flambement	
			S 235 S 275 S 355 S 420	S 460
Sections en I laminées 	$h/b > 1,2$	$t_f \leq 40 \text{ mm}$ $40 \text{ mm} < t_f \leq 100$	y-y z-z	a a ₀
			y-y z-z	b c
	$h/b \leq 1,2$	$t_f \leq 100 \text{ mm}$ $t_f > 100 \text{ mm}$	y-y z-z	b c
			y-y z-z	d c
Sections en I soudées 	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y-y z-z	b c	
	$t_f > 40 \text{ mm}$	y-y z-z	c d	
Sections creuses 	Finies à chaud	Quelconque	a	a ₀
	Formées à froid	Quelconque	c	c
Sections en caisson soudées 	En général (sauf comme indiqué ci-dessous)	Quelconque	b	b
	Soud. épaisses : $a > 0,5 t_f$ $b/t_f < 30$ $h/t_w < 30$	Quelconque	c	c
Sections en U, T et pleines 		Quelconque	c	c
Sections en L 		Quelconque	b	b

ELU
Résistance aux instabilités

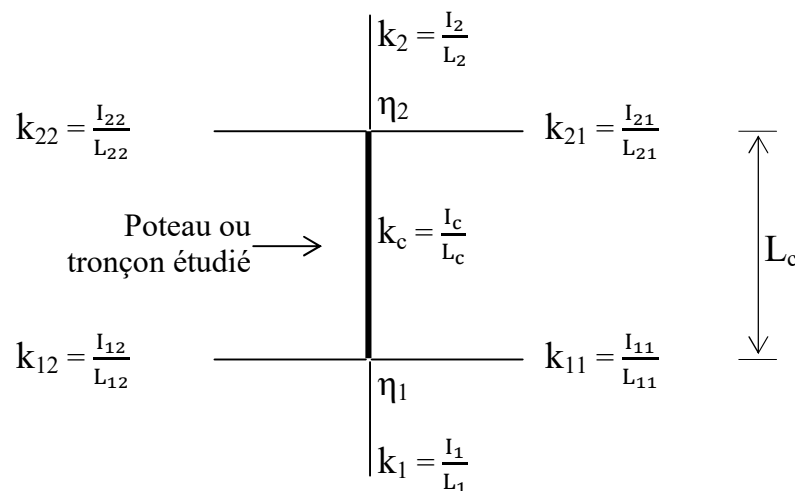
Longueur de flambement l_f

Barre non liée rigidement à d'autres barres



Barre liée rigidement à d'autres barres

→ Etape 1 : faire le



I_i = inertie de l'élément

L_i = longueur de l'élément **entre 2 points de maintien**

$\frac{I_i}{L_i}$ = rigidité de l'élément

→ Etape 2 : calcul de η_1 et η_2

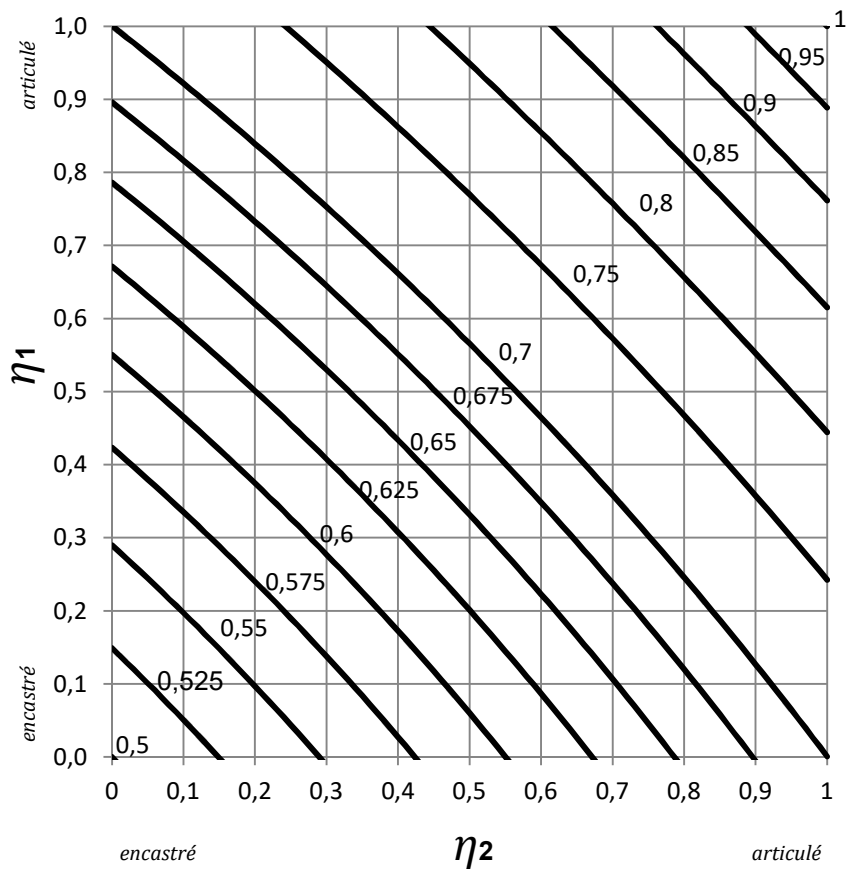
$$\eta_1 = \frac{k_c + k_1}{k_c + k_1 + k_{11} + k_{12}}$$

$$\eta_2 = \frac{k_c + k_2}{k_c + k_2 + k_{21} + k_{22}}$$

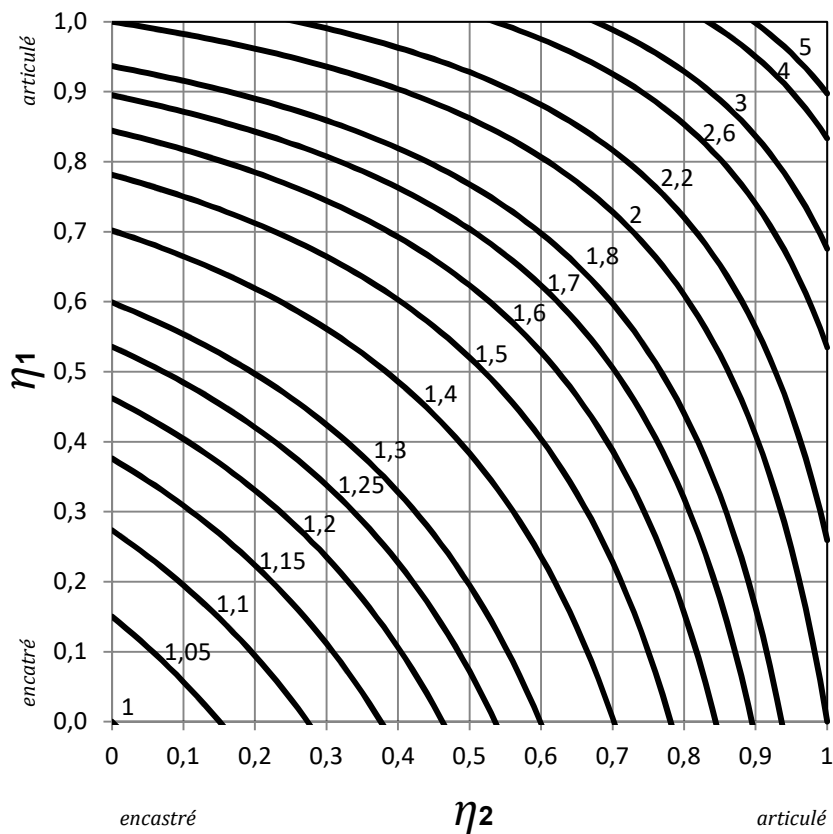
→ Etape 3 : détermination du type de structure et lecture du rapport $\frac{l_f}{L_c}$

Structure à nœuds fixes / structure à nœuds déplaçables → voir p47

Rapport $\frac{l_f}{L_c}$ structure à nœuds fixes :



Rapport $\frac{l_f}{L_c}$ structure à nœuds déplaçables :



6.3.2-Déversement

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \frac{W_y \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

χ_{LT} → coefficient de réduction pour le déversement ; $\chi_{LT} \leq 1,0$
 classe 1 et 2 → $W_y = W_{pl,y}$
 classe 3 → $W_y = W_{el,y}$

Calcul de χ_{LT}

M_{cr} → donné

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} \rightarrow \text{élancement réduit de déversement}$$

Courbe de déversement

Sections transversales	Limites	Courbe de déversement
Sections en I laminées	$h/b \leq 2$	a
	$h/b > 2$	b
Sections en I soudées	$h/b \leq 2$	c
	$h/b > 2$	d
Autres sections	—	d

χ_{LT} → tableaux p50 à 54
 ou

$$\rightarrow \phi_{LT} = 0.5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]; \chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}}$$

Facteur d'imperfection α_{LT}

Courbe de déversement	a	b	c	d
Facteur d'imperfection α_{LT}	0,21	0,34	0,49	0,76

6.3.3-Flambement et déversement

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_y} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{W_z \cdot f_y} \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\gamma_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{\gamma_{M1}} \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_y} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{W_z \cdot f_y} \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\gamma_{M1}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{\gamma_{M1}} \leq 1$$

classe 1 et 2 classe 3 χ_y et χ_z χ_{LT}	$\rightarrow W_y = W_{pl,y}$ et $W_z = W_{pl,z}$
	$\rightarrow W_y = W_{el,y}$ et $W_z = W_{el,z}$
	\rightarrow coefficient de réduction de flambement, voir p44
	\rightarrow coefficient de réduction du déversement, voir p48
$k_{yy}, k_{yz}, k_{zy}, k_{zz}$	\rightarrow facteurs d'interaction (donnés en BTS AMCR)

Valeurs de χ et χ_{LT} pour la courbe a_0 (pour α ou $\alpha_{LT} = 0,13$)

λ	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,2	1,0000	0,9986	0,9973	0,9959	0,9945	0,9931	0,9917	0,9903	0,9889	0,9874
0,3	0,9859	0,9845	0,9829	0,9814	0,9799	0,9783	0,9767	0,9751	0,9735	0,9718
0,4	0,9701	0,9684	0,9667	0,9649	0,9631	0,9612	0,9593	0,9574	0,9554	0,9534
0,5	0,9513	0,9492	0,9470	0,9448	0,9425	0,9402	0,9378	0,9354	0,9328	0,9302
0,6	0,9276	0,9248	0,9220	0,9191	0,9161	0,9130	0,9099	0,9066	0,9032	0,8997
0,7	0,8961	0,8924	0,8886	0,8847	0,8806	0,8764	0,8721	0,8676	0,8630	0,8582
0,8	0,8533	0,8483	0,8431	0,8377	0,8322	0,8266	0,8208	0,8148	0,8087	0,8025
0,9	0,7961	0,7895	0,7828	0,7760	0,7691	0,7620	0,7549	0,7476	0,7403	0,7329
1,0	0,7253	0,7178	0,7101	0,7025	0,6948	0,6870	0,6793	0,6715	0,6637	0,6560
1,1	0,6482	0,6405	0,6329	0,6252	0,6176	0,6101	0,6026	0,5951	0,5877	0,5804
1,2	0,5732	0,5660	0,5590	0,5520	0,5450	0,5382	0,5314	0,5248	0,5182	0,5117
1,3	0,5053	0,4990	0,4927	0,4866	0,4806	0,4746	0,4687	0,4629	0,4572	0,4516
1,4	0,4461	0,4407	0,4353	0,4300	0,4248	0,4197	0,4147	0,4097	0,4049	0,4001
1,5	0,3953	0,3907	0,3861	0,3816	0,3772	0,3728	0,3685	0,3643	0,3601	0,3560
1,6	0,3520	0,3480	0,3441	0,3403	0,3365	0,3328	0,3291	0,3255	0,3219	0,3184
1,7	0,3150	0,3116	0,3083	0,3050	0,3017	0,2985	0,2954	0,2923	0,2892	0,2862
1,8	0,2833	0,2804	0,2775	0,2746	0,2719	0,2691	0,2664	0,2637	0,2611	0,2585
1,9	0,2559	0,2534	0,2509	0,2485	0,2461	0,2437	0,2414	0,2390	0,2368	0,2345
2,0	0,2323	0,2301	0,2280	0,2258	0,2237	0,2217	0,2196	0,2176	0,2156	0,2136
2,1	0,2117	0,2098	0,2079	0,2061	0,2042	0,2024	0,2006	0,1989	0,1971	0,1954
2,2	0,1937	0,1920	0,1904	0,1887	0,1871	0,1855	0,1840	0,1824	0,1809	0,1794
2,3	0,1779	0,1764	0,1749	0,1735	0,1721	0,1707	0,1693	0,1679	0,1665	0,1652
2,4	0,1639	0,1626	0,1613	0,1600	0,1587	0,1575	0,1563	0,1550	0,1538	0,1526
2,5	0,1515	0,1503	0,1491	0,1480	0,1469	0,1458	0,1447	0,1436	0,1425	0,1414
2,6	0,1404	0,1394	0,1383	0,1373	0,1363	0,1353	0,1343	0,1333	0,1324	0,1314

Valeurs de χ et χ_{LT} pour la courbe a (pour α ou $\alpha_{LT} = 0,21$)

λ	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,2	1,0000	0,9978	0,9956	0,9934	0,9912	0,9889	0,9867	0,9844	0,9821	0,9798
0,3	0,9775	0,9751	0,9728	0,9704	0,9680	0,9655	0,9630	0,9605	0,9580	0,9554
0,4	0,9528	0,9501	0,9474	0,9447	0,9419	0,9391	0,9363	0,9333	0,9304	0,9273
0,5	0,9243	0,9211	0,9179	0,9147	0,9114	0,9080	0,9045	0,9010	0,8974	0,8937
0,6	0,8900	0,8862	0,8823	0,8783	0,8742	0,8700	0,8657	0,8614	0,8569	0,8524
0,7	0,8477	0,8430	0,8382	0,8332	0,8282	0,8230	0,8178	0,8124	0,8069	0,8014
0,8	0,7957	0,7899	0,7841	0,7781	0,7721	0,7659	0,7597	0,7534	0,7470	0,7405
0,9	0,7339	0,7273	0,7206	0,7139	0,7071	0,7003	0,6934	0,6865	0,6796	0,6726
1,0	0,6656	0,6586	0,6516	0,6446	0,6376	0,6306	0,6236	0,6167	0,6098	0,6029
1,1	0,5960	0,5892	0,5824	0,5757	0,5690	0,5623	0,5557	0,5492	0,5427	0,5363
1,2	0,5300	0,5237	0,5175	0,5114	0,5053	0,4993	0,4934	0,4875	0,4817	0,4760
1,3	0,4703	0,4648	0,4593	0,4538	0,4485	0,4432	0,4380	0,4329	0,4278	0,4228
1,4	0,4179	0,4130	0,4083	0,4036	0,3989	0,3943	0,3898	0,3854	0,3810	0,3767
1,5	0,3724	0,3682	0,3641	0,3601	0,3561	0,3521	0,3482	0,3444	0,3406	0,3369
1,6	0,3332	0,3296	0,3261	0,3226	0,3191	0,3157	0,3124	0,3091	0,3058	0,3026
1,7	0,2994	0,2963	0,2933	0,2902	0,2872	0,2843	0,2814	0,2786	0,2757	0,2730
1,8	0,2702	0,2675	0,2649	0,2623	0,2597	0,2571	0,2546	0,2522	0,2497	0,2473
1,9	0,2449	0,2426	0,2403	0,2380	0,2358	0,2335	0,2314	0,2292	0,2271	0,2250
2,0	0,2229	0,2209	0,2188	0,2168	0,2149	0,2129	0,2110	0,2091	0,2073	0,2054
2,1	0,2036	0,2018	0,2001	0,1983	0,1966	0,1949	0,1932	0,1915	0,1899	0,1883
2,2	0,1867	0,1851	0,1836	0,1820	0,1805	0,1790	0,1775	0,1760	0,1746	0,1732
2,3	0,1717	0,1704	0,1690	0,1676	0,1663	0,1649	0,1636	0,1623	0,1610	0,1598
2,4	0,1585	0,1573	0,1560	0,1548	0,1536	0,1524	0,1513	0,1501	0,1490	0,1478
2,5	0,1467	0,1456	0,1445	0,1434	0,1424	0,1413	0,1403	0,1392	0,1382	0,1372
2,6	0,1362	0,1352	0,1342	0,1332	0,1323	0,1313	0,1304	0,1295	0,1285	0,1276

Valeurs de χ et χ_{LT} pour la courbe b (pour α ou $\alpha_{LT} = 0,34$)

λ	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,2	1,0000	0,9965	0,9929	0,9894	0,9858	0,9822	0,9786	0,9750	0,9714	0,9678
0,3	0,9641	0,9604	0,9567	0,9530	0,9492	0,9455	0,9417	0,9378	0,9339	0,9300
0,4	0,9261	0,9221	0,9181	0,9140	0,9099	0,9057	0,9015	0,8973	0,8930	0,8886
0,5	0,8842	0,8798	0,8752	0,8707	0,8661	0,8614	0,8566	0,8518	0,8470	0,8420
0,6	0,8371	0,8320	0,8269	0,8217	0,8165	0,8112	0,8058	0,8004	0,7949	0,7893
0,7	0,7837	0,7780	0,7723	0,7665	0,7606	0,7547	0,7488	0,7428	0,7367	0,7306
0,8	0,7245	0,7183	0,7120	0,7058	0,6995	0,6931	0,6868	0,6804	0,6740	0,6676
0,9	0,6612	0,6547	0,6483	0,6419	0,6354	0,6290	0,6226	0,6162	0,6098	0,6034
1,0	0,5970	0,5907	0,5844	0,5781	0,5719	0,5657	0,5595	0,5534	0,5473	0,5412
1,1	0,5352	0,5293	0,5234	0,5175	0,5117	0,5060	0,5003	0,4947	0,4891	0,4836
1,2	0,4781	0,4727	0,4674	0,4621	0,4569	0,4517	0,4466	0,4416	0,4366	0,4317
1,3	0,4269	0,4221	0,4174	0,4127	0,4081	0,4035	0,3991	0,3946	0,3903	0,3860
1,4	0,3817	0,3775	0,3734	0,3693	0,3653	0,3613	0,3574	0,3535	0,3497	0,3459
1,5	0,3422	0,3386	0,3350	0,3314	0,3279	0,3245	0,3211	0,3177	0,3144	0,3111
1,6	0,3079	0,3047	0,3016	0,2985	0,2955	0,2925	0,2895	0,2866	0,2837	0,2809
1,7	0,2781	0,2753	0,2726	0,2699	0,2672	0,2646	0,2620	0,2595	0,2570	0,2545
1,8	0,2521	0,2496	0,2473	0,2449	0,2426	0,2403	0,2381	0,2359	0,2337	0,2315
1,9	0,2294	0,2272	0,2252	0,2231	0,2211	0,2191	0,2171	0,2152	0,2132	0,2113
2,0	0,2095	0,2076	0,2058	0,2040	0,2022	0,2004	0,1987	0,1970	0,1953	0,1936
2,1	0,1920	0,1903	0,1887	0,1871	0,1855	0,1840	0,1825	0,1809	0,1794	0,1780
2,2	0,1765	0,1751	0,1736	0,1722	0,1708	0,1694	0,1681	0,1667	0,1654	0,1641
2,3	0,1628	0,1615	0,1602	0,1590	0,1577	0,1565	0,1553	0,1541	0,1529	0,1517
2,4	0,1506	0,1494	0,1483	0,1472	0,1461	0,1450	0,1439	0,1428	0,1418	0,1407
2,5	0,1397	0,1387	0,1376	0,1366	0,1356	0,1347	0,1337	0,1327	0,1318	0,1308
2,6	0,1299	0,1290	0,1281	0,1272	0,1263	0,1254	0,1245	0,1237	0,1228	0,1219

Valeurs de χ et χ_{LT} pour la courbe c (pour α ou $\alpha_{LT} = 0,49$)

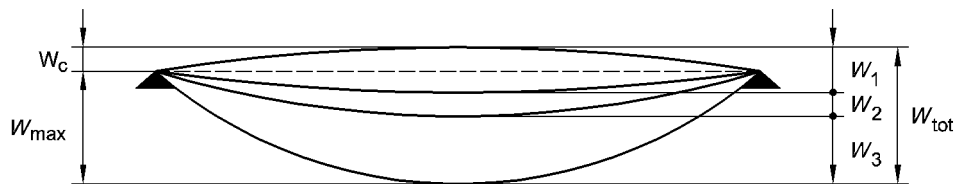
λ	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,2	1,0000	0,9949	0,9898	0,9847	0,9797	0,9746	0,9695	0,9644	0,9593	0,9542
0,3	0,9491	0,9440	0,9389	0,9338	0,9286	0,9235	0,9183	0,9131	0,9078	0,9026
0,4	0,8973	0,8920	0,8867	0,8813	0,8760	0,8705	0,8651	0,8596	0,8541	0,8486
0,5	0,8430	0,8374	0,8317	0,8261	0,8204	0,8146	0,8088	0,8030	0,7972	0,7913
0,6	0,7854	0,7794	0,7735	0,7675	0,7614	0,7554	0,7493	0,7432	0,7370	0,7309
0,7	0,7247	0,7185	0,7123	0,7060	0,6998	0,6935	0,6873	0,6810	0,6747	0,6684
0,8	0,6622	0,6559	0,6496	0,6433	0,6371	0,6308	0,6246	0,6184	0,6122	0,6060
0,9	0,5998	0,5937	0,5876	0,5815	0,5755	0,5695	0,5635	0,5575	0,5516	0,5458
1,0	0,5399	0,5342	0,5284	0,5227	0,5171	0,5115	0,5059	0,5004	0,4950	0,4896
1,1	0,4842	0,4790	0,4737	0,4685	0,4634	0,4583	0,4533	0,4483	0,4434	0,4386
1,2	0,4338	0,4290	0,4243	0,4197	0,4151	0,4106	0,4061	0,4017	0,3974	0,3931
1,3	0,3888	0,3846	0,3805	0,3764	0,3724	0,3684	0,3644	0,3606	0,3567	0,3529
1,4	0,3492	0,3455	0,3419	0,3383	0,3348	0,3313	0,3279	0,3245	0,3211	0,3178
1,5	0,3145	0,3113	0,3081	0,3050	0,3019	0,2989	0,2959	0,2929	0,2900	0,2871
1,6	0,2842	0,2814	0,2786	0,2759	0,2732	0,2705	0,2679	0,2653	0,2627	0,2602
1,7	0,2577	0,2553	0,2528	0,2504	0,2481	0,2457	0,2434	0,2412	0,2389	0,2367
1,8	0,2345	0,2324	0,2302	0,2281	0,2260	0,2240	0,2220	0,2200	0,2180	0,2161
1,9	0,2141	0,2122	0,2104	0,2085	0,2067	0,2049	0,2031	0,2013	0,1996	0,1979
2,0	0,1962	0,1945	0,1929	0,1912	0,1896	0,1880	0,1864	0,1849	0,1833	0,1818
2,1	0,1803	0,1788	0,1774	0,1759	0,1745	0,1731	0,1717	0,1703	0,1689	0,1676
2,2	0,1662	0,1649	0,1636	0,1623	0,1611	0,1598	0,1585	0,1573	0,1561	0,1549
2,3	0,1537	0,1525	0,1514	0,1502	0,1491	0,1480	0,1468	0,1457	0,1446	0,1436
2,4	0,1425	0,1415	0,1404	0,1394	0,1384	0,1374	0,1364	0,1354	0,1344	0,1334
2,5	0,1325	0,1315	0,1306	0,1297	0,1287	0,1278	0,1269	0,1260	0,1252	0,1243
2,6	0,1234	0,1226	0,1217	0,1209	0,1201	0,1193	0,1184	0,1176	0,1168	0,1161

Valeurs de χ et χ_{LT} pour la courbe d (pour α ou $\alpha_{LT} = 0,76$)

λ	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,2	1,0000	0,9921	0,9843	0,9765	0,9688	0,9611	0,9535	0,9459	0,9384	0,9309
0,3	0,9235	0,9160	0,9086	0,9013	0,8939	0,8866	0,8793	0,8721	0,8648	0,8576
0,4	0,8504	0,8432	0,8360	0,8289	0,8218	0,8146	0,8075	0,8005	0,7934	0,7864
0,5	0,7793	0,7723	0,7653	0,7583	0,7514	0,7444	0,7375	0,7306	0,7237	0,7169
0,6	0,7100	0,7032	0,6964	0,6897	0,6829	0,6762	0,6695	0,6629	0,6563	0,6497
0,7	0,6431	0,6366	0,6301	0,6237	0,6173	0,6109	0,6046	0,5983	0,5921	0,5859
0,8	0,5797	0,5736	0,5675	0,5615	0,5556	0,5496	0,5438	0,5379	0,5322	0,5265
0,9	0,5208	0,5152	0,5096	0,5041	0,4987	0,4933	0,4879	0,4826	0,4774	0,4722
1,0	0,4671	0,4620	0,4570	0,4521	0,4472	0,4423	0,4375	0,4328	0,4281	0,4235
1,1	0,4189	0,4144	0,4099	0,4055	0,4012	0,3969	0,3926	0,3884	0,3843	0,3802
1,2	0,3762	0,3722	0,3683	0,3644	0,3605	0,3568	0,3530	0,3493	0,3457	0,3421
1,3	0,3385	0,3350	0,3316	0,3282	0,3248	0,3215	0,3182	0,3150	0,3118	0,3086
1,4	0,3055	0,3024	0,2994	0,2964	0,2935	0,2906	0,2877	0,2849	0,2821	0,2793
1,5	0,2766	0,2739	0,2712	0,2686	0,2660	0,2635	0,2609	0,2585	0,2560	0,2536
1,6	0,2512	0,2488	0,2465	0,2442	0,2419	0,2397	0,2375	0,2353	0,2331	0,2310
1,7	0,2289	0,2268	0,2248	0,2228	0,2208	0,2188	0,2168	0,2149	0,2130	0,2112
1,8	0,2093	0,2075	0,2057	0,2039	0,2021	0,2004	0,1987	0,1970	0,1953	0,1936
1,9	0,1920	0,1904	0,1888	0,1872	0,1856	0,1841	0,1826	0,1810	0,1796	0,1781
2,0	0,1766	0,1752	0,1738	0,1724	0,1710	0,1696	0,1683	0,1669	0,1656	0,1643
2,1	0,1630	0,1617	0,1604	0,1592	0,1580	0,1567	0,1555	0,1543	0,1532	0,1520
2,2	0,1508	0,1497	0,1486	0,1474	0,1463	0,1452	0,1442	0,1431	0,1420	0,1410
2,3	0,1399	0,1389	0,1379	0,1369	0,1359	0,1349	0,1340	0,1330	0,1320	0,1311
2,4	0,1302	0,1292	0,1283	0,1274	0,1265	0,1257	0,1248	0,1239	0,1231	0,1222
2,5	0,1214	0,1205	0,1197	0,1189	0,1181	0,1173	0,1165	0,1157	0,1149	0,1142
2,6	0,1134	0,1127	0,1119	0,1112	0,1104	0,1097	0,1090	0,1083	0,1076	0,1069

7-ELS

7.2.1-Flèches verticales



W_c Contreflèche dans l'élément structural non chargé.

W_1 Partie initiale de la flèche sous les charges permanentes de la combinaison d'actions correspondante.

W_2 Partie à long terme de la flèche sous les charges permanentes.

W_3 Partie additionnelle de la flèche due aux actions variables de la combinaison d'actions correspondante d'après les expressions (6.14a) à (6.16b) ;

W_{tot} Flèche totale, soit $w_{tot} = w_1 + w_2 + w_3$;

W_{max} Flèche totale compte tenu de la contreflèche, soit $w_{max} = W_{tot} - W_c$.

Conditions	Limites (voir Figure 1)	
	w_{max}	w_3
Toitures en général ^{a)}	$L / 200$	$L / 250$
Toitures supportant fréquemment du personnel autre que le personnel d'entretien	$L / 200$	$L / 300$
Planchers en général ^{b)}	$L / 200$	$L / 300$
Planchers et toitures supportant des cloisons en plâtre ou en autres matériaux fragiles ou rigides	$L / 250$	$L / 350$
Planchers supportant des poteaux (à moins que la flèche ait été incluse dans l'analyse globale de l'état limite ultime) ^{c)}	$L / 400$	$L / 500$
Cas où w_{max} peut nuire à l'aspect du bâtiment	$L / 250$	

Notes :

a) On entend par toitures en général, les toitures non accessibles aux usagers. Ces toitures supportent, uniquement, le passage des personnes chargées de l'entretien.

b) Pour les toitures à faible pente, il convient de considérer également l'alinéa ci-après relatif à l'accumulation d'eau de pluie.

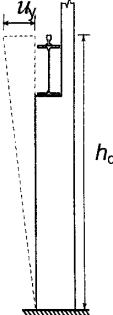
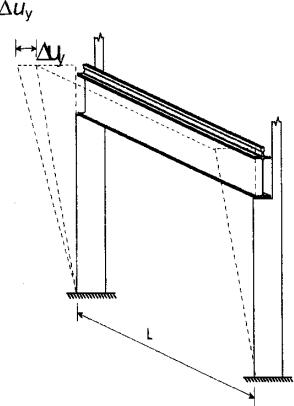
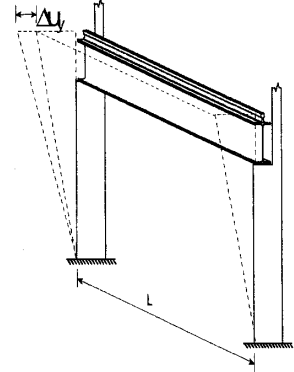
c) Les conditions d'utilisation de certaines machines peuvent nécessiter des flèches admissibles plus faibles que celles fixées par les règles générales ; ces limites sont alors à préciser dans les spécifications du marché.

d) Cette limitation n'est à considérer que si la flèche de ces planchers a une influence sur le comportement de la structure supportée par ces poteaux. Dans le cas contraire, on se reportera aux limitations des deux cas précédents.

L = portée de la poutre.

Poutres en porte à faux, $L = 2 * L_{\text{porte-à-faux}}$

Cas des bâtiments avec ponts roulants

Description de la flèche (déformation ou déplacement)	Diagramme
<p>b) Déplacement horizontal u_y d'une ossature (ou d'un poteau) au niveau de l'appui du pont roulant, provoquée par les efforts latéraux de pont roulant combinés ou non à l'action du vent caractéristique</p> <p>$u_y \leq h_c / 200$ avec vent</p> <p>$u_y \leq h_c / 400$ sans vent</p> <p>où h_c représente la hauteur du niveau de l'appui du pont roulant (sur un rail ou sur une semelle).</p>	
<p>c) Différence Δu_y entre les déplacements horizontaux d'ossatures (ou de poteaux) adjacentes supportant les poutres d'un chemin de roulement de pont roulant situé à l'intérieur du bâtiment :</p> <p>$\Delta u_y \leq L / 200$</p>	
<p>d) Différence Δu_y entre les déplacements horizontaux de poteaux (ou d'ossatures) adjacents supportant les poutres d'un chemin de roulement de pont roulant situé à l'extérieur :</p> <p>provoquée par la combinaison d'efforts latéraux de pont roulant et de l'action du vent de service :</p> <p>$\Delta u_y \leq L / 300$</p> <p>provoquée par la charge du vent hors service :</p> <p>$\Delta u_y \leq L / 200$</p>	

EUROCODE 3 – Partie 1.8 – Assemblages

3-Attaches par boulons

3.1-Boulons

→ Classe de résistance

✓ Boulons ordinaires

Classe de boulon	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
f_{yb} (N/mm ²)	240	320	300	400	480	640	900
f_{ub} (N/mm ²)	400	400	500	500	600	800	1 000

✓ Boulons précontraints : classe 8.8 et 10.9

→ Dimensions des trous

EN 1090-2 6.6.1

Diamètre nominal des boulons	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27 et +
Trous ronds normaux	1		2				3	
Trous ronds surdimensionnés	3		4			6	8	
Trous oblongs courts (longueur)	4		6			8	10	
Trous oblongs longs (longueur)	1,5d							

→ Caractéristiques géométriques des boulons

Diamètre	10	12	14	16	18	20	22	24
Clé	16	18	21	24	27	30	34	36
Cote sur angle	18,48	20,78	24,25	27,71	31,18	34,64	39,26	41,57
Encombrement douille	24	26,5	30,5	34,5	38,5	42	47,5	49,5
Pas	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3
Hauteur de tête	6,4	7,5	8,8	10	11,5	12,5	14	15
Hauteur d'écrou	8,4	10,8	12,8	14,8	15,8	18	19,4	21,5
d0	11	13	16	18	20	22	24	26
A (aire de section brute)	78,5	113	154	201	254	314	380	452
As (aire de section nette)	58	84,3	115	157	192	245	303	353
Φ rondelle	20	24	27	30	34	37	40	44
dm	17,24	19,39	22,63	25,86	29,09	32,32	36,63	38,79

3.5-Dispositions constructives

Distances et entraxes voir Figure 3.1	Minimum	Maximum ^{1) 2) 3)}		
		Structures réalisées en aciers conformes à l'EN 10025 à l'exception des aciers conformes à l'EN 10025-5		Structures réalisées en aciers conformes à l'EN 10025-5
		Acier exposé aux intempéries ou autres influences corrosives	Acier non exposé aux intempéries ou autres influences corrosives	Acier utilisé sans protection
Pince longitudinale e_1	$1,2d_0$	$4t + 40$ mm		Maximum de $8t$ ou 125 mm
Pince transversale e_2	$1,2d_0$	$4t + 40$ mm		Maximum de $8t$ ou 125 mm
Distance e_3 pour les trous oblongs	$1,5d_0$ ⁴⁾			
Distance e_4 pour les trous oblongs	$1,5d_0$ ⁴⁾			
Entraxe p_1	$2,2d_0$	Minimum de $14t$ ou 200 mm	Minimum de $14t$ ou 200 mm	Minimum de $14t_{\min}$ ou 175 mm
Entraxe $p_{1,0}$		Minimum de $14t$ ou 200 mm		
Entraxe $p_{1,i}$		Minimum de $28t$ ou 400 mm		
Entraxe p_2 ⁵⁾	$2,4d_0$	Minimum de $14t$ ou 200 mm	Minimum de $14t$ ou 200 mm	Minimum de $14t_{\min}$ ou 175 mm

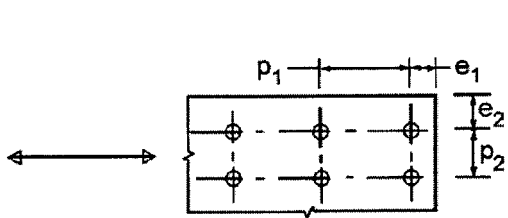
1) Il n'y a pas de valeurs maximales d'entraxe, de pinces longitudinale et transversale, sauf dans les cas suivants :
— pour les barres comprimées afin d'éviter le voilement local et prévenir la corrosion dans les barres exposées et ;
— pour les barres tendues exposées afin de prévenir la corrosion.

2) Il convient de calculer la résistance au voilement local de la plaque comprimée entre les fixations conformément à l'EN 1993-1-1 en utilisant $0,6 p_i$ comme longueur de flambement. Il est inutile de vérifier le voilement local entre les fixations si p_i/t est inférieur à 9ϵ . Il convient que la pince transversale n'excède pas les exigences concernant le voilement local pour un élément en console dans les barres comprimées, voir l'EN 1993-1-1. La pince longitudinale n'est pas affectée par cette exigence.

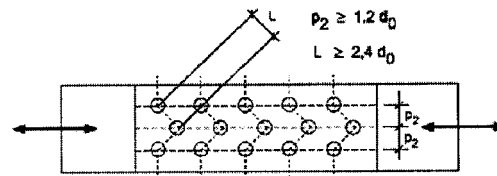
3) t est l'épaisseur de la pièce attachée extérieure la plus mince.

4) Les limites dimensionnelles des trous oblongs sont données en 1.2, Normes de Référence : Groupe 7.

5) Pour les rangées de fixations en quinconce, un écartement minimum entre rangées $p_2 = 1,2d_0$ peut être utilisé, à condition que la distance minimum, L , entre deux fixations quelconques soit supérieure ou égale à $2,4d_0$, voir Figure 3.1 (b).

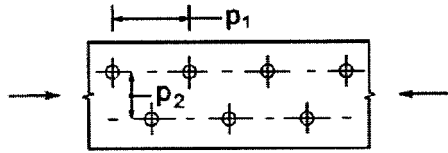


a) Symboles pour les entraxes des fixations



Rangées de fixation en quinconce

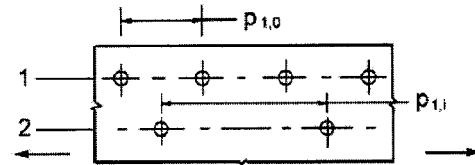
b) Symboles pour disposition en quinconce



$p_1 \leq 14 t \text{ et } \leq 200 \text{ mm}$

$p_2 \leq 14 t \text{ et } \leq 200 \text{ mm}$

c) Écartement en quinconce — dans les barres comprimés

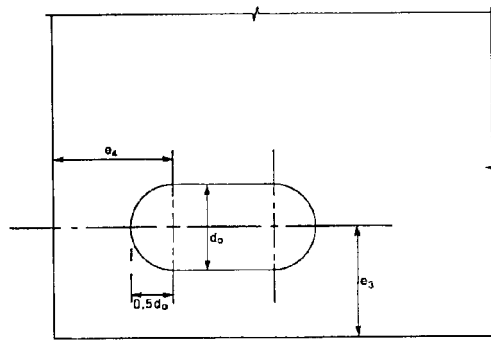


$p_{1,0} \leq 14 t \text{ et } \leq 200 \text{ mm}$

$p_{1,i} \leq 28 t \text{ et } \leq 400 \text{ mm}$

1 Rangée extérieure 2 Rangée intérieure

d) Écartement en quinconce — dans les barres tendues



e) Pincés longitudinale et transversale pour les trous oblongs

3.4-Catégories d'attaches boulonnées

Il convient que la conception et le calcul des attaches boulonnées soient réalisés conformément à l'une des catégories suivantes :

Catégorie	Critères	Remarques
Attaches en cisaillement		
A Pression diamétrale	$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ → Cisaillement du boulon $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$ → Pression diamétrale	Classes 4.6 à 10.9 Aucune précontrainte exigée
B Résistant au glissement à l'ELS	$F_{v,Ed,ser} \leq F_{s,Rd,ser}$ → Résistance au glissement $F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ → Cisaillement du boulon $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$ → Pression diamétrale	Classes 8.8 ou 10.9 uniquement Aucun glissement à l'ELS
C Résistant au glissement à l'ELU	$F_{v,Ed} \leq F_{s,Rd}$ → Résistance au glissement $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$ → Pression diamétrale $F_{v,Ed} \leq N_{net,Rd}$ → voir p37	Classes 8.8 ou 10.9 uniquement Aucun glissement à l'ELU
Attaches en traction		
D Sans précontrainte	$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$ → Traction du boulon $F_{t,Ed} \leq B_{p,Rd}$ → Poinçonnement	Classes 4.6 à 10.9 Aucune précontrainte exigée
E Avec précontrainte	$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$ → Traction du boulon $F_{t,Ed} \leq B_{p,Rd}$ → Poinçonnement	Classes 8.8 ou 10.9 uniquement

Boulons cisailés et tendus : $\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4.F_{t,Rd}} \leq 1.0$

3.6-Résistance au cisaillement

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}}$$

Plan de cisaillement passant par la partie fileté

Classe 4.6, 5.6, 8.8 $\rightarrow \alpha_v = 0,6$

Classe 4.8, 5.8, 6.8, 10.9 $\rightarrow \alpha_v = 0,5$

A=A_s, voir p61

Plan de cisaillement ne passant pas par la partie fileté

$\alpha_v = 0,6$

A voir p61

3.6-Résistance en pression diamétrale

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

k_1

Boulons de rive : $k_1 = \min \left[2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right]$

Boulons intérieurs : $k_1 = \min \left[1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right]$

$\alpha_b = \min \left[\alpha_d; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right]$

Boulons de rive : $\alpha_d = \frac{e_1}{3 \cdot d_0}$

Boulons intérieurs : $\alpha_d = \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}$

d \rightarrow diamètre du boulon

$d_0 \rightarrow$ diamètre du trou

t \rightarrow épaisseur de la pièce vérifiée

3.6-Résistance en traction

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}$$

$k_2 = 0,9$

A_s voir p61

3.6-Résistance au poinçonnement

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

$t_p =$ épaisseur la plus mince des pièces extérieures de l'assemblage

$d_m =$ diamètre moyen, voir p61

3.9-Résistance au glissement ELS ou ELU

$$F_{s,Rd,ser} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu}{\gamma_{M3,ser}} F_{p,C}$$

ou

$$F_{s,Rd} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu}{\gamma_{M3}} F_{p,C}$$

$k_s = 1,0$ (trous normaux)

$n \rightarrow$ nombre de surfaces de frottement

$\mu \rightarrow$ coefficient de frottement

Traitement de surface	Classe	Coefficient de frottement μ
Surfaces grenillées ou sablées, débarrassées de toute rouille non adhérente, exemptes de piqûres.	A	0,50
Surfaces grenillées ou sablées : — métallisées par projection d'un produit à base d'aluminium ou de zinc ; — avec une peinture au zinc silicate inorganique d'une épaisseur de 50 μm à 80 μm .	B	0,40
Surfaces nettoyées à la brosse métallique ou au chalumeau, débarrassées de toute rouille non adhérente.	C	0,30
Surfaces brutes de laminage.	D	0,20

$$F_{p,C} = 0,7 \cdot f_{ub} \cdot A_s$$

A_s voir p61

$$\gamma_{M3} = 1,1$$

$$\gamma_{M3,ser} = 1,25$$

Traction et cisaillement combinés :

Si une attache résistant au glissement est soumise à un effort de traction $F_{t,Ed}$ ou $F_{t,Ed,ser}$ en sus de l'effort tranchant $F_{v,Ed}$ ou $F_{v,Ed,ser}$ tendant à entraîner le glissement, il convient de prendre la résistance au glissement par boulon égale à la valeur suivante :

$$\left| \begin{array}{l} F_{s,Rd,ser} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu}{\gamma_{M3,ser}} (F_{p,C} - 0,8 \cdot F_{t,Ed,ser}) \\ F_{s,Rd} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu}{\gamma_{M3}} (F_{p,C} - 0,8 \cdot F_{t,Ed,ser}) \end{array} \right.$$

3.10.2-Résistance au cisaillement de bloc

$$F_{Ed} \leq V_{eff,i,Rd}$$

F_{Ed} → effort de cisaillement ou de traction pour le groupe de boulons

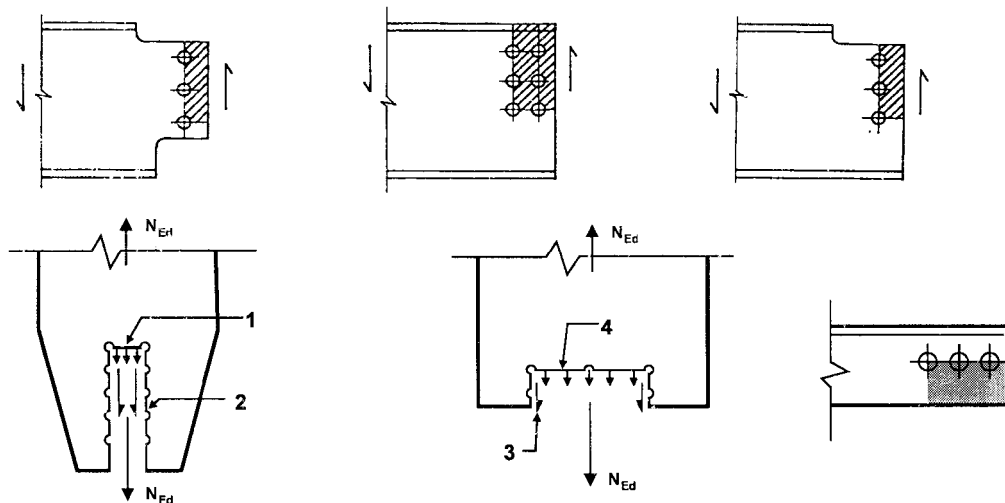
→ Groupe de boulons symétrique soumis à un chargement centré :

$$V_{eff,1,Rd} = \frac{f_u \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{1/\sqrt{3} \cdot f_y \cdot A_{nv}}{\gamma_{M0}}$$

→ Groupe de boulons soumis à un chargement excentré :

$$V_{eff,2,Rd} = \frac{0,5 \cdot f_u \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{1/\sqrt{3} \cdot f_y \cdot A_{nv}}{\gamma_{M0}}$$

A_{nt} aire nette tendue
 A_{nv} aire nette cisailée



Légende

- 1 Effort de traction faible
- 2 Effort tranchant fort
- 3 Effort tranchant faible
- 4 Effort de traction fort

3.12-Distribution des efforts dans un groupe de boulons

Lorsqu'un assemblage est soumis uniquement à un effort de cisaillement centré, l'effort peut être considéré comme uniformément réparti entre les fixations, à condition que les dimensions et les classes des fixations soient identiques.

Lorsqu'un moment est appliqué sur un assemblage, la distribution des sollicitations peut être soit linéaire (c'est-à-dire proportionnelle à la distance depuis le centre de rotation) soit plastique, (c'est-à-dire que toute distribution qui est en équilibre est acceptable à condition que les résistances des composants ne soient pas dépassées et que la ductilité des composants soit suffisante).

Méthode de distribution linéaire

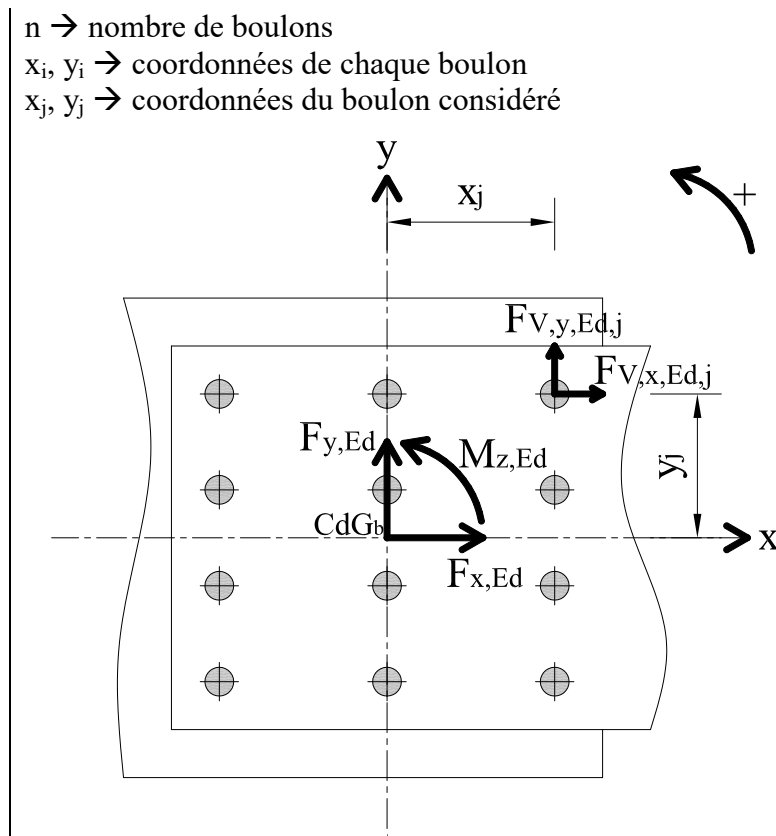
Conditions d'utilisation de la méthode :

- Tous les boulons sont de même classe et de même dimension.
- Le bilan des actions ($F_{x,Ed}$, $F_{y,Ed}$ et $M_{z,Ed}$) est écrit au centre de gravité des boulons.

Effort dans un boulon j , dans le repère x,y :

$$F_{V,x,Ed,j} = \frac{F_{x,Ed}}{n} - \frac{M_{z,Ed}}{\sum_i (x_i^2 + y_i^2)} \cdot y_j$$

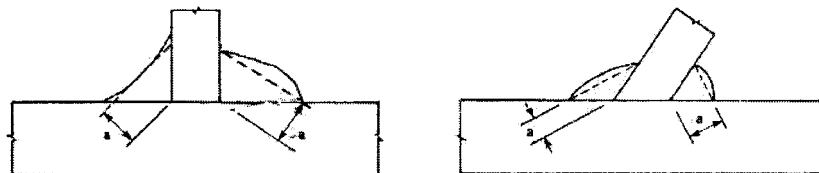
$$F_{V,y,Ed,j} = \frac{F_{y,Ed}}{n} + \frac{M_{z,Ed}}{\sum_i (x_i^2 + y_i^2)} \cdot x_j$$



4-Attaches par soudures

4.1-4.2-4.5-Généralités et dispositions constructives des soudures d'angle

Soudures d'angle :



Limites d'utilisation des méthodes suivantes :

- Epaisseurs d'acier (sauf tubes) ≥ 4 mm [§4.1(1)]
- Tubes d'épaisseur ≥ 2.5 mm [§4.1(1)] et [§7.3.1]
- Angle compris entre 60° et 120° [§4.3.2.1(1)]
- $L \rightarrow$ longueur efficace = $L_{\text{cordon}} - 2*a$ [§4.5.1(1)]
- Longueur efficace de la soudure $L \geq 30$ mm ou $6*a$ [§4.5.1(2)]
- Gorge utile $a \geq 3$ mm [§4.5.2(2)]

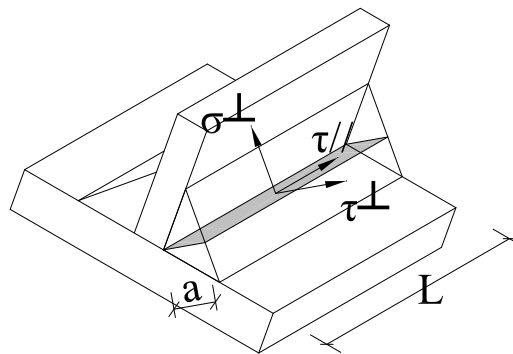
4.5.3.2-Résistance d'une soudure d'angle – méthode directionnelle

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}}$$

et

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0.9 * f_u}{\gamma_{M2}}$$

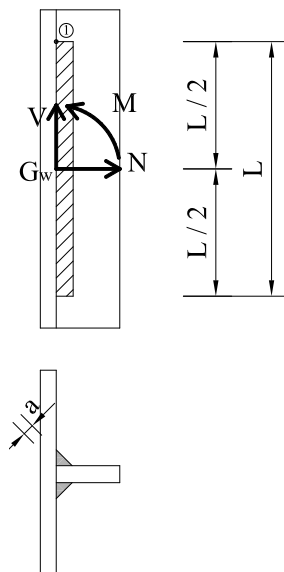
σ_{\perp} → contrainte normale \perp à l'axe de la soudure
 τ_{\perp} → contrainte tangente \perp à l'axe de la soudure
 $\tau_{//}$ → contrainte tangente $//$ à l'axe de la soudure



f_u → résistance nominale ultime à la traction de la pièce assemblée la plus faible
 β_w → facteur de corrélation

Nuance	S235	S275	S355	S420	S460
β_w	0.8	0.85	0.9	1.0	1.0

Calcul des contraintes maximales au point 1 dans le cas d'une soudure en T par double cordon



$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot a \cdot L} + \frac{3 \cdot M}{\sqrt{2} \cdot a \cdot L^2}$$

$$\tau_{//} = \frac{V}{2 \cdot a \cdot L}$$

4.5.3.3-Résistance d'une soudure d'angle – méthode simplifiée

$$F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$F_{w,Ed}$ → valeur de calcul exercée par unité de longueur

$F_{w,Rd}$ → résistance de calcul par unité de longueur = $\frac{a \cdot f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}}$

4.9-Distribution des efforts dans un groupe soudures

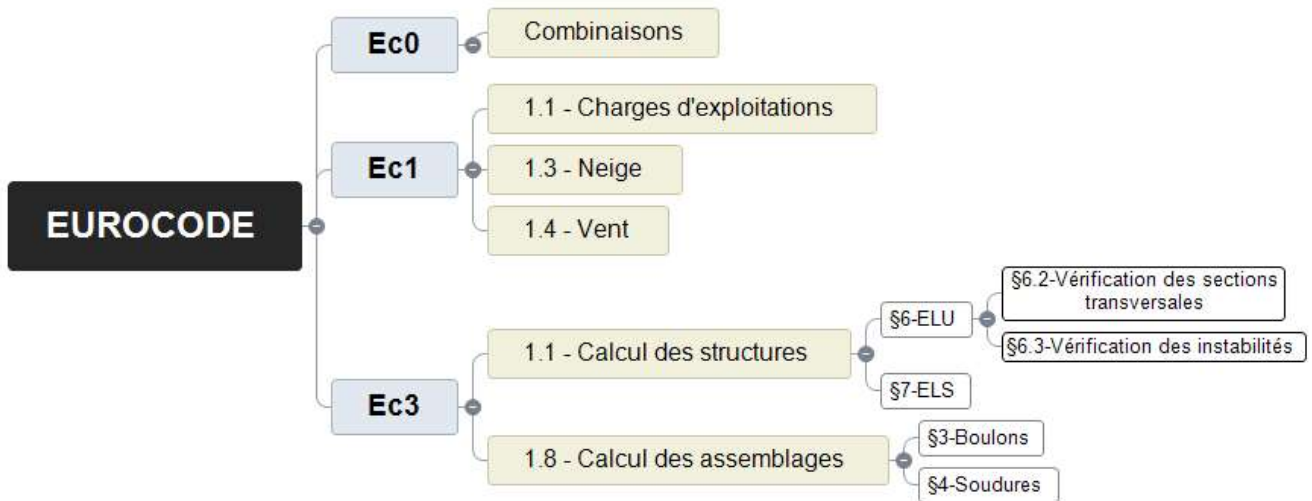
La distribution des efforts dans une attache soudée peut être calculée sur l'hypothèse d'un comportement élastique ou plastique.

Il est acceptable de prendre pour hypothèse une distribution simplifiée des efforts dans les soudures.

Il convient que les assemblages soudés soient calculés pour posséder une capacité de déformation appropriée. Cependant, il convient de ne pas compter sur la ductilité des soudures.

A savoir par coeur

EUROCODES



Les unités pour les calculs

Dans tous les calculs de formules des EUROCODES, on retiendra les unités suivantes :

→ Forces en kN → écrire les valeurs au centième (2 chiffres après la virgule)

$$1.00 \text{ kN} = 100 \text{ daN} (\approx 100 \text{ kg})$$

→ Longueur en m (donc surfaces en m², volume ou module de flexion en m³, inertie en m⁴)

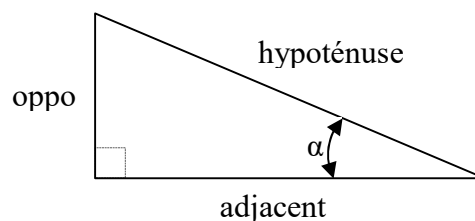
Conversions d'unité

Contrainte	$1 \text{ MPa} = 1 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$	$1 \text{ kN/m}^2 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ MPa}$
Longueur	$1 \text{ m} = 1 \cdot 10^2 \text{ cm}$	$1 \text{ cm} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ m}$
Surface	$1 \text{ m}^2 = 1 \cdot 10^4 \text{ cm}^2$	$1 \text{ cm}^2 = 1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$
	$1 \text{ m}^2 = 1 \cdot 10^6 \text{ mm}^2$	$1 \text{ mm}^2 = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$
Module de flexion W_{el} / W_{pl}	$1 \text{ m}^3 = 1 \cdot 10^6 \text{ cm}^3$	$1 \text{ cm}^3 = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$
Inertie I_y / I_z	$1 \text{ m}^4 = 1 \cdot 10^8 \text{ cm}^4$	$1 \text{ cm}^4 = 1 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$

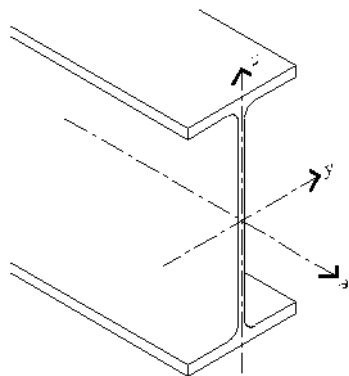
Trigonométrie

CAH SOH TOA

$\cos \alpha = \frac{\text{Adjacent}}{\text{Hypoténuse}}$	$\sin \alpha = \frac{\text{Opposé}}{\text{Hypoténuse}}$	$\tan \alpha = \frac{\text{Opposé}}{\text{Adjacent}}$
---	---	---



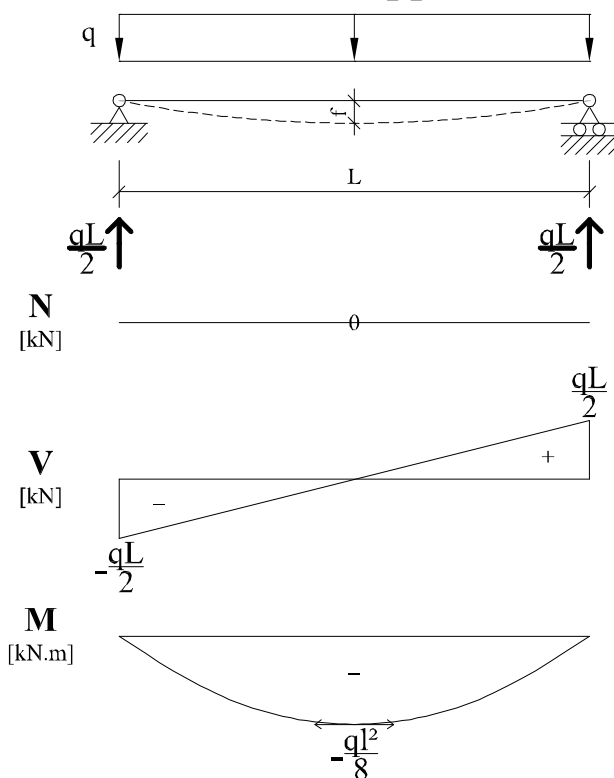
Inertie forte et faible



Inertie forte I_y

Inertie faible I_z

Poutre sur 2 appuis



$$f = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I}$$

Aciers

	f_y [MPa] limite élastique	f_u [MPa] limite ultime
S235	235	360
S275	275	430

Module d'élasticité ou module d'Young : $E = 210000 \text{ MPa} = 2.1 \cdot 10^8 \text{ kN/m}^2$

Boulons

Boulon	SB12	SB16	SB20	SB24
d [mm]	12	16	20	24
d0 [mm]	13	18	22	26

Dispositions constructives

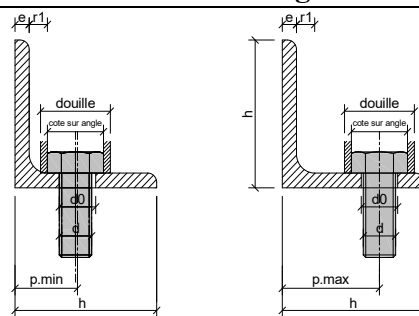
Boulons.

Résistance au cisaillement $F_{v,Ed}$ et pas et pinces

d [mm]	d ₀ [mm]	Résistance au cisaillement $F_{v,Ed}$		Pince e ₁ [mm]		Pas p ₁ [mm]		Pince e ₂ [mm]		Pas p ₂ [mm]	
		6.8	8.8	Mini	Optimum en pression diamétrale	Mini	Optimum en pression diamétrale	Mini	Optimum en pression diamétrale	Mini	Optimum en pression diamétrale
10	11	13,92 kN	22,27 kN	13	30	24	50	13	20	26	35
12	13	20,23 kN	32,37 kN	16	30	29	60	16	20	31	40
14	15	27,60 kN	44,16 kN	18	40	33	60	18	25	36	45
16	18	37,68 kN	60,29 kN	22	40	40	70	22	30	43	50
18	20	46,08 kN	73,73 kN	24	50	44	80	24	30	48	60
20	22	58,80 kN	94,08 kN	26	50	48	80	26	35	53	60
22	24	72,72 kN	116,35 kN	29	60	53	90	29	35	58	70
24	26	84,72 kN	135,55 kN	31	60	57	90	31	40	62	80
27	30	110,16 kN	176,26 kN	36	70	66	110	36	45	72	90
30	33	134,64 kN	215,42 kN	40	80	73	120	40	50	79	100

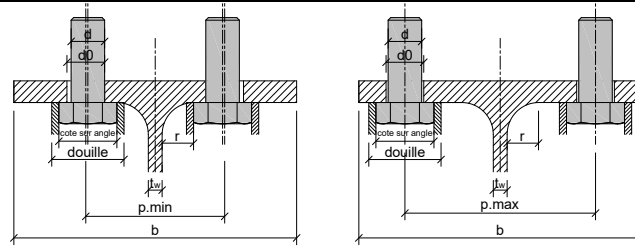
Disposition des boulons dans les profils L, I et H

Cornières à ailes égales



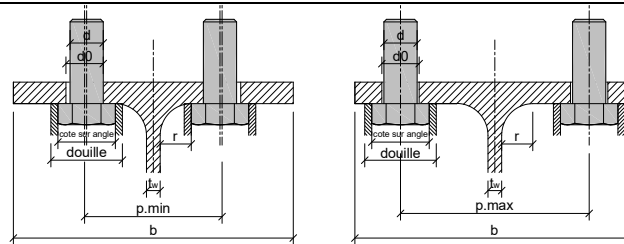
	HM		10		12		14		16		18		20		22		24		
tolérance			1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
d ₀			11	13	16	16	18	18	20	20	22	22	24	24	26	26	26	26	
Clé			16	18	21	21	24	24	27	27	30	30	34	34	36	36	36	36	
Cote sur angle			18,48	20,78	24,25	24,25	27,71	27,71	31,18	31,18	34,64	34,64	39,26	39,26	41,57	41,57	41,57	41,57	
Douille (clé à pipe FACOM)			24	26,5	30,5	30,5	34,5	34,5	38,5	38,5	42	42	47,5	47,5	49,5	49,5	49,5	49,5	
Jeu min entre douille et aile			5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
	h	e	r1	p.min	p.max	p.min	p.max	p.min	p.max	p.min	p.max	p.min	p.max	p.min	p.max	p.min	p.max	p.min	p.max
CAE 40x4	40	4	6	22	26	23	24												
CAE 50x5	50	5	7	23	36	24	34	27	30										
CAE 60x6	60	6	8	24	46	25	44	28	40	30	38	32	36	33	33				
CAE 70x7	70	7	9	26	56	27	54	30	50	31	48	33	46	35	43	37	41	38	38
CAE 80x8	80	8	10	28	66	29	64	32	60	33	58	35	56	37	53	39	51	40	48
CAE 90x9	90	9	11	30	76	31	74	34	70	35	68	37	66	39	63	41	61	42	58
CAE 100x10	100	10	12	32	86	33	84	36	80	37	78	39	76	41	73	43	71	44	68
CAE 120x12	120	12	13	35	106	36	104	39	100	40	98	42	96	44	93	46	91	47	88
CAE 150x15	150	15	16	41	136	42	134	45	130	46	128	48	126	50	123	52	121	53	118

IPE



HM	10		12		14		16		18		20		22		24	
tolérance	1		1		2		2		2		2		2		2	
d0	11		13		16		18		20		22		24		26	
Clé	16		18		21		24		27		30		34		36	
Cote sur angle	18,48		20,78		24,25		27,71		31,18		34,64		39,26		41,57	
Douille (clé à pipe FACOM)	24		26,5		30,5		34,5		38,5		42		47,5		49,5	
Jeu min entre douille et âme	5		5		5		5		5		5		5		5	
	h	b	tw	r	p.min	p.max	p.min	p.max	p.min	p.max	p.min	p.max	p.min	p.max	p.min	p.max
IPE 80	80	46	3,8	5												
IPE 100	100	55	4,1	7												
IPE 120	120	64	4,4	7												
IPE 140	140	73	4,7	7	40	45										
IPE 160	160	82	5	9	43	54	45	50								
IPE 180	180	91	5,3	9	43	63	46	59	50	51						
IPE 200	200	100	5,6	12	50	72	52	68	56	60						
IPE 220	220	110	5,9	12	50	82	52	78	57	70	60	66				
IPE 240	240	120	6,2	15	56	92	58	88	63	80	66	76	70	72		
IPE 270	270	135	6,6	15	57	107	59	103	63	95	67	91	70	87	74	81
IPE 300	300	150	7,1	15	57	122	59	118	64	110	67	106	71	102	74	96
IPE 330	330	160	7,5	18	63	132	66	128	70	120	74	116	77	112	81	106
IPE 360	360	170	8	18	64	142	66	138	71	130	74	126	78	122	81	116
IPE 400	400	180	8,6	21	71	152	73	148	77	140	81	136	84	132	88	126
IPE 450	450	190	9,4	21	71	162	74	158	78	150	82	146	85	142	89	136
IPE 500	500	200	10,2	21	72	172	74	168	79	160	82	156	86	152	89	146
IPE 550	550	210	11,1	24	79	182	81	178	86	170	89	166	93	162	96	156
IPE 600	600	220	12	24	80	192	82	188	87	180	90	176	94	172	97	166

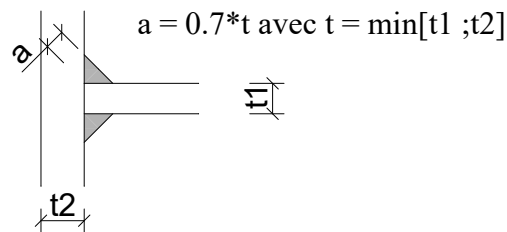
HEA



HM	10		12		14		16		18		20		22		24	
tolérance	1		1		2		2		2		2		2		2	
d0	11		13		16		18		20		22		24		26	
Clé	16		18		21		24		27		30		34		36	
Cote sur angle	18,48		20,78		24,25		27,71		31,18		34,64		39,26		41,57	
Douille (clé à pipe FACOM)	24		26,5		30,5		34,5		38,5		42		47,5		49,5	
Jeu min entre douille et âme	5		5		5		5		5		5		5		5	
	h	b	tw	r	p.min	p.max	p.min	p.max	p.min	p.max	p.min	p.max	p.min	p.max	p.min	p.max
HEA 100	96	100	5	12	49	72	51	68	56	60						
HEA 120	114	120	5	12	49	92	51	88	56	80	59	76	63	72	66	66
HEA 140	133	140	5,5	12	49	112	52	108	56	100	60	96	63	92	67	86
HEA 160	152	160	6	15	56	132	58	128	63	120	66	116	70	112	73	106
HEA 180	171	180	6	15	56	152	58	148	63	140	66	136	70	132	73	126
HEA 200	190	200	6,5	18	62	172	65	168	69	160	73	156	76	152	80	146
HEA 220	210	220	7	18	63	192	65	188	70	180	73	176	77	172	80	166
HEA 240	230	240	7,5	21	69	212	72	208	76	200	80	196	83	192	87	186
HEA 260	250	260	7,5	24	75	232	78	228	82	220	86	216	89	212	93	206
HEA 280	270	280	8	24	76	252	78	248	83	240	86	236	90	232	93	226
HEA 300	290	300	8,5	27	82	272	85	268	89	260	93	256	96	252	100	246
HEA 320	310	300	9	27	83	272	85	268	90	260	93	256	97	252	100	246
HEA 340	330	300	9,5	27	83	272	86	268	90	260	94	256	97	252	101	246
HEA 360	350	300	10	27	84	272	86	268	91	260	94	256	98	252	101	246
HEA 400	390	300	11	27	85	272	87	268	92	260	95	256	99	252	102	246
HEA 450	440	300	11,5	27	85	272	88	268	92	260	96	256	99	252	103	246
HEA 500	490	300	12	27	86	272	88	268	93	260	96	256	100	252	103	246
HEA 550	540	300	12,5	27	86	272	89	268	93	260	97	256	100	252	104	246
HEA 600	590	300	13	27	87	272	89	268	94	260	97	256	101	252	104	246

Soudures

→ Les apothèmes de soudures peuvent être choisis de la manière suivante sans justification de calcul.



→ Limites d'utilisation des méthodes suivantes :

- ✓ Epaisseurs d'acier (sauf tubes) ≥ 4 mm [§4.1(1)]
- ✓ Tubes d'épaisseur ≥ 2.5 mm [§4.1(1)] et [§7.3.1]
- ✓ Angle compris entre 60° et 120° [§4.3.2.1(1)]
- ✓ Longueur efficace de la soudure $L \geq 30$ mm ou $6*a$ [§4.5.1(2)]
- ✓ Gorge utile $a \geq 3$ mm [§4.5.2(2)]

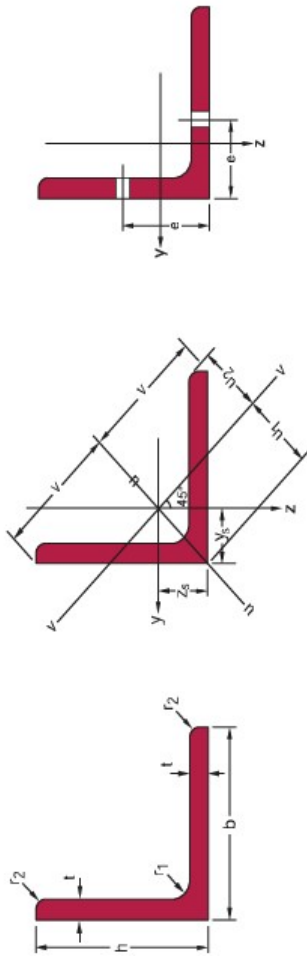
Dimensions commerciales des plats et tôles

Tôles et plaques : épaisseurs : 3 ; 4 ; 5 ; 6 ; 8 ; 10 ; 12 ; 15 ; 20 ; 25 ; 30 ; 35 ; 40 ; 50

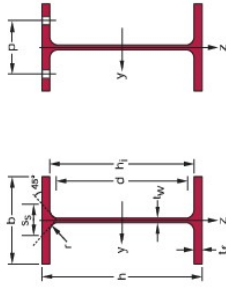
Plats et larges plats : largeurs : de 60 à 300 mm (tous les 10 mm)

épaisseurs : 4 ; 5 ; 6 ; 8 ; 10 ; 12 ; 15 ; 16 ; 18 ; 20 ; 25 ; 30

Caractéristiques des profils L, I et H



Désignation	Dimensions			Position des axes			Valeurs statiques											
	h = b mm	t mm	r ₁ mm	r ₂ mm	A cm ²	Z _s =Y _s cm	v cm	u ₁ cm	u ₂ cm	I _y =I _z cm ⁴	W _{eI,y} =W _{eI,z} cm ³	i _y =i _z cm	Axe y-y / Axe z-z	I _u cm ⁴	i _u cm	Axe u-u	I _v cm ⁴	i _v cm
L 40 x 40 x 4	40	4	6	3,0	3,08	1,12	2,83	1,58	1,40	4,47	1,55	1,21	7,10	1,52	1,84	0,77		
L 50 x 50 x 5	50	5	7	3,5	4,80	1,40	3,54	1,99	1,76	10,96	3,05	1,51	17,41	1,90	4,52	0,97		
L 60 x 60 x 6	60	6	8	4,0	6,91	1,69	4,24	2,39	2,11	22,79	5,29	1,82	36,20	2,29	9,38	1,17		
L 70 x 70 x 7	70	7	9	4,5	9,40	1,97	4,95	2,79	2,47	42,30	8,41	2,12	67,19	2,67	17,41	1,36		
L 80 x 80 x 8	80	8	10	5,0	12,3	2,26	5,66	3,19	2,83	72,25	12,58	2,43	114,8	3,06	29,72	1,56		
L 80 x 80 x 10	80	10	10	5,0	15,1	2,34	5,66	3,30	2,85	87,50	15,45	2,41	138,8	3,03	36,24	1,55		
L 90 x 90 x 9	90	9	11	5,5	15,5	2,54	6,36	3,59	3,18	115,8	17,93	2,73	184,0	3,44	47,65	1,75		
L 100 x 100 x 10	100	10	12	6,0	19,2	2,82	7,07	3,99	3,54	176,7	24,62	3,04	280,7	3,83	72,66	1,95		



Désignation	Dimensions										Axe y-y					Axe z-z					
	h	b	tw	tf	r	A	hi	d	Iy	Wely	Wply	Iy	Wely	Wply	Iz	Welz	Wplz	Iz	Welz	Wplz	It
IPE 100	100	55	4.1	5.7	7	10.32	88.6	74.6	171.0	34.20	39.41	4.07	5.08	15.92	5.79	9.15	1.24	1.20	0.35		
IPE 120	120	64	4.4	6.3	7	13.21	107.4	93.4	317.8	52.96	60.73	4.90	6.31	27.67	8.65	13.58	1.45	1.74	0.89		
IPE 140	140	73	4.7	6.9	7	16.43	126.2	112.2	541.2	77.32	88.34	5.74	7.64	44.92	12.31	19.25	1.65	2.45	1.98		
IPE 160	160	82	5.0	7.4	9	20.09	145.2	127.2	869.3	108.7	123.9	6.58	9.66	68.31	16.66	26.10	1.84	3.60	3.96		
IPE 180	180	91	5.3	8.0	9	23.95	164.0	146.0	1317	146.3	166.4	7.42	11.25	100.9	22.16	34.60	2.05	4.79	7.43		
IPE 200	200	100	5.6	8.5	12	28.48	183.0	159.0	1943	194.3	220.6	8.26	14.00	142.4	28.47	44.61	2.24	6.98	12.99		
IPE 220	220	110	5.9	9.2	12	33.37	201.6	177.6	2772	252.0	285.4	9.11	15.88	204.9	37.25	58.11	2.48	9.07	22.67		
IPE 240	240	120	6.2	9.8	15	39.12	220.4	190.4	3892	324.3	366.6	9.97	19.14	283.6	47.27	73.92	2.69	12.88	37.39		
IPE 270	270	135	6.6	10.2	15	45.95	249.6	219.6	5790	428.9	484.0	11.23	22.14	419.9	62.20	96.95	3.02	15.94	70.58		
IPE 300	300	150	7.1	10.7	15	53.81	278.6	248.6	8356	557.1	628.4	12.46	25.68	603.8	80.50	125.2	3.35	20.12	125.9		
IPE 330	330	160	7.5	11.5	18	62.61	307.0	271.0	11770	713.1	804.3	13.71	30.81	788.1	98.52	153.7	3.55	28.15	199.1		
IPE 360	360	170	8.0	12.7	18	72.73	334.6	298.6	16270	903.6	1019	14.95	35.14	1043	122.8	191.1	3.79	37.32	313.6		
IPE 400	400	180	8.6	13.5	21	84.46	373.0	331.0	23130	1156	1307	16.55	42.69	1318	146.4	229.0	3.95	51.08	490.0		
IPE 450	450	190	9.4	14.6	21	98.82	420.8	378.8	33740	1500	1702	18.48	50.85	1676	176.4	276.4	4.12	66.87	791.0		
IPE 500	500	200	10.2	16.0	21	115.5	468.0	426.0	48200	1928	2194	20.43	59.87	2142	214.2	335.9	4.31	89.29	1249		
IPE 550	550	210	11.1	17.2	24	134.4	515.6	467.6	67120	2441	2787	22.35	72.34	2668	254.1	400.5	4.45	123.2	1884		
IPE 600	600	220	12.0	19.0	24	156.0	562.0	514.0	92080	3069	3512	24.30	83.78	3387	307.9	485.6	4.66	165.4	2846		
HE 100 A	167	100	5.0	8.0	12	21.24	80	56	349.2	72.76	83.01	4.06	7.56	133.8	26.76	41.14	2.51	5.24	2.58		
HE 120 A	199	120	5.0	8.0	12	25.34	98	74	606.2	106.3	119.5	4.89	8.46	230.9	38.48	58.85	3.02	5.99	6.47		
HE 140 A	247	133	5.5	8.5	12	31.42	116	92	1033.0	155.4	173.5	5.73	10.12	389.3	55.62	84.85	3.52	8.13	15.06		
HE 160 A	304	152	6.0	9.0	15	38.77	134	104	1673.0	220.1	245.1	6.57	13.21	615.6	76.95	117.6	3.98	12.19	31.41		
HE 180 A	355	171	6.0	9.5	15	45.25	152	122	2510.0	293.6	324.9	7.45	14.47	924.6	102.7	156.5	4.52	14.80	60.21		
HE 200 A	423	190	6.5	10.0	18	53.83	170	134	3692.0	388.6	429.5	8.28	18.08	1336.0	133.6	203.8	4.98	20.98	108.0		
HE 220 A	50.5	210	7.0	11.0	18	64.34	188	152	5410.0	515.2	568.5	9.17	20.67	1955	177.7	270.6	5.51	28.46	193.3		
HE 240 A	60.3	230	7.5	12.0	21	76.84	206	164	7763.0	675.1	744.6	10.05	25.18	2769	230.7	351.7	6.00	41.55	328.5		
HE 260 A	68.2	250	8.0	12.5	24	86.82	225	177	10450.0	836.4	919.8	10.97	28.76	3668	282.1	430.2	6.50	52.37	516.4		
HE 280 A	76.4	270	8.0	13.0	24	97.26	244	196	13670.0	1013.0	1112	11.86	31.74	4763	340.2	518.1	7.00	62.10	785.4		
HE 300 A	88	290	8.5	14.0	27	112.50	262	208	18280.0	1280	1383	12.74	37.28	6310	420.6	641.2	7.49	85.17	1200		
HE 320 A	97.6	310	9.0	15.5	27	124.40	279	225	22930.0	1479.0	1628	13.58	41.13	6985	465.7	708.7	7.49	108.00	1512		
HE 340 A	105.0	330	9.5	16.5	27	133.50	297	243	27690.0	1678	1850	14.40	44.95	7436	495.7	755.9	7.46	127.20	1824		
HE 360 A	112	350	10.0	17.5	27	142.80	315	261	33090.0	1891	2088	15.22	48.96	7887	525.8	802.3	7.43	148.80	2177		
HE 400 A	125	390	11.0	19.0	27	159.00	352	298	45070.0	2311	2562	16.84	57.33	8564	570.9	872.9	7.34	189.00	2942		
HE 450 A	140.0	440	11.5	21.0	27	178.00	398	344	63720.0	2896	3216	18.92	65.78	9465	631.0	965.5	7.29	243.80	4148		
HE 500 A	155	490	12.0	23.0	27	197.50	444	390	86970.0	3550	3949	20.98	74.72	10370	691.1	1059.0	7.24	309.30	5643		