BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

ARCHITECTURES EN MÉTAL : CONCEPTION ET RÉALISATION

SESSION 2026

DOSSIER RESSOURCES

Contenu du dossier

Ressource 1 : Documentation panneau solaire	Pages 2-3
Ressource 2 : Documentation isolation	Page 3
Ressource 3 : Documentation support d'étanchéité	Page 4
Ressource 4 : Documentation plancher collaborant	Pages 5-6
Ressource 5 : Catalogue de profilés	Pages 7 à 9
Ressource 6 : Formulaire d'une poutre sur 3 appuis	Page 10
Ressource 7 : Flèches verticales	Page 10
Ressource 8 : Tableau des combinaisons	Page 10
Ressource 9 : Extraits EN1991-1-1	Page 11
Ressource 10 : Extraits EN1993-1-8	Pages 12 à 14
Ressource 11 : Extraits EN1993-1-1	Page 15

Ressource 1. Documentation panneaux solaires

SOLUTION SUR TOITURE TERRASSE

Soprasolar® Fix Evo Tilt



AT 21/21-75 21/20-71

Description produit

Soprasolar® Fix Evo Tilt est un **procédé d'étanchéité photovoltaïque sans percement pour toiture terrasse** avec mise en place de modules photovoltaïques sur **un système de plots breveté avec rehausses intégrées.**

Il permet l'intégration **en toitures isolées-étanchées**, sur bâtiments neufs ou existants. Il permet également l'intégration de **modules photovoltaïques rigides** sur un ensemble de **plots polymères** liaisonnés à un **revêtement d'étanchéité autoprotégée sans avoir à perforer** ce dernier et **sans nécessité d'ajout de lestage** afin de réaliser des installations productrices d'électricité renouvelable solaire.

Les modules reposent sur un système de rehausses qui permettent d'**apporter une inclinaison de 10°** aux modules photovoltaïques.

Fiche technique

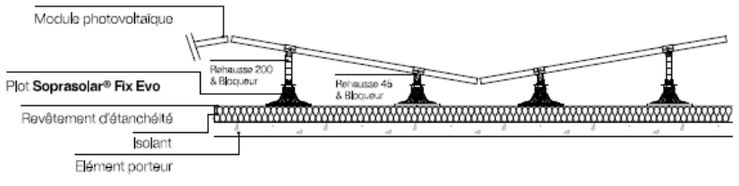
- Sur étanchéité fixée mécaniquement **SOPREMA** sous Avis Technique,
- Mise en œuvre sans percement par soudure,
- Sur éléments porteurs béton, acier ou panneaux dérivés du bois,
- Sur isolant de classe C minimum,
- Admissible à pente nulle et supérieure (limitée à 10 %),
- Ventilation des modules minimum de 120 mm,
- Poids du complexe : environ 14 kg/m² (hors isolant et membranes d'étanchéité),
- Tout type d'atmosphère (y compris front de mer).

Les modules photovoltaïques associés au procédé Soprasolar® Fix Evo Tilt

Le complexe **Soprasolar® Fix Evo Tilt**, sous Avis Technique, est associé à un large choix de modules photovoltaïques visés dans les grilles d'analyse du CSTB.

Bénéfices produit

- Sous Avis Technique
- Béton 21/20-71
- TAN 21/21-75
- Étanchéité bicouche **SOPREMA** sous Avis Technique
- Large gamme d'isolants visés, en laine de roche et PIR, via 5 fournisseurs distincts
- Sans percement de l'étanchéité au niveau des plots
- Large gamme de bacs support d'étanchéité visée dans l'Avis Technique en provenance de 4 fournisseurs distincts
- Facile à mettre en œuvre et à entretenir
- Plots réglables en hauteur
- Garantie 20 ans du système (si pack complet selon préconisation Soprasolar® et respect de l'entretien obligatoire)
- Sans pont thermique

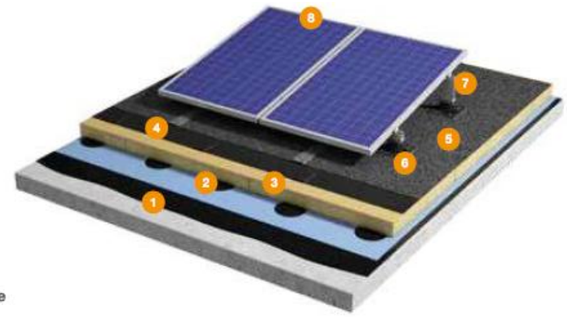


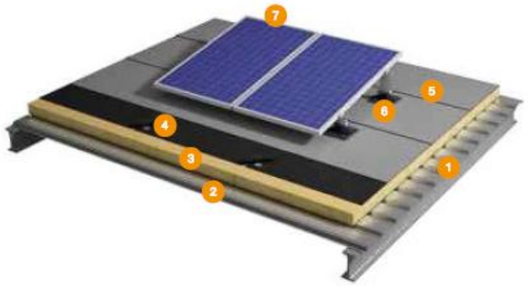
Coupe 2D
Soprasolar® Fix Evo Tilt

Procédé Soprasolar® Fix Evo Tilt

Exemple : Sur élément porteur BÉTON

1. EIF
2. Colle à froid
3. Isolant de classe C collé
4. Soprastick SI / Soprastick SI4
5. Sopralène® Flam 180 AR / EF25 ART3
6. Plots Soprasolar® Fix Evo
7. Rehausses et bloqueurs Soprasolar® Fix Evo Tilt
8. Modules photovoltaïques référencés dans l'Avis Technique





Procédé Soprasolar® Fix Evo Tilt

Exemple : Sur élément porteur T.A.N. (Tôle d'Acier Nervurée)

1. Bac validé en charges ponctuelles
2. Pare-vapeur (optionnel)
3. Isolant laine de roche de classe C
4. Soprafix HP
5. Sopralène® Flam 180 Alu
6. Plots Soprasolar® Fix Evo
7. Modules photovoltaïques référencés dans l'Avis Technique

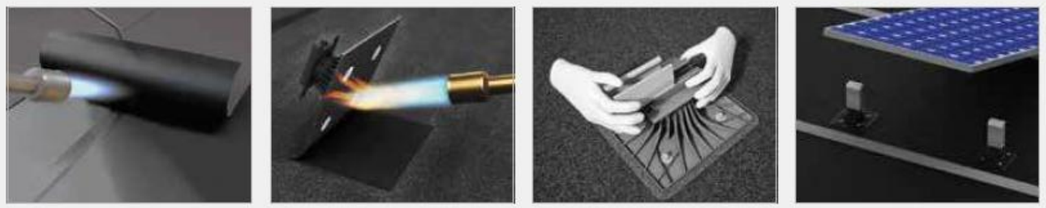
Fabriqué en France · Garantie 20 ANS · FDES Vérifiée Inies · CC FAT AVIS TECHNIQUE · B ROOF(t3) · Liste Verte AQC

Les 3 étapes d'installation du complexe

Selon l'AT **Soprasolar® Fix Evo Tan**

- Mise en œuvre d'un complexe d'étanchéité sous Avis Technique, de la gamme **SOPREMA**, conformément aux exigences du marché.
- Mise en place des plots et des rehausses, selon le plan d'implantation des modules réalisé par **Soprasolar®**, par soudage du plastron sur le revêtement d'étanchéité sélectionné.
- Fixation des modules par étriers.

Mise en œuvre du procédé Soprasolar® Fix Evo Tilt



1 - Mise en œuvre de l'étanchéité **SOPREMA** sous AT sur isolant de classe C minimum.

2 - Soudage en plein des plots à la flamme.

3 - Pose des réhausses.

4 - Pose des modules, des étriers et raccordement électrique à l'avancement.

Documentation panneaux solaires

Référentiels normatifs & caractéristiques des supports d'étanchéité

Nos tableaux d'utilisation sont élaborés sur la base des normes suivantes

- **Supports d'étanchéité Hacierco selon le cas :**
  > Selon NF DTU 43.3 P1-1 et P1-2
  > Selon cahier CSTB N° 3537 V2
- **Supports d'étanchéité Hacierco à fixations inapparentes :**
  > Selon DTA
- **Supports d'étanchéité Hacierco grandes portées selon le cas :**
  > Selon NF DTU 43.3 P1-1 et P1-2
  > Selon cahier CSTB N° 3537 V2

Les tableaux d'utilisation sont basés sur une pose sans plaquettes de répartition et pour une largeur d'appuis de 60 mm.
Optimisation des portées : L'ensemble de nos tableaux d'utilisation sont aussi disponibles pour des largeurs d'appuis de 160 mm.
N'hésitez pas à nous consulter

Mise en œuvre - Tous supports d'étanchéité

Elle s'effectue conformément au DTU 43.3

Caractéristiques du matériau de base

- **Nuance d'acier :**
  > **Supports d'étanchéité :** S 320 GD
  > **Supports d'étanchéité grandes portées :** S 350 GD
  Référence normative NF EN 10346
- **Type de protection :**
  > Acier revêtu : référence normative NF EN 10346 • NF P 34-310 • ETPM ZM Evolution
  > Acier revêtu prélaqué : référence normative NF EN 10169+A1 • NF P 34-301• ETPM ZM Evolution

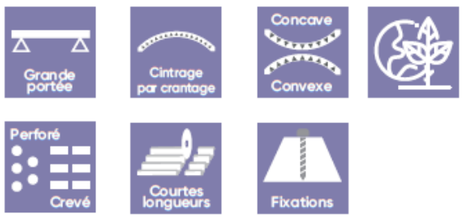
Pour vous repérer dans les fiches produits

▼ Indique la face prélaquée sur les schéma techniques

Les avantages de nos supports sont identifiables comme suit :



En option ou sous réserve de vérification des contraintes de l'ouvrage :



Ressource 2. *Documentation isolation*

Rockacier C nu Energy

Panneau isolant en laine de roche pour étanchéité bitumineuse ou synthétique fixée mécaniquement. Panneau optimisé pour les zones techniques et toitures terrasses végétalisées ou photovoltaïques.

TAN standard et TAN grande portée



λ38

DOMAINES D'APPLICATION



Les bénéfices pour le maître d'ouvrage

- Une isolation durable adaptée aux toitures techniques, végétalisées, photovoltaïques, etc.
- Isolant référencé dans les avis techniques de systèmes photovoltaïques.
- Performances thermiques et acoustiques.
- Isolant d'origine naturelle et recyclable à l'infini.

Les avantages pour l'installateur

- Sécurité incendie optimale : phase chantier sécurisée et pas de dispositions particulières quel que soit le type de bâtiment.
- Durabilité : Excellente tenue dans le temps, parfaite stabilité dimensionnelle et absence d'incurvation.
- Multi-applications (zones techniques, toitures végétalisées ou photovoltaïques, etc.).
- Isolant éligible au service de recyclage Rockcycle.

DIPLÔMES

ACERMI	DoP	DTA
20/015/1449	CPR-DoP-FR-101	n° 5.2/23-2729_V1

DIFFÉRENTS SYSTÈMES PHOTOVOLTAÏQUES, DIFFÉRENTS CRITÈRES

- Les systèmes photovoltaïques par film souple sur revêtement d'étanchéité imposent une charge uniformément répartie sur l'isolant. Une classe C permet de répondre aux exigences.
- Systèmes photovoltaïques en mise en œuvre traditionnelle de capteurs solaires rigides rapportés sur revêtement d'étanchéité en pose surimposée : la mise en œuvre se fait conformément au DTU 43.3, sur potelets et chandelles en reportant directement les charges sur l'ossature. La toiture étant considérée technique elle nécessitera une classe C.
- Les systèmes photovoltaïques rigides sur plots ou rails soudés à l'étanchéité relèvent des ATEC/ATEx ou ETN. Ces systèmes concentrent les charges directement sur la membrane et l'isolant. Les systèmes sous ATEC/ATEx ont choisi les isolants Rockacier C Nu Energy et Rockacier C Nu.

CARACTÉRISTIQUES	PERFORMANCES
Réaction au feu	Euroclasse A1 (incombustible)
Conductivité thermique (W/m.K)	0,038
Dimensions (mm)	1200 x 1000
Epaisseurs (mm)	80 - 200
Tolérance d'épaisseur	T5
Masse volumique nominale (kg/m³)	130
Stabilité dimensionnelle	DS(70,90)
Contrainte en compression à 10 % (kPa)	CS(10)70
Classe de compressibilité (UEATc)	C
Résistance à la traction perpendiculairement aux faces	TR10
Charge ponctuelle	PL(5)500
Absorption d'eau à long terme par immersion partielle	WL(P)
Absorption d'eau à court terme par immersion partielle	WS
Transmission de vapeur d'eau	MU1

PERFORMANCES THERMIQUES

Ép. (mm)	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125
R (m2.K/W)	2,10	2,20	2,35	2,50	2,60	2,75	2,85	3,00	3,15	3,25,
Up (W/m².K)	0,47	0,45	0,42	0,40	0,37	0,35	0,34	0,32	0,31	0,30

Ép. (mm)	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175
R (m2.K/W)	3,40	3,55	3,65	3,80	3,90	4,05	4,20	4,30	4,45	4,60
Up (W/m².K)	0,28	0,27	0,27	0,26	0,25	0,24	0,23	0,23	0,22	0,21

Ép. (mm)	180	185	190	195	200	205	210	215	220	225
R (m2.K/W)	4,70	4,85	5,00	5,10	5,25	5,35	5,45	5,60	5,75	5,85
Up (W/m².K)	0,21	0,20	0,198	0,194	0,189	0,185	0,182	0,178	0,173	0,170

Ép. (mm)	230	235	240	245	250	255	260
R (m2.K/W)	6,00	6,15	6,25	6,40	6,50	6,65	6,80
Up (W/m².K)	0,166	0,162	0,160	0,156	0,154	0,151	0,148

Données en vigueur disponibles sur les sites www.acermi.com et www.rockwool.com/fr.
Quantité minimum : se référer au tarif en vigueur.

Référentiels normatifs & caractéristiques des supports d'étanchéité

Nos tableaux d'utilisation sont élaborés sur la base des normes suivantes :

- **Supports d'étanchéité Hacierco selon le cas :**
  > Selon NF DTU 43.3 P1-1 et P1-2
  > Selon cahier CSTB 3537 V2
- **Supports d'étanchéité Hacierco C38 & C50 à fixations inapparentes :**
  > Selon DTA
- **Supports d'étanchéité Hacierco grandes portées selon le cas :**
  > Selon NF DTU 43.3 P1-1 et P1-2
  > Selon cahier CSTB 3537 V2

  Les tableaux d'utilisation sont basés sur une pose sans plaquettes de répartition et pour une largeur d'appuis de 60 mm.
  Optimisation des portées : L'ensemble de nos tableaux d'utilisation sont aussi disponibles pour des largeurs d'appuis de 160 mm. N'hésitez pas à nous consulter.
- **Supports d'étanchéité pour modules photovoltaïques :**
  Des fiches techniques spécifiques sont à disposition sur demande auprès de nos services techniques : N'hésitez pas à les consulter.

Mise en œuvre - Tous supports d'étanchéité :

Elle s'effectue conformément au DTU 43.3

Caractéristiques du matériau de base :

Nuance d'acier :
> **Supports d'étanchéité :** S 320 GD
> **Supports d'étanchéité grandes portées :** S 350 GD

Référence normative NF EN 10346

Type de protection :
> Acier revêtu : référence normative NF EN 10346 • NF P 34-310 • ETPM ZM Evolution
> Acier revêtu prélaqué : référence normative NF EN 10169+A1 • NF P 34-301 • ETPM ZM Evolution

Pour vous repérer dans les fiches produits

▼ Indique la face prélaquée sur les schéma techniques

Les avantages de nos supports sont identifiables comme suit :



En option ou sous réserve de vérification des contraintes de l'ouvrage :



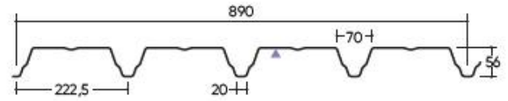
Hacierco® 4.222.56 & 4.222.56C

Supports d'étanchéité



Version crevée type C - Vide de perforation 15 %





Longueur de profilage : Minimale 1 800 mm / Maximale 15 000 mm

Caractéristiques expérimentales

				Support & Epaisseur (mm)				
				Hacierco® 4.222.56				Hacierco® 4.222.56C
				0,75	0,88	1,00	1,25	0,75
	Masse surfacique (kg/m²)			7,84	9,20	10,45	13,06	7,84
Action des charges descendantes	Moments d'inertie (cm⁴/ml)	Travée simple	I2	50,02	58,68	66,69	83,36	48,89
		Deux travées égales	I3	46,07	54,05	61,42	76,78	42,08
		Continuité	Im	48,04	56,37	64,06	80,07	45,49
	Moments de flexion (m.daN/ml)	En travée – Système élastique	Md2T	374,77	439,73	499,69	624,62	355,63
		En travée – Système élasto-plastique	Md3T	455,78	534,79	607,71	759,64	448,27
		Sur appui	Md3A	389,69	457,24	519,59	649,49	398,79
		Sous charge concentrée	Mc	283,26	332,36	377,68	472,10	262,28

Tableaux d'utilisation pour travées égales avec charges exprimées en daN/m²

Hacierco® 4.222.56 - Selon PV SOCOTEC QG 0021-01

Charges d'exploitation	Charges permanentes	Total des charges descendantes	2 appuis				3 appuis				4 appuis			
			0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
100	10	110	3,20	3,35	3,50	3,80	4,20	4,45	4,60	5,00	3,90	4,10	4,30	4,65
100	15	115	3,20	3,35	3,50	3,75	4,20	4,45	4,60	4,95	3,90	4,10	4,30	4,60
100	20	120	3,15	3,35	3,45	3,70	4,15	4,40	4,55	4,90	3,90	4,10	4,25	4,55
100	25	125	3,10	3,30	3,40	3,65	4,10	4,35	4,50	4,80	3,85	4,05	4,20	4,50
100	30	130	3,10	3,25	3,35	3,60	4,05	4,30	4,45	4,75	3,80	4,00	4,15	4,45
100	35	135	3,05	3,20	3,35	3,55	4,00	4,25	4,40	4,70	3,75	3,95	4,10	4,40
100	100	200	2,70	2,85	2,95	3,15	3,50	3,75	3,90	4,15	3,30	3,45	3,60	3,90
100	150	250	2,50	2,65	2,75	2,95	3,10	3,45	3,60	3,90	3,05	3,25	3,35	3,60
125	25	150	2,95	3,10	3,25	3,45	3,90	4,10	4,25	4,55	3,60	3,80	3,95	4,25
150	25	175	2,80	2,95	3,05	3,30	3,65	3,85	4,05	4,35	3,40	3,60	3,75	4,05
175	25	200	2,65	2,80	2,90	3,15	3,45	3,70	3,85	4,15	3,25	3,40	3,55	3,85
200	25	225	2,55	2,65	2,80	3,00	3,25	3,50	3,65	3,95	3,10	3,25	3,40	3,70

Hacierco® 4.222.56C - Selon PV SOCOTEC QG 0021-02

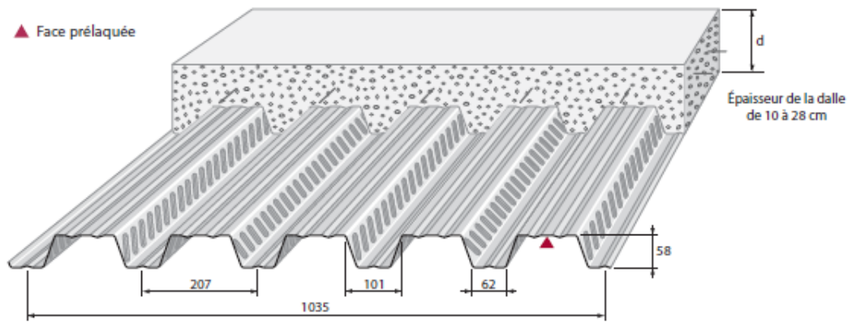
Charges d'exploitation	Charges permanentes	Total des charges descendantes	2 appuis	3 appuis	4 appuis
			0,75	0,75	0,75
100	10	110	3,15	4,10	3,85
100	15	115	3,15	4,10	3,85
100	20	120	3,15	4,05	3,80
100	25	125	3,10	4,00	3,75
100	30	130	3,05	3,95	3,70
100	35	135	3,05	3,90	3,65
100	100	200	2,65	3,45	3,25
100	150	250	2,50	3,05	3,00
125	25	150	2,95	3,75	3,55
150	25	175	2,75	3,55	3,35
175	25	200	2,60	3,40	3,20
200	25	225	2,50	3,20	3,05

Ressource 4. Plancher collaborant

Arval

Planchers collaborants
Cofraplus 60

CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES



APPLICATIONS

Cofraplus 60 est un profil nervuré cranté latéralement destiné à la construction de dalles béton.
Cofraplus 60 évite le décoffrage, allège le plancher et économise une nappe d'armatures.

Cofraplus 60 est spécialement conçu pour les ouvrages à surchages modérées et portées moyennes.
Les planchers sur vide sanitaire doivent être visitables et ventilés.

DÉFINITIONS / NORMES

Identification de l'acier

- Norme NF EN 10326 : "bandes et tôles en acier de construction revêtues en continu par immersion à chaud".
- Norme XP P 34-301 : "Tôles et bandes d'acier de construction galvanisées prélaquées ou revêtues d'un film organique contrecollé ou laminé, destinées au bâtiment".
- Norme EN 10169-3 : "Produits plats en acier revêtus en continu de matières organiques (prélaqués) - partie 3 : produits pour applications intérieures dans le bâtiment".
- Acier : S350 GD selon norme NF EN 10326.

Coffrage

Cofraplus 60 sert de coffrage porteur, entre solives dans la pose sans étai, ou entre files d'étais et solives.
Sa légèreté facilite la manipulation d'éléments de grand format livrés à longueur jusqu'à 15 mètres.

Armature

Le crantage latéral scelle le profil autour des nervures moulées en sous-face de la dalle béton des planchers.
Comme armature, Cofraplus 60, en épaisseur 0,75 mm apporte 10,29 cm²/ml ou 13,91 cm²/ml d'acier en épaisseur 1,00 mm dans le sens porteur du plancher.

Revêtement

- galvanisé Z 275.
- galvanisé prélaqué :
  - Intérieur 12 :
    - catégorie II selon XP 34-301
    - catégorie CPI2 selon EN 10169-3
  - Haiplus® 25 :
    - catégorie IIIa selon XP 34-301
    - catégorie CPI3 selon EN 10169-3
- Autres revêtements : sur consultation.

Réglementation

- Avis Technique 3/03-390 et 3/03-390* 01 Add.

Versions

Trois versions sont disponibles :

- La version standard est appelée **COFRAPLUS 60**.



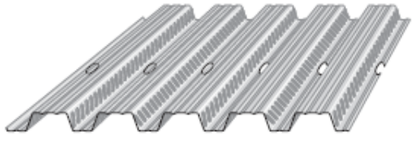
- La version spécialement adaptée pour utilisation en système poutre mixte avec connecteurs de types Hilti ou Nelson posés au travers du bac sur chantier est appelée **COFRAPLUS 60 C** : fabrication spécifique sur demande.

COFRAPLUS 60 C
(version connecteur fond de nervure)



- COFRAPLUS 60 peut être réalisé avec préperçage pour le passage des goujons soudés en atelier. Cette version est appelée **COFRAPLUS 60 P :**
Étude et fabrication sur demande.
(jusqu'à une épaisseur de 1,00 mm).

COFRAPLUS 60 P
(le plan de perçage est à fournir)



Arval

Planchers collaborants
Cofraplus 60

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DU PLANCHER VERSION STANDARD

Caractéristiques utiles du profil

Épaisseur nominale de la tôle e		mm	0,75	0,88	1,00	1,25
Poids au mètre carré utile		daN/m²	8,53	10,00	11,37	14,22
Section active d'acier :	A	cm²/ml	10,29	12,17	13,91	17,57
Inertie propre du profil :	i	cm⁴/ml	55,12	65,21	74,53	93,94
Position fibre neutre :	v_i	cm	3,33	3,33	3,33	3,33
Module d'inertie :	I/v_i	cm³/ml	16,55	19,58	22,38	28,20

Consommation nominale de béton

Épaisseur d	cm	10	11	12	13	14	15	16	18	20	24	28
Litrage	l/m²	65	75	85	95	105	115	125	145	165	205	245
Poids théorique du béton seul*	daN/m²	155	179	203	227	251	275	299	347	395	491	587

* Pour obtenir le poids total de la dalle il faut ajouter le poids du béton dû à la flèche ainsi que le poids du profil.
Poids volumique du béton 2400 daN/m³.

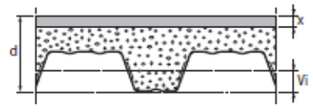
Caractéristiques utiles en travée de la dalle

Épaisseur d	cm	10	11	12	13	14	15	16	18	20	24	28
Pour e = 0,75 mm distance d-v_i	cm	6,67	7,67	8,67	9,67	10,67	11,67	12,67	14,67	16,67	20,67	24,67
Distance x	cm	3,25	3,56	3,90	4,13	4,40	4,65	4,90	5,36	5,79	6,59	7,31
I_{15}	cm⁴/m	252	329	421	527	649	786	938	1289	1705	2731	4024
z	cm	5,59	6,48	7,39	8,29	9,20	10,12	11,04	12,88	14,74	18,47	22,23

Épaisseur d	cm	10	11	12	13	14	15	16	18	20	24	28
Pour e = 1,00 mm distance d-v_i	cm	6,67	7,67	8,67	9,67	10,67	11,67	12,67	14,67	16,67	20,67	24,67
Distance x	cm	3,59	3,94	4,28	4,60	4,90	5,20	5,48	6,01	6,51	7,43	8,27
I_{15}	cm⁴/m	309	404	517	648	799	969	1159	1600	2123	3424	5073
z	cm	5,47	6,36	7,24	8,14	9,04	9,94	10,84	12,67	14,50	18,19	21,91

Notation

- d : épaisseur de la dalle, nervure du bac incluse
- v_i : distance de l'axe neutre du bac à sa fibre inférieure
- x : distance de l'axe neutre de la dalle à sa fibre supérieure
- I_{15} : inertie mixte équivalente en acier correspondant à $E_a/E_b = 15$
- z : bras de levier conventionnel (d-v_i - x/3)



Les valeurs de "m" et de "k" sont données dans le système d'unités : longueur en cm, force en daN.

Cisaillement admissible entre tôle et béton

$\tau = T / 100 . z \leq m . \rho\, d/L + k$
avec
ρ = rapport de la section de la tôle à la section utile de béton (hauteur d-v_i)
L = portée de calcul en cm

	Résistance	Glissement	
		Charge statique	Charge dynamique
m	3238	1775	1420
k	0,1286	0,5302	0,4242

Résistance au feu

CF : degré coupe-feu du plancher brut.
Une épaisseur minimale est requise pour le respect du critère de température en face non exposée.

CF demandé	60'	90'	120'	180'
d mini en cm	11	12	14	17

En l'absence d'armatures spécifiques, avec une dalle de 11 cm, les planchers Cofraplus sont CF 30'. Pour des CF supérieurs, la résistance du plancher pour le délai requis d'exposition au feu doit être justifiée par la prise en compte des seules armatures enrobées dans le béton.

Isolation acoustique

Le comportement acoustique du plancher brut correspond à la loi de masse. (valeurs calculées par modélisation)

Épais. d en cm	10	11	12	13	14	15	20	24	28
Rw (C;Ctr)	44 (-1;-3)	45 (-1;-4)	46 (-1;-4)	47 (-1;-4)	48 (-1;-5)	48 (-1;-4)	52 (-2;-6)	54 (-1;-7)	56 (-1;-7)

TABLEAUX DONNANT LA CHARGE D'EXPLOITATION MAXI en daN/m² avec indication

- Du nombre d'étais en phase de coulage,
- De la valeur mini et maxi de la section totale des armatures en treillis soudés à prévoir en partie supérieure de la dalle avec un enrobage de 2 cm,

Pose 2 travées en continu — e = 0,75 mm

Smini (cm²/m)	2,69	2,69	3,08	3,76	3,76	3,76	3,76	3,76	3,76	3,76	3,76	4,02	4,02	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04
Smax (cm²/m)	3,76	3,76	3,76	3,76	4,02	4,02	4,02	4,02	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,43	5,43	5,43	6,22	6,22	6,22
Épaisseur Dalle en cm	Portée L en cm																				
	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400
28	3000	3000	3000	3000	2970	2760	2570	2400	2250	2110	1990	1880	1770	1680	1590	1510	1430	1410	1340	1280	1130
27	3000	3000	3000	3000	2850	2650	2470	2310	2160	2030	1910	1800	1700	1610	1520	1450	1370	1350	1280	1220	1130
26	3000	3000	3000	2950	2730	2540	2370	2210	2070	1950	1830	1730	1630	1540	1460	1390	1320	1290	1230	1170	1120
25	3000	3000	3000	2950	2620	2430	2270	2120	1990	1870	1750	1650	1560	1480	1400	1330	1260	1240	1180	1120	1070
24	3000	3000	3000	2900	2500	2330	2170	2030	1900	1780	1680	1580	1490	1410	1340	1270	1200	1180	1130	1070	1020
23	3000	3000	2980	2770	2500	2220	2070	1930	1810	1700	1600	1510	1420	1350	1270	1210	1150	1130	1070	1020	980
22	3000	2970	2840	2630	2450	2110	1970	1840	1720	1620	1520	1430	1350	1280	1210	1150	1090	1070	1020	970	930
21	3000	2820	2690	2500	2330	2110	1870	1740	1630	1530	1440	1360	1280	1210	1150	1090	1030	1010	970	920	880
20	3000	2670	2550	2370	2200	2060	1870	1650	1550	1450	1360	1290	1210	1150	1090	1030	980	960	910	870	830
19	2830	2520	2410	2230	2080	1940	1770	1560	1460	1370	1290	1210	1140	1080	1020	970	920	900	860	820	780
18	2650	2370	2260	2100	1950	1830	1660	1560	1370	1290	1210	1140	1080	1020	960	910	870	840	810	770	740
17	2490	2220	2120	1970	1830	1710	1550	1460	1370	1200	1130	1070	1010	950	900	850	810	780	760	720	690
16	2330	2070	1980	1830	1710	1590	1450	1360	1320	1200	1060	990	940	890	840	800	760	730	710	670	640
15	2150	1920	1830	1700	1580	1480	1340	1260	1220	1160	1060	920	870	820	780	740	700	670	650	620	590
14	1990	1770	1690	1570	1460	1360	1240	1160	1130	1060	1010	920	800	760	720	680	640	610	600	570	550
13	1780	1620	1550	1440	1340	1250	1130	1060	1030	970	920	850	800	690	660	620	590	560	550	520	500
12	1590	1480	1410	1310	1210	1130	1030	960	940	880	840	770	730	690	590	560	530	510	500	480	450
11	1400	1320	1250	1180	1090	1020	920	870	840	790	750	690	650	540	590	510	480	460	440	420	
10	1200	1140	1080	1020	970	910	820	770	750	700	660	610	580	570	540	510	480				

Pose 2 travées en continu — e = 0,75 mm

Smini (cm²/m)	5,04	5,04	5,04	5,04	5,43	5,43	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	6,16	6,16	6,16	6,16
Smax (cm²/m)	6,22	6,22	6,22	6,22	6,22	6,22	6,22	6,22	6,22	6,55	6,22	6,22	6,16	6,16	6,16	6,16	6,16	6,16	6,16	6,16	6,16
Épaisseur Dalle en cm	Portée L en cm																				
	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610
28	1070	1020	970	930	890	850	810	770	740	710	680	640	610	570	540	510	470	450	420	370	340
27	1030	980	930	890	850	810	780	740	710	680	650	620	580	550	520	490	470	440	420	370	330
26	1030	940	890	850	810	780	740	710	680	650	620	590	560	530	500	480	450	430	400	370	330
25	1020	900	860	820	780	740	710	680	650	620	590	570	540	510	480	460	430	410	390	360	330
24	980	900	820	780	740	710	680	650	620	590	570	540	520	490	460	440	410	390	370	350	330
23	930	890	820	740	710	680	650	620	590	560	540	520	490	470	440	420	400	370	350	330	320
22	890	850	810	740	670	640	610	590	560	540	510	490	470	450	420	400	380	360	340	320	300
21	840	800	770	730	670	610	580	560	530	510	490	470	450	420	400	380	360	340	320	300	290
20	790	760	730	690	660	610	550	530	500	480	460	440	420	400	380	360	340	320	310	290	270
19	750	710	680	650	630	600	550	530	470	450	430	410	400	380	360	340	320	310	290	270	260
18	700	670	640	610	590	560	540	520	470	430	410	390	370	360	340	320	310	290	270	260	230
17	660	630	600	570	550	530	510	480	470	430	380	360	350	330	320	300	280	250	230	200	180
16	610	580	560	530	510	490	470	450	430	420	380	350	320	290	270	240	220				
15	570	540	520	490	470	450	440	420	380	340	310	280	250	230							
14	520	500	480	460	440	410	370	330	300	270											
13	480	450	430	400	360	320															
12	430	390	340																		
11																					
10																					

0 étai — 1 étai au coulage — 2 étais au coulage — 3 étais au coulage

Hypothèses retenues :

- Travées égales,
- Charge d'exploitation répartie,
- Charge permanente nulle,
- Béton de densité normale 2400 kg/m3,
- Acier armature : limite d'élasticité 500 MPa,
- Flèche au coulage = L/240,
- Flèche active en service = L/350 si L ≤ 350 cm et L/700 + 0,5 cm si L > 350 cm,
- Réduction moment maxi sur appui = 15 %.

Remarque : pour toutes autres hypothèses, calcul à reprendre.

Arval

Planchers collaborants
Cofraplus 60

TABLEAUX DONNANT LA CHARGE D'EXPLOITATION MAXI en daN/m² avec indication

- Du nombre d'étais en phase de coulage,
- De la valeur mini et maxi de la section totale des armatures en treillis soudés à prévoir en partie supérieure de la dalle avec un enrobage de 2 cm,

Pose en continu — e = 0,75 mm

Smini (cm²/m)	2,38	2,38	2,69	3,08	3,08	3,08	3,78	3,78	3,78	3,78	3,78	3,78	3,76	3,76	4,46	3,78	3,78	4,46	4,46	4,46	4,46
Smax (cm²/m)	3,08	3,78	3,78	3,78	3,78	3,78	3,78	3,78	3,78	4,46	4,46	4,46	4,46	4,46	4,46	4,46	4,46	5,14	5,14	5,14	5,14
Épaisseur Dalle en cm	Portée L en cm																				
	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400
28	3000	3000	3000	3000	2980	2770	2580	2410	2260	2120	1990	1880	1770	1680	1590	1500	1430	1360	1330	1270	1120
27	3000	3000	3000	3000	2860	2660	2480	2320	2170	2040	1910	1800	1700	1610	1520	1440	1370	1300	1280	1220	1120
26	3000	3000	3000	2960	2750	2550	2380	2220	2080	1950	1840	1730	1630	1540	1460	1390	1310	1250	1230	1170	1120
25	3000	3000	3000	2960	2630	2440	2280	2130	1990	1870	1760	1660	1560	1480	1400	1330	1260	1200	1170	1120	1070
24	3000	3000	3000	2930	2510	2330	2180	2030	1900	1790	1680	1580	1490	1410	1340	1270	1200	1140	1120	1070	1020
23	3000	3000	3000	2790	2510	2230	2070	1940	1810	1700	1600	1510	1420	1340	1270	1210	1150	1090	1070	1020	970
22	3000	3000	2870	2660	2480	2120	1970	1840	1730	1620	1520	1430	1350	1280	1210	1150	1090	1040	1010	970	920
21	3000	2940	2720	2520	2350	2120	1870	1750	1640	1540	1440	1360	1280	1210	1150	1090	1030	980	960	920	880
20	3000	2780	2570	2390	2220	2080	1870	1660	1550	1450	1370	1290	1210	1150	1090	1030	980	930	900	870	830
19	2860	2630	2430	2250	2100	1960	1840	1560	1460	1370	1290	1210	1150	1080	1020	970	920	870	850	820	780
18	2690	2470	2280	2120	1970	1840	1730	1560	1370	1290	1210	1140	1080	1020	960	910	870	820	800	770	730
17	2520	2320	2140	1990	1850	1730	1620	1520	1370	1210	1130	1070	1010	950	900	850	810	770	740	720	690
16	2350	2160	2000	1850	1720	1610	1510	1420	1330	1130	1060	1000	940	890	840	790	750	720	690	670	640
15	2180	2000	1850	1720	1600	1490	1400	1310	1240	1130	980	920	870	820	780	740	700	660	630	620	590
14	1990	1850	1710	1580	1470	1380	1290	1210	1110	1070	980	850	800	760	720	680	640	610	580	570	540
13	1790	1690	1570	1450	1350	1260	1180	1110	1040	980	930	850	740	690	650	620	590	560	530	520	500
12	1590	1510	1420	1320	1230	1140	1070	1000	950	890	840	800	740	630	600	560	530	510	480	460	410
11	1400	1320	1250	1190	1100	1030	960	900	850	800	760	720	680	630	540	510	480	450	390	340	
10	1200	1140	1080	1020	970	910	850	800	750	710	670	640	600	570	540	420	360				

Pose en continu — e = 0,75 mm

Smini (cm²/m)	4,46	4,46	4,46	4,46	4,46	4,46	4,46	4,46	4,46	4,46
Smax (cm²/m)	5,14	5,14	5,14	5,74	5,74	5,74	5,74	5,74	5,74	5,74
Épaisseur Dalle en cm	Portée L en cm									
	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500
28	1070	1020	970	920	880	840	800	770	730	700
27	1030	980	930	890	840	810	770	730	700	670
26	1030	940	890	850	810	770	740	700	670	640
25	1020	900	850	810	770	740	710	670	640	620
24	970	900	810	780	740	710	670	640	610	590
23	930	890	810	740	700	670	640	610	590	560
22	880	840	800	740	670	640	610	580	560	530
21	840	800	760	730	670	610	580	550	530	500
20	790	750	720	690	660	610	550	520	500	480
19	740	710	680	650	620	600	550	520	470	450
18	700	670	340	610	580	560	540	510	470	420
17	650	620	600	570	550	520	500	480	460	430
16	610	580	560	530	510	490	470	430	390	350
15	560	540	510	490	470	430	390	350	310	280
14	520	500	470	420	380	340	300	270	240	210
13	470	420	370	330	290	260				
12	360	320	280							
11										
10										

Longueur supérieure à 15 mètres.

0 étai — 1 étai au coulage — 2 étais au coulage — 3 étais au coulage

Hypothèses retenues :

- Travées égales,
- Charge d'exploitation répartie,
- Charge permanente nulle,
- Béton de densité normale 2400 kg/m3,
- Acier armature : limite d'élasticité 500 MPa,
- Flèche au coulage = L/240,
- Flèche active en service = L/350 si L ≤ 350 cm et L/700 + 0,5 cm si L > 350 cm,
- Réduction moment maxi sur appui = 15 %.

Remarque : pour toutes autres hypothèses, calcul à reprendre.

Poutrelles I européennes

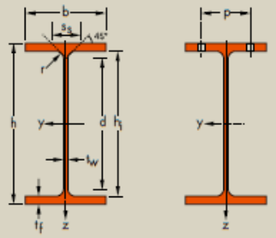
Dimensions: IPE 80 - 600 conformes à la norme antérieure EU 19-57
IPE AA 80 - 550, IPE A 80 - 600, IPE O 180 - 600, IPE 750 suivant norme AM
Tolérances: EN 10034: 1993
Etat de surface: conforme à EN 10163-3: 2004, classe C, sous-classe 1

European I beams

Dimensions: IPE 80 - 600 in accordance with former standard EU 19-57
IPE AA 80 - 550, IPE A 80 - 600, IPE O 180 - 600, IPE 750 in accordance with AM standard
Tolerances: EN 10034: 1993
Surface condition: according to EN 10163-3: 2004, class C, subclass 1

Europäische I-Profile

Abmessungen: IPE 80 - 600 gemäß früherer Norm EU 19-57
IPE AA 80 - 550, IPE A 80 - 600, IPE O 180 - 600, IPE 750 gemäß AM Standard
Toleranzen: EN 10034: 1993
Oberflächenbeschaffenheit: Gemäß EN 10163-3: 2004, Klasse C, Untergruppe 1



Désignation Designation Bezeichnung	G	h	b	t_w	t_f	r	A	h_i	d	Ø	p_{min}	p_{max}	Surface A_L	Surface A_G
	kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	mm^2 x10^2	mm	mm		mm	mm	m^2/m	m^2/t
IPE AA 140*	10,1	136,6	73	3,8	5,2	7,0	12,8	126,2	112,2	-	-	-	0,546	54,26
IPE A 140	10,5	137,4	73	3,8	5,6	7,0	13,4	126,2	112,2	-	-	-	0,547	52,05
IPE 140	12,9	140	73	4,7	6,9	7,0	16,4	126,2	112,2	-	-	-	0,551	42,70
IPE AA 160*	12,1	156,4	82	4,0	5,6	7,0	15,4	145,2	131,2	-	-	-	0,621	50,40
IPE A 160	12,7	157	82	4,0	5,9	9,0	16,2	145,2	127,2	-	-	-	0,619	48,70
IPE 160	15,8	160	82	5,0	7,4	9,0	20,1	145,2	127,2	-	-	-	0,623	39,47
IPE AA 180*	14,9	176,4	91	4,3	6,2	9,0	19,0	164,0	146,0	M 10	48	48	0,693	46,37
IPE A 180	15,4	177	91	4,3	6,5	9,0	19,6	164,0	146,0	M 10	48	48	0,694	45,15
IPE 180	18,8	180	91	5,3	8,0	9,0	23,9	164,0	146,0	M 10	48	48	0,698	37,13
IPE O 180+	21,3	182	92	6,0	9,0	9,0	27,1	164,0	146,0	M 10	50	50	0,705	33,12
IPE AA 200*	18,0	196,4	100	4,5	6,7	12,0	22,9	183,0	159,0	M 10	54	58	0,763	42,51
IPE A 200	18,4	197	100	4,5	7,0	12,0	23,5	183,0	159,0	M 10	54	58	0,764	41,49
IPE 200	22,4	200	100	5,6	8,5	12,0	28,5	183,0	159,0	M 10	54	58	0,768	34,36
IPE O 200+	25,1	202	102	6,2	9,5	12,0	32,0	183,0	159,0	M 10	56	60	0,779	31,05
IPE AA 220*	21,2	216,4	110	4,7	7,4	12,0	27,0	201,6	177,6	M 12	60	62	0,843	39,78
IPE A 220	22,2	217	110	5,0	7,7	12,0	28,3	201,6	177,6	M 12	60	62	0,843	38,02
IPE 220	26,2	220	110	5,9	9,2	12,0	33,4	201,6	177,6	M 12	60	62	0,848	32,36
IPE O 220+	29,4	222	112	6,6	10,2	12,0	37,4	201,6	177,6	M 10	58	66	0,858	29,24
IPE AA 240*	24,9	236,4	120	4,8	8,0	15,0	31,7	220,4	190,4	M 12	64	68	0,917	36,86
IPE A 240	26,2	237	120	5,2	8,3	15,0	33,3	220,4	190,4	M 12	64	68	0,918	35,10
IPE 240	30,7	240	120	6,2	9,8	15,0	39,1	220,4	190,4	M 12	66	68	0,922	30,02
IPE O 240+	34,3	242	122	7,0	10,8	15,0	43,7	220,4	190,4	M 12	66	70	0,932	27,17
IPE A 270	30,7	267	135	5,5	8,7	15,0	39,2	249,6	219,6	M 16	70	72	1,037	33,75
IPE 270	36,1	270	135	6,6	10,2	15,0	45,9	249,6	219,6	M 16	72	72	1,041	28,86
IPE O 270+	42,3	274	136	7,5	12,2	15,0	53,8	249,6	219,6	M 16	72	72	1,051	24,88
IPE A 300	36,5	297	150	6,1	9,2	15,0	46,5	278,6	248,6	M 16	72	86	1,156	31,65
IPE 300	42,2	300	150	7,1	10,7	15,0	53,8	278,6	248,6	M 16	72	86	1,160	27,46
IPE O 300+	49,3	304	152	8,0	12,7	15,0	62,8	278,6	248,6	M 16	74	88	1,174	23,81
IPE A 330	43,0	327	160	6,5	10,0	18,0	54,7	307,0	271,0	M 16	78	96	1,250	29,09
IPE 330	49,1	330	160	7,5	11,5	18,0	62,6	307,0	271,0	M 16	78	96	1,254	25,52
IPE O 330+	57,0	334	162	8,5	13,5	18,0	72,6	307,0	271,0	M 16	80	98	1,268	22,24
IPE A 360	50,2	357,6	170	6,6	11,5	18,0	64,0	334,6	298,6	M 22	86	88	1,351	26,91
IPE 360	57,1	360	170	8,0	12,7	18,0	72,7	334,6	298,6	M 22	88	88	1,353	23,70
IPE O 360+	66,0	364	172	9,2	14,7	18,0	84,1	334,6	298,6	M 22	90	90	1,367	20,69

Désignation Designation Bezeichnung	G	Valeurs statiques / Section properties / Statische Kennwerte: axe fort y-y / strong axis y-y / starke Achse y-y					Valeurs statiques: axe faible z-z / weak axis z-z / schwache Achse z-z							Classification EN 1993-1-1: 2005: Pure bending y-y			Pure compression			EN 10025-2: 2004	EN 10025-4: 2004	EN 10225:2001
		I_y	$W_{el,y}$	$W_{pl,y}$	i_y	A_{vz}	I_z	$W_{el,z}$	$W_{pl,z}$	i_z	s_z	I_t	I_w	S235	S355	S460	S235	S355	S460			
	kg/m	mm^4 x10^4	mm^3 x10^3	mm^3 x10^3	mm x10	mm^2 x10^2	mm^4 x10^4	mm^3 x10^3	mm^3 x10^3	mm x10	mm	mm^4 x10^4	mm^6 x10^6									
IPE AA 140	10,1	407	59,7	67,6	5,64	6,14	33,8	9,27	14,5	1,63	22,4	1,19	1,46	1	1	-	1	2	-	✓		
IPE A 140	10,5	435	63,3	71,6	5,70	6,21	36,4	10,0	15,5	1,65	23,2	1,36	1,58	1	1	1	1	2	3	✓	✓	✓
IPE 140	12,9	541	77,3	88,3	5,74	7,64	44,9	12,3	19,3	1,65	26,7	2,45	1,98	1	1	1	1	1	2	✓	✓	✓
IPE AA 160	12,1	646	82,6	93,3	6,47	7,24	51,6	12,6	19,6	1,83	23,4	1,57	2,93	1	1	-	1	3	-	✓		
IPE A 160	12,7	689	87,8	99,1	6,53	7,80	54,4	13,3	20,7	1,83	26,3	1,96	3,09	1	1	1	1	3	4	✓	✓	✓
IPE 160	15,8	869	109	124	6,58	9,66	68,3	16,7	26,1	1,84	30,3	3,60	3,96	1	1	1	1	1	2	✓	✓	✓
IPE AA 180	14,9	1020	116	131	7,32	9,13	78,1	17,2	26,7	2,03	27,2	2,48	5,64	1	1	-	2	3	-	✓		
IPE A 180	15,4	1063	120	135	7,37	9,20	81,9	18,0	28,0	2,05	27,8	2,70	5,93	1	1	1	2	3	4	✓	✓	✓
IPE 180	18,8	1317	146	166	7,42	11,3	101	22,2	34,6	2,05	31,8	4,79	7,43	1	1	1	1	2	3	✓	✓	✓
IPE O 180	21,3	1505	165	189	7,45	12,7	117	25,5	39,9	2,08	34,5	6,76	8,74	1	1	1	1	1	2	✓	✓	✓
IPE AA 200	18,0	1533	156	176	8,19	11,4	112	22,4	35,0	2,21	32,0	3,84	10,1	1	1	-	2	4	-	✓		
IPE A 200	18,4	1591	162	182	8,23	11,5	117	23,4	36,5	2,23	32,6	4,11	10,5	1	1	1	2	4	4	✓	✓	✓
IPE 200	22,4	1943	194	221	8,26	14,0	142	28,5	44,6	2,24	36,7	6,98	13,0	1	1	1	1	2	3	✓	✓	✓
IPE O 200	25,1	2211	219	249	8,32	15,5	169	33,1	51,9	2,30	39,3	9,45	15,6	1	1	1	1	1	2	✓	✓	✓
IPE AA 220	21,2	2219	205	230	9,07	12,8	165	29,9	46,5	2,47	33,6	5,02	17,9	1	1	-	2	4	-	✓		
IPE A 220	22,2	2317	214	240	9,05	13,6	171	31,2	48,5	2,46	34,5	5,69	18,7	1	1	1	2	4	4	✓	✓	✓
IPE 220	26,2	2772	252	285	9,11	15,9	205	37,3	58,1	2,48	38,4	9,07	22,7	1	1	1	1	2	4	✓	✓	✓
IPE O 220	29,4	3134	282	321	9,16	17,7	240	42,8	66,9	2,53	41,1	12,3	26,8	1	1	1	1	2	2	✓	✓	✓
IPE AA 240	24,9	3154	267	298	9,97	15,3	231	38,6	60,0	2,70	38,4	7,33	30,1	1	1	-	3	4	-	✓		
IPE A 240	26,2	3290	278	312	9,94	16,3	240	40,0	62,4	2,68	39,4	8,35	31,3	1	1	1	2	4	4	✓	✓	✓
IPE 240	30,7	3892	324	367	9,97	19,1	284	47,3	73,9	2,69	43,4	12,9	37,4	1	1	1	1	2	4	✓	✓	✓
IPE O 240	34,3	4369	361	410	10,0	21,4	329	53,9	84,4	2,74	46,2	17,2	43,7	1	1	1	1	2	3	✓	✓	✓
IPE A 270	30,7	4917	368	413	11,2	18,8	358	53,0	82,3	3,02	40,5	10,3	59,5	1	1	1	3	4	4	✓	✓	✓
IPE 270	36,1	5790	429	484	11,2	22,1	420	62,2	97,0	3,02	44,6	15,9	70,6	1	1	1	2	3	4	✓	✓	✓
IPE O 270	42,3	6947	507	575	11,4	25,2	514	75,5	118	3,09	49,5	24,9	87,6	1	1	1	1	2	3	✓	✓	✓
IPE A 300	36,5	7173	483	542	12,4	22,3	519	69,2	107	3,34	42,1	13,4	107	1	1	1	3	4	4	✓	✓	✓
IPE 300	42,2	8356	557	628	12,5	25,7	604	80,5	125	3,35	46,1	20,1	126	1	1	1	2	4	4	✓	✓	✓
IPE O 300	49,3	9994	658	744	12,6	29,1	746	98,1	153	3,45	51,0	31,1	158	1	1	1	1	3	4	✓	✓	✓
IPE A 330	43	10230	626	702	13,7	27,0	685	85,6	133	3,54	47,6	19,6	172	1	1	1	3	4	4	✓	✓	✓
IPE 330	49,1	11770	713	804	13,7	30,8	788	98,5	154	3,55	51,6	28,2	199	1	1	1	2	4	4	✓	✓	✓
IPE O 330	57	13910	833	943	13,8	34,9	960	119	185	3,64	56,6	42,2	246	1	1	1	1	3	4	✓	✓	✓
IPE A 360	50,2	14520	812	907	15,1	29,8	944	111	172	3,84	50,7	26,5	282	1	1	1	4	4	4	✓	✓	✓
IPE 360	57,1	16270	904	1019	15,0	35,1	1043	123	191	3,79	54,5	37,3	314	1	1	1	2	4	4	✓	✓	✓
IPE O 360	66	19050	1047	1186	15,1	40,2	1251	146	227	3,86	59,7	55,8	380	1	1	1	1	3	4	✓	✓	✓

Cornières à ailes égales

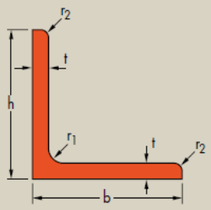
Dimensions: EN 10056-1: 1998
Tolérances: EN 10056-2: 1993
Etat de surface: conforme à EN 10163-3: 2004, classe C, sous-classe 1

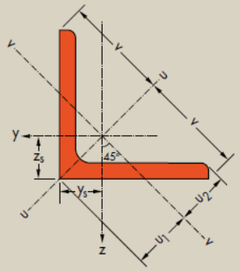
Equal leg angles

Dimensions: EN 10056-1: 1998
Tolerances: EN 10056-2: 1993
Surface condition: according to EN 10163-3: 2004, class C, subclass 1

Gleichschenkliger Winkelstahl

Abmessungen: EN 10056-1: 1998
Toleranzen: EN 10056-2: 1993
Oberflächenbeschaffenheit: Gemäß EN 10163-3: 2004, Klasse C, Untergruppe 1





L

Notations pages 205-209 / Bezeichnungen Seiten 205-209

Désignation Designation Bezeichnung		Dimensions Abmessungen					Position des axes Position of axes Lage der Achsen				Surface Oberfläche	
	G	h=b	t	r_1	r_2	A	z_s=y_s	v	u_1	u_2	A_L	A_G
	kg/m	mm	mm	mm	mm	mm^2 x10^2	mm x10	mm x10	mm x10	mm x10	m^2/m	m^2/t
L 20 x 20 x 3	0,879	20	3	3,5	2,0	1,12	0,596	1,41	0,843	0,700	0,077	87,40
L 25 x 25 x 3 */▲	1,11	25	3	3,5	2,0	1,42	0,721	1,77	1,02	0,877	0,097	86,88
L 25 x 25 x 4 */▲	1,45	25	4	3,5	2,0	1,85	0,761	1,77	1,08	0,892	0,097	66,67
L 30 x 30 x 3 */▲	1,36	30	3	5	2,5	1,74	0,835	2,12	1,18	1,05	0,116	84,87
L 30 x 30 x 4 */▲	1,78	30	4	5	2,5	2,27	0,878	2,12	1,24	1,06	0,116	65,02
L 35 x 35 x 4 */▲	2,09	35	4	5	2,5	2,67	1,00	2,47	1,42	1,24	0,136	64,82
L 40 x 40 x 4 */▲	2,42	40	4	6	3,0	3,08	1,12	2,83	1,58	1,40	0,155	64,07
L 40 x 40 x 5 */▲	2,97	40	5	6	3,0	3,79	1,16	2,83	1,64	1,41	0,155	52,07
L 45 x 45 x 4 */◀	2,74	45	4	7	3,5	3,49	1,23	3,18	1,75	1,57	0,174	63,46
L 45 x 45 x 4,5 */▲	3,06	45	4,5	7	3,5	3,90	1,26	3,18	1,78	1,58	0,174	56,83
L 45 x 45 x 5 */◀	3,38	45	5	7	3,5	4,30	1,28	3,18	1,81	1,58	0,174	51,51
L 50 x 50 x 4 */▲	3,06	50	4	7	3,5	3,89	1,36	3,54	1,92	1,75	0,194	63,49
L 50 x 50 x 5 */▲	3,77	50	5	7	3,5	4,80	1,40	3,54	1,99	1,76	0,194	51,46
L 50 x 50 x 6 */▲	4,47	50	6	7	3,5	5,69	1,45	3,54	2,04	1,77	0,194	43,41
L 50 x 50 x 7 */◀	5,15	50	7	7	3,5	6,56	1,49	3,54	2,10	1,78	0,194	37,66
L 55 x 55 x 5 */▶	4,18	55	5	8	4,0	5,32	1,52	3,89	2,15	1,93	0,213	51,05
L 55 x 55 x 6 */◀	4,95	55	6	8	4,0	6,31	1,56	3,89	2,21	1,94	0,213	43,04
L 60 x 60 x 4 *	3,70	60	4	8	4,0	4,71	1,60	4,24	2,26	2,10	0,233	63,07
L 60 x 60 x 5 */▲	4,57	60	5	8	4,0	5,82	1,64	4,24	2,32	2,11	0,233	51,04
L 60 x 60 x 6 */▲	5,42	60	6	8	4,0	6,91	1,69	4,24	2,39	2,11	0,233	42,99
L 60 x 60 x 8 */▲	7,09	60	8	8	4,0	9,03	1,77	4,24	2,50	2,14	0,233	32,89
L 65 x 65 x 6 */▶	5,91	65	6	9	4,5	7,53	1,80	4,60	2,55	2,28	0,252	42,70
L 65 x 65 x 7	6,83	65	7	9	4,5	8,70	1,85	4,60	2,61	2,29	0,252	36,95
L 65 x 65 x 8 */▶	7,73	65	8	9	4,5	9,85	1,89	4,60	2,67	2,31	0,252	32,64

Désignation Designation Bezeichnung		Valeurs statiques / Section properties / Statische Kennwerte								Classification EN 1993-1-1: 2005 Pure compression		EN 10025-2: 2004	EN 10025-4: 2004	EN 10225:2001
		axe y-y / axe z-z axis y-y / axis z-z Achse y-y / Achse z-z			axe u-u axis u-u Achse u-u		axe v-v axis v-v Achse v-v							
	G	I_y= I_z	$W_{el,y}$= $W_{el,z}$	i_y= i_z	I_u	i_u	I_v	i_v	I_{yz}	S235	S355			
	kg/m	mm^4 x10^4	mm^3 x10^3	mm x10	mm^4 x10^4	mm x10	mm^4 x10^4	mm x10	mm^4 x10^4					
L 20 x 20 x 3	0,879	0,388	0,276	0,589	0,614	0,740	0,162	0,380	-0,226	1	1	✓		
L 25 x 25 x 3	1,11	0,796	0,448	0,749	1,26	0,944	0,329	0,481	-0,467	1	1	✓		
L 25 x 25 x 4	1,45	1,01	0,582	0,740	1,60	0,930	0,425	0,479	-0,587	1	1	✓		
L 30 x 30 x 3	1,36	1,40	0,649	0,899	2,23	1,13	0,579	0,578	-0,825	1	2	✓		
L 30 x 30 x 4	1,78	1,80	0,850	0,892	2,86	1,12	0,749	0,575	-1,05	1	1	✓		
L 35 x 35 x 4	2,09	2,95	1,18	1,05	4,69	1,33	1,22	0,68	-1,73	1	1	✓		
L 40 x 40 x 4	2,42	4,47	1,55	1,21	7,10	1,52	1,84	0,77	-2,63	1	2	✓		
L 40 x 40 x 5	2,97	5,43	1,91	1,20	8,61	1,51	2,25	0,77	-3,18	1	1	✓		
L 45 x 45 x 4	2,74	6,43	1,97	1,36	10,21	1,71	2,65	0,87	-3,78	1	3	✓		
L 45 x 45 x 4,5	3,06	7,15	2,20	1,35	11,35	1,71	2,95	0,87	-4,20	1	2	✓		
L 45 x 45 x 5	3,38	7,84	2,43	1,35	12,45	1,70	3,24	0,87	-4,60	1	1	✓		
L 50 x 50 x 4	3,06	8,97	2,46	1,52	14,25	1,91	3,70	0,97	-5,28	2	3	✓		
L 50 x 50 x 5	3,77	10,96	3,05	1,51	17,41	1,90	4,52	0,97	-6,45	1	2	✓		
L 50 x 50 x 6	4,47	12,84	3,61	1,50	20,37	1,89	5,31	0,97	-7,53	1	1	✓		
L 50 x 50 x 7	5,15	14,61	4,16	1,49	23,14	1,88	6,09	0,96	-8,52	1	1	✓		
L 55 x 55 x 5	4,18	14,71	3,70	1,66	23,37	2,10	6,06	1,07	-8,66	1	3	✓		
L 55 x 55 x 6	4,95	17,29	4,39	1,66	27,44	2,09	7,13	1,06	-10,16	1	1	✓		
L 60 x 60 x 4	3,70	15,78	3,58	1,83	25,04	2,31	6,51	1,18	-9,26	3	3	✓		
L 60 x 60 x 5	4,57	19,37	4,45	1,82	30,77	2,30	7,97	1,17	-11,40	2	3	✓		
L 60 x 60 x 6	5,42	22,79	5,29	1,82	36,20	2,29	9,38	1,17	-13,41	1	2	✓		
L 60 x 60 x 8	7,09	29,15	6,89	1,80	46,19	2,26	12,11	1,16	-17,04	1	1	✓		
L 65 x 65 x 6	5,91	29,19	6,21	1,97	46,36	2,48	12,01	1,26	-17,17	1	3	✓		
L 65 x 65 x 7	6,83	33,43	7,18	1,96	53,08	2,47	13,78	1,26	-19,65	1	1	✓		
L 65 x 65 x 8	7,73	37,49	8,13	1,95	59,46	2,46	15,52	1,26	-21,97	1	1	✓		

Cornières à ailes égales▾ (suite)

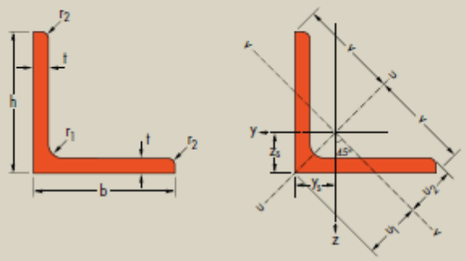
Dimensions: EN 10056-1: 1998
Tolérances: EN 10056-2: 1993
Etat de surface: conforme à EN 10163-3: 2004, classe C, sous-classe 1

Equal leg angles▾ (continued)

Dimensions: EN 10056-1: 1998
Tolerances: EN 10056-2: 1993
Surface condition: according to EN 10163-3: 2004, class C, subclass 1

Gleichschenkliger Winkelstahl▾ (Fortsetzung)

Abmessungen: EN 10056-1: 1998
Toleranzen: EN 10056-2: 1993
Oberflächenbeschaffenheit: Gemäß EN 10163-3: 2004, Klasse C, Untergruppe 1



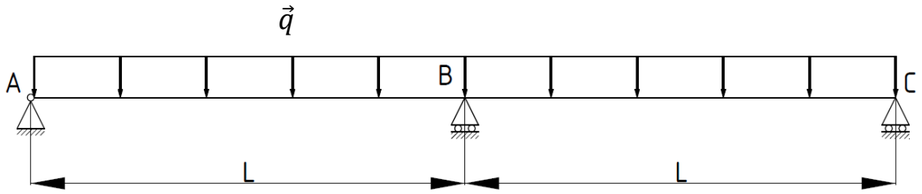
L

Notations pages 205-209 / Bezeichnungen Seiten 205-209

Désignation Designation Bezeichnung		Dimensions Abmessungen					Position des axes Position of axes Lage der Achsen				Surface Oberfläche	
	G	h=b	t	r_1	r_2	A	z_s=y_s	v	u_1	u_2	A_L	A_G
	kg/m	mm	mm	mm	mm	mm² x10²	mm x10	mm x10	mm x10	mm x10	m²/m	m²/t
L 70 x 70 x 6	6,38	70	6	9	4,5	8,13	1,93	4,95	2,73	2,46	0,272	42,68
L 70 x 70 x 7	7,38	70	7	9	4,5	9,40	1,97	4,95	2,79	2,47	0,272	36,91
L 70 x 70 x 8 */•	8,37	70	8	10	5,0	10,7	2,01	4,95	2,84	2,47	0,271	32,41
L 70 x 70 x 9 */◂	9,32	70	9	9	4,5	11,9	2,05	4,95	2,90	2,50	0,272	29,20
L 75 x 75 x 4 *	4,65	75	4	9	4,5	5,93	1,96	5,30	2,76	2,63	0,292	62,82
L 75 x 75 x 5 *	5,76	75	5	9	4,5	7,34	2,01	5,30	2,84	2,63	0,292	50,75
L 75 x 75 x 6	6,85	75	6	9	4,5	8,73	2,05	5,30	2,90	2,64	0,292	42,66
L 75 x 75 x 7 *	7,93	75	7	9	4,5	10,1	2,10	5,30	2,96	2,65	0,292	36,88
L 75 x 75 x 8	8,99	75	8	9	4,5	11,4	2,14	5,30	3,02	2,66	0,292	32,53
L 75 x 75 x 10 *	11,1	75	10	9	4,5	14,1	2,22	5,30	3,13	2,69	0,292	26,43
L 80 x 80 x 5 *	6,17	80	5	10	5,0	7,86	2,12	5,66	3,00	2,81	0,311	50,49
L 80 x 80 x 6 */◂	7,34	80	6	10	5,0	9,35	2,17	5,66	3,07	2,81	0,311	42,44
L 80 x 80 x 7 *	8,49	80	7	10	5,0	10,8	2,21	5,66	3,13	2,82	0,311	36,67
L 80 x 80 x 8	9,63	80	8	10	5,0	12,3	2,26	5,66	3,19	2,83	0,311	32,34
L 80 x 80 x 10	11,9	80	10	10	5,0	15,1	2,34	5,66	3,30	2,85	0,311	26,26
L 90 x 90 x 6 */•	8,28	90	6	10	5,0	10,5	2,42	6,36	3,42	3,16	0,351	42,44
L 90 x 90 x 7	9,61	90	7	11	5,5	12,2	2,45	6,36	3,47	3,16	0,351	36,48
L 90 x 90 x 8	10,9	90	8	11	5,5	13,9	2,50	6,36	3,53	3,17	0,351	32,15
L 90 x 90 x 9	12,2	90	9	11	5,5	15,5	2,54	6,36	3,59	3,18	0,351	28,77
L 90 x 90 x 10	13,4	90	10	11	5,5	17,1	2,58	6,36	3,65	3,19	0,351	26,07
L 90 x 90 x 11 *	14,7	90	11	11	5,5	18,7	2,62	6,36	3,70	3,21	0,351	23,86
L 100 x 100 x 6 */•	9,26	100	6	12	6,0	11,8	2,64	7,07	3,74	3,51	0,390	42,09
L 100 x 100 x 7 *	10,7	100	7	12	6,0	13,7	2,69	7,07	3,81	3,51	0,390	36,33
L 100 x 100 x 8 */◦	12,2	100	8	12	6,0	15,5	2,74	7,07	3,87	3,52	0,390	32,00
L 100 x 100 x 10 */◦	15,0	100	10	12	6,0	19,2	2,82	7,07	3,99	3,54	0,390	25,92
L 100 x 100 x 12 */◦	17,8	100	12	12	6,0	22,7	2,90	7,07	4,11	3,57	0,390	21,86
L 110 x 110 x 8 */•	13,4	110	8	12	6,0	17,1	2,99	7,78	4,22	3,87	0,430	31,98
L 110 x 110 x 10 */◂	16,6	110	10	13	6,5	21,2	3,06	7,78	4,33	3,88	0,429	25,79
L 110 x 110 x 12 *	19,7	110	12	13	6,5	25,1	3,15	7,78	4,45	3,91	0,429	21,73

Désignation Designation Bezeichnung		Valeurs statiques / Section properties / Statische Kennwerte									Classification EN 1993-1-1: 2005		EN 10025-2: 2004	EN 10025-4: 2004	EN 10225:2001
		axe y-y / axe z-z axis y-y / axis z-z Achse y-y / Achse z-z			axe u-u axis u-u Achse u-u		axe v-v axis v-v Achse v-v				Pure compression				
	G	I_y=I_z	$W_{el,y}$=$W_{el,z}$	i_y=i_z	I_u	i_u	I_v	i_v	I_{yz}		S235	S355			
	kg/m	mm⁴ x10⁴	mm³ x10³	mm x10	mm⁴ x10⁴	mm x10	mm⁴ x10⁴	mm x10	mm⁴ x10⁴						
L 70 x 70 x 6	6,38	36,88	7,27	2,13	58,60	2,69	15,16	1,37	-21,72		2	3	✓		
L 70 x 70 x 7	7,38	42,30	8,41	2,12	67,19	2,67	17,41	1,36	-24,89		1	2	✓		
L 70 x 70 x 8	8,37	47,27	9,46	2,10	75,01	2,65	19,52	1,35	-27,75		1	1	✓		
L 70 x 70 x 9	9,32	52,47	10,60	2,10	83,18	2,65	21,76	1,35	-30,71		1	1	✓		
L 75x75x4	4,65	31,43	5,67	2,30	49,85	2,90	13,01	1,48	-18,42		4	4	✓		
L 75x75x5	5,76	38,77	7,06	2,30	61,59	2,90	15,96	1,47	-22,82		3	3	✓		
L 75 x 75 x 6	6,85	45,83	8,41	2,29	72,84	2,89	18,82	1,47	-27,01		2	3	✓		
L 75x75x7	7,93	52,61	9,74	2,28	83,60	2,88	21,62	1,46	-30,99		1	3	✓		
L 75 x 75 x 8	8,99	59,13	11,03	2,27	93,91	2,86	24,35	1,46	-34,78		1	1	✓		
L 75x75x10	11,1	71,43	13,52	2,25	113,2	2,83	29,68	1,45	-41,75		1	1	✓		
L 80x80x5	6,17	47,14	8,02	2,45	74,83	3,09	19,45	1,57	-27,69		3	4	✓		
L 80x80x6	7,34	55,82	9,57	2,44	88,69	3,08	22,96	1,57	-32,87		3	3	✓		
L 80x80x7	8,49	64,19	11,09	2,44	102,0	3,07	26,38	1,56	-37,81		1	3	✓		
L 80x80x8	9,63	72,25	12,58	2,43	114,8	3,06	29,72	1,56	-42,52		1	2	✓		
L 80x80x10	11,9	87,50	15,45	2,41	138,8	3,03	36,24	1,55	-51,27		1	1	✓		
L 90x90x6	8,28	80,72	12,26	2,77	128,3	3,49	33,16	1,77	-47,57		3	4	✓		
L 90x90x7	9,61	92,55	14,13	2,75	147,1	3,47	38,03	1,76	-54,52		3	3	✓		
L 90x90x8	10,9	104,4	16,05	2,74	165,9	3,46	42,89	1,76	-61,50		1	3	✓		
L 90x90x9	12,2	115,8	17,93	2,73	184,0	3,44	47,65	1,75	-68,19		1	2	✓		
L 90x90x10	13,4	126,9	19,77	2,72	201,5	3,43	52,33	1,75	-74,59		1	1	✓		
L 90x90x11	14,7	137,6	21,57	2,71	218,3	3,42	56,94	1,74	-80,70		1	1	✓		
L 100x100x6	9,26	111,1	15,09	3,07	176,3	3,87	45,80	1,97	-65,25		3	4	✓		
L 100x100x7	10,7	128,2	17,54	3,06	203,7	3,86	52,72	1,96	-75,48		3	3	✓		
L 100x100x8	12,2	144,8	19,94	3,06	230,2	3,85	59,49	1,96	-85,35		2	3	✓		
L 100x100x10	15,0	176,7	24,62	3,04	280,7	3,83	72,66	1,95	-104,0		1	2	✓		
L 100x100x12	17,8	206,7	29,12	3,02	327,9	3,80	85,44	1,94	-121,3		1	1	✓		
L 110x110x8	13,4	195,3	24,37	3,38	310,5	4,26	80,11	2,16	-115,2		3	3	✓		
L 110x110x10	16,6	238,0	29,99	3,35	378,2	4,23	97,74	2,15	-140,2		1	3	✓		
L 110x110x12	19,7	279,1	35,54	3,33	443,2	4,20	115,0	2,14	-164,1		1	1	✓		

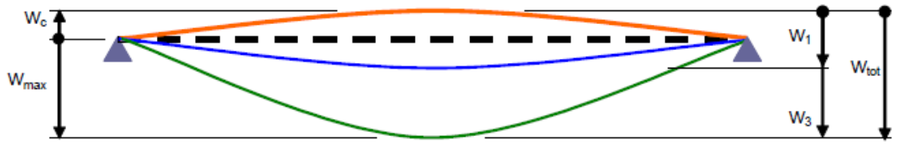
Ressource 6. Formulaire poutre sur 3 appuis



$$f_{max} = \frac{q \times L^4}{185 \times E \times I_{Gz}}$$

Ressource 7. Flèches verticales

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



w_1 : Flèche due aux charges permanentes ;

w_3 : Flèche due aux actions variables ;

w_c : Contreflèche dans l'élément structural non chargé.

Ces flèches permettent de déterminer :

La flèche totale $w_{tot} = w_1 + w_3$

La flèche résiduelle totale w_{max} incluant la contreflèche w_c $w_{max} = w_1 + w_3 - w_c$

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

Tableau 1 - Valeurs limites recommandées pour les flèches verticales

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

Ressource 8. Tableau des combinaisons

COMBINAISONS D'ACTIONS

Combinaisons ELS		Combinaisons Caractéristiques
		G + I
		G + S
		G + W^+
		G + W^-
		G + I + 0,5.S si alt ≤ 1000m
		G + I + 0,7.S si alt > 1000m
		G + I + 0,6.W^+
		G + S + ψ_{0I}.I
		G + S + 0,6.W^+
		G + W^+ + ψ_{0I}.I
		G + W^+ + 0,5.S si alt ≤ 1000m
		G + W^+ + 0,7.S si alt > 1000m

Combinaisons ELU		Combinaisons Accidentelles
		G + S_a
		G + W_a^+
		G + W_a^-
		G + S_a + ψ_{2I}.I
		Sans objet ($\psi_{2W} = 0$)
		G + W_a + ψ_{2I}.I
		Sans objet ($\psi_{2S} = 0$)
		G + W_a + 0,2.S si alt > 1000m

Combinaisons ELU		Combinaisons Fondamentales
		1,35.G + 1,5.I
		1,35.G + 1,5.S
	(W^+ vent en appui)	1,35.G + 1,5.W^+
	(W^- vent en soulèvement)	G + 1,5.W^-
		1,35.G + 1,5.I + 0,75.S si alt ≤ 1000m ($\psi_{0S} = 0.5$)
		1,35.G + 1,5.I + 1,05.S si alt > 1000m ($\psi_{0S} = 0.7$)
		1,35.G + 1,5.I + 0,9.W^+ ($\psi_{0W} = 0.6$)
		1,35.G + 1,5.S + 1,5.ψ_{0I}.I
		1,35.G + 1,5.S + 0,9.W^+
		1,35.G + 1,5.W^+ + 1,5.ψ_{0I}.I
		1,35.G + 1,5.W^+ + 0,75.S si altitude ≤ 1000m
		1,35.G + 1,5.W^+ + 1,05.S si altitude > 1000m
G + 1 action variable		
G + 2 actions variables		

Remarques :

Certaines configurations particulières de neige ou de vent relèvent de situations de projet accidentelles (voir EN 1991-1-3 et EN 1991-1-4)

Si mentionné dans le projet, envisager les combinaisons G + 3 actions variables. (voir tableau précédent)

Les coefficients ψ_{0I} et ψ_{2I} relatifs à la charge d'exploitation I dépendent de la catégorie de la surface chargée.

Catégorie	A	B	C	D	E	F	G	H
Ψ_0	0,7	0,7	0,7	0,7	1,0	0,7	0,7	0
Ψ_1	0,5	0,5	0,7	0,7	0,9	0,7	0,5	0
Ψ_2	0,3	0,3	0,6	0,6	0,8	0,6	0,3	0

6.3 Valeurs caractéristiques des charges d'exploitation

6.3.1 Bâtiments résidentiels, sociaux, commerciaux ou administratifs

6.3.1.1 Catégories

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

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

Tableau 6.1 – Catégories d'usages

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

6.3.1.2 Valeurs des actions

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

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

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

	Annexe Nationale (NF)	
Catégorie de la surface chargée	q_k [kN/m²]	Q_k [kN]
Catégorie A :		
- **planchers**	1,5	2,0
- **escaliers**	2,5	2,0
- **balcons**	3,5	2,0
Catégorie B :	2,5	4,0
Catégorie C :		
- **C1**	2,5	3,0
- **C2**	4,0	4,0
- **C3**	4,0	4,0
- **C4**	5,0	7,0
- **C5**	5,0	4,5
Catégorie D :		
- **D1**	5,0	5,0
- **D2**	5,0	7,0

Tableau 2.1 - Coefficients partiels pour les assemblages

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

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

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

Principales caractéristiques géométriques des boulons

Caractéristiques géométriques (mm, mm²)										
Désignations	**M10**	**M12**	**M14**	**M16**	**M18**	**M20**	**M22**	**M24**	**M27**	**M30**
d	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
d_0	11	13	15	18	20	22	24	26	30	33
A	78,5	113	154	201	254	314	380	452	573	707
A_s	58	84,3	115	157	192	245	303	353	459	561
Φ rondelle	20	24	27	30	34	37	40	44	50	52
d_m	17,24	19,39	22,63	25,86	29,09	32,32	36,63	28,79	44,17	

d diamètre de la partie non filetée
d_0 diamètre nominal du trou normal
A section nominale du boulon
A_s section résistante de la partie filetée
d_m moyenne entre surangle et surplat (calcul de $B_{p.Rd}$)

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

Mode de ruine	Boulons
Résistance au cisaillement par plan de cisaillement	$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}}$ ▪ lorsque le plan de cisaillement passe par la partie filetée du boulon (A est l'aire de la section résistante en traction du boulon As) : - pour les Classes 4.6, 5.6 et 8.8 : α_v = 0,6 - pour les Classes 4.8, 5.8, 6.8 et 10.9 : α_v = 0,5 ▪ lorsque le plan de cisaillement passe par la partie non filetée du boulon (A est l'aire de la section brute du boulon) : α_v = 0,6
Résistance en pression diamétrale [1), 2), 3)]	$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}}$ Où α_b est la plus petite des 3 valeurs de α_d ; $\frac{f_{ub}}{f_u}$ ou 1,0 Situation du boulon dans la direction des efforts : ▪ Boulons de rive : $\alpha_d = \frac{e_1}{3 d_0}$ ▪ Boulons intérieurs : $\alpha_d = \frac{p_1}{3 d_0} - \frac{1}{4}$ Situation du boulon perpendiculairement à la direction des efforts : ▪ Boulons de rive : k_1 est la plus petite des valeurs : $\left(2{,}8 \frac{e_2}{d_0} - 1{,}7\right)$ et 2,5 ▪ Boulons intérieurs : k_1 est la plus petite des valeurs : $\left(1{,}4 \frac{p_2}{d_0} - 1{,}7\right)$ et 2,5
Résistance à la traction [2)]	$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ où k_2 = 0,63 pour un boulon à tête fraisée, sinon k_2 = 0,9
Résistance au poinçonnement	$B_{p,Rd} = 0{,}6 \pi d_m t_p f_u / \gamma_{M2}$
Cisaillement et traction combinés	Vérifier $\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1{,}4 F_{t,Rd}} \leq 1{,}0$ et $F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$

1) La résistance en pression diamétrale $F_{b,Rd}$ pour les boulons utilisés
- dans des trous surdimensionnés, est 0,8 fois la résistance en pression diamétrale des boulons utilisés dans des trous normaux.
- dans des trous oblongs, lorsque l'axe longitudinal du trou oblong est perpendiculaire à la direction des efforts, est 0,6 fois la résistance en pression diamétrale des boulons utilisés dans des trous circulaires normaux.

2) Pour les boulons à tête fraisée :
- il convient de calculer la résistance en pression diamétrale $F_{b,Rd}$ avec une épaisseur de plaque t égale à l'épaisseur de la plaque attachée diminuée de la moitié de la profondeur de fraisage.
- pour la détermination de la résistance à la traction $F_{t,Rd}$ il convient que l'angle et la profondeur de fraisage soient conformes aux dispositions données en 2.8, normes de référence : Groupe 4, sinon il convient d'adapter la résistance à la traction $F_{t,Rd}$ en conséquence.

3) Lorsque la charge appliquée sur un boulon n'est pas parallèle au bord de la pièce, la résistance en pression diamétrale peut être vérifiée séparément pour les composantes de l'effort appliqué au boulon parallèlement et perpendiculairement au bord.

Tableau 3.3 - Pinces longitudinales et transversales, entraxes minimum et maximum

Distances et entraxes	Minimum	Maximum [1) 2) 3)]	
voir Figure 3.1		Structures réalisées en aciers conformes à l'EN 10025 à l'exception des aciers conformes à l'EN 10025-5	
		Acier exposé aux intempéries ou autres influences corrosives	Acier non exposé aux intempéries ou autres influences corrosives
Pince longitudinale e_1	$1{,}2d_0$	4t + 40 mm	
Pince transversale e_2	$1{,}2d_0$	4t + 40 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
Entraxe $p_{1,0}$		Minimum de : 14t ou 200 mm	
Entraxe $p_{1,i}$		Minimum de : 28t ou 400 mm	
Entraxe p_2 [5)]	$2{,}4\ d_0$	Minimum de : 14t ou 200 mm	Minimum de : 14t ou 200 mm

[1)] Il n'y a pas de valeurs maximales d'entraxe, de pinces longitudinale et transversale, sauf dans les cas suivants :

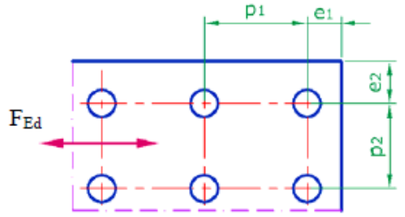
- pour les barres comprimées afin d'éviter le voilement local et prévenir la corrosion dans les barres exposées et ;
- pour les barres tendues exposées afin de prévenir la corrosion.

[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 $0{,}6p_i$ comme longueur de flambement. Il est inutile de vérifier le voilement local entre les fixations si p_1/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.

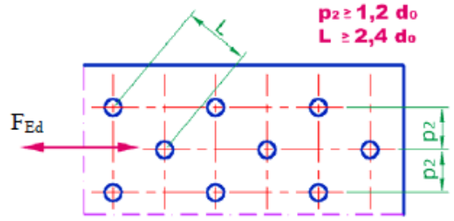
[3)] t est l'épaisseur de la pièce attachée extérieure la plus mince.

[4)] Les limites dimensionnelles des trous oblongs sont données en 2.8, normes de référence : Groupe 7

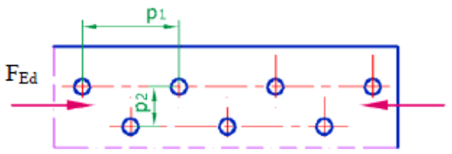
[5)] Pour les rangées de fixations en quinconce, un écartement minimum entre rangées $p_2 = 1{,}2d_0$ peut être utilisé, à condition que la distance minimum, L, entre deux fixations quelconques soit supérieure ou égale à $2{,}4d_0$, (voir figure 3.1b).



a) Symboles pour les entraxes des fixations

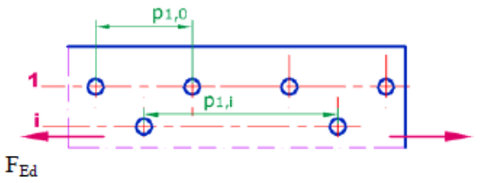


b) Symboles pour disposition en quinconce



$p_1 = 14\ t$ et ≤ 200 mm

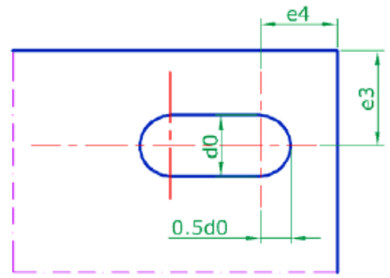
c) Ecartement en quinconce - dans les barres comprimées



$p_2 \leq 14\ t$ et $= 200$ mm

1 : rangée extérieure : $p_{1,0} \leq 14\ t$ et ≤ 200 mm
i : rangée intérieure : $p_{1,i} \leq 28\ t$ et ≤ 400 mm

d) Ecartement en quinconce - dans les barres tendues



e) Pinces longitudinale et transversale pour les trous oblongs

Figure 3.1 : Symboles pour les pinces transversale et longitudinale et pour l'espacement des fixations

3.10.2 Calcul du cisaillement de bloc

(1) Le cisaillement de bloc consiste en une ruine par cisaillement au niveau de la rangée de boulons le long de la partie cisaillée du contour du groupe de trous, accompagnée d'une rupture par traction le long de la file de trous de boulons sur la partie tendue du contour du groupe de boulons. La figure 3.8 donne un exemple de cisaillement de bloc.

(2) Pour un groupe de boulons symétriques soumis à un chargement centré, la résistance de calcul au cisaillement de bloc, $V_{eff,1,Rd}$ est donnée par :

$$V_{eff,1,Rd} = f_u A_{nt} / \gamma_{M2} + \left(1/\sqrt{3}\right) f_y A_{nv} / \gamma_{M0} \qquad (3.9)$$

où :

A_{nt} aire nette soumise à la traction ;
A_{nv} aire nette soumise au cisaillement.

(3) Pour un groupe de boulons soumis à un chargement excentré, la résistance de calcul au cisaillement de bloc $V_{eff,2,Rd}$ est donnée par :

$$V_{eff,2,Rd} = 0{,}5 f_u A_{nt} / \gamma_{M2} + \left(1/\sqrt{3}\right) f_y A_{nv} / \gamma_{M0} \qquad (3.10)$$

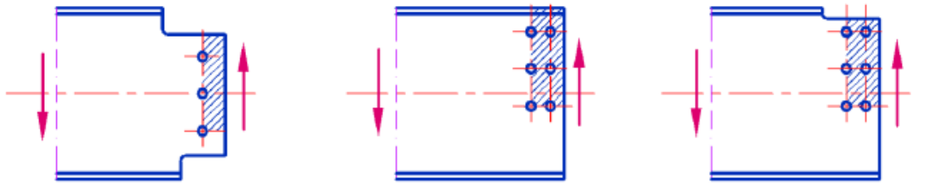


Figure 3.8 : Cisaillement de bloc

3.10.3 Cornières tendues attachées par une aile et autres barres tendues attachées de façon non symétrique

(1) Il convient de prendre en compte l'excentricité dans les attaches, voir 2.7(1), ainsi que les effets de l'espacement et des pinces des boulons dans la détermination de la résistance de calcul :

- des barres asymétriques ;
- des barres symétriques attachées de façon asymétrique, telles les cornières attachées par une aile

(2) Une cornière simple attachée par une seule rangée de boulons dans une aile, voir figure 3.9, peut être traitée comme chargée concentriquement et la résistance ultime de calcul de la section nette peut être déterminée de la façon suivante :

- avec 1 boulon : $N_{u,Rd} = \dfrac{2{,}0\,(e_2 - 0{,}5\,d_0)\,t\,f_u}{\gamma_{M2}}$ (3.11)
- avec 2 boulons : $N_{u,Rd} = \dfrac{\beta_2 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}}$ (3.12)
- avec 3 boulons ou plus : $N_{u,Rd} = \dfrac{\beta_3 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}}$ (3.13)

où :

$ß_2$ et $ß_3$ coefficients minorateurs dépendant de l'entraxe p_1 comme indiqué dans le tableau 3.8. Pour des valeurs intermédiaires de p_1 la valeur de β peut être déterminée par interpolation linéaire ;

A_{net} aire nette de la cornière. Pour une cornière à ailes inégales attachée par sa petite aile, il convient de prendre A_{net} égale à l'aire nette d'une cornière équivalente à ailes égales de mêmes dimensions que la petite aile.

Tableau 3.8 - Coefficients réducteurs $ß_2$ et $ß_3$

Entraxe	p_1	$\leq 2{,}5\ d_o$	$\geq 5{,}0\ d_o$
2 boulons	$ß_2$	0,4	0,7
3 boulons ou plus	$ß_3$	0,5	0,7

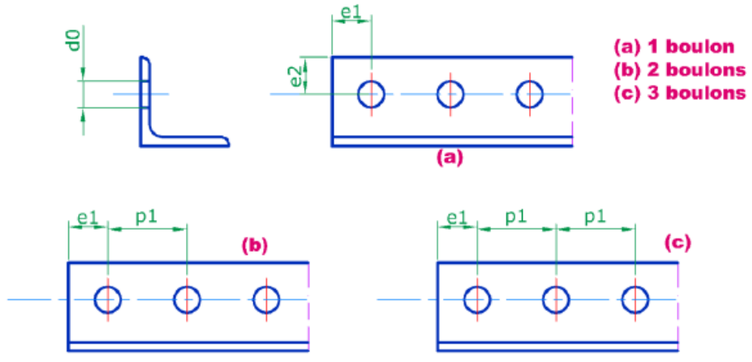


Figure 3.9 : Cornières attachées par une aile

Ressource 11. Extraits EN1993-1-1

3.2 Acier de construction

3.2.1 Propriétés des matériaux

(1) Il convient d'obtenir les valeurs nominales de la limite d'élasticité f_y et de la résistance à la traction f_u pour l'acier de construction par l'une des méthodes suivantes :

a) soit en adoptant les valeurs $f_y = R_{eh}$ et $f_u = R_m$ tirées directement de la norme produit,
b) soit en utilisant l'étagement simplifié de valeurs du tableau 3.1.

Tableau 3.1 - Valeurs nominales de limite d'élasticité f_y et de résistance à la traction f_u pour les aciers de construction laminés à chaud

Normes et nuances d'acier	Epaisseur nominale t de l'élément (mm)			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f_y (MPa)	f_u (MPa)	f_y (MPa)	f_u (MPa)
EN 10025-2				
S 235	**235**	**360**	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	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
S460 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	510	335	490
EN 10025-6				
S 460 Q/QL/QL1	460	570	440	550

6.2.3 Traction

(1) Il convient que la valeur de calcul de l'effort de traction N_{Ed} dans chaque section transversale satisfasse la condition suivante : $$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1{,}0 \qquad (6.5)$$

(2) Pour les sections comportant des trous, il convient de prendre la valeur de calcul $N_{t,Rd}$ de la résistance à la traction égale à la plus petite des valeurs suivantes :

a) la valeur de calcul de la résistance plastique de la section transversale brute

$$N_{pl,Rd} = \frac{A\, f_y}{\gamma_{M0}} \qquad (6.6)$$

b) la valeur de calcul de la résistance ultime de la section transversale nette au droit des trous de fixation

$$N_{u,Rd} = 0{,}9\, \frac{A_{net}\, f_u}{\gamma_{M2}} \qquad (6.7)$$

(4) Dans les assemblages de catégorie C (voir l'EN 1993-1-8, 3.4.2 (1)), il convient que la valeur de calcul $N_{t,Rd}$ de la résistance à la traction de la section nette au droit des trous de fixation telle que définie en 6.2.3 (1) soit prise égale à $N_{net,Rd}$ où :

$$N_{net,Rd} = \frac{A_{net}\, f_y}{\gamma_{M0}} \qquad (6.8)$$

(5) Pour les cornières assemblées par une seule aile, voir également l'EN 1993-1-8, 3.10.3. Il convient de traiter de façon similaire les autres types de sections assemblées par des parois en console.