



CONSTRUCTION METALLIQUE (Tome 2)

Les assemblages

Philippe MARON

ISABTP 3^e année
2023-2024

Table des matières

1	Acquis d'apprentissage visés	7
1.1	Pré-acquis	7
1.2	A l'issue de ce cours	7
2	Méthode de travail	9
2.1	La méthode CRAIE	9
2.1.1	Le passeport	9
2.1.2	Déroulement des séances	9
2.1.3	Les ceintures	10
2.1.4	La notation	11
2.2	Votre passeport	13
3	Technologie des assemblages courants	15
3.1	Assemblages structuraux	15
3.1.1	Pieds de poteaux articulés	15
3.1.2	Pieds de poteaux encastrés	17
3.1.3	Encastrement entre arbalétriers ou entre deux IPEs par platines d'about	18
3.1.4	Encastrement poteau-arbalétrier en tête de poteau	19
3.1.5	Encastrement poteau-poutre intermédiaire	19
3.1.6	Eclissage ou encastrement entre deux éléments identiques	20
3.2	Assemblages non structuraux	20
3.2.1	Assemblage rotulé entre un poteau et une poutre	20
3.2.2	Articulation solive-poutre	21
3.2.3	Liaison rotule entre une barre de contreventement et un poteau (ou une poutre)	22
	Contreventement à l'aide de cornières en L	22
	Contreventement à l'aide de tubes ronds ou carrés - montage avec chape sur gousset	23
	Contreventement à l'aide de tubes ronds ou carrés - montage pénétrant sur gousset	23
	Contreventement à l'aide de tubes ronds ou carrés - éclissage sur gousset	24
4	Introduction au calcul des assemblages	25
4.1	Généralités	25
4.2	Méthodologie	27
5	Les assemblages soudés	31
5.1	Définitions et hypothèses	31
5.2	Recommandations constructives	32
5.3	Vérification des soudures d'angle	32
5.3.1	Détermination du vecteur contrainte	32

5.3.2	Méthode directionnelle	33
5.3.3	Méthode simplifiée	34
5.4	Hypothèse d'une répartition uniforme du vecteur contrainte	34
5.4.1	Cas des cordons latéraux	35
5.4.2	Cas des cordons frontaux	35
5.4.3	Cas des cordons obliques	36
5.4.4	Cas des cordons quelconques centrés	36
5.4.5	Cas des groupes de cordons centrés	37
5.5	Hypothèse du cordon à pleine résistance	37
5.6	Application de la méthode directionnelle aux cordons doubles avec action excentrée	39
5.7	Guide de bonnes pratiques	41
5.7.1	Soudures tubulaires	41
	Les soudures d'axe $z - z$ reprennent le moment $M_{y,Ed}$ autour de l'axe	
	$y - y \Rightarrow$ Ne pas utiliser cette méthode	42
	Les soudures d'axe $y - y$ reprennent le moment $M_{y,Ed}$ autour de l'axe	
	$y - y \Rightarrow$ Méthode à utiliser	43
5.7.2	Soudure d'un gousset de stabilité	45
	L'effort est réparti dans les deux cordons au prorata de leurs longueurs	
	$\Rightarrow$ Ne pas utiliser cette méthode	45
	Le cordon horizontal reprend la composante verticale, tandis que le cor-	
	don vertical reprend la composante horizontale $\Rightarrow$ Ne pas uti-	
	liser cette méthode	46
	Le cordon horizontal reprend la composante horizontale, tandis que le	
	cordons vertical reprend la composante verticale $\Rightarrow$ Méthode à	
	utiliser	46
6	Les assemblages boulonnés	49
6.1	Dispositions constructives	49
6.2	Distribution des efforts dans une série de boulons	50
6.2.1	Cas d'un centre de rotation libre - Moment seul	51
6.2.2	Cas d'un centre de rotation libre - Force excentrée	52
6.2.3	Cas d'un centre de rotation imposé	53
6.2.4	Cas d'un centre de rotation libre ou imposé	55
6.3	Classification des assemblages boulonnés	56
6.4	Vérification de la tenue en section des pièces d'assemblage et des barres	57
6.4.1	Pièces soumises à un effort de traction	57
6.4.2	Pièces soumises à un effort de compression	58
6.4.3	Pièces soumises à un effort de cisaillement	58
6.5	Vérification de la résistance des pièces au niveau de la zone d'assemblage	58
6.5.1	Résistance à la rupture par cisaillement de bloc	58
6.5.2	Résistance à la rupture par pression diamétrale	59
6.6	Vérification de la résistance des boulons	60
6.6.1	Classe des boulons	60
6.6.2	Résistance des boulons ordinaires	60
6.6.3	Résistance des boulons précontraints utilisés à l'ELS	62
6.6.4	Résistance des boulons précontraints utilisés à l'ELU	62
7	Assemblages de pieds de poteaux articulés	65
7.1	Introduction	65
7.2	Classement des pieds de poteaux articulés	66

7.2.1	Rigidité en rotation	66
7.2.2	Méthode conventionnelle de l'annexe nationale	66
7.3	Résistance à la compression	67
7.3.1	Résistance du béton à la pression localisée	67
	Principe	67
	Simplifications	69
	Résistance des bétons courants (N/mm^2)	69
	Largeur d'appui additionnelle	69
	Cas particuliers des poteaux tubulaires	70
7.3.2	Résistance en section du poteau	70
7.3.3	Résistance de la soudure poteau-platine	71
7.4	Résistance à la traction	71
7.4.1	Principe	71
7.4.2	Longueur efficace L_{eff}	71
7.4.3	Modes de ruine	72
	Résistance de calcul aux modes 1-2	73
	Résistance de calcul au mode 3	73
	Résistance de calcul au mode 4	74
	Résistance de la soudure	74
7.4.4	Résistance d'une tige d'ancrage	74
	Résistance de calcul de la partie filetée	74
	Résistance de l'ancrage	75
7.5	Résistance à l'effort tranchant	76
7.5.1	Résistance à l'effort tranchant par frottement	76
7.5.2	Résistance par cisaillement des tiges d'ancrage	76
7.5.3	Cas des tiges d'ancrage soumises à la traction et au cisaillement	77
7.5.4	Résistance due à l'utilisation d'une bêche	78
	Dimensions limites de la bêche	78
	Résistance du béton à la compression	79
	Résistance de l'âme de la bêche à l'effort tranchant	79
	Résistance de la bêche à la flexion	79
	Détermination et prise en compte du moment secondaire	80
	Résistance à l'effort tranchant avec platine de pré-scellement	80
8	Assemblages de poutres par platines	83
8.1	Introduction	83
8.2	Résistance de la partie comprimée	83
8.3	Moment résistant de calcul	84
8.3.1	Conditions et calcul du moment résistant	84
8.3.2	Conditions d'utilisation de la méthode de calcul	86
8.4	Résistance des rangées de boulons	86
8.4.1	Résistance des rangées de boulons tendus, prises individuellement	86
8.4.2	Résistance des rangées de boulons tendus, prises globalement	92
	Résistance de la rangée n°2 avec effet de groupe	92
	Résistance de la rangée n°3 avec effet de groupe	92
	Résistance aux cinq modes de ruine	93
	Cas particuliers des rangées extérieures raidies	94
8.4.3	Méthode simplifiée	96
	conditions géométriques	96
	Résistance des rangées	96

8.5	Résistance à l'effort tranchant	98
8.5.1	Boulons non précontraints	98
8.5.2	Boulons précontraints	99
8.6	Résistance à l'effort normal	99
8.6.1	Résistance à la compression	99
8.6.2	Résistance à la traction	99

Bibliographie	101
----------------------	------------

Chapitre 1

Acquis d'apprentissage visés

1.1 Pré-acquis

Afin d'appréhender ce cours, l'étudiant doit au préalable être capable :

- maîtriser la notion de torseur d'efforts et être capable d'exprimer ses composantes en tous points de l'espace.
- d'identifier (à partir des plans et perspectives d'une structure d'un bâtiment multi-travées à un étage ou mono-travée à deux étages) les différents éléments principaux de cette structure, les liaisons existantes entre les différents éléments de celle-ci.
- d'analyser le cheminement des efforts verticaux et horizontaux depuis la surface recevant les efforts, jusqu'aux fondations.
- de calculer les efforts subis par chacun des éléments de la structure.
- de contrôler à l'État Limite Ultime (ELU) et à l'Etat Limite de Service (ELS) et selon l'Eurocode 3, le dimensionnement en section et en stabilité des éléments sollicités en traction, cisaillement et/ou flexion.
- de modéliser un bâtiment multi-travées à un étage ou mono-travée à deux étages à l'aide d'un logiciel de calcul par éléments finis (ADVANCE DESIGN).

1.2 A l'issue de ce cours

A l'issue de ce cours, l'étudiant doit être capable de réaliser ou contrôler le dimensionnement à l'Eurocode 3 des assemblages boulonnés ou soudés courants, les pieds de poteaux articulés, ainsi que les encastremements par platines d'about.

A l'issue du chapitre de **technologie des assemblages courants**, l'étudiant doit être capable pour un assemblage courant donné,

- d'utiliser le vocabulaire de la construction métallique,
- d'identifier les différents types de liaison.

A l'issue du chapitre d'**introduction au calcul d'assemblage**, l'étudiant doit être capable pour un assemblage courant donné,

- de déterminer les différents couples de sous-assemblages à considérer,
- de donner l'expression du torseur des actions mécaniques que chaque couple de sous-assemblages doit transmettre.

A l'issue du chapitre sur **les assemblages soudés**, l'étudiant doit être capable pour un assemblage soudé de deux éléments de la structure :

- de vérifier les dispositions constructives et donc de valider l'utilisation des méthodes de calcul de l'EC3,
- de justifier l'utilisation d'une formule de calcul simplifiée pour des cas simples,
- d'appliquer une formule de calcul simplifiée pour des cas simples,
- d'appliquer la théorie du cordon à pleine résistance,
- d'exprimer des hypothèses plausibles concernant la répartition des efforts dans la ou les soudures à vérifier,
- d'énumérer les différentes vérifications nécessaires au contrôle de la tenue de l'assemblage selon l'EUROCODE 3,
- d'appliquer les formules correspondantes afin de vérifier la tenue de l'assemblage soudé.

A l'issue du chapitre sur **les assemblages boulonnés**, l'étudiant doit être capable pour un assemblage boulonné de deux éléments de la structure :

- de vérifier les dispositions constructives et donc de valider l'utilisation des méthodes de calcul de l'EC3,
- d'évaluer les efforts subis par le boulon le plus chargé
- d'énumérer les différentes vérifications nécessaires au contrôle de la tenue de l'assemblage selon l'EUROCODE 3,
- d'appliquer les formules correspondantes afin de vérifier la tenue de l'assemblage boulonné

A l'issue du chapitre sur **les assemblages de pieds de poteaux articulés**, l'étudiant doit être capable pour un poteau articulé de la structure :

- d'énumérer les différentes vérifications nécessaires au contrôle de la tenue de l'assemblage selon l'EUROCODE 3,
- d'appliquer les formules correspondantes afin de vérifier la tenue d'un pied de poteau articulé

A l'issue du chapitre sur **les assemblages de poutres par platines**, l'étudiant doit être capable pour un assemblage de structure de ce type :

- d'énumérer les différentes vérifications nécessaires au contrôle de la tenue de l'assemblage selon l'EUROCODE 3,
- d'appliquer les formules correspondantes afin de vérifier la tenue d'un assemblage de deux poutres par platines

Chapitre 2

Méthode de travail

Tous les documents (cours, td, tp, examens, corrigés, qcm) relatifs à ce cours sont disponibles sur la plateforme E-Learn de l'UPPA à l'adresse :

<https://elearn.univ-pau.fr/course/view.php?id=12453>

Cet enseignement sera dispensé sous forme de séances de CRAIE ("Coopérons à notre Rythme Individualisé et Efficace").

Je remercie Jean Michel GENEVAUX, professeur à l'ENSIM (Université du Mans) pour m'avoir initié à cette méthode pédagogique.

2.1 La méthode CRAIE

2.1.1 Le passeport

Pour que vous puissiez organiser vos apprentissages, un passeport personnel (Tab. 2.1 et Fig. 2.2) et pour l'année résume :

- le nombre de séances a priori qu'il vous faut suivre,
- les étapes de formation (brevets),
- les objectifs de formations (ceintures ou examens).

2.1.2 Déroulement des séances

Les séquences d'enseignement en présentiel (CRAIEs) sont divisées en quatre parties :

1. Avant de vous présenter en cours, vous devez avoir effectué une lecture individuelle de quelques pages de votre polycopié. Cette lecture individuelle doit être effectuée dans un cadre silencieux afin de vous concentrer sur votre lecture. Vous cochez les lignes où vous avez des difficultés, au besoin, notez votre question. Durant cette phase, vous ne cherchez pas d'aide auprès de vos collègues. Les pages à lire dépendent de votre état d'avancement et sont indiquées dans le tableau 2.1.

lorsque vous arrivez dans la salle, vous prenez un triangle et éventuellement l'étiquette du brevet dont vous êtes référent. Vous posez en évidence sur la table votre triangle, et l'étiquette du brevet.

2. Durant la première phase de la séance, il est demandé à chacun s'il a une question. La question est posée à haute voix et l'enseignant répond à tous.
3. Une phase d'exercices (brevets) est ensuite réalisée, à votre rythme.
4. Les deux dernières minutes d'une séquence sont utilisées pour noter sur le tableau 2.1 et la figure 2.2 de votre passeport votre état d'avancement, ainsi que sur le fichier partagé

sur le cours E-learn (<https://elearn.univ-pau.fr/course/view.php?id=12453>). Ce fichier permet de visualiser votre état d'avancement par rapport à vos camarades.

Sur ce fichier, notez "x" dans les cases correspondantes au(x) brevet(s) effectué(s) et "R" si vous serez dorénavant référent sur l'un des brevets.

La partie "Ceintures Acquises" ne doit pas être modifiées par les étudiants !
(même si cela est facilement réalisable sur ce fichier, cette partie n'est là qu'à titre indicatif et n'est absolument pas une référence pour l'enseignant).

Les documents de travail du cours sont divisés en plusieurs parties :

- Ce polycopié de cours qui vous est personnel et qui contient votre passeport. NE LE PERDEZ PAS !
- Pour vérifier de façon individuelle que vous avez acquis les compétences nécessaires, des petits exercices ciblés, appelés "brevets", sont disponibles dans le recueil *Les brevets*. Ils ont été écrits suite aux erreurs rencontrées les plus fréquemment dans les copies d'examen. Cette banque de brevets concerne l'ensemble du cours de "Construction Métallique" dispensé à l'ISABTP.
Un graphe de progression (fig. 2.2) situé sur votre passeport vous permet en grisant les brevets dont vous êtes détenteur-trice de savoir ou vous en êtes dans la formation proposée.
Pour un brevet que vous avez compris, vous pouvez en devenir le référent : votre rôle est alors d'aider les autres à l'obtenir. Un système d'étiquette, que vous posez sur votre table lors des séances suivantes permet aux étudiants de vous identifier et de venir chercher de l'aide. Vous n'êtes pas obligé de répondre immédiatement à la demande d'aide : finissez ce que vous êtes en train de faire. Néanmoins, bien que le demandeur puisse commencer le brevet suivant en vous attendant, ne le laissez pas mariner pendant 1/2h. L'aide de l'enseignant se concentre sur les brevets pour lesquels il n'y a pas encore de référent.
- Pour vous entraîner à manipuler les concepts, à prendre un peu de hauteur et vous approprier la démarche globale, des sujets de travaux dirigés, des sujets d'examen et leurs corrigés sont disponibles sur la plate forme E-learn (<https://elearn.univ-pau.fr/course/view.php?id=12453>).

2.1.3 Les ceintures

- Pour ceux qui le souhaitent, le contrôle final de 1h30 sur table n'aura pas lieu. Il peut être remplacé par le passage de ceintures (de jaune à noire) qui valident chacune une étape de la formation. Une ceinture est acquise lorsque :
 - vous trouvez le(s) résultat(s),
 - votre copie ne présente pas d'erreur d'homogénéité,
 - les écritures de l'ensemble de votre copie sont complètes (vecteurs, bases, points d'expression d'un torseur, unités pour un résultat chiffré,...).

Vous pouvez tenter d'obtenir une ceinture lorsque vous vous sentez prêt(e)s à le faire. Le chainage des compétences testées est indiqué sur la figure 2.2.

Pour gagner du temps, vous pouvez tenter une ceinture alors que vous ne possédez pas encore une des ceintures antérieures (valable uniquement pour les ceintures orange, bleue et noire) . En cas de réussite, vous obtenez les deux ceintures : celle que vous avez passée et celle que vous avez "sautée". En cas d'échec à la tentative de cette ceinture vous ne pourrez pas la retenter tant que vous ne pourrez pas justifier de l'obtention de la ceinture précédente.

Vous ne pouvez tenter qu'une ceinture à la fois. Vous pouvez tenter une ceinture au maximum trois fois. Si lors de votre tentative, vous estimez ne pas y être arrivé, vous barrez la feuille avec la mention "NE PAS CORRIGER". Cette tentative ne sera alors pas comptabilisée parmi les trois possibles. Si au bout de trois tentatives, vous ne détenez pas la ceinture n , vous avez la possibilité de tenter la ceinture suivante $n+1$ trois fois. L'obtention de la ceinture $n+1$ vous attribue alors les ceintures $n+1$ et n . Les passages des ceintures s'arrêtent 10 jours avant le jury de fin d'année.

Pour tenter d'obtenir une ceinture, vous pouvez le faire lors des séances de CRAIE ou si elles ont indiquées "en autonomie" par un travail en dehors des séances.

- Sur votre copie (fournie), à côté de la déclaration suivante :

"Je m'engage sur l'honneur à n'évoquer avec personne le contenu du sujet de passage de cette ceinture. Cependant, dans le cas où je ne réussirais pas à l'obtenir, j'ai compris pouvoir discuter de mon travail avec les étudiants ayant acquis cette ceinture. Si l'enseignant a l'intime conviction que je n'ai pas respecté mon engagement, je ne pourrai plus passer de ceintures dans la matière concernée pour l'année universitaire en cours. L'enseignant en informera les enseignants ayant mis en place des ceintures, et je déclare accepter de n'avoir aucun recours vis à vis de sa décision."

Vous écrivez *lu et approuvé* et vous signez.

Cela permet à vos camarades de faire une mesure "libre et non faussée" de leurs savoirs scientifiques et non de leurs compétences de mémorisation ou de recopie.

- L'enseignant vous donne le sujet. Merci de ne pas écrire dessus, car il ressortira à un autre étudiant,
- Le passage d'une ceinture peut se faire selon deux modalités. A chaque ceinture est associée une modalité :
 - **ceinture surveillée :**
 - vous composez directement dans la salle, la durée maximale est de 1h,
 - vous rendez le sujet, votre copie et le brouillon en fin de composition,
 - **ceinture en autonomie :**
 - désolé, cette méthode n'est pas disponible durant cette première année de mise en place de la méthode.

Etre détenteur d'une ceinture implique qu'en tant qu'expert de celle-ci, vous aidiez vos camarades à l'obtenir, en les orientant sur les brevets afférents, en répondant à leurs questions sur ces brevets, en insistant sur des points qui vous ont éventuellement fait rater cette ceinture dans des tentatives précédentes, en inventant des exercices similaires, **sans dévoiler le contenu du sujet de la ceinture, ni les réponses.**

Vous aurez un enseignant référent-CRAIE pour l'année. Pour chaque semestre, à 1/3 et 2/3 des phases où les CRAIES sont actives, vous lui présenterez votre passeport afin de discuter de votre organisation dans les apprentissages de toutes les matières fonctionnant en CRAIES.

2.1.4 La notation

L'interfaçage avec les modalités de contrôle des connaissances qui nécessite une note :

- si aucun point n'est indiqué sur les ceintures, la note sera obtenue par la formule $n = \frac{c}{n_c} * 20$ avec n la note, c le nombre de ceinture obtenues et n_c le nombre de ceintures disponibles, sauf indication complémentaire après la liste des ceintures.
- si un nombre de points est indiqué sur une ceinture, le cumul de vos points vous fournit la note finale.

Nous vous souhaitons une bonne découverte de cette méthode pédagogique et de cette matière, une bonne collaboration entre vous sauf pendant le passage des ceintures.

Remarque :

- Cette méthode de travail sera appliquée pour l'ensemble du cours correspondant aux chapitres 1 à 6. Les chapitres suivants seront traités lors des séances de travaux pratiques.
- Les chapitres 5 et 6 du cours peuvent être traités de façon indépendantes. Vous pourrez donc valider les ceintures marron et noire même si la ceinture bleue n'a pas été validée.

2.2 Votre passeport

	Brevets	pages lues avant la séance	Avancement théorique en séance	Ceintures et valeurs en points
Chapitre 1 : Acquis d'Apprentissage visés Chapitre 2 : Méthode de travail		0-14	1	
Chapitre 3 : Technologie	1 2 3 4	15-24	2	3
Chapitre 4 : Introduction au calcul	5 6 7 8	26-28	4	
	9 10 11	28-30	5	3
Chapitre 5 : Assemblages soudés	12 13 14 15	29-37	6	
	16	37-39	7	4
	17 18 19	39-47	8	3
Chapitre 6 : Assemblages boulonnés	20 21 22	49-50	9	
	23 24 25	50-56	10	3
	26 27	56-60	11	
	28 29 30	60-64	12	4

FIGURE 2.1 – Planning de progression des séances et des lectures

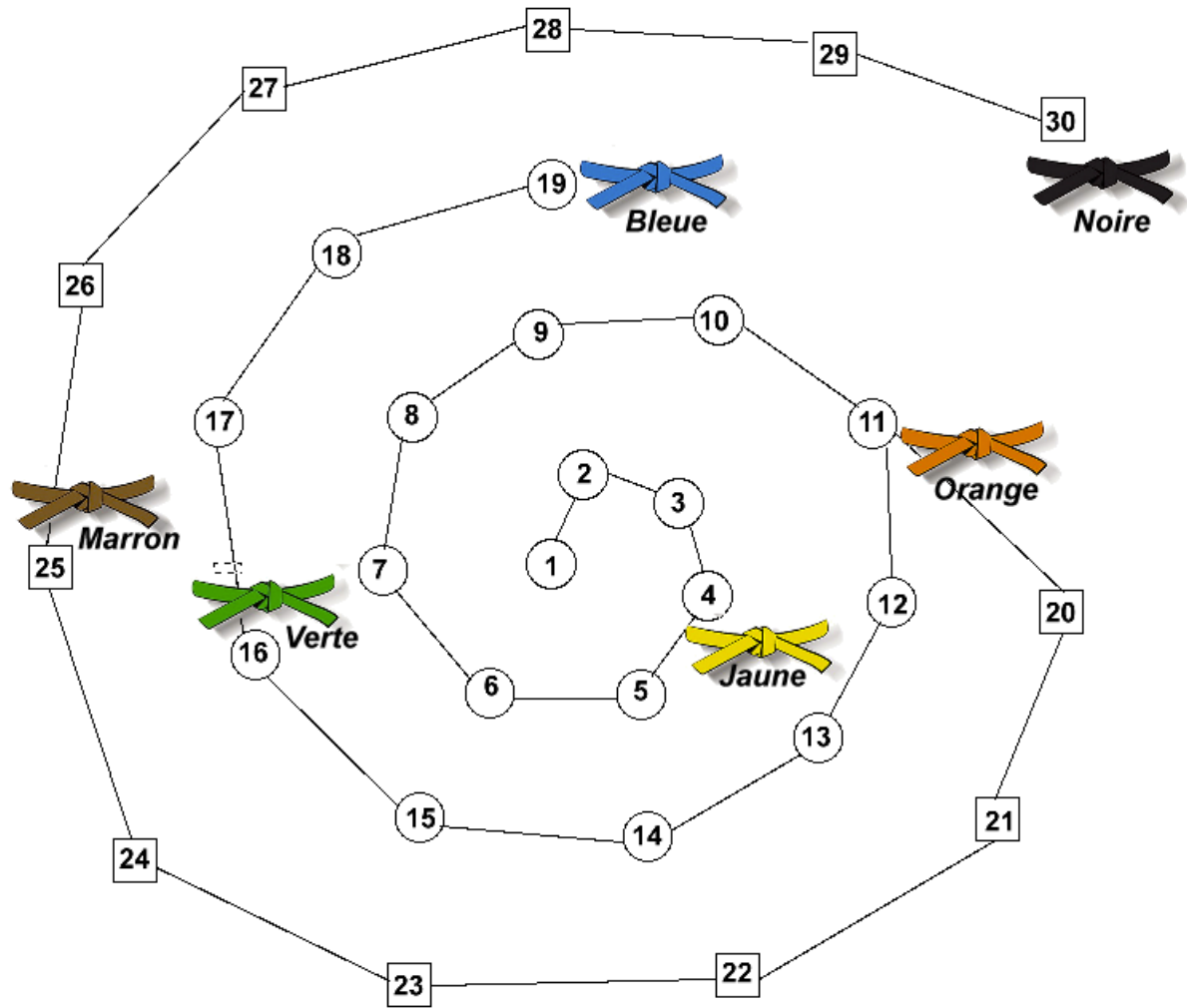


FIGURE 2.2 – Planning de progression des brevets et des ceintures

Chapitre 3

Technologie des assemblages courants

L'ensemble des illustrations de ce chapitre sont issues du logiciel GRAITEC Steel Connection Designer 2020.

Les liaisons assurées par les assemblages sont théoriquement de trois types :

- Liaison appui simple : une translation et une rotation sont possible. Cette liaison transmet une force perpendiculaire à l'appui et aucun moment.
- Liaison rotule : une rotation est possible. Cette liaison transmet une force de direction quelconque et aucun moment.
- Liaison encastrement : aucun mouvement n'est autorisé. Cette liaison transmet à la fois une force de direction quelconque et un moment.

En réalité, toutes les liaisons permettent plus ou moins des mouvements de translation et de rotation. Pour tenir compte de cette réalité, l'Eurocode 3 introduit la notion de liaisons "semi-rigides" qui ne sera pas abordée dans ce document.

3.1 Assemblages structuraux

3.1.1 Pieds de poteaux articulés

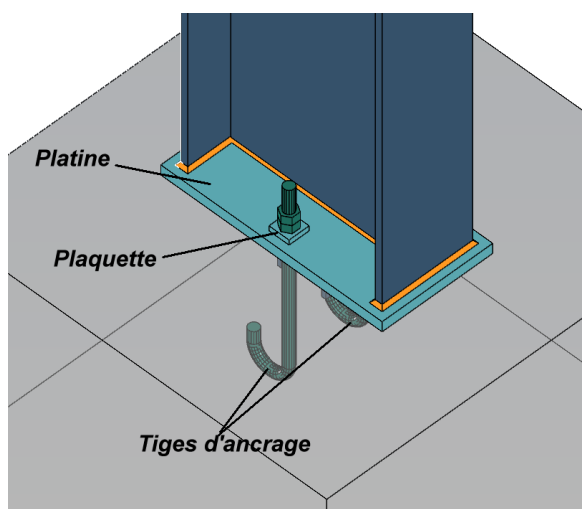


FIGURE 3.1 – Pied de poteau articulé vue du dessus

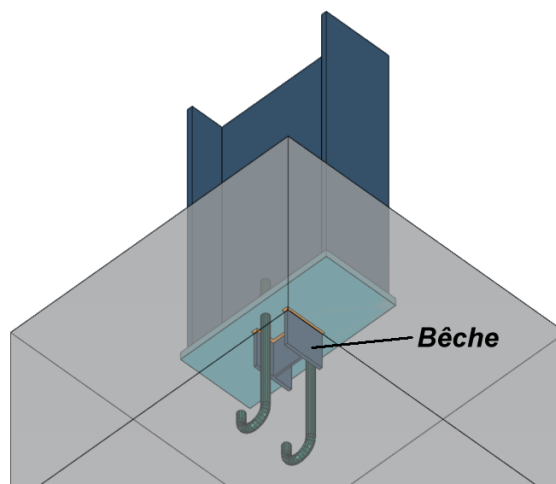


FIGURE 3.2 – Pied de poteau articulé vue de dessous

Nous avons (fig.3.1) l'exemple d'un pied de poteau en IPE articulé sur un massif de fondation en béton représenté en gris. le poteau est soudé sur une *plaque d'assise* ou *platine*, en bleu clair. Cette plaque est percée de deux trous située dans l'enveloppe de l'IPE par lesquels passeront les *tiges d'ancrages* du système de fixation ; ici des tiges courbes en forme de canne.

Dans le cas ou les trous ne sont pas "normaux" (ne correspondent pas au diamètre du trou nominal d_0 , cf tab. 6.1), on ajoutera entre la plaque d'assise et les écrous des *plaquettes* ou *platine d'appui* (cf. fig. 3.1) percées au diamètre nominal et qui seront soudées à la plaque d'assise après positionnement précis du poteau.

En dessous de la plaque d'assise et soudée à celle-ci (cf. fig. 3.2), on peut trouver une *bêche* : petit morceau d'un profilé IPE dont le rôle est de reprendre la majeure partie de l'effort tranchant que cet assemblage transmet du poteau à la fondation.

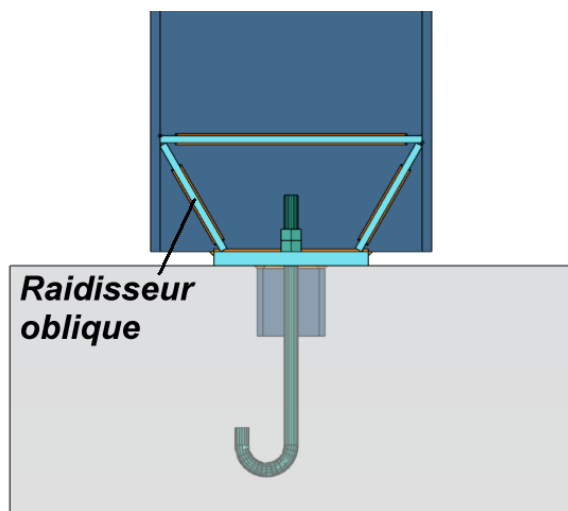


FIGURE 3.3 – Réduction de la surface d'appui par raidisseurs obliques

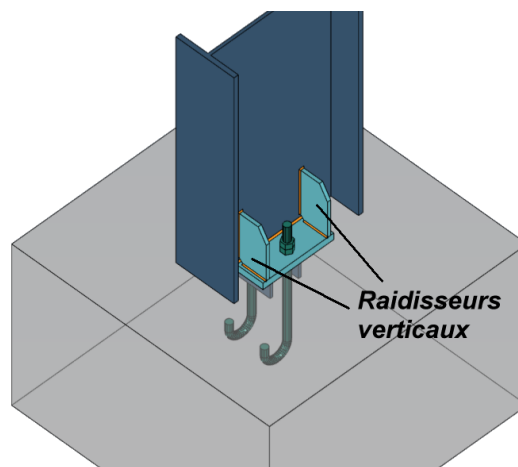


FIGURE 3.4 – Réduction de la surface d'appui par raidisseurs verticaux

La plaque d'assise a une longueur maximale de 300mm, sinon l'articulation ne peut être assurée. Donc dans le cas d'un IPE de dimension supérieure à $h=300\text{mm}$, il est nécessaire de prévoir des *raidisseurs* obliques (fig.3.3) ou verticaux (fig.3.4) afin de ramener les efforts des semelles de l'IPE vers la plaque d'assise.

Pour les assemblages articulés ou encastrés, les tiges d'ancrage peuvent être courbe en forme de canne (figure 3.7), droites (lisses ou striées) (figure 3.5) ou droites avec plaquettes d'ancrage (figure 3.6).

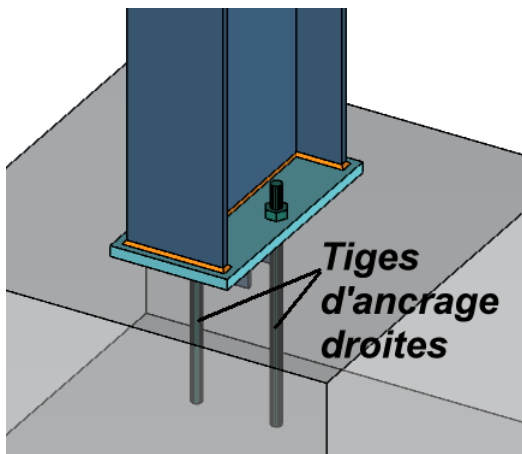


FIGURE 3.5 – Ancrage par tiges droite

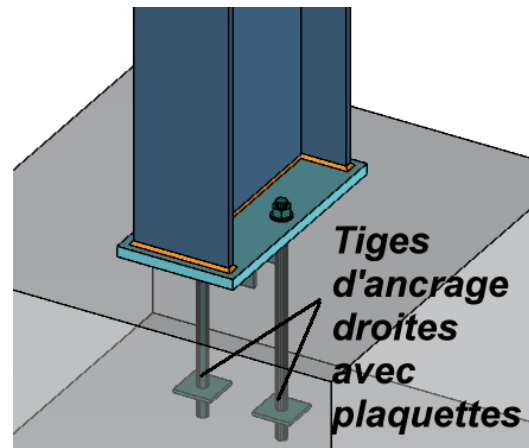


FIGURE 3.6 – Ancrage par tige droites avec plaquettes

3.1.2 Pieds de poteaux encastrés

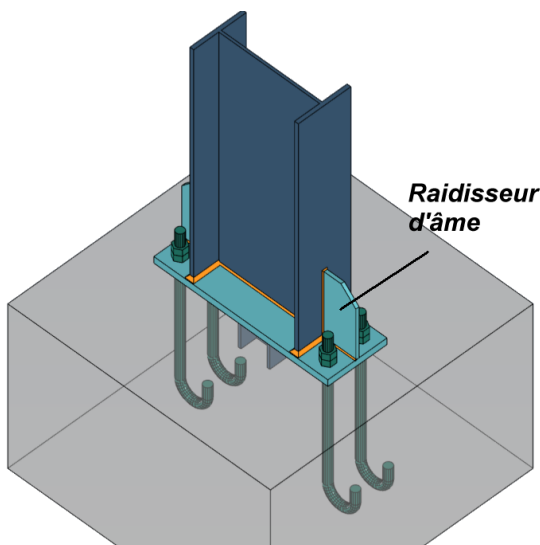


FIGURE 3.7 – Pied de poteau encastré avec raidisseurs d'âme

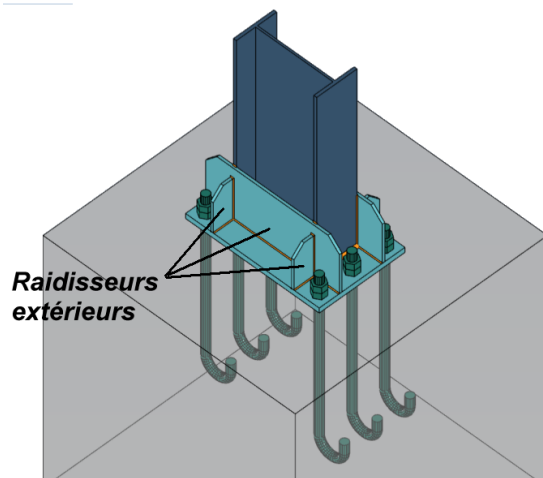


FIGURE 3.8 – Pied de poteau encastré avec raidisseurs extérieurs

L'objectif est ici de donner un maximum de rigidité (raideur) à la liaison. Comme dans la liaison articulation vue précédemment, une plaque d'assise est soudée à l'extrémité du poteau. Par contre la dimension de cette plaque est supérieure aux dimensions d'encombrement du poteau, afin de pouvoir fixer les tiges d'ancrages à l'extérieur de l'enveloppe du profilé. Des raidisseurs soudés à l'extérieur des semelles du poteau et sur la plaque d'assise peuvent permettre de rigidifier celle-ci (fig.3.7). Pour des configurations devant transmettre des efforts-moments plus importants, il est possible d'ajouter des raidisseurs extérieurs comme le montre la figure 3.8.

3.1.3 Encastrement entre arbalétriers ou entre deux IPEs par platines d'about

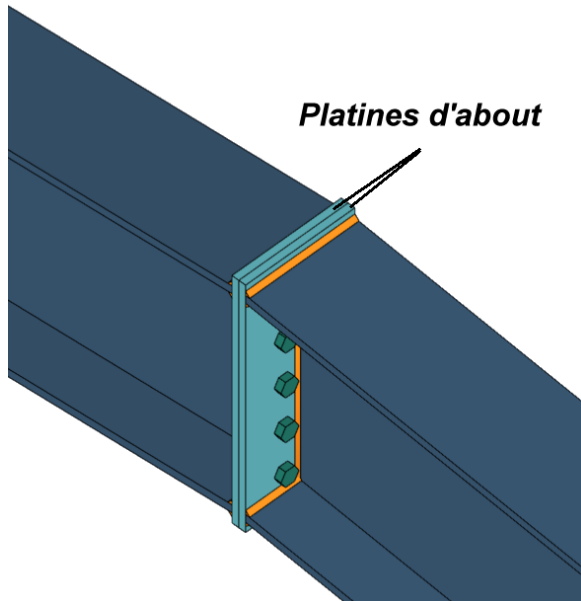


FIGURE 3.9 – Liaison arbalétriers par platines d'about - Perspective

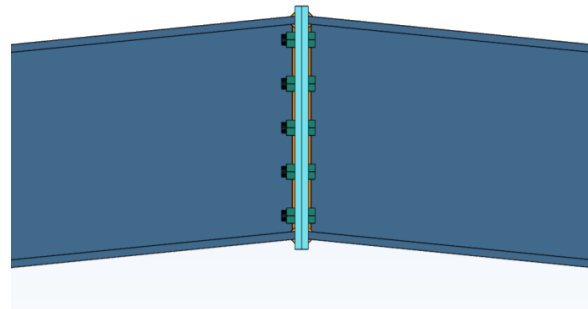


FIGURE 3.10 – Liaison arbalétriers par platines d'about - Vue de face

Une plaque, dite "platine d'about" est soudée à l'extrémité de chacun des arbalétriers (fig.3.9 et fig.3.10). Ces deux platines sont reliées entre elles par des boulons.

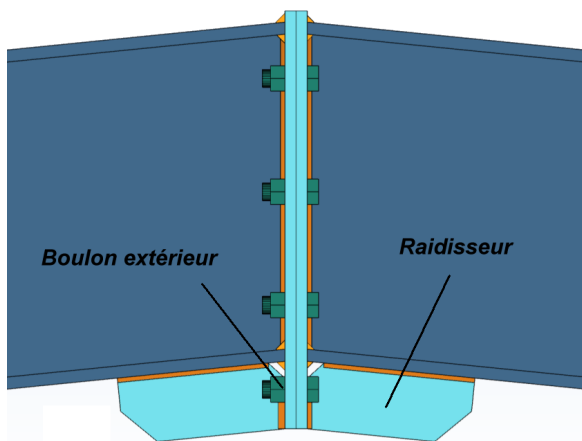


FIGURE 3.11 – Liaison arbalétriers par platines d'about et boulons extérieurs - Vue de face

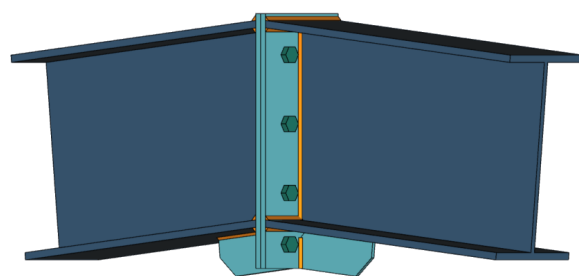


FIGURE 3.12 – Liaison arbalétriers par platines d'about et boulons extérieurs - Perspective

Les platines peuvent déborder à l'extérieur des semelles, ce qui permet d'y fixer des boulons et d'éloigner leurs axes du centre de rotation de l'assemblage. De plus grands moments d'encastrement peuvent alors être transmis par celui-ci. On peut également y ajouter des raidisseurs ou des jarrets toujours dans le même objectif (fig.3.11 et fig.3.12)).

3.1.4 Encastrement poteau-arbalétrier en tête de poteau

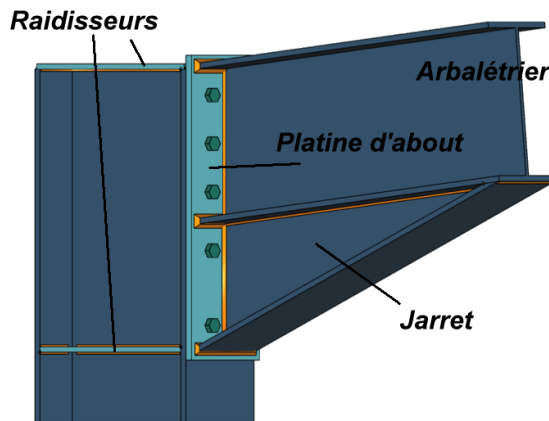


FIGURE 3.13 – Encastrement poteau-arbalétrier

L'assemblage encastré d'un arbalétrier sur un poteau est communément réalisé de la façon suivante (fig.3.13). Une platine d'about est soudée à l'extrémité de l'arbalétrier. Celle-ci sera ensuite boulonnée sur l'une des semelles du poteau. Généralement on augmente la surface d'appui en ajoutant un *jarret* constitué d'un demi morceau d'IPE de même hauteur coupé en diagonale et partageant la même platine d'about que l'arbalétrier.

Afin d'éviter l'apparition d'une instabilité de voilement de l'âme du poteau due à une trop grande compression aux points d'appuis inférieur et supérieur de la platine, il est souvent nécessaire de rajouter des raidisseurs soudés à l'âme et aux semelles du poteau.

3.1.5 Encastrement poteau-poutre intermédiaire

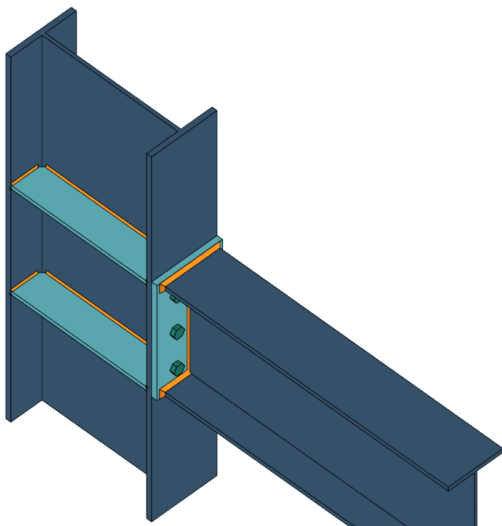


FIGURE 3.14 – Encastrement poteau-poutre intermédiaire

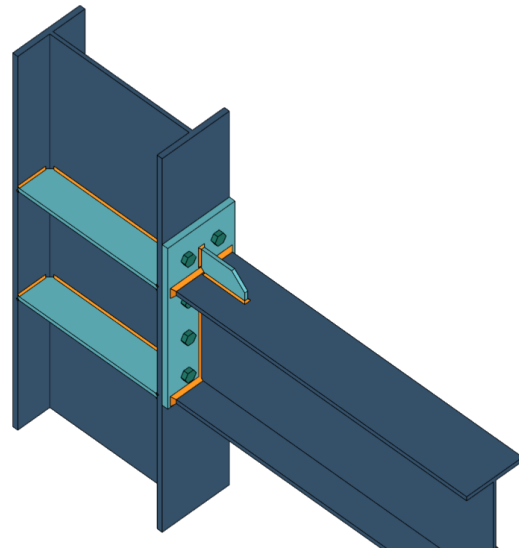


FIGURE 3.15 – Encastrement poteau-poutre intermédiaire avec platine débordante et raidisseur sur semelle

La configuration est la même que précédemment (fig.3.14). On peut si nécessaire augmenter la hauteur de la platine d'about et ainsi pouvoir placer des boulons extérieurs afin de reprendre des moments plus importants (fig.3.15).

3.1.6 Eclissage ou encastrement entre deux éléments identiques

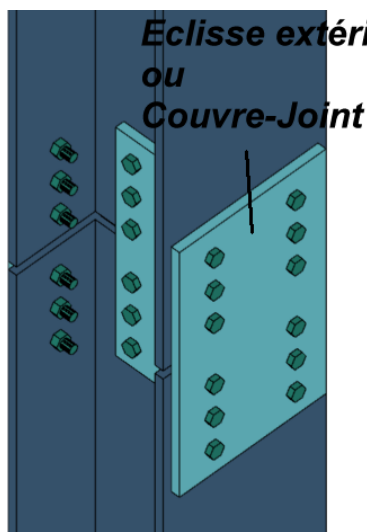


FIGURE 3.16 – Eclissage d'un poteau - perspective

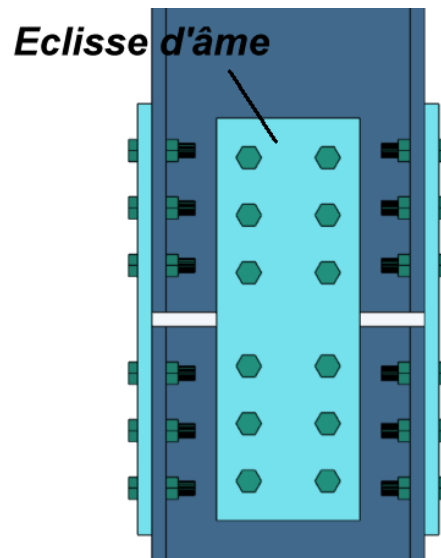


FIGURE 3.17 – Eclissage d'un poteau - vue de face

Ce type d'assemblage (fig.3.16 et fig.3.17) est réalisé afin d'obtenir un encastrement entre deux éléments identiques. Une application possible est la réalisation de poteau de grande hauteur par assemblage de différents éléments dont la longueur est limitée par les contraintes de transport ou de traitement de surface.

Les âmes des deux poteaux sont liées entre elles par des plaques nommées "éclisses". De même les semelles sont respectivement reliées par l'intermédiaire d'éclisses extérieures (et si besoin intérieures).

3.2 Assemblages non structuraux

3.2.1 Assemblage rotulé entre un poteau et une poutre

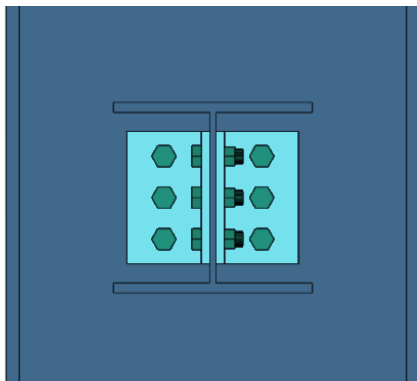


FIGURE 3.18 – Articulation poteau-poutre par cornières boulonnées sur l'âme du poteau - vue de face

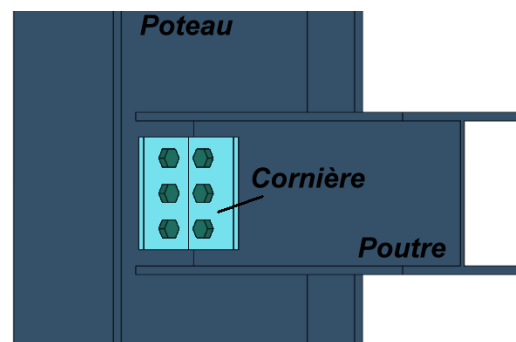


FIGURE 3.19 – Articulation poteau-poutre par cornières boulonnées sur l'âme du poteau - perspective

Le principe est ici de ne relier que l'âme de la poutre au poteau. Les semelles de celle-ci restent libres (fig.3.18 et fig.3.19). Pour cela, on utilise une paire de cornières placées de part et d'autre de l'âme de la poutre et reliées à celle-ci par boulonnage. Les autres ailes des cornières peuvent être soudées ou boulonnées à l'âme du poteau ou sur une de ses semelles (fig.3.20 et fig.3.21).

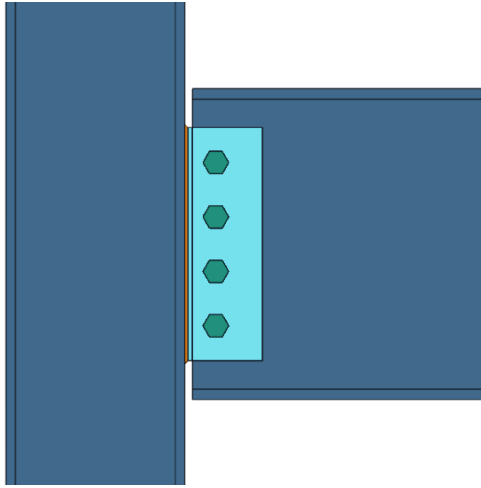


FIGURE 3.20 – Articulation poteau-poutre par cornières soudés sur la semelle du poteau - vue de côté

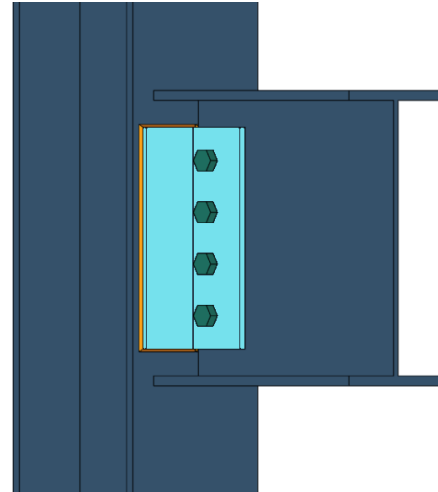


FIGURE 3.21 – Articulation poteau-poutre par cornières soudés sur la semelle du poteau - perspective

3.2.2 Articulation solive-poutre

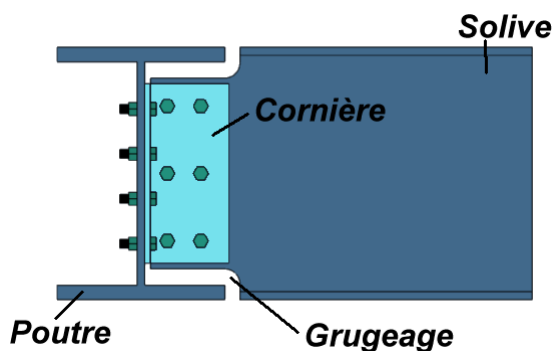


FIGURE 3.22 – Articulation poutre-solive par cornières boulonnés sur l'âme de la poutre - vue de côté

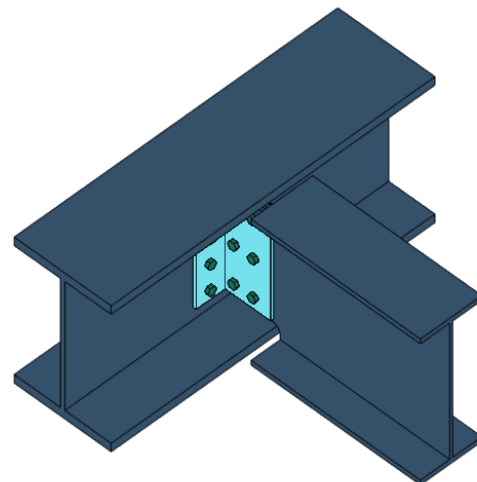


FIGURE 3.23 – Articulation poutre-solive par cornières boulonnés sur l'âme de la poutre - perspective

Le principe est exactement le même que celui vu précédemment. La solive tenue par son âme est reliée à l'aide d'une ou de deux cornières sur l'âme de la poutre. L'une de liaisons peut être une soudure.

Dans le cas de poutre-solive de même dimension il est nécessaire d'effectuer un "grugeage" afin

de pouvoir insérer la solive entre les semelles de la poutre (fig.3.22 et fig.3.23).

3.2.3 Liaison rotule entre une barre de contreventement et un poteau (ou une poutre)

Contreventement à l'aide de cornières en L

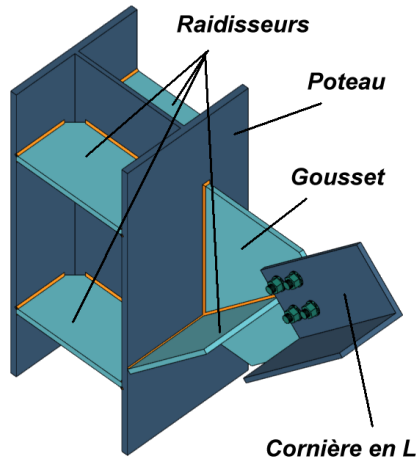


FIGURE 3.24 – Articulation poteau-barre de contreventement en cornières par gousset sur semelle et raidisseurs

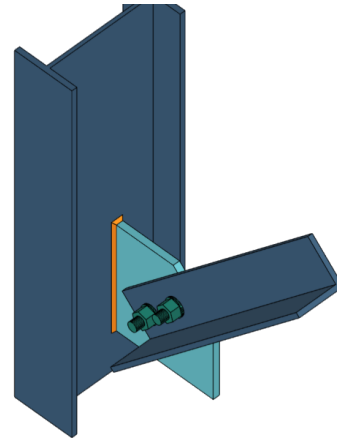


FIGURE 3.25 – Articulation poteau-barre de contreventement en cornières par gousset sur âme

L'usage est de réaliser cet assemblage en soudant une plaque intermédiaire nommée "gousset" sur la semelle ou l'âme du poteau. La cornière est ensuite boulonnée par une ou plusieurs rangées de boulons sur le gousset (fig. 3.24 et 3.25). Dans certains cas il est possible de rigidifier cette liaison, par ajout de raidisseurs sur le gousset et/ou à l'intérieur du poteau (fig.3.24). Exceptionnellement, le gousset peut être soudé à l'extrémité de la cornière et boulonnée sur la semelle du poteau. Dans cette configuration, on peut noter que l'effort normal dans la cornière n'est pas ramené dans l'axe du poteau (fig.3.26), ce qui induira un moment de torsion dans le poteau.

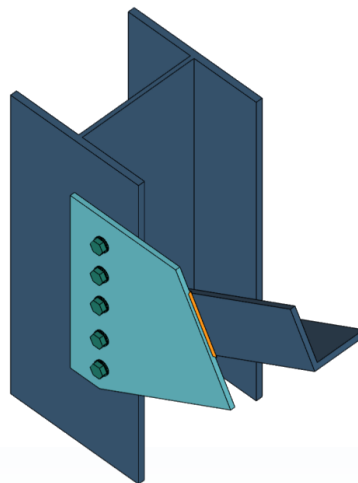


FIGURE 3.26 – Articulation poteau-barre de contreventement en cornières par gousset sur semelle à l'extérieur du poteau

Contreventement à l'aide de tubes ronds ou carrés - montage avec chape sur gousset

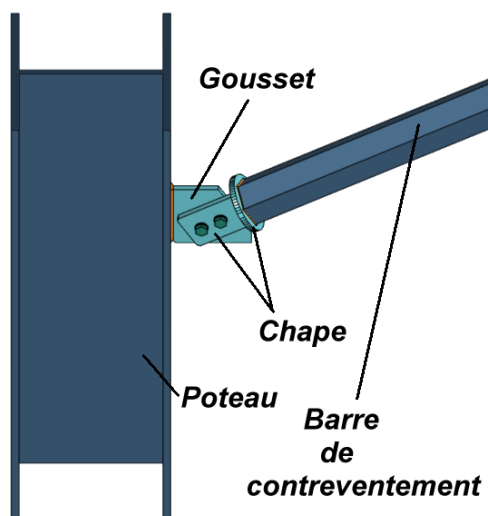


FIGURE 3.27 – Articulation poteau-barre de contreventement en tube rond avec chape sur gousset

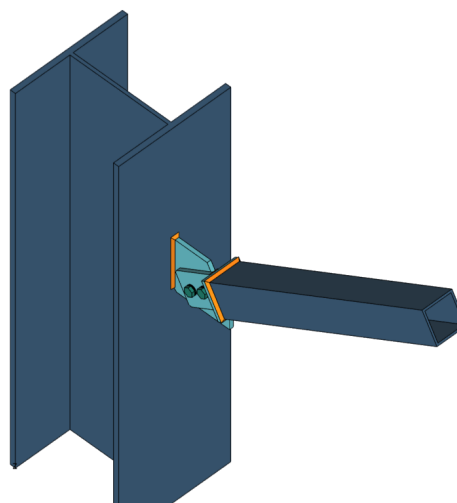


FIGURE 3.28 – Articulation poteau-barre de contreventement en tube carré avec chape sur gousset

La *chape* est constitué de deux plaques soudées perpendiculairement entre elles.

L'une a la forme du tube et est aussi soudée à l'extrémité de celui-ci. L'autre est percée et boulonnée sur le gousset (fig.3.27 et fig.3.28).

Le gousset peut-être soudé sur l'âme ou la semelle du poteau ou de la poutre.

Contreventement à l'aide de tubes ronds ou carrés - montage pénétrant sur gousset

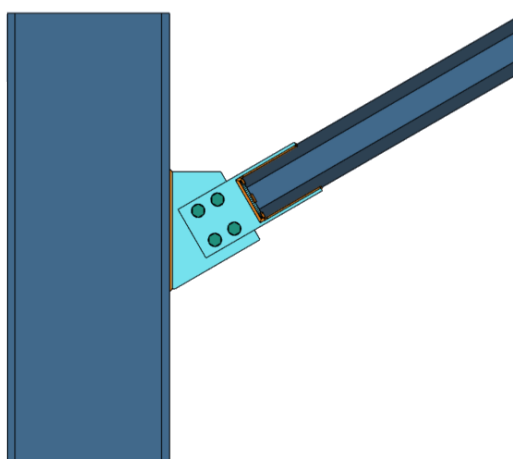


FIGURE 3.29 – Articulation poteau-barre de contreventement en tube rond avec montage pénétrant sur gousset

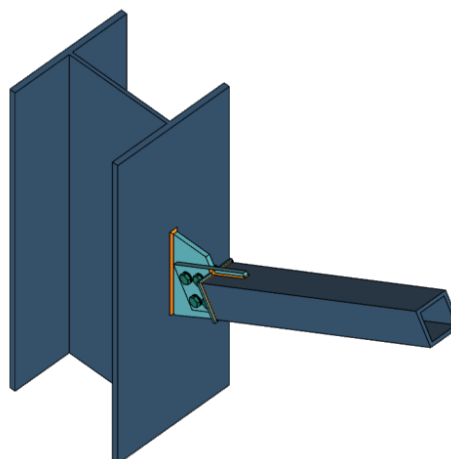


FIGURE 3.30 – Articulation poteau-barre de contreventement en tube carré avec montage pénétrant sur gousset

Une rainure centrale est réalisée selon le diamètre du tube. On vient ensuite souder une plaque dans cette rainure (fig.3.29 et fig.3.30). Cette plaque sera boulonnée sur le gousset.

Par rapport à la liaison précédente, ce type de montage a l'avantage d'offrir une plus grande

longueur de cordon de soudure et permet donc de supporter des efforts plus importants.

Contreventement à l'aide de tubes ronds ou carrés - éclissage sur gousset

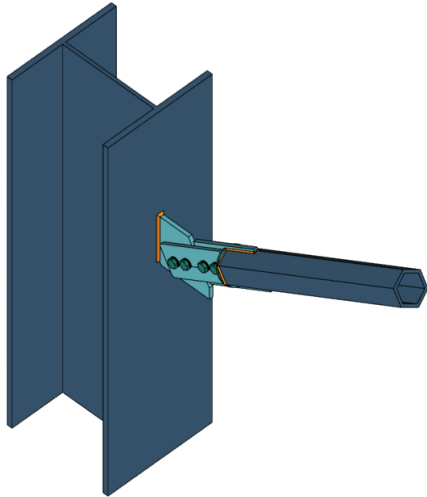


FIGURE 3.31 – Articulation poteau-barre de contreventement en tube rond avec éclissage sur gousset

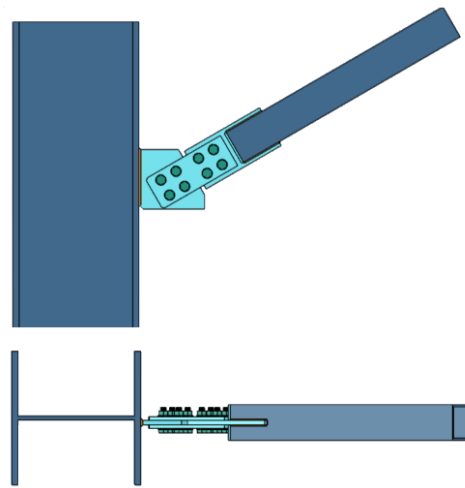


FIGURE 3.32 – Articulation poteau-barre de contreventement en tube carré avec éclissage sur gousset

Ce montage (fig.3.31 et fig.3.32) est très similaire au précédent, mais l'ensemble tube-plaque n'est pas boulonné directement sur le gousset. Une éclissage intermédiaire est utilisé.



Vidéos :

Sur <https://mediakiosque.univ-pau.fr/search/?q=maron>, vous trouverez les vidéos 001, 002, 003, 004, 005 et 010 qui répondent à des questions sur cette partie.



Assimilation :

Afin de vérifier que vous avez assimilé cette partie du cours, vous êtes invité(e)s à effectuer les brevets 001, 002, 003 et 004

Si vous avez des difficultés, veuillez contacter le référent du brevet concerné, dont vous trouverez le contact ici :

https://lite.framacalc.org/cm-isa3_brevetsceintures

il n'y a pas de référent pour ces brevets qui ne font appel qu'à votre mémoire et votre capacité d'observation



Passage de ceinture :

A ce stade d'acquisition du cours, si en présence d'un assemblage donné, vous vous sentez capable :

- d'utiliser le vocabulaire de la construction métallique,
- d'identifier les différents types de liaison.

Alors vous devez être en mesure de présenter la ceinture JAUNE qui validera l'acquisition de ces compétences.

Chapitre 4

Introduction au calcul des assemblages

4.1 Généralités

Les règles de calcul et de conception des assemblages font l'objet de l'EN 1993-1-8.

Un assemblage est une zone de connexion entre deux éléments ou plus de la structure. Il est constitué de plusieurs composants dont chaque élément doit être vérifié et dimensionné afin d'assurer une parfaite transmission des efforts d'une barre à l'autre. Selon la conception de l'assemblage, on peut donc être amené à examiner différents composants : panneaux d'âme, platines d'about, goussets, cornières, éclisses, boulons, rivets, soudures, ...

La conception et le calcul des assemblages est au moins aussi important que le calcul du dimensionnement des pièces constituant l'ouvrage. En cas de défaillance d'un assemblage, c'est le fonctionnement global de la structure qui est remis en cause.

Les liaisons assurées par les assemblages sont théoriquement de trois types :

- Liaison appui simple : une translation et une rotation sont possible. Cette liaison transmet une force perpendiculaire à l'appui et aucun moment.
- Liaison rotule : une rotation est possible. Cette liaison transmet une force de direction quelconque et aucun moment.
- Liaison encastrement : aucun mouvement n'est autorisé. Cette liaison transmet à la fois une force de direction quelconque et un moment.

En réalité, toutes les liaisons permettent plus ou moins des mouvements de translation et de rotation. Pour tenir compte de cette réalité, l'Eurocode 3 introduit la notion de liaisons "semi-rigides" qui ne sera pas abordée dans ce document.

Il existe de nombreux moyens de réaliser un assemblage parmi lesquels on trouve les :

- boulons ordinaires,
- boulons précontraints,
- boulons sertis,
- rivets,
- soudures.

La vérification d'un assemblage consiste à contrôler :

- la résistance des éléments à assembler au niveau de l'assemblage,
- la résistance des pièces constituant l'assemblage (cornières, platines, gousset, éclisses, ...),
- la résistance des éléments permettant la connexion (boulons, rivets, cordons de soudure, ...).

La technologie des boulons à sertir HUCK®

La tige est insérée dans un trou préparé. La bague est positionnée sur la tige. Une fois que l'outil a été placé sur la tige, il est activé.

Le serrage initial est généré par la tête de tige tirée contre le matériau et par la bague poussée par l'enclume contre l'assemblage.

L'appareil sert la bague, augmentant le serrage. La tige de traction se casse et l'installation est terminée.

La résistance à la traction des boulons à sertir HUCK® dépend de la résistance au cisaillement du matériau de la bague et du nombre de rainures remplies.

Processus de pose pour boulons à sertir HUCK®

1. La tige est placée dans le logement. Puis, la bague est placée sur la tige.
2. L'outil est ensuite placé sur la tige de traction puis activé. La douille est plaquée contre les pièces à assembler. L'outil va également plaquer la bague contre l'assemblage. La précontrainte est ainsi générée.
3. L'outil sert la bague sur la tige, ce qui augmente la tension dans l'assemblage.
4. Se produit alors la rupture de la tige de traction, l'installation est par conséquent terminée.

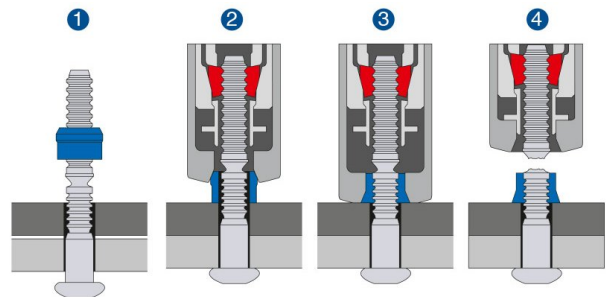


FIGURE 4.1 – Processus de pose pour le boulon à sertir

Rivets de structure HUCK®

Le **rivet de structure** aveugle est inséré dans un trou pré-percé. La tête de tige est tirée dans le corps du rivet et est solidement assemblée au composant. Quand la charge de rupture est atteinte, la tige de traction se rompt lors de l'installation.

La résistance au cisaillement est la combinaison de la résistance de la tige et de la résistance du corps du rivet. Il se produit dans la goupille de cisaillement.

Le corps du rivet bloqué, combiné à la tige résiste aux contraintes axiales, c'est la résistance à la traction.

Processus de pose pour rivets de structure HUCK®

1. Tout d'abord le rivet est placé dans le logement et l'outil est placé sur la tige de traction du rivet.
2. L'outil est activé, la déformation du rivet commence côté aveugle.
3. L'assemblage est mis sous tension, le mécanisme de verrouillage interne se forme.
4. Se produit alors la rupture de la tige de traction, l'installation est par conséquent terminée.

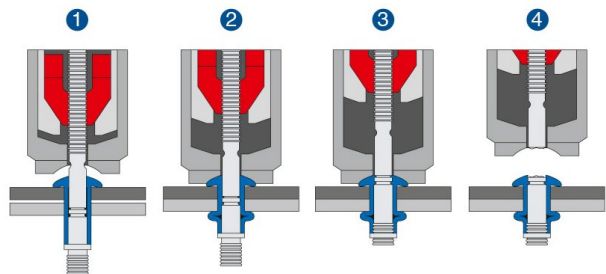


FIGURE 4.2 – Processus de pose pour rivets de structure

4.2 Méthodologie

Un assemblage est constitué de plusieurs pièces et une méthodologie rigoureuse est nécessaire pour en effectuer le dimensionnement.

Dans la pratique, il est conseillé de procéder comme suit :

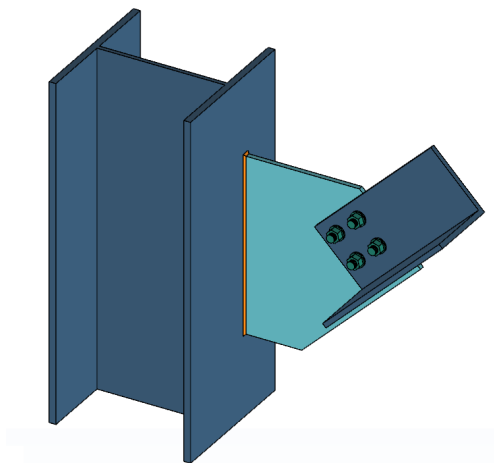
- Vérification des dispositions constructives

Il s'agit ici de vérifier que la réalisation de l'assemblage correspond bien aux hypothèses émises dans l'EN-1993-1-8, et ayant permis de définir les méthodes de calcul. Dans le cas contraire, il est incohérent d'utiliser ces méthodes. Ces vérifications sont essentiellement géométriques. Les dispositions constructives seront détaillées par la suite pour chaque technologie d'assemblage.

- Identification des sous-assemblages

En fait dans un assemblage, on peut souvent distinguer plusieurs sous-assemblages. Un sous-assemblage correspondant à un assemblage de deux pièces seulement. Chacun de ces sous-assemblages va devoir transmettre un torseur d'effort d'une pièce à l'autre. Il sera donc nécessaire dans un premier temps d'identifier ces couples de pièces.

Par exemple :



Si on considère l'assemblage d'une cornière de contreventement sur un poteau, on peut ici distinguer deux sous-assemblages :

- **l'assemblage gousset-poteau** : c'est un assemblage soudé.
- **l'assemblage cornière-gousset** : C'est un assemblage boulonné.

FIGURE 4.3 – Assemblage d'une cornière de contreventement sur un poteau

Comme second exemple, considérons l'assemblage articulé d'une poutre sur un poteau. On peut ici distinguer deux sous-assemblages :

- **l'assemblage poteau-cornières** :
c'est un assemblage boulonné.
- **l'assemblage cornières-poutre** :
c'est un assemblage boulonné.

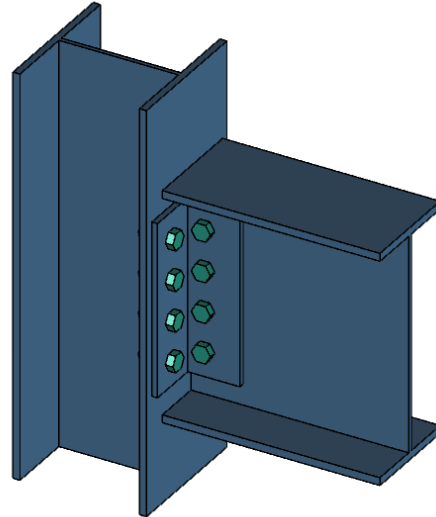


FIGURE 4.4 – Assemblage articulé poutre-poteau

Assimilation :



Afin de vérifier que vous avez assimilé cette partie du cours, vous êtes invité(e)s à effectuer les brevets 005 ,006, 007 et 008

Si vous avez des difficultés, veuillez contacter le référent du brevet concerné, dont vous trouverez le contact ici :

https://lite.framacalc.org/cm-isa3_brevetsceintures

- Identification des torseurs d'efforts correspondant à chacun des sous assemblages

Dans un second temps, il est nécessaire de déterminer les torseurs des efforts que doivent transmettre chacun de ces sous-assemblages. Ces torseurs d'effort doivent être calculés au centre de chaque sous assemblage.

On rappelle que si un torseur en un point O est exprimé dans une base orthonormée directe $b(\vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ par :

une résultante $\vec{R} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}$ et un moment $\vec{M}(O) \begin{pmatrix} L \\ M \\ N \end{pmatrix}$,

son expression au point P dans la même base sera définie par :

La même résultante $\vec{R} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}$ et un moment calculé obtenu en calculant $\vec{M}(P) = \vec{M}(O) + \vec{R} \wedge \vec{OP}$

Par exemple :

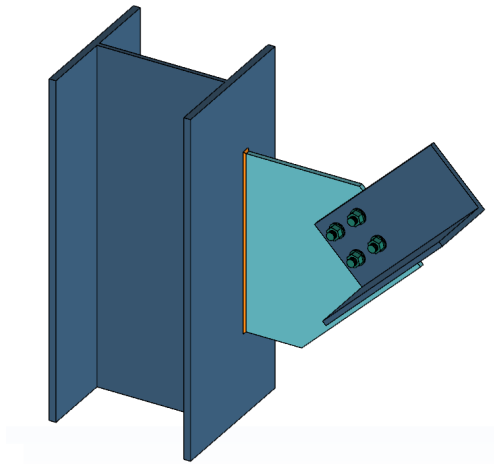


FIGURE 4.5 – Assemblage d'une cornière de contreventement sur un poteau

Pour l'assemblage de la cornière de contreventement (fig.4.5), on connaît en général l'effort de traction-compression exercé dans l'axe du tube.

- pour l'assemblage soudé, le torseur des efforts à transmettre devra être calculé au milieu de la soudure située sur la surface de contact entre le gousset et la semelle de l'IPE,
- pour l'assemblage boulonné, le torseur des efforts à transmettre par l'ensemble des boulons doit être calculé au centre géométrique des axes de boulons. Ensuite, on identifiera le boulon le plus chargé et l'effort transmis par ce boulon qui sera celui faisant l'objet d'une vérification.

Pour l'assemblage articulé d'une poutre sur un poteau (fig.4.6). Ici le torseur des efforts à transmettre est traditionnellement calculé à l'intersection géométrique des axes de la poutre et du poteau.

- pour l'assemblage poteau-cornières. Le torseur des efforts à transmettre à travers cet assemblage doit être calculé sur le plan de contact entre le poteau et les cornières, au centre géométrique des axes des boulons d'une cornière située dans la semelle du poteau. Attention il faudra tenir compte que chaque cornière participe pour moitié à la transmission du torseur des efforts. Là encore, on identifiera le boulon le plus chargé et l'effort transmis par ce boulon qui devra faire l'objet d'une vérification.

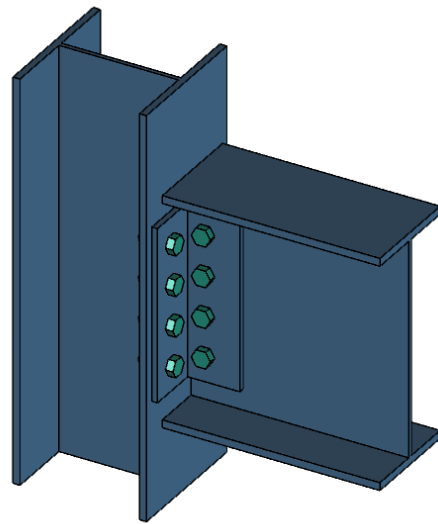


FIGURE 4.6 – Assemblage articulé poutre-poteau

- pour l'assemblage cornières-poutre. Le torseur des efforts à transmettre par l'ensemble des boulons doit être calculé au centre géométrique des axes des boulons situés dans l'âme de la poutre. Ensuite, on identifiera le boulon le plus chargé et l'effort transmis par ce boulon qui devra faire l'objet d'une vérification.

**Vidéos :**

Sur <https://mediakiosque.univ-pau.fr/search/?q=maron>, vous trouverez les vidéos 006 et 009 qui répondent à des questions sur cette partie.

- Vérification de la tenue de chacune des pièces constituant l'assemblage

On peut enfin procéder à la vérification de la tenue de chacune des pièces de l'assemblage en tenant compte des torseurs d'efforts adaptés calculés à l'étape précédente. Cette vérification passe alors également par une réflexion sur les phénomènes présents et donc les vérifications à effectuer. Chaque pièce est spécifique et doit faire l'objet de cette réflexion.

CONSEIL : Avant de se lancer dans les calculs, il est impératif de prendre le temps de réfléchir à la démarche à suivre. Une fois cette réflexion menée, l'utilisation des formules de l'EN 1993-1-8 ne doit pas poser de problème.

**Assimilation :**

Afin de vérifier que vous avez assimilé cette partie du cours, vous êtes invité(e)s à effectuer les brevets 009, 010 et 011

Si vous avez des difficultés, veuillez contacter le référent du brevet concerné, dont vous trouverez le contact ici :

https://lite.framacalc.org/cm-isa3_brevetsceintures

**Passage de ceinture :**

A ce stade d'acquisition du cours, si en présence d'un assemblage donné, vous vous sentez capable de :

- de déterminer les différents couples de sous-assemblages à considérer,
- de donner l'expression du torseur des actions mécaniques que chaque couple de sous-assemblages doit transmettre.

Alors vous devez être en mesure de présenter la ceinture ORANGE qui validera l'acquisition de ces compétences.

Chapitre 5

Les assemblages soudés

5.1 Définitions et hypothèses

Il existe deux familles d'assemblages soudés :

- Ceux pour lesquels les joints sont conçus de façon à ce qu'il y ait continuité de la matière, ce qui implique des usinages adéquats à réaliser avant la soudure, figure 5.1. Dans ces cas, la vérification n'est pas nécessaire puisqu'on considère qu'il y a continuité de la matière.

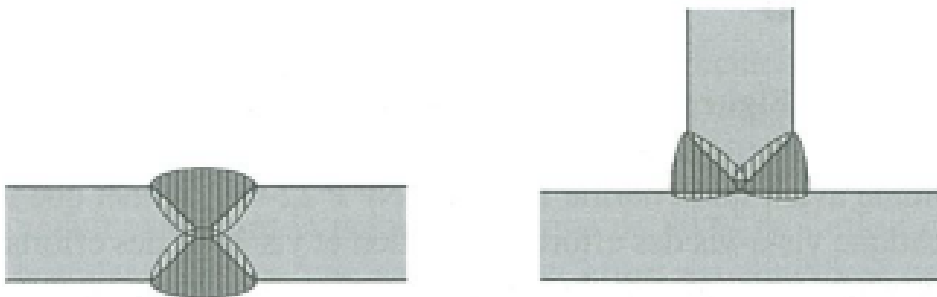


FIGURE 5.1 – Joint de soudure à double pénétration

- Ceux pour lesquels la transmission des efforts s'effectue à travers des cordons d'angle constitués de dépôts métalliques formant des dièdres entre les faces des pièces à assembler, figure 5.2. Dans ce cas une vérification du dimensionnement du cordon de soudure est nécessaire.

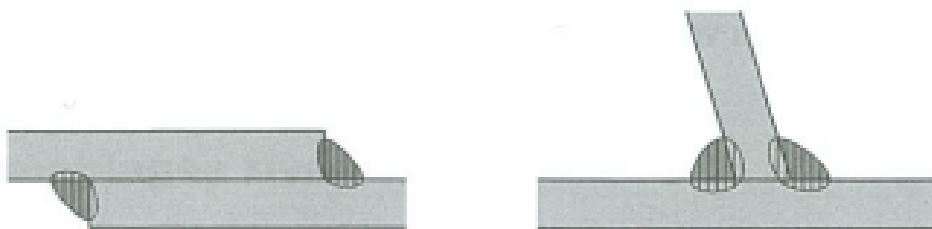


FIGURE 5.2 – Joint de soudure à cordons d'angle

Dans la suite de ce cours, nous ne traiterons que des soudures d'angle. Les assemblages soudés de tubes creux type treillis ne sont pas traités non plus dans le cadre de ce cours.

5.2 Recommandations constructives

- Le métal déposé lors de la soudure doit avoir une résistance au moins égale à celles des pièces à souder.
- L'angle entre les faces doit être compris entre 60° et 120° .
- L'épaisseur minimale des pièces à souder est de 4 mm ; 2,5 mm pour les profils creux
- La gorge minimale est de 3 mm
- Le cordon à une longueur minimale de 30 mm et de 6 fois la gorge.
- Des raisons techniques de soudage imposent des valeurs mini et maxi des gorges. Ces valeurs sont identifiables grâce à l'abaque de G. Steinberg reproduit en figure 5.3.

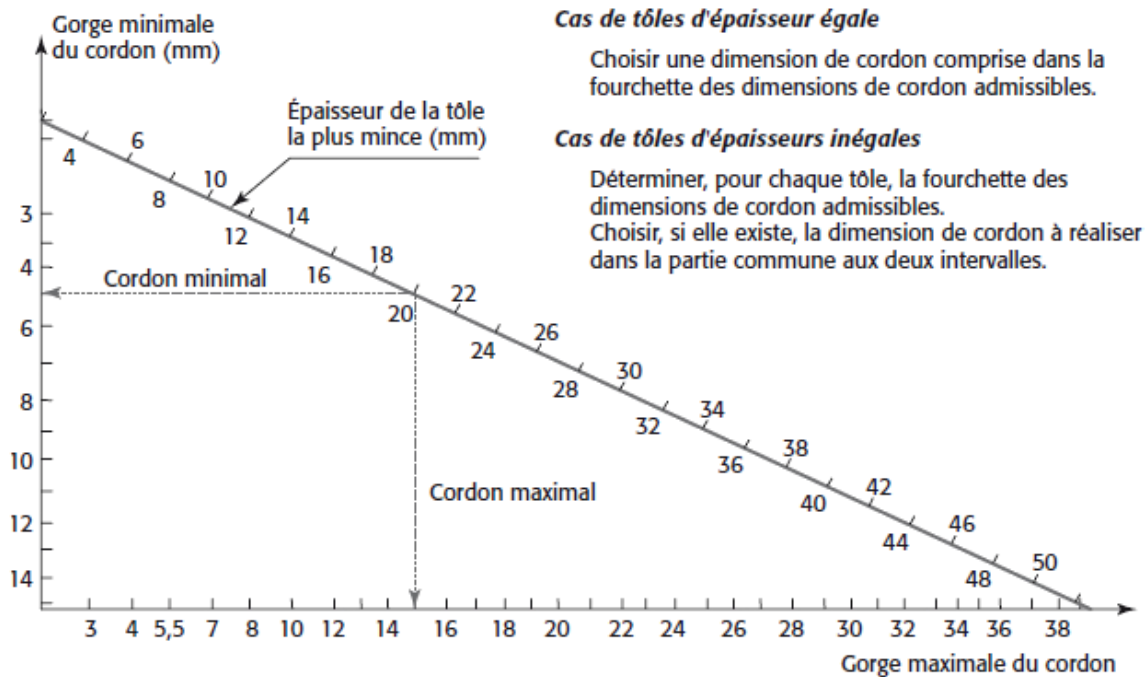


FIGURE 5.3 – Abaque de G. Steinberg. Valeur mini et maxi des gorges en fonction des épaisseurs des pièces à assembler



Vidéos :

Sur <https://mediakiosque.univ-pau.fr/search/?q=maron>, vous trouverez les vidéos 016 et 017 qui répondent à des questions sur cette partie.

5.3 Vérification des soudures d'angle

5.3.1 Détermination du vecteur contrainte

Le principe des deux méthodes de calculs présentées ci-dessous s'appuie sur la connaissance du vecteur contrainte $\vec{C}_{Ed}$ en un point d'une tranche de plan de gorge. Ce vecteur contrainte est calculé à partir des expressions des sollicitations F_{Ed} et M_{Ed} exercées par une des pièces sur l'autre et calculées à l'ELU.

La vérification de la résistance d'une soudure d'angle est basée sur une analyse des contraintes existantes sur une section plane offrant une surface de métal minimale comptée en partant de la racine, jusqu'à la surface du cordon (Figure 5.4). Cette distance minimale (de la racine au cordon) est appelée **gorge utile** notée a .

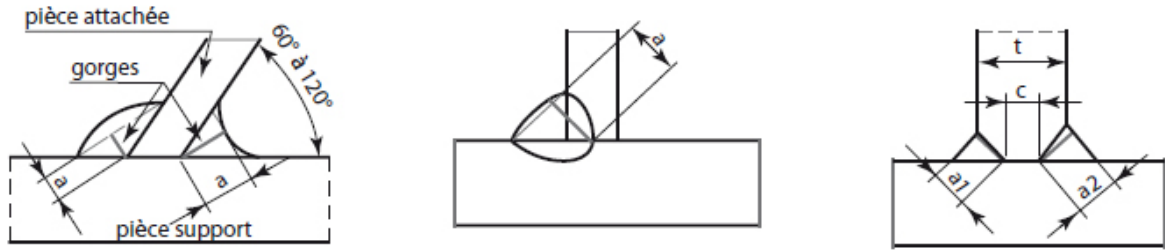


FIGURE 5.4 – Gorges utiles

La longueur efficace du cordon est notée *longueur efficace*, l_{eff} , et est égale à $l_{eff} = L_{cordon} - 2.a$

On peut alors définir l'*aire de gorge*, notée A_w telle que :

$$A_w = \sum a.l_{eff}$$



Vidéos :

Sur <https://mediakiosque.univ-pau.fr/search/?q=maron>, vous trouverez les vidéos 012, 014 et 015 qui répondent à des questions sur cette partie.

5.3.2 Méthode directionnelle

Le vecteur contrainte $\vec{C}_{Ed}$ dans la section de gorge peut-être décomposé en :

- Une contrainte normale perpendiculaire au plan de gorge $\sigma_{\perp}$,
- Une contrainte tangentielle située dans le plan de gorge et dirigée selon l'axe transversal $\tau_{\perp}$,
- Une contrainte tangentielle située dans le plan de gorge et dirigée selon l'axe longitudinal $\tau_{\parallel}$

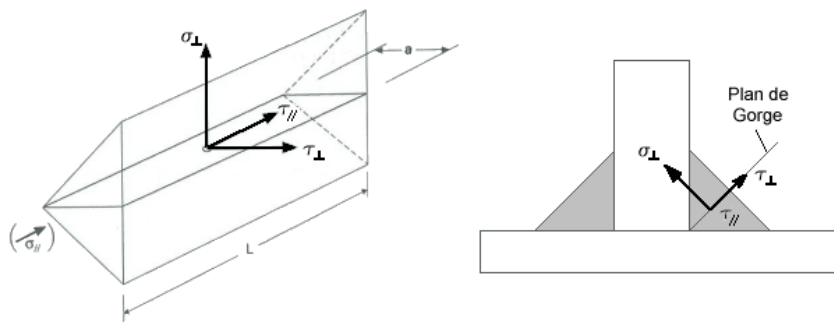


FIGURE 5.5 – Contraintes dans le cordon

On calcule ensuite une contrainte équivalente selon un critère de Von Mises, soit :

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3.(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)}$$

qui doit rester inférieure à une valeur limite, telle que :

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3.(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

Vérification à laquelle on ajoute également la condition dite de critère hydrostatique (même si celle-ci est rarement déterminante) :

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

Les valeurs de f_u et β_w sont données dans le tableau 5.1 ci dessous.

γ_{M2} est le coefficient partiel de sécurité en assemblage de l'EUROCODE 3, fixé pour la France à $\gamma_{M2} = 1,25$.

TABLE 5.1 – Contraintes limites et coefficients de corrélation pour les cordons de soudures

Nuances de l'acier de base	S235	S275	S355	S420	S460
Limite de rupture f_u (N/mm ²)	360	430	490	540	560
Coefficient de corrélation β_w	0,8	0,85	0,90	1,00	1,0



Vidéos :

Sur <https://mediakiosque.univ-pau.fr/search/?q=maron>, vous trouverez les vidéos 008 et 018 qui répondent à des questions sur cette partie.

5.3.3 Méthode simplifiée

La sollicitation dans le cordon est ici exprimée par $f_{w,Ed}$, valeur de l'effort par unité de longueur du cordon. On peut donc exprimer $f_{w,Ed}$ en (N/m) par :

$$f_{w,Ed} = a \cdot C_{Ed}$$

Les conditions de Von Mises et de critère hydrostatique sont ici exprimées par la comparaison de $f_{w,Ed}$ avec $f_{R,Ed}$, résistance du cordon par unité de longueur, telles que :

$$f_{w,Ed} \leq f_{R,Ed} = a \cdot \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

avec β_w et f_u donnés dans le tableau 5.1.

Remarque : Cette méthode peut surdimensionner des cordons d'une valeur $\sqrt{3}/\sqrt{2}$, soit environ 22%.

5.4 Hypothèse d'une répartition uniforme du vecteur contrainte

On suppose ici que le **vecteur contrainte est uniformément réparti sur la surface de gorge**. On peut alors écrire :

$$C_{Ed} = \frac{F_{w,Ed}}{A_w}$$

5.4.1 Cas des cordons latéraux

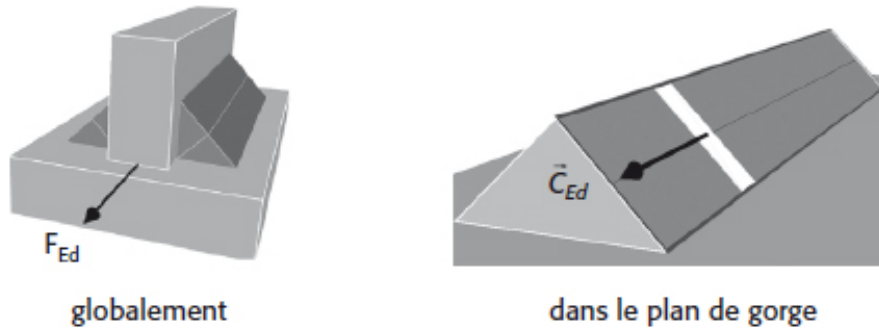


FIGURE 5.6 – Cordon latéral

On parle de cordons latéraux (figure 5.6), lorsque la sollicitation F_{Ed} est parallèle à l'axe longitudinal des cordons et que le vecteur contrainte C_{Ed} est de plus uniforme.

Dans ce cas la décomposition du vecteur contrainte en contraintes donne :

- Une contrainte normale perpendiculaire au plan de gorge $\sigma_{\perp} = 0$,
- Une contrainte tangentielle située dans le plan de gorge et dirigée selon l'axe transversal $\tau_{\perp} = 0$,
- Une contrainte tangentielle située dans le plan de gorge et dirigée selon l'axe longitudinal $\tau_{\parallel} = C_{Ed} = \frac{F_{w,Ed}}{A_w}$

L'application de la méthode directionnelle donne ici :

$$F_{Ed} \leq F_{R,Ed} = \frac{A_w \cdot f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

5.4.2 Cas des cordons frontaux

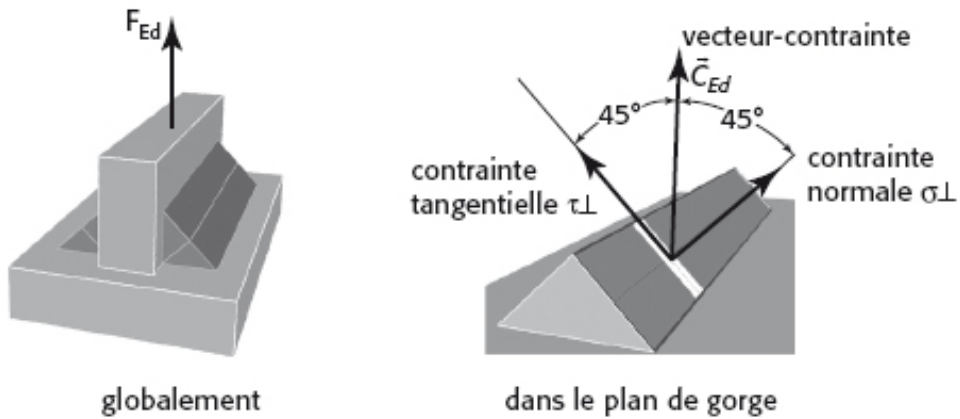


FIGURE 5.7 – Cordon frontal

On parle de cordons frontaux (figure 5.7), lorsque la sollicitation F_{Ed} et la pièce attachée sont perpendiculaires à la pièce support et que le vecteur contrainte C_{Ed} est de plus uniforme. Dans ce cas la décomposition du vecteur contrainte en contraintes donne :

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = C_{Ed} \cdot \cos 45 = \frac{F_{Ed}}{A_w \cdot \sqrt{2}}$$

et

$$\tau_{\parallel} = 0$$

L'application de la méthode directionnelle donne alors :

$$F_{Ed} \leq F_{R,Ed} = \frac{A_w \cdot f_u}{\sqrt{2} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

5.4.3 Cas des cordons obliques

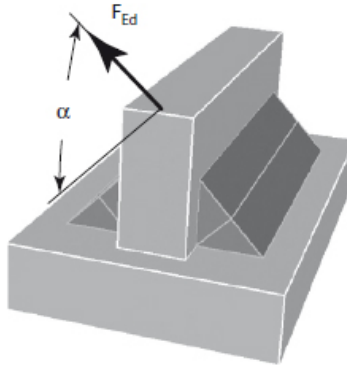


FIGURE 5.8 – Cordons obliques

Si la sollicitation F_{Ed} se trouve dans le plan de la pièce attachée (figure 5.8), on dit que les cordons sont obliques et on peut alors utiliser :

$$F_{Ed} \leq F_{R,Ed} = \frac{A_w \cdot f_u}{\sqrt{3 - \sin^2 \alpha} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

avec α l'angle entre la sollicitation et l'axe longitudinal des cordons.

5.4.4 Cas des cordons quelconques centrés

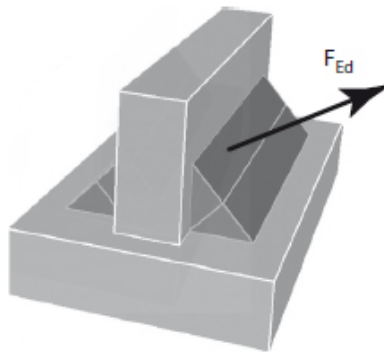


FIGURE 5.9 – Cordons centrés

Les cordons sont dits quelconques centrés (figure 5.9) lorsque la sollicitation F_{Ed} est de direction quelconque par rapport au plan de la pièce et hors de ce plan. L'angle entre les pièces peut également être quelconque.

On peut alors utiliser la méthode simplifiée, soit :

$$F_{Ed} \leq F_{R,Ed} = \frac{A_w \cdot f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

5.4.5 Cas des groupes de cordons centrés

On appelle *groupe de cordons centrés* la situation où le joint soudé entre les deux pièces est composé de plusieurs cordons de types différents. On travaille sous l'hypothèse d'une contrainte uniforme dans l'ensemble des cordons, ce qui implique des cordons dont les valeurs de gorge sont sensiblement identiques, des pièces de rigidité uniforme et une action centrée. On peut alors utiliser la formule de la vérification simplifiée avec A_w représentant l'Aire totale des plans de gorge.

$$F_{Ed} \leq F_{R,Ed} = \frac{A_w \cdot f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$



Assimilation :

Afin de vérifier que vous avez assimilé cette partie du cours, vous êtes invité(e)s à effectuer les brevets 012, 013, 014 et 015

Si vous avez des difficultés, veuillez contacter le référent du brevet concerné, dont vous trouverez le contact ici :

https://lite.framacalc.org/cm-isa3_brevetsceintures

5.5 Hypothèse du cordon à pleine résistance

On parle de cordon à pleine résistance, lorsque le cordon de soudure a la même résistance que la pièce rapportée.

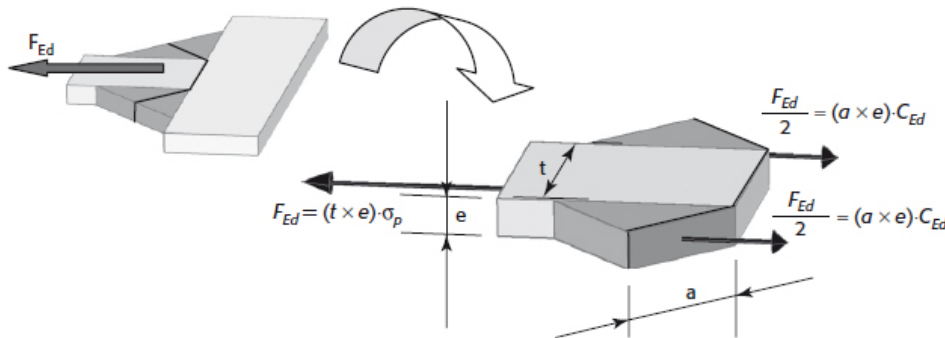


FIGURE 5.10 – Tranche d'un cordon en soudure frontale

Dans le cas d'un cordon frontal, on peut regarder ce qui se passe sur une soudure de longueur e de l'ensemble composé d'une pièce support, d'une pièce rapportée et de deux cordons que l'on supposera coupés dans le plan de gorge. (figure 5.10, la longueur e est dessinée petite pour une meilleure lisibilité du dessin). La force de traction exercée sur la pièce rapportée peut être exprimée par :

$$F_{Ed} = A \cdot \sigma_p = (t \cdot e) \cdot \sigma_p$$

avec A l'aire de la section de la pièce rapportée, t sa largeur, e sa longueur (et celle du cordon) et σ_p la contrainte normale dans cette pièce sur une surface perpendiculaire à l'effort F_{Ed} .

Selon l'Eurocode la contrainte maximale dans la pièce σ_p peut s'exprimer par :

$$\sigma_p = \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

Le morceau isolé est en équilibre, chaque cordon est déposé de façon symétrique, donc chaque

cordon de soudure reprend $F_{Ed}/2$. Le vecteur contrainte sur chaque plan de gorge peut donc s'exprimer par l'effort qu'il reprend $F_{Ed}/2$ divisé par la surface du cordon $a.e$:

$$C_{Ed} = \frac{F_{Ed}/2}{a.e} = \frac{F_{Ed}}{2.a.e}$$

soit en remplaçant F_{Ed} par son expression :

$$C_{Ed} = \frac{f_y.t}{2.a.\gamma_{M0}}$$

Ce vecteur contrainte est dans le plan horizontal de la figure 5.10 et orienté à 45° par rapport au plan de gorge. Dans ce cas, la décomposition du vecteur contrainte en contraintes normale et tangentielles (cf. Figure 5.5) donne :

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = C_{Ed}.\cos 45 = \frac{f_y.t}{2.a.\sqrt{2}.\gamma_{M0}}$$

et

$$\tau_{\parallel} = 0$$

En utilisant le critère de résistance de VonMises et en appliquant la condition à respecter de la méthode directionnelle à ce résultat, on aboutit finalement à :

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3.(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w.\gamma_{M2}}$$

soit :

$$a \geq t. \frac{f_y.\beta_w.\gamma_{M2}.\sqrt{2}}{2.f_u.\gamma_{M0}}$$

Les cordons qui respectent cette condition sont dits "à pleine résistance", ce qui signifie que les cordons ont la même résistance que la pièce.

Cette dernière relation entre a et t permet en fonction de la limite élastique des pièces de dresser le tableau 5.2 ci dessous. On supposera cette relation également applicable dans les cas où l'action locale est de direction quelconque. Par contre dans le cas où la tranche est latérale, on réduit ces valeurs (voir la dernière ligne du tableau).

TABLE 5.2 – relation entre a et t pour les cordons à pleine résistance

Nuances de l'acier de base	S235	S275	S355
pleine résistance - cordons doubles frontaux	$a = 0,46.t$	$a = 0,48.t$	$a = 0,55.t$
pleine résistance - cordons doubles latéraux	$a = 0,33.t$	$a = 0,34.t$	$a = 0,39.t$

Remarque : On peut noter que dans le cas d'un cordon unilatéral les valeurs préconisées dans le tableau 5.2 sont à multiplier par 2.



Assimilation :

Afin de vérifier que vous avez assimilé cette partie du cours, vous êtes invité(e)s à effectuer le brevet 016

Si vous avez des difficultés, veuillez contacter le référent du brevet concerné, dont vous trouverez le contact ici :

https://lite.framacalc.org/cm-isa3_brevetsceintures

Passage de ceinture :

A ce stade d'acquisition du cours, si en présence d'un assemblage donné, vous vous sentez capable de :



- de vérifier les dispositions constructives et donc de valider l'utilisation des méthodes de calcul de l'EC3,
- de justifier l'utilisation d'une formule de calcul simplifiée pour des cas simples,
- d'appliquer une formule de calcul simplifiée pour des cas simples,
- d'appliquer la théorie du cordon à pleine résistance,

Alors vous devez être en mesure de présenter la ceinture VERTE qui validera l'acquisition de ces compétences.

5.6 Application de la méthode directionnelle aux cordons doubles avec action excentrée

On se place ici dans le cas où un gousset d'épaisseur t est soudé sur un support par **deux cordons** de longueur l .

La force transmise par la liaison ne passe pas par le centre de la soudure. Au centre O des cordons de soudure, on peut la représenter par un effort normal à la pièce support N_{Ed} selon l'axe (O, z) , un effort tangentiel au plan de la pièce support V_{Ed} selon l'axe (O, y) et un moment M_{Ed} selon l'axe (O, x) (Figure 5.11).

Nous allons maintenant décomposer chacun de ces efforts selon des contraintes $\sigma_{\perp}$, $\tau_{\perp}$ et $\tau_{\parallel}$ correspondant aux projections sur un système d'axes liés au plan de gorge.

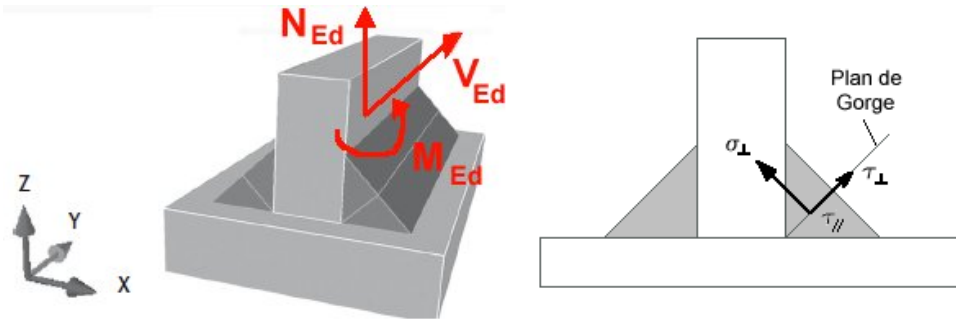


FIGURE 5.11 – Axes du système

- La composante N_{Ed} correspond à une sollicitation frontale, on a donc :

$$\sigma_{\perp} = \frac{F_{Ed}}{A_w} \cdot \cos 45^{\circ} = \frac{N_{Ed}}{2 \cdot a \cdot l} \cdot \cos 45^{\circ} = \frac{N_{Ed}}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot a \cdot l}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{F_{Ed}}{A_w} \cdot \sin 45^{\circ} = \frac{N_{Ed}}{2 \cdot a \cdot l} \cdot \sin 45^{\circ} = \frac{N_{Ed}}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot a \cdot l}$$

et

$$\tau_{\parallel} = 0$$

- La composante V_{Ed} correspond à une sollicitation latérale, soit :

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 0$$

et

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{Ed}}{A_w} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot a \cdot l}$$

- Le moment M_{Ed} crée dans le gousset une contrainte maximale dirigée selon l'axe (O,z) :

$\sigma_{z_{max}}$

$$\sigma_{z_{max}} = \frac{M_{Ed} \cdot y_{max}}{I_x} = \frac{M_{Ed} \cdot l/2}{t \cdot l^3/12} = \frac{M_{Ed}}{t \cdot l^2/6}$$

L'équilibre d'une tranche du cordon (figure 5.12) permet d'écrire que :

$$C_{Ed} \cdot 2a = \sigma_{z_{max}} \cdot t$$

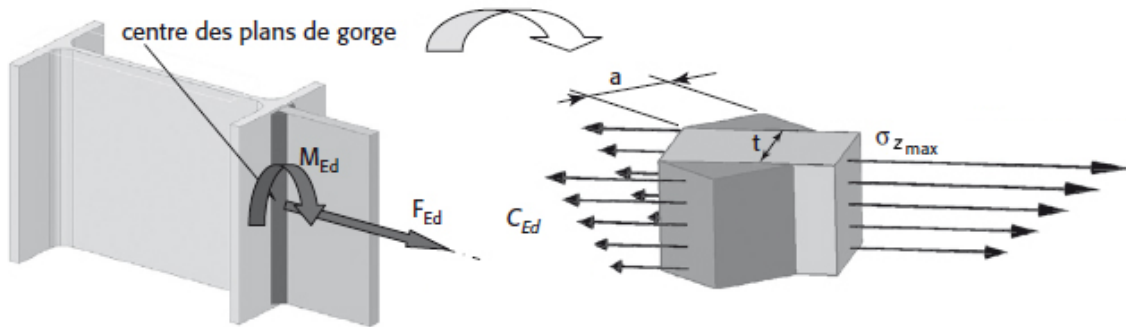


FIGURE 5.12 – Equilibre d'une tranche du cordon

On en déduit l'expression du vecteur contrainte C_{Ep} dans le plan de gorge, dirigé selon l'axe (O,z) :

$$C_{Ed} = \sigma_{z_{max}} \cdot \frac{t}{2a}$$

d'où

$$C_{Ed} = \sigma_{z_{max}} \cdot \frac{t}{2a} = \frac{M_{Ed}}{t \cdot l^2/6} \cdot \frac{t}{2a} = \frac{3 \cdot M_{Ed}}{a \cdot l^2}$$

d'où on peut en déduire

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = C_{Ed} \cdot \cos 45 = \frac{3 \cdot M_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot a \cdot l^2}$$

et

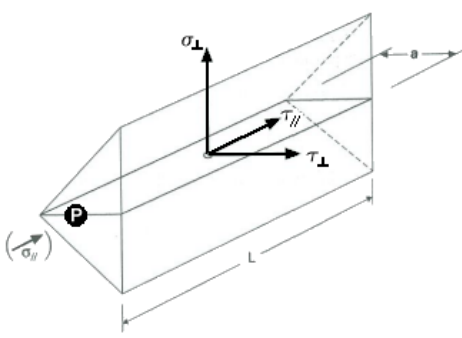
$$\tau_{\parallel} = 0$$

Au final on peut dresser le tableau des composantes de la contrainte dans le plan de gorge 5.5 :

Remarque :

Attention les formules inscrites dans ce tableau correspondent aux hypothèses précédentes, c'est à dire à une pièce soudée des deux côtés par deux cordons de longueur efficace l .

TABLE 5.3 – Tableau des composantes de la contrainte dans le plan de gorge

N, V et M sont les composantes de l'action à transmettre, calculée au centre de la soudure	Soudure en T par double cordon d'angle de gorge a et de longueur l		
Composante frontale N_z selon l'axe (O,z)	$\sigma_{\perp} = \frac{N}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot a \cdot l}$	$\tau_{\perp} = \frac{N}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot a \cdot l}$	$\tau_{\parallel} = 0$
Composante latérale V_y selon l'axe (O,y)	$\sigma_{\perp} = 0$	$\tau_{\perp} = 0$	$\tau_{\parallel} = \frac{V}{2 \cdot a \cdot l}$
Moment M_x autour de l'axe (O,x), valeur en P	$\sigma_{\perp} = \frac{3 \cdot M}{\sqrt{2} \cdot a \cdot l^2}$	$\tau_{\perp} = \frac{3 \cdot M}{\sqrt{2} \cdot a \cdot l^2}$	$\tau_{\parallel} = 0$

Après avoir fait les **totaux correspondants à chacune des contraintes $\sigma_{\perp}$, $\tau_{\perp}$ et $\tau_{\parallel}$** , on applique ensuite les critères de résistance vus précédemment

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

et

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$



Vidéos :

Sur <https://mediakiosque.univ-pau.fr/search/?q=maron>, vous trouverez les vidéos 019 et 020 qui répondent à des questions sur cette partie.

5.7 Guide de bonnes pratiques

Dans cette partie du cours, nous allons examiner des cas de figures particuliers, pour lesquels il existe plusieurs façons de procéder au calcul. La méthode couramment retenue par la majorité des bureaux d'études sera dite "Méthode à utiliser".

5.7.1 Soudures tubulaires

Considérons un poteau constitué d'un tube rectangulaire soudé sur une platine permettant de le fixer sur une fondation. Le torseur des efforts exercés par le poteau sur la platine comprend des forces N_{Ed} , $V_{z,Ed}$ et un moment $M_{y,Ed}$ autour de l'axe fort $y - y$ du poteau.

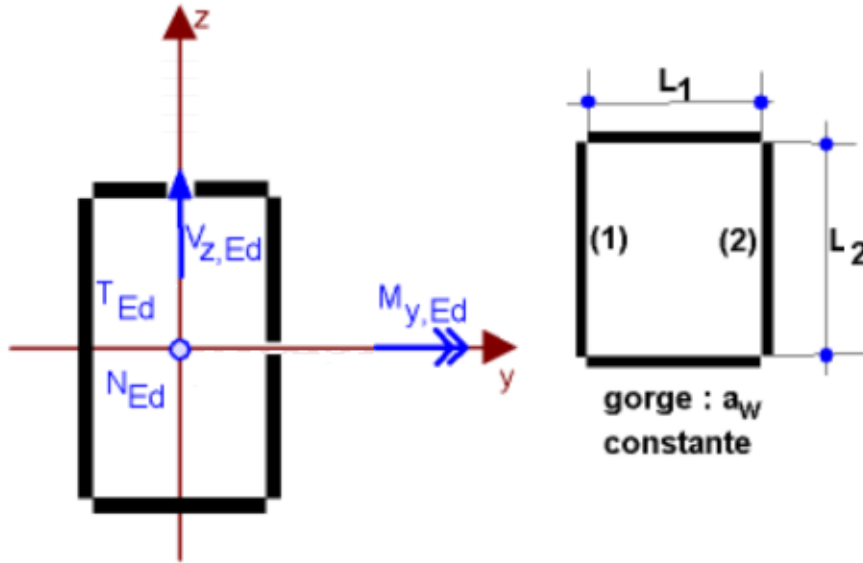


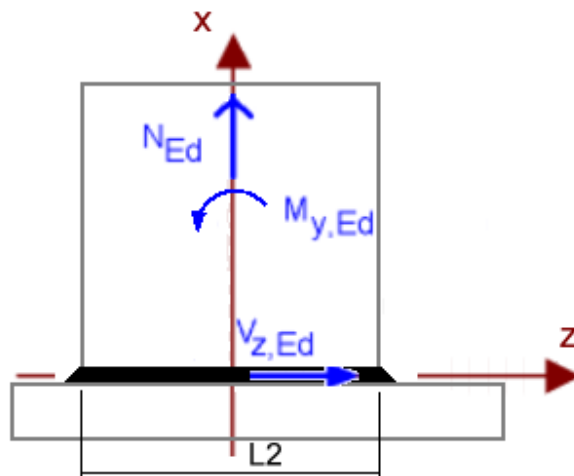
FIGURE 5.13 – Soudure d'un tube rectangulaire

La vérification des cordons de soudure pourrait être abordée selon deux approches différentes :

- La première approche consiste à considérer que le moment $M_{y,Ed}$ est repris par les soudures d'axes $z - z$, figure 5.13.
- La seconde approche consiste à considérer que le moment $M_{y,Ed}$ est repris par les soudures d'axes $y - y$, figure 5.13.

Les soudures d'axe $z - z$ reprennent le moment $M_{y,Ed}$ autour de l'axe $y - y \Rightarrow$ Ne pas utiliser cette méthode

Dans cette configuration, les soudures qui reprennent le moment $M_{y,Ed}$ sont perpendiculaires à l'axe du moment. Le vecteur contrainte dans ces soudures n'est pas uniforme. La méthode de vérification à utiliser est donc la méthode directionnelle.

FIGURE 5.14 – Soudure d'un tube rectangulaire-vue selon l'axe $y - y$

- L'effort N_{Ed} est repris par l'ensemble des soudures. La portion reprise par les deux cordons d'axe $z - z$ est donc égale à :

$$N_{zz,Ed} = \frac{N_{Ed} \cdot L_2}{L_1 + L_2}$$

- L'effort $V_{z,Ed}$ est repris par les soudures d'axe $z - z$ en tant qu'effort latéral
- Le moment $M_{y,Ed}$ est également repris par ces soudures

On peut alors dresser le tableau des composantes pour les deux cordons de soudure d'axe $z - z$:

TABLE 5.4 – Tableau des composantes de la contrainte dans le plan de gorge pour les deux cordons de soudure d'axe $z - z$

Composante frontale N_x selon l'axe (O,x)	$\sigma_{\perp} = \frac{N_{zz,Ed}}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot a \cdot l}$	$\tau_{\perp} = \frac{N_{zz,Ed}}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot a \cdot l}$	$\tau_{\parallel} = 0$
Composante latérale $V_{z,Ed}$ selon l'axe (O,y)	$\sigma_{\perp} = 0$	$\tau_{\perp} = 0$	$\tau_{\parallel} = \frac{V_{z,Ed}}{2 \cdot a \cdot l}$
Moment $M_{y,Ed}$ autour de l'axe (O,y)	$\sigma_{\perp} = \frac{3 \cdot M_{y,Ed}}{\sqrt{2} \cdot a \cdot l^2}$	$\tau_{\perp} = \frac{3 \cdot M_{y,Ed}}{\sqrt{2} \cdot a \cdot l^2}$	$\tau_{\parallel} = 0$
Totaux	$\sigma_{\perp} = \frac{N_{zz,Ed}}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot a \cdot l} + \frac{3 \cdot M_{y,Ed}}{\sqrt{2} \cdot a \cdot l^2}$	$\tau_{\perp} = \frac{N_{zz,Ed}}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot a \cdot l} + \frac{3 \cdot M_{y,Ed}}{\sqrt{2} \cdot a \cdot l^2}$	$\tau_{\parallel} = \frac{V_{z,Ed}}{2 \cdot a \cdot l}$

Après avoir fait les totaux correspondants à chacune des contraintes $\sigma_{\perp}$, $\tau_{\perp}$ et $\tau_{\parallel}$, on applique ensuite les critères de résistance vus précédemment

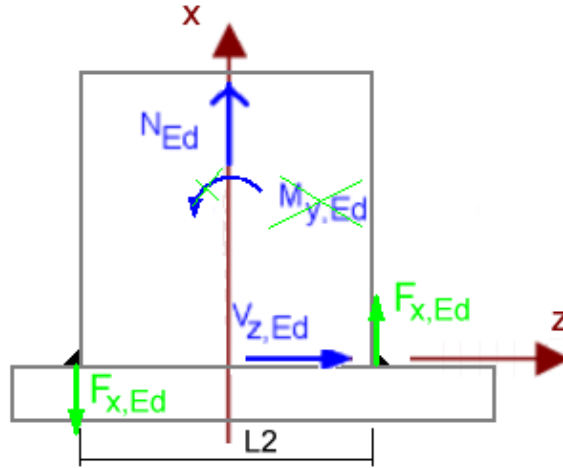
$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

et

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

Les soudures d'axe $y - y$ reprennent le moment $M_{y,Ed}$ autour de l'axe $y - y \Rightarrow$ Méthode à utiliser

Dans cette configuration, les soudures qui reprennent le moment $M_{y,Ed}$ sont parallèles à l'axe du moment. Le moment exercé sur ces soudures est équivalent à un couple de forces $F_{x,Ed}$, tel que $M_{y,Ed} = L_2 \cdot F_{x,Ed}$ faisant travailler ces soudures en frontal. Le vecteur contrainte dans chacune des quatre soudures peut être considéré comme uniforme. La méthode de vérification à utiliser peut être là aussi la méthode directionnelle.

FIGURE 5.15 – Soudure d'un tube rectangulaire-vue selon l'axe $y-y$

- La portion de N_{Ed} reprise par chacun des cordons de soudure d'axe $y-y$ est donc égale à :

$$N_{yy,Ed} = \frac{N_{Ed} \cdot L_1}{2 \cdot (L_1 + L_2)}$$

- L'effort V_{Ed} est toujours repris par les deux cordons de soudure d'axe $z-z$ en tant qu'effort latéral
- Le moment $M_{y,Ed}$ est transformé en un couple de forces $F_{x,Ed}$. Ces forces sont reprises par chacun des cordons de soudure d'axe $y-y$. Pour l'un des cordons cette force va s'ajouter à la force $N_{yy,Ed}$ (ce sera le plus sollicité) et pour l'autre, elle va se soustraire.

On peut alors dresser le tableau des composantes :

TABLE 5.5 – Tableau des composantes de la contrainte dans le plan de gorge pour le cordon de soudure d'axe $y-y$ le plus sollicité

Composante frontale N_x selon l'axe (O,x)	$\sigma_{\perp} = \frac{N_{yy,Ed} + F_{x,Ed}}{\sqrt{2} \cdot a \cdot l}$	$\tau_{\perp} = \frac{N_{yy,Ed} + F_{x,Ed}}{\sqrt{2} \cdot a \cdot l}$	$\tau_{\parallel} = 0$
Composante latérale $V_{z,Ed}$ selon l'axe (O,y)	$\sigma_{\perp} = 0$	$\tau_{\perp} = 0$	$\tau_{\parallel} = 0$
Moment $M_{y,Ed}$ autour de l'axe (O,y)	$\sigma_{\perp} = 0$	$\tau_{\perp} = 0$	$\tau_{\parallel} = 0$
Totaux	$\sigma_{\perp} = \frac{N_{yy,Ed} + F_{x,Ed}}{\sqrt{2} \cdot a \cdot l}$	$\tau_{\perp} = \frac{N_{yy,Ed} + F_{x,Ed}}{\sqrt{2} \cdot a \cdot l}$	$\tau_{\parallel} = 0$

Après avoir fait les totaux correspondants à chacune des contraintes $\sigma_{\perp}$, $\tau_{\perp}$ et $\tau_{\parallel}$, on applique ensuite les critères de résistance vus précédemment

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

et

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

5.7.2 Soudure d'un gousset de stabilité

Considérons maintenant l'assemblage d'une barre de stabilité au pied d'un poteau, dont le gousset est soudé à la fois sur la semelle du poteau et sur la platine du pied de poteau. La longueur efficace des soudures verticales sur le poteau est L_2 , tandis que celle des soudures horizontales sur la platine est L_1

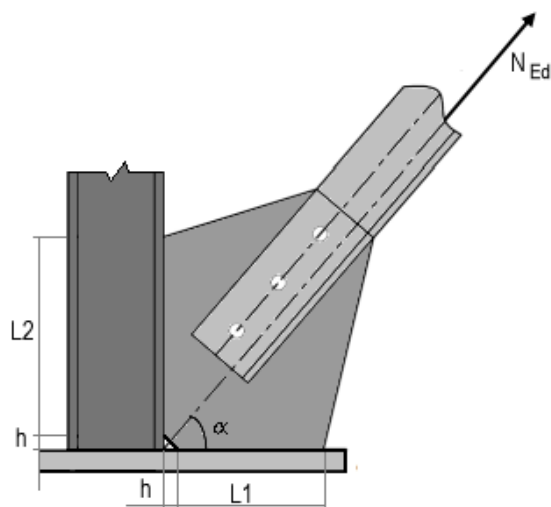
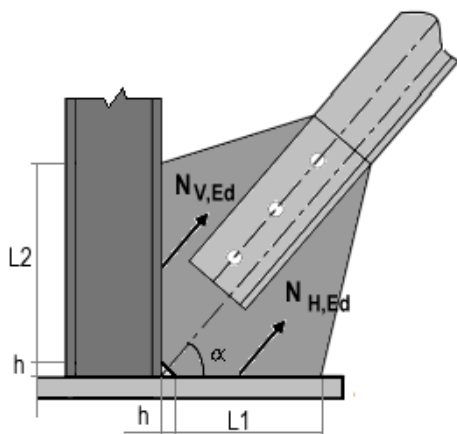


FIGURE 5.16 – Soudure d'une barre de contre-ventement

L'effort est réparti dans les deux cordons au prorata de leurs longueurs => Ne pas utiliser cette méthode



L'effort N_{Ed} est la somme d'un effort $N_{H,Ed}$ exercé sur le cordon horizontal et d'un effort $N_{V,Ed}$ exercé sur le cordon vertical. On détermine ces efforts par les relations :

$$N_{H,Ed} = \frac{N_{Ed} \cdot L_1}{L_1 + L_2}$$

et

$$N_{V,Ed} = \frac{N_{Ed} \cdot L_2}{L_1 + L_2}$$

Chacune de ces soudures travaille alors en cordon centré. On vérifie la tenue de chacune de ces soudures par la méthode simplifiée ou la méthode détaillée.

FIGURE 5.17 – Efforts répartis sur les deux cordons

Le cordon horizontal reprend la composante verticale, tandis que le cordon vertical reprend la composante horizontale => Ne pas utiliser cette méthode

Là encore, on décompose l'effort de traction-compression dans la barre de contreventement selon une composante horizontale $F_h = N_{Ed} \cdot \cos \alpha$, reprise ici par la soudure verticale de longueur L_2 et une composante verticale $F_v = N_{Ed} \cdot \sin \alpha$, reprise par la soudure horizontale de longueur L_1 .

Chacune de ces soudures travaille alors en effort frontal. On vérifiera la tenue de chacune de ces soudures par la méthode simplifiée ou la méthode détaillée.

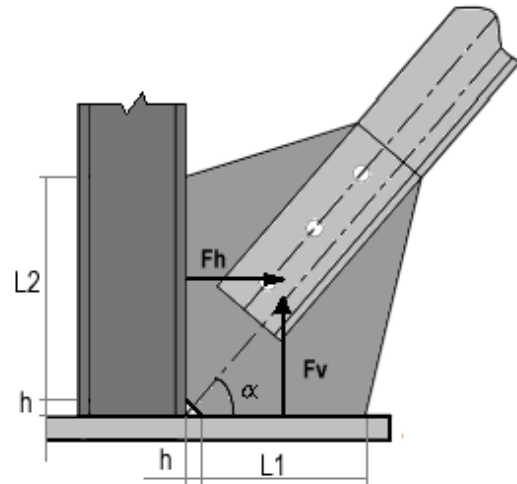


FIGURE 5.18 – Effort projeté et réparti sur les deux cordons-Travail en frontal

Le cordon horizontal reprend la composante horizontale, tandis que le cordon vertical reprend la composante verticale => Méthode à utiliser

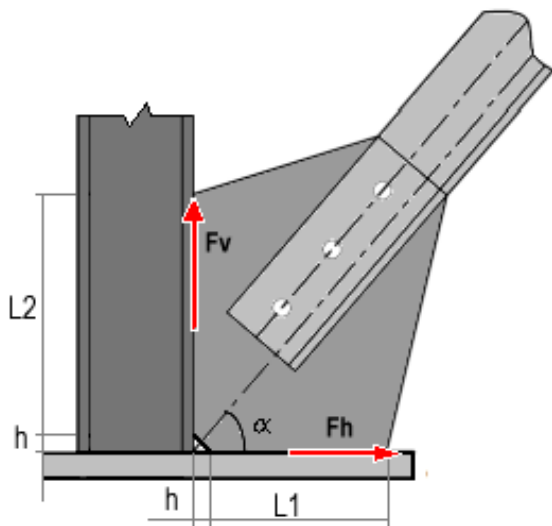


FIGURE 5.19 – Effort projeté et réparti sur les deux cordons-Travail en latéral

Cette méthodologie de calcul suppose que le semelle du poteau et la platine sont rigides dans leur plan et souples hors de leur plan. Dans ces conditions, chaque cordon transmet l'effort dans le plan de la pièce support.

On décompose l'effort de traction-compression dans la barre de contreventement selon une composante horizontale $F_h = N_{Ed} \cdot \cos \alpha$, reprise par la soudure horizontale de longueur L_1 et une composante verticale $F_v = N_{Ed} \cdot \sin \alpha$, reprise par la soudure verticale de longueur L_2 . Chacune de ces soudures travaille alors en effort latéral. On vérifie la tenue de chacune de ces soudures par la méthode simplifiée ou la méthode détaillée.

Assimilation :

Afin de vérifier que vous avez assimilé cette partie du cours, vous êtes invité(e)s à effectuer les brevets 017, 018 et 019

Si vous avez des difficultés, veuillez contacter le référent du brevet concerné, dont vous trouverez le contact ici :

https://lite.framacalc.org/cm-isa3_brevetsceintures



Passage de ceinture :

A ce stade d'acquisition du cours, si en présence d'un assemblage donné, vous vous sentez capable de :

- d'exprimer des hypothèses plausibles concernant la répartition des efforts dans la ou les soudures à vérifier,
- d'énumérer les différentes vérifications nécessaires au contrôle de la tenue de l'assemblage selon l'EUROCODE 3,
- d'appliquer les formules correspondantes afin de vérifier la tenue de l'assemblage soudé.



Alors vous devez être en mesure de présenter la ceinture BLEUE qui validera l'acquisition de ces compétences.

Chapitre 6

Les assemblages boulonnés

6.1 Dispositions constructives

Les principales caractéristiques géométriques des boulons utilisées en construction métallique sont données dans le tableau 6.1 ci dessous :

TABLE 6.1 – Dimensions des boulons courants

Désignations	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30
d	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
d_0 trou normal	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	38,79	44,17	49,56

d diamètre nominal du boulon (partie non filetée) (mm)
 d_0 diamètre du trou nominal (mm)
 A aire de la section de la tige lisse du boulon (mm²)
 A_s section résistante de la partie filetée (mm²)
 d_m moyenne entre la mesure de la tête surangle et surplat pour le calcul de $B_{p,Rd}$
 (valeurs pour les boulons HM uniquement) (mm)

Les règles à respecter concernent les pas (distance entre deux boulons), et les pinces (distance entre un boulon et le bord de la pièce)(figure 6.1). Ces règles sont présentées dans l'EN 1993-1-8 et sont résumées ci dessous.

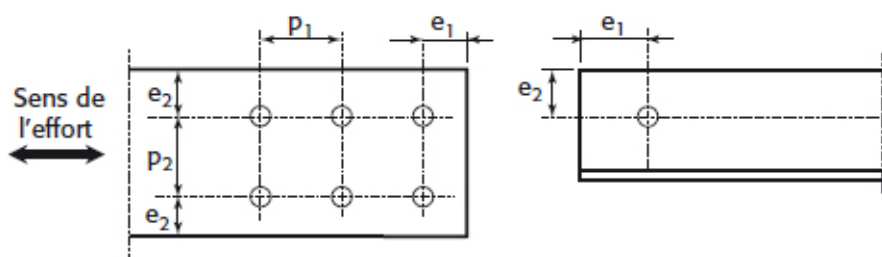


FIGURE 6.1 – Pas et pinces d'un assemblage boulonné

- $e_{1min} = e_{2min} = 1,2.d_0$
- $p_{1min} = 2,2.d_0$
- $p_{2min} = 2,4.d_0$

Dans le cas de pièces soumises à des intempéries ou à une atmosphère corrosive, les valeurs e_1 et e_2 minimales présentées ci dessus doivent être impérativement respectées. Pour les autres cas de pièces, ce sont des recommandations.

Ces dispositions peuvent également être résumées, pour les valeurs les plus courantes, dans le tableau 6.2

TABLE 6.2 – Valeurs minimales des pas et des pinces en (mm)

d	d_0	Valeurs pour lesquelles								
		$1, 2.d_0$	$1, 2.d_0$	$2, 2.d_0$	$2, 4.d_0$	$k_1 = 2, 5$		$\alpha_b = 1$		$\beta_{Lf} = 1$
		e_{1min}	e_{2min}	p_{1min}	p_{2min}	$e_2 >$	$p_2 >$	$e_1 >$	$p_1 >$	$L_j <$
12	13	15,6	15,6	28,6	31,2	19,5	39	39	49	180
14	15	18	18	33	36	22,5	45	45	56	210
16	18	21,6	21,6	39,6	43,2	27	54	54	68	240
18	20	24	24	44	48	30	60	60	75	270
20	22	26,4	26,4	48,4	52,8	33	66	66	83	300
22	24	28,8	28,8	52,8	57,6	36	72	72	90	330
24	26	31,2	31,2	57,2	62,4	39	78	78	98	360
27	30	36	36	66	72	45	90	90	113	405
30	33	39,6	39,6	72,6	79,2	49,5	99	99	124	450

Assimilation :



Afin de vérifier que vous avez assimilé cette partie du cours, vous êtes invité(e)s à effectuer les brevets 020, 021 et 022

Si vous avez des difficultés, veuillez contacter le référent du brevet concerné, dont vous trouverez le contact ici :

https://lite.framacalc.org/cm-isa3_brevetsceintures

6.2 Distribution des efforts dans une série de boulons

d'après ESDEP [21], Groupe de travail 11 " Assemblages sous chargement statique" Leçon 11.4.1, Analyse des assemblage - 1^{re}partie : Distribution élémentaires des efforts.

6.2.1 Cas d'un centre de rotation libre - Moment seul

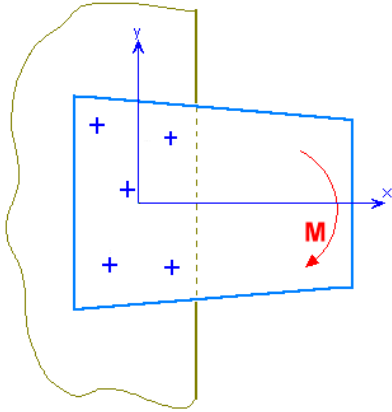


FIGURE 6.2 – Groupe de boulons sollicités par un moment de flexion

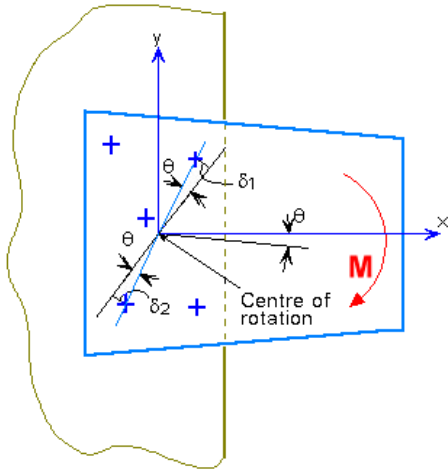


FIGURE 6.3 – Déplacements dus au moment de flexion

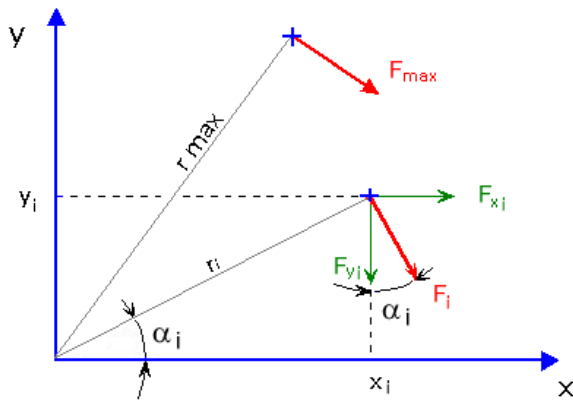


FIGURE 6.4 – Détermination des efforts dans les boulons

Considérons l'assemblage de deux profilés plats par une distribution aléatoire de n boulons. Supposons que cet assemblage est soumis à un moment de flexion M .

Si on fait l'hypothèse que les plats sont rigides par rapport aux connecteurs (boulons), cela revient à dire que la rotation θ est due à la déformation des connecteurs. Les plats tournent alors autour du centre de rotation

On reste dans un cas de petites déformations. On peut donc en déduire que le déplacement δ_i du centre du connecteur i est proportionnel à l'effort $F_{v,i}$ exercé par le plat sur ce connecteur. Soit, avec ϵ_1 le coefficient de proportionnalité :

$$F_{v,i} = \epsilon_1 \cdot \delta_i$$

De plus, le plat tournant autour du centre de rotation, le déplacement δ_i du connecteur i est proportionnel à la distance r_i entre le centre du connecteur et le centre de rotation, soit, avec ϵ_2 le coefficient de proportionnalité :

$$\delta_i = \epsilon_2 \cdot r_i$$

Au final, on en déduit la proportionnalité entre l'effort $\vec{F}_{v,i}$ et le rayon r_i , ce qui permet d'écrire :

$$F_{v,i} = \epsilon_1 \cdot \epsilon_2 \cdot r_i \text{ et } F_{v,max} = \epsilon_1 \cdot \epsilon_2 \cdot r_{max} \text{ soit :}$$

$$\frac{F_{v,i}}{r_i} = \frac{F_{v,max}}{r_{max}}$$

soit encore :

$$F_{v,i} = \frac{F_{v,max}}{r_{max}} \cdot r_i$$

Si on projette cette relation sur l'axe horizontal (O, x) , on obtient :

$$F_{v,i,x} = \frac{F_{v,max}}{r_{max}} \cdot r_i x = \frac{r_i \cdot \sin(\alpha_i)}{r_{max}} \cdot F_{v,max} = y_i \cdot \frac{F_{v,max}}{r_{max}}$$

De même si on projette cette relation sur l'axe vertical (O, y) , on obtient :

$$F_{v,i,y} = \frac{F_{v,max}}{r_{max}} \cdot r_i y = \frac{r_i \cdot \cos(\alpha_i)}{r_{max}} \cdot F_{v,max} = x_i \cdot \frac{F_{v,max}}{r_{max}}$$

l'équilibre de la platine permet d'écrire pour les forces :

sur x : $\sum F_{v,i,x} = 0$, soit $\sum y_i \cdot \frac{F_{v,max}}{r_{max}} = 0$ et donc $\sum y_i = 0$

sur y : $\sum F_{v,i,y} = 0$, soit $\sum x_i \cdot \frac{F_{v,max}}{r_{max}} = 0$ et donc $\sum x_i = 0$

Ces deux relations traduisent que le centre de rotation se trouve au centre de gravité des axes des boulons.

Pour l'équation de moment, on arrive à :

$$M = \sum r_i \cdot F_{v,i}$$

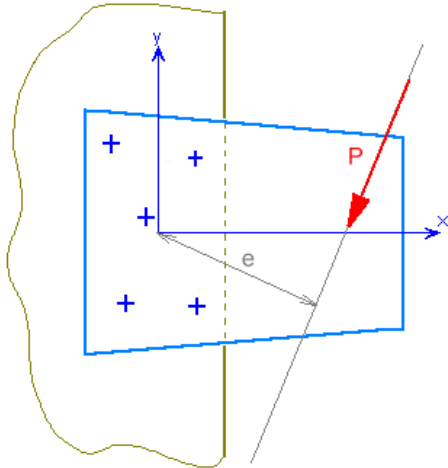
soit

$$M = \frac{\sum r_i^2}{r_{max}} \cdot F_{v,max} = \frac{F_{v,max}}{r_{max}} \cdot \sum r_i^2$$

et au final

$$F_{v,max} = \frac{M \cdot r_{max}}{\sum r_i^2} = \frac{M \cdot r_{max}}{\sum (x_i^2 + y_i^2)}$$

6.2.2 Cas d'un centre de rotation libre - Force excentrée



Considérons maintenant le même système, soumis à un effort excentré P comme le montre la figure 6.5.

On peut remplacer cette charge excentrée P par une charge identique passant par le centre de rotation et un moment $M = P \cdot e$ (Figure 6.6)

FIGURE 6.5 – Groupe de boulons sollicités par une charge excentrée

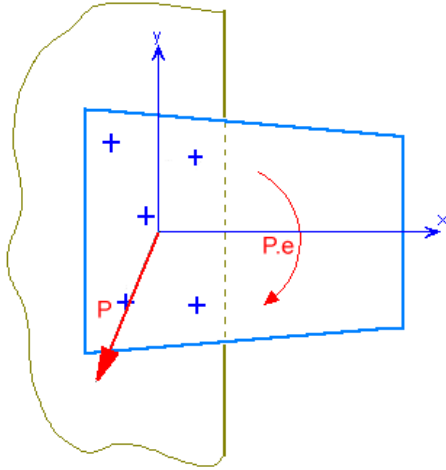


FIGURE 6.6 – Chargement centré équivalent à la charge excentrée

Au final la force recue (ou transmise) par le boulon i peut s'exprimer par :

$$F_{v,i} = \sqrt{(F_{v,i,x,P} + F_{v,i,x,M})^2 + (F_{v,i,y,P} + F_{v,i,y,M})^2}$$

soit :

$$F_{v,i} = \sqrt{\left(\frac{P_x}{n} + y_i \cdot \frac{F_{v,max}}{r_{max}}\right)^2 + \left(\frac{P_y}{n} + x_i \cdot \frac{F_{v,max}}{r_{max}}\right)^2}$$

avec

$$F_{v,max} = \frac{M \cdot r_{max}}{\sum r_i^2} = \frac{M \cdot r_{max}}{\sum (x_i^2 + y_i^2)}$$

Il est alors facile d'identifier le boulon le plus chargé afin de déterminer la charge maximale subie par un boulon.

6.2.3 Cas d'un centre de rotation imposé

Dans un assemblage par platine d'extrémité, du type de celui représenté en Figure 6.7, la différence de raideur entre la zone tendue et la zone comprimée est à prendre en compte. Dans la zone comprimée, l'effort de compression est transmis directement de la semelle de la poutre à l'âme du poteau. Les déformations en zone comprimée sont donc très faibles par rapport à celles qui se développent en zone tendue où la platine et la semelle du poteau se déforment en flexion.

En raison de cette différence de rigidité, le centre de rotation est en fait situé au point (1) de la Figure 6.7.

On peut se placer en sécurité en considérant le centre de rotation au niveau de la dernière rangée de boulons.

Si la platine est épaisse et donc raide, le centre de rotation peut également être localisé à l'extrémité inférieure de la platine.

Dans tous ces cas de figures, on est en présence d'un "centre de rotation imposé".

En écrivant l'équilibre du système, on obtient :

$$M = 2.T_1.h_1 + 2.T_2.h_2 + 2.T_3.h_3 + 2.T_4.h_4 + 2.T_5.h_5 + 2.T_6.h_6$$

Le chargement équivalent obtenu peut être considéré comme la superposition d'un chargement dû à une force centrée P seule et d'un chargement dû à un moment $M = P.e$ seul.

Dans le cas d'un chargement dû à une force centrée seule, on considère une répartition uniforme de celui-ci dans les n boulons, soit si on note P_x et P_y les projections de P sur les axes (O, x) et (O, y) :

$$F_{v,i,x,P} = \frac{P_x}{n} \quad \text{et} \quad F_{v,i,y,P} = \frac{P_y}{n}$$

Les efforts dans les boulons dus au moment seront alors exprimés par :

$$F_{v,i,x,M} = y_i \cdot \frac{F_{v,max}}{r_{max}} \quad \text{et} \quad F_{v,i,y,M} = x_i \cdot \frac{F_{v,max}}{r_{max}}$$

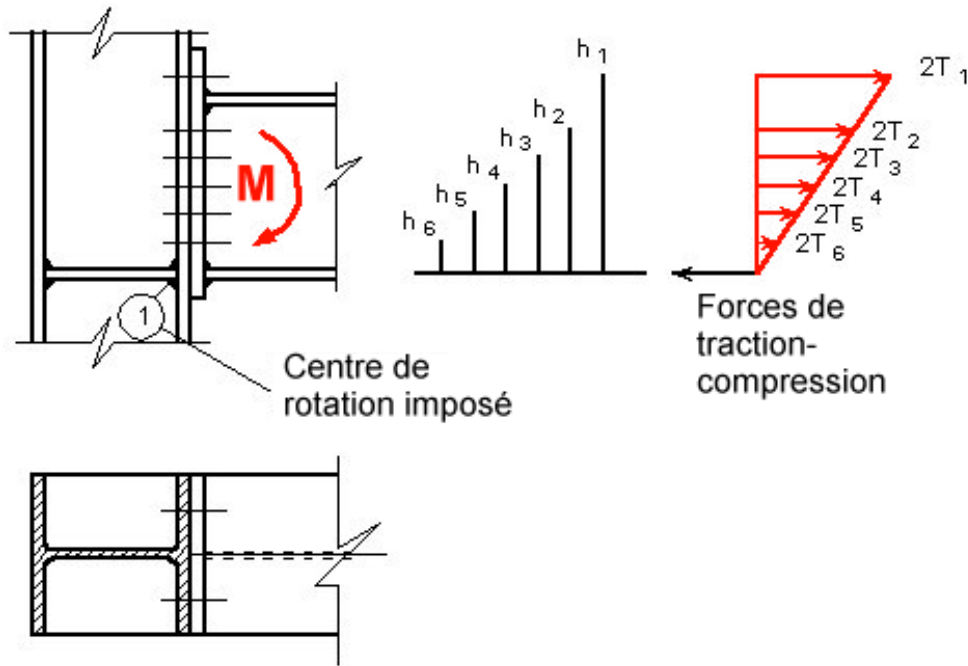


FIGURE 6.7 – Distribution des efforts dans les boulons avec centre de rotation imposé

Si on suppose que chaque rangée de boulons a la même rigidité, les efforts dans les rangées de boulons sont proportionnels à leurs distances par rapport au centre de rotation. Soit pour une rangée i par rapport à un centre de rotation situé au point (1) :

$$\frac{2.T_i}{2.T_1} = \frac{h_i}{h_1} \quad \text{pour } i \text{ de } 1 \text{ à } 6$$

De ces équations, on peut en tirer pour la rangée 1 la plus sollicitée :

$$\frac{2.T_1}{h_1} \cdot \sum h_i^2 = M$$

soit :

$$T_1 = \frac{M.h_1}{2. \sum h_i^2}$$

Remarques : Dans la pratique,

- La raideur des rangées de boulons peut varier considérablement d'une rangée à l'autre. La partie débordante de la platine d'extrémité de la figure 6.8 située au dessus de la semelle de la poutre est beaucoup moins raide que la partie de la platine située sous la semelle et qui bénéficie de la raideur de l'âme. Ainsi donc la rangée de boulons 2 transmet un effort supérieur à celui transmis par la rangée 1.
- Pour des platines peu épaisses, les différences de rigidité entre les rangées de boulons sont nettement plus prononcées et la distribution des efforts dans les rangées est très variables.
- Pour des dimensions "normales" de platine, on peut supposer que l'effort de traction agissant dans la semelle supérieure se répartit de manière identique entre les rangées de boulons 1 et 2.

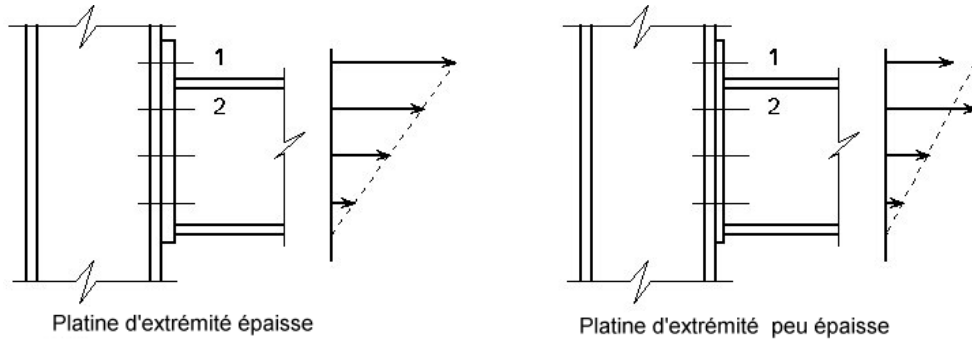


FIGURE 6.8 – Influence de l'épaisseur de la platine d'extrémité sur la distribution des efforts dans les boulons

6.2.4 Cas d'un centre de rotation libre ou imposé

Si N est négatif (poutre en compression) ou petit, le centre de rotation est imposé.

Lorsqu'un assemblage par platine d'extrémité est sollicité simultanément par un moment d'extrémité M et un effort de traction N , les deux situations "centre de rotation libre" ou "centre de rotation imposé" peuvent se rencontrer, selon l'intensité de N (cf. Figure 6.9)

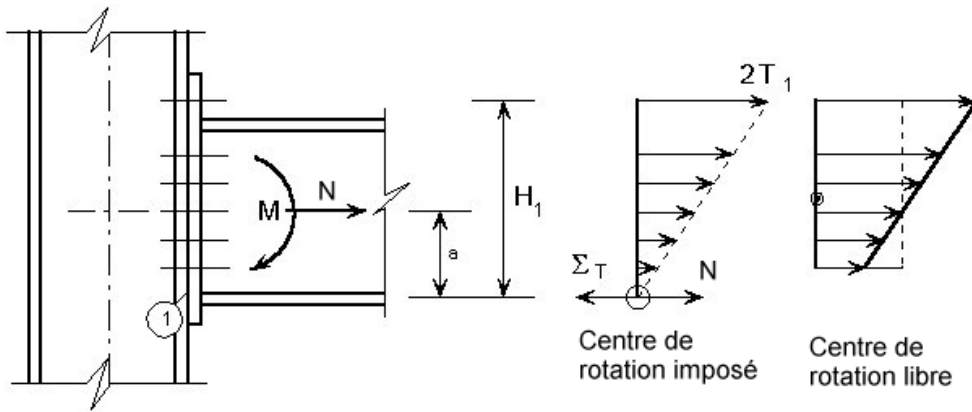


FIGURE 6.9 – Assemblage par platine d'extrémité soumise à un moment M et à un effort normal N

Dans le cas d'un effort N de traction, Nous allons montrer la relation permettant de savoir si le centre de rotation est libre ou imposé.

On suppose alors que l'effort normal N est transmis au niveau du point dur (1).

Dans ce cas le moment de flexion autour du point (1) s'exprime par :

$$M_1 = M + N \cdot a = \frac{2 \cdot T_1}{h_1} \cdot \sum h_i^2$$

avec a , la distance entre l'axe de la poutre et le centre de rotation (1).

Posons :

$$D = \frac{2 \cdot T_1}{h_1} \cdot \sum h_i - N$$

L'équilibre statique des actions horizontales, se traduit par :

$$N = \frac{2.T_1}{h_1} \cdot \sum h_i$$

soit $D = 0$.

Si $D < 0$, soit $N > \frac{2.T_1}{h_1} \cdot \sum h_i$ alors la poutre se déplace légèrement vers la droite et le centre de rotation ne peut plus être imposé.

En combinant les équations précédentes, il en résulte que si :

$$\boxed{\frac{M}{N} + a > \frac{\sum h_i^2}{\sum h_i}} \quad \text{le centre de rotation est imposé}$$

et :

$$\boxed{\frac{M}{N} + a < \frac{\sum h_i^2}{\sum h_i}} \quad \text{le centre de rotation est libre}$$



Assimilation :

Afin de vérifier que vous avez assimilé cette partie du cours, vous êtes invité(e)s à effectuer les brevets 023, 024 et 025

Si vous avez des difficultés, veuillez contacter le référent du brevet concerné, dont vous trouverez le contact ici :

https://lite.framacalc.org/cm-isa3_brevetsceintures



Passage de ceinture :

A ce stade d'acquisition du cours, si en présence d'un assemblage donné, vous vous sentez capable de :

- de vérifier les dispositions constructives et donc de valider l'utilisation des méthodes de calcul de l'EC3,
- d'évaluer les efforts subis par le boulon le plus chargé

Alors vous devez être en mesure de présenter la ceinture MARRON qui validera l'acquisition de ces compétences.

6.3 Classification des assemblages boulonnés

Cinq classes d'assemblages boulonnés ont été définies par l'EN-1993-1-8 :

- Assemblages travaillant au cisaillement
 - Catégorie A : Assemblage travaillant en pression diamétrale
 - Catégorie B : Assemblage résistant au glissement à l'ELS
 - Catégorie C : Assemblage résistant au glissement à l'ELU
- Assemblages travaillant à la traction
 - Catégorie D : Assemblage par boulons ordinaires
 - Catégorie E : Assemblage par boulons précontraints

Le **travail en pression diamétrale** consiste à la transmission de l'effort par le corps du boulon, tandis que lors d'un **travail au glissement** les boulons empêchent les pièces de glisser l'une sur l'autre ; cela nécessite un contrôle du serrage et l'utilisation de boulons haute résistance.

En catégorie B, au-delà de l'ELS, le travail se fait en pression diamétrale et vérification à l'ELU.

6.4 Vérification de la tenue en section des pièces d'assemblage et des barres

6.4.1 Pièces soumises à un effort de traction

- En partie courante, il a été montré dans le cours d'ISA2 (Cf. Tome 1) que la tenue de la section sollicitée en traction est vérifiée par :

$$\boxed{\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \leq 1} \quad \text{avec} \quad N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M_0}}$$

- Au niveau de l'assemblage, il faut vérifier :

$$\boxed{\frac{N_{Ed}}{N_{u,Rd}} \leq 1} \quad \text{avec} \quad N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M_2}}$$

A_{net} représente la surface hors trous de la section concernée, γ_{M_2} est le *facteur partiel de sécurité* pour les assemblages, définie dans l'annexe nationale française à la valeur $\gamma_{M_2} = 1,25$.

- Cas particulier : assemblage boulonné de catégorie C. Au niveau de l'assemblage, il faut vérifier :

$$\frac{N_{Ed}}{N_{net,Rd}} \leq 1 \quad \text{avec} \quad N_{net,Rd} = \frac{A_{net} \cdot f_y}{\gamma_{M_0}}$$

- Cas particulier : cornière simple attachée par une rangée de boulons

- o 1 boulon :

$$\frac{N_{Ed}}{N_{u,Rd}} \leq 1 \quad \text{avec} \quad N_{u,Rd} = \frac{2 \cdot (e_2 - 0,5 \cdot d_0) \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M_2}}$$

- o 2 boulons :

$$\frac{N_{Ed}}{N_{u,Rd}} \leq 1 \quad \text{avec} \quad N_{u,Rd} = \frac{\beta_2 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M_2}}$$

- o 3 boulons :

$$\frac{N_{Ed}}{N_{u,Rd}} \leq 1 \quad \text{avec} \quad N_{u,Rd} = \frac{\beta_3 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M_2}}$$

β_2 et β_3 sont des coefficients minorateurs dont les valeurs peuvent être calculées à partir du tableau 6.3 ci-dessous :

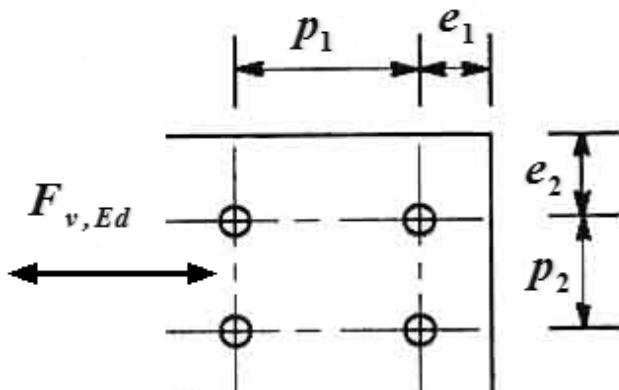


FIGURE 6.10 – Définition des pas et pinces



FIGURE 6.11 – Rupture en traction nette

TABLE 6.3 – Valeurs des coefficients minorateurs β_2 et β_3

Rapport $\frac{p_1}{d_0} = R$	0	2,5	15	∞
Valeur de β_2	0,4	$0,4 + 0,3 \cdot \frac{R-2,5}{2,5}$		0,7
Valeur de β_3	0,5	$0,5 + 0,2 \cdot \frac{R-2,5}{2,5}$		0,7

6.4.2 Pièces soumises à un effort de compression

- Pour les sections de classe 1, 2 et 3, il faut :

$$\boxed{\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1} \quad \text{avec} \quad N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M_0}}$$

- Pour les sections de classe 4, il faut vérifier :

$$\boxed{\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1} \quad \text{avec} \quad N_{c,Rd} = \frac{A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M_0}}$$

A_{eff} représente l'aire efficace de la section.

6.4.3 Pièces soumises à un effort de cisaillement

- Pour les sections où le cisaillement est prépondérant, il faut vérifier :

$$\boxed{\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 1} \quad \text{avec} \quad V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M_0}}$$

A_v représente l'aire de cisaillement de la section.

6.5 Verification de la résistance des pièces au niveau de la zone d'assemblage

6.5.1 Résistance à la rupture par cisaillement de bloc

Dans le cas de pièces tendues, il peut se produire une rupture par *cisaillement de bloc* lorsqu'un bloc de matière se détache de la pièce principale. Ce phénomène fait intervenir une partie tendue et une partie cisailée de la pièce (Figures 6.12 et 6.13).

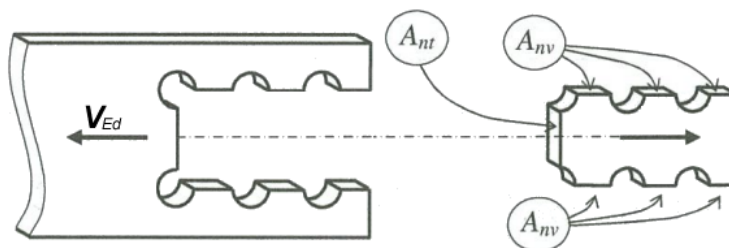


FIGURE 6.12 – Rupture par cisaillement de blocs

- Si le chargement est centré sur la cassure, il faut vérifier :

$$\frac{V_{Ed}}{V_{eff,1,Rd}} \leq 1 \quad \text{avec} \quad V_{eff,1,Rd} = \frac{A_{nt} \cdot f_u}{\gamma_{M_2}} + \frac{A_{nv} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M_0}}$$

- Si le chargement n'est pas centré sur la cassure, il faut vérifier :

$$\frac{V_{Ed}}{V_{eff,2,Rd}} \leq 1 \quad \text{avec} \quad V_{eff,2,Rd} = \frac{A_{nt} \cdot f_u}{2 \cdot \gamma_{M_2}} + \frac{A_{nv} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M_0}}$$

A_{nv} représente l'aire nette cisailée et A_{nt} l'aire nette tendue.



FIGURE 6.13 – Rupture par cisaillement de blocs



FIGURE 6.14 – Rupture par pression diamétrale

6.5.2 Résistance à la rupture par pression diamétrale

Pour les assemblages de catégorie A, la pression exercée par le boulon sur les pièces peut entraîner une déformation et/ou une rupture des pièces assemblées surtout si elles sont de faibles épaisseurs (Figures 6.14 et 6.15).

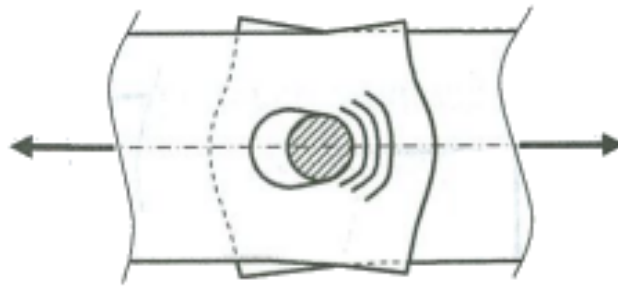


FIGURE 6.15 – Rupture par pression diamétrale

- Pour des assemblages à **simple recouvrement et une seule rangée de connecteurs**, on peut écrire :

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M_2}}$$

- pour les **assemblages courants** y compris en catégorie C, il faut vérifier :

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1 \quad \text{avec} \quad F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M_2}}$$

- $F_{v,Ed}$ est l'effort exercé par le boulon sur les pièces perpendiculairement à son axe. Dans le cas d'un assemblage comportant plusieurs boulons, se reporter au paragraphe 6.2 pour déterminer la valeur de calcul de $F_{v,Ed}$.
- $k_1 = \min \left[(2, 8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1, 7); (1, 4 \cdot \frac{p_2}{d_0}); 2, 5 \right]$
- $\alpha_b = \min \left[(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}); (\frac{p_1}{3 \cdot d_0} - 0.25); \frac{f_{ub}}{f_u}; 1, 0 \right]$
- d est le diamètre du boulon
- d_0 est le diamètre du trou de passage du boulon
- t est la somme des épaisseurs des pièces composant un ensemble de pièces **travaillant "dans le même sens"** . S'il y a plusieurs ensemble de pièces, il convient d'examiner la pression diamétrale sur chacun de ces ensembles.
- f_{ub} est la résistance ultime du boulon
- e_1, p_1, e_2 et p_2 sont respectivement les pinces et entraxes dans la direction de l'effort de traction et perpendiculairement à cet effort (cf. Figure 6.10).

Assimilation :



Afin de vérifier que vous avez assimilé cette partie du cours, vous êtes invité(e)s à effectuer les brevets 026 et 027.

Si vous avez des difficultés, veuillez contacter le référent du brevet concerné, dont vous trouverez le contact ici :

https://lite.framacalc.org/cm-isa3_brevetsceintures

6.6 Vérification de la résistance des boulons

6.6.1 Classe des boulons

Il existe plusieurs classes de boulons reconnues par l'Eurocode 3 : Les classes 4.6, 4.8, 5.6, 5.8, 6.8, 8.8 et 10.9.

Les caractéristiques mécaniques des différentes classes de boulon peuvent être calculées de la façon suivante :

Pour un boulon de classe $X.Y$, sa limite d'élasticité f_{yb} en N/mm^2 est égale à $f_{yb} = 10.X.Y$ et sa résistance ultime à la traction f_{ub} en N/mm^2 est égale à $f_{ub} = 100.X$. Ainsi pour un boulon de classe 5.6, on a $f_{yb} = 300N/mm^2$ et $f_{ub} = 500N/mm^2$.

6.6.2 Résistance des boulons ordinaires

Assemblages de catégorie A : boulons cisailés

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_{Lf} \cdot m \cdot \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M_2}} \quad \text{et} \quad \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,0$$



FIGURE 6.16 – Rupture de boulons par cisaillement

- β_{Lf} est un terme dépendant de la longueur de l'assemblage. les valeurs de β_{Lf} sont comprises entre 0,75 et 1 et peuvent être déterminés à partir du tableau 6.4 ci dessous où L_j représente la distance entre le premier et le dernier boulon et d le diamètre nominal du boulon.

TABLE 6.4 – Valeurs de β_{Lf} avec $0,75 \leq \beta_{Lf} \leq 1,0$

Rapport $\frac{L_j}{d} = R$	0	15	65	∞
Valeur de β_{Lf}	1	$1 - \frac{L_j - 15.d}{200.d}$		0,75

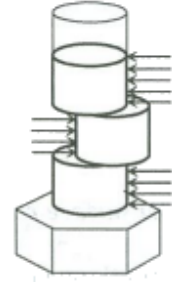


FIGURE 6.17 – Plans de cisaillement d'un corps de boulon

- m est le nombre de plan de cisaillement du boulon.
- α_v est un terme minorateur de f_{ub} :
 - $\alpha_v = 0,5$ pour les boulons de classe 4.8, 5.8, 6.8, et 10.9
 - $\alpha_v = 0,6$ pour les boulons de classe 4.6, 5.6 et 8.8
- $A_s = A$ si le cisaillement a lieu sur la partie non filetée du boulon. En pratique, il est impossible de savoir quel boulon sera réellement utilisé sur le chantier. **Pour le calcul il faut donc toujours prendre A_s**

Assemblages de catégorie D : boulons tendus

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M_2}} \quad \text{et} \quad \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1,0$$

- $k_2 = 0,63$ pour les boulons à tête fraisée et $k_2 = 0,9$ pour les autres boulons
- De plus, on doit vérifier la résistance au poinçonnement :

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M_2}} \quad \text{et} \quad \frac{F_{t,Ed}}{B_{p,Rd}} \leq 1,0$$

- d_m diamètre moyen de la tête de boulon mesuré entre surangle et surplat.
- t_p épaisseur de la pièce poinçonnée par le boulon.

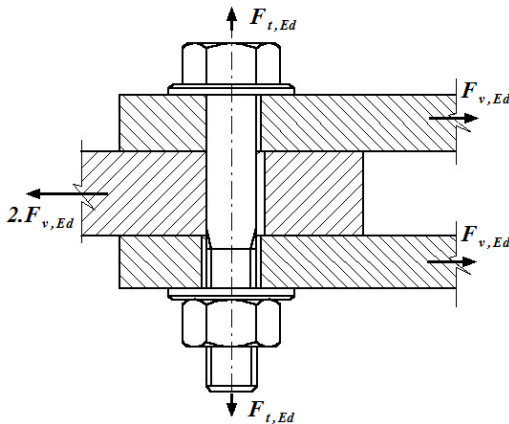


FIGURE 6.18 – Efforts de traction et de cisaillement sur un boulon

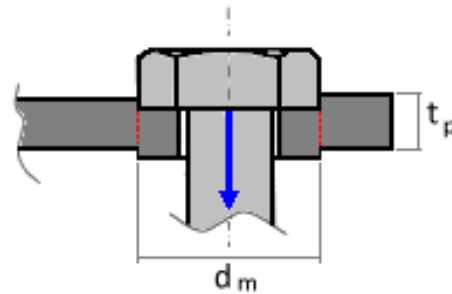


FIGURE 6.19 – Résistance au poinçonnement

Boulons cisailés et tendus

$$\boxed{\frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1,0} \quad \text{et} \quad \boxed{\frac{F_{t,Ed}}{B_{p,Rd}} \leq 1,0} \quad \text{et} \quad \boxed{\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1,0}$$

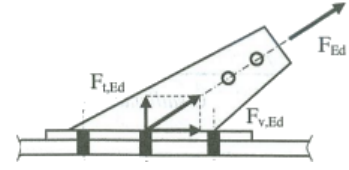


FIGURE 6.20 – Boulons sollicités en traction et cisaillement

6.6.3 Résistance des boulons précontraints utilisés à l'ELS

Assemblages de catégorie B

Soient $F_{s,Ed,ser}$ l'effort perpendiculaire et $F_{t,Ed,ser}$ l'effort parallèle à l'axe du boulon exercés par celui-ci sur un ensemble de pièces.

Assemblage avec $F_{s,Ed,ser}$ seul :

$$\boxed{F_{s,Rd,ser} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu}{\gamma_{M3,ser}} \cdot F_{\rho,C}} \quad \text{et} \quad \boxed{\frac{F_{v,Ed,ser}}{F_{s,Rd,ser}} \leq 1,0}$$

Assemblage avec $F_{s,Ed,ser}$ et $F_{t,Ed,ser}$:

$$\boxed{F_{s,Rd,ser} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu}{\gamma_{M3,ser}} \cdot (F_{\rho,C} - 0,8 \cdot F_{t,Ed,ser})} \quad \text{et} \quad \boxed{\frac{F_{v,Ed,ser}}{F_{s,Rd,ser}} \leq 1,0}$$

- k_s dépend du type de trou :
 - $k_s = 1,0$: Boulons utilisés dans des trous normaux
 - $k_s = 0,85$: Boulons utilisés, soit dans des trous surdimensionnés, soit dans des trous oblongs courts, dont les axes sont perpendiculaires à la direction de l'effort.
 - $k_s = 0,7$: Boulons utilisés dans des trous oblongs longs, dont les axes sont perpendiculaires à la direction de l'effort.
 - $k_s = 0,76$: Boulons utilisés dans des trous oblongs courts, dont les axes sont parallèles à la direction de l'effort.
 - $k_s = 0,63$: Boulons utilisés dans des trous oblongs longs, dont les axes sont parallèles à la direction de l'effort.
- n : nombre de plans de glissement (identique au m précédent)
- μ : coefficient de frottement entre les pièces assemblées
 - $\mu = 0,5$ pour des surfaces grenailées ou sablées, sans rouille ni piqure, ou métallisées,
 - $\mu = 0,4$ pour des surfaces peintes au silicate alcali-zinc après sablage ou grenailage,
 - $\mu = 0,3$ pour des surfaces nettoyées à la brosse ou au chalumeau, sans rouille,
 - $\mu = 0,2$ pour des surfaces non traitées.
- $F_{\rho,C}$: effort de précontrainte, avec $F_{\rho,C} = 0,7 \cdot f_{ub} \cdot A_s$
- $\gamma_{M3,ser} = 1,1$

6.6.4 Résistance des boulons précontraints utilisés à l'ELU

Assemblages de catégorie C

Soit $F_{v,Ed}$ l'effort perpendiculaire à l'axe du boulon exercé par celui-ci sur un ensemble de pièces. (voir paragraphe 6.2 pour la détermination de sa valeur)

$$\boxed{F_{s,Rd} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu}{\gamma_{M3}} \cdot F_{\rho,C}} \quad \text{et} \quad \boxed{\frac{F_{v,Ed}}{F_{s,Rd}} \leq 1,0}$$

- k_s dépend du type de trou (cf. paragraphe précédent) :
- n : nombre de plans de glissement (identique au m précédent)
- μ : coefficient de frottement entre les pièces assemblées (cf. paragraphe précédent) :

Assemblages de catégorie E

Il faut vérifier que les boulons tiennent en traction :

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M_2}} \quad \text{et} \quad \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1,0$$

- $k_2 = 0,63$ pour les boulons à tête fraisée et $k_2 = 0,9$ pour les autres boulons

Il faut également vérifier la résistance au poinçonnement

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M_2}} \quad \text{et} \quad \frac{F_{t,Ed}}{B_{p,Rd}} \leq 1,0$$

- d_m diamètre moyen de la tête de boulon mesurée entre surangle et surplat.
- t_p épaisseur minimale de la plaque située sous la tête et sous l'écrou du boulon.

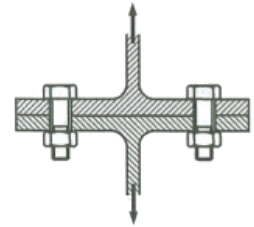


FIGURE 6.21 – Résistance des boulons à la traction

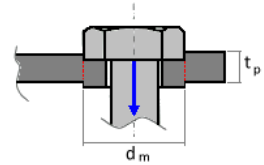


FIGURE 6.22 – Résistance des boulons au poinçonnement

Assemblages soumis à une combinaison de

$F_{v,Rd}$ et $F_{t,Rd}$

$$F_{s,Rd} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu}{\gamma_{M_3}} \cdot (F_{p,C} - 0,8 \cdot F_{t,Ed}) \quad \text{et} \quad \frac{F_{v,Ed}}{F_{s,Rd}} \leq 1,0$$

De plus

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M_2}} \quad \text{et} \quad \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1,0$$

Et

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M_2}} \quad \text{et} \quad \frac{F_{t,Ed}}{B_{p,Rd}} \leq 1,0$$

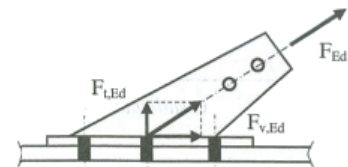


FIGURE 6.23 – Ruine des pièces due à la pression diamétrale

Assimilation :



Afin de vérifier que vous avez assimilé cette partie du cours, vous êtes invité(e)s à effectuer les brevets 028, 029 et 030.

Si vous avez des difficultés, veuillez contacter le référent du brevet concerné, dont vous trouverez le contact ici :

<https://lite.framacalc.org/cm-isa3-brevetsceintures>

Passage de ceinture :

A ce stade d'acquisition du cours, si en présence d'un assemblage donné, vous vous sentez capable de :



- d'énumérer les différentes vérifications nécessaires au contrôle de la tenue de l'assemblage selon l'EUROCODE 3,
- d'appliquer les formules correspondantes afin de vérifier la tenue de l'assemblage boulonné

Alors vous devez être en mesure de présenter la ceinture NOIRE qui validera l'acquisition de ces compétences.

Chapitre 7

Assemblages de pieds de poteaux articulés

Ce chapitre a été élaboré en s'inspirant largement du cours de Maël Couchaux dispensé lors d'une formation organisée par Ponts Formation.

7.1 Introduction

Cette partie du cours traite des assemblages courants de pieds de poteaux par platines soudées à l'extrémité du poteau et solidarisés à la fondation par des tiges d'ancrages. Les assemblages traités ici sont des assemblages dits articulés, c'est à dire ne transmettant pas de moment. Les efforts transmis par l'assemblage à la fondation sont donc réduits à un effort normal et un effort de cisaillement. Ce type d'assemblage est couramment utilisé dans les bâtiments industriels.

Les vérifications à effectuer pour les pieds de poteaux articulés sont :

- Classement du poteau articulé,
- Résistance de calcul à la compression,
- Résistance de calcul à la traction,
- Résistance de calcul à l'effort tranchant.

Les assemblages concernés par cette partie sont :

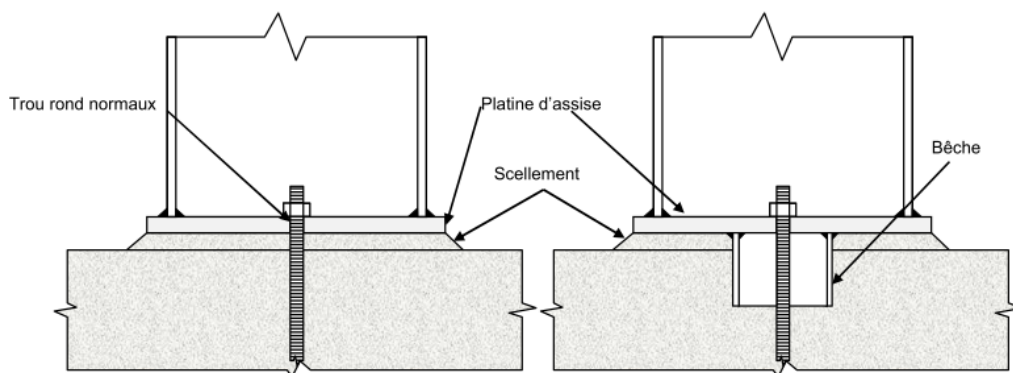


FIGURE 7.1 – Platine d'assise sans platine de pré-scellement

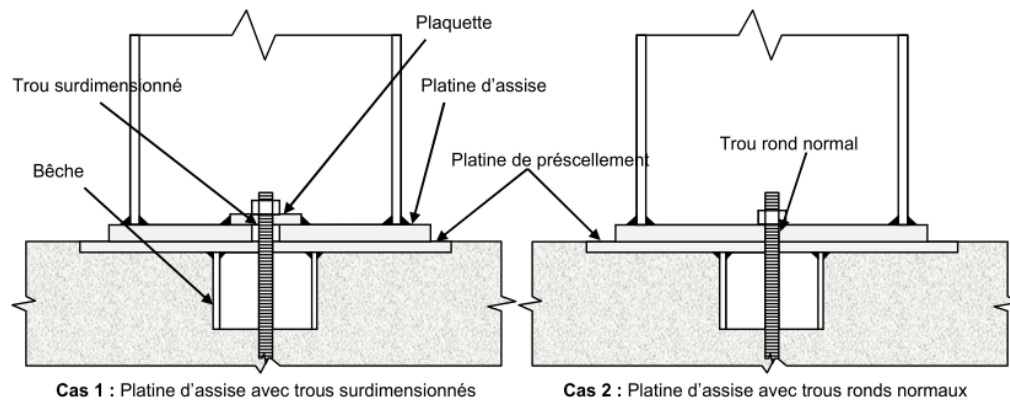


FIGURE 7.2 – Platine d'assise avec platine de pré-scellement

7.2 Classement des pieds de poteaux articulés

7.2.1 Rigidité en rotation

En analyse globale, les assemblages sont généralement considérés articulés ou encastrés. L'EUROCODE 3 (EN1993-1-8) [2] permet d'effectuer un classement selon la rigidité de ces assemblages. On distingue :

- Les articulations parfaites
- Les articulations nominales
- Les encastrements

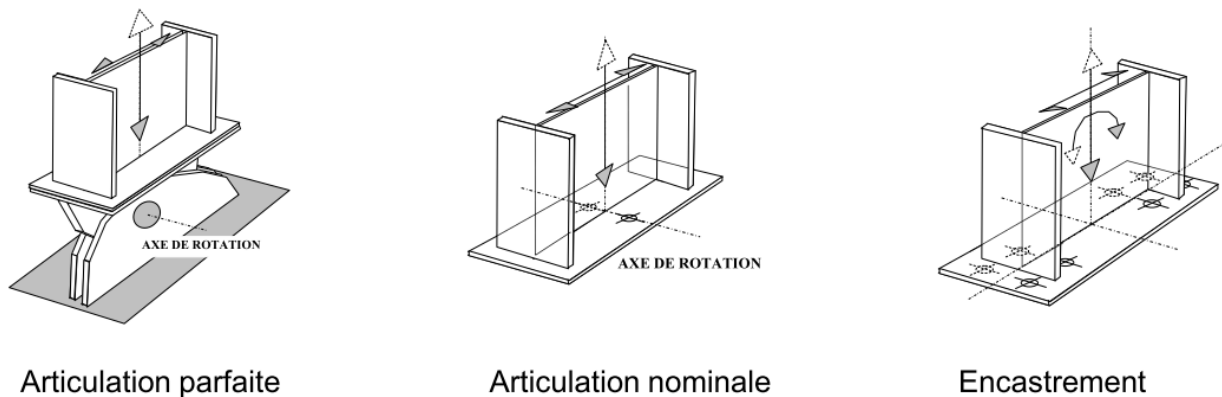


FIGURE 7.3 – Classification des pieds de poteaux

Pour montrer que le pied de poteau considéré est une articulation, on peut utiliser la méthode conventionnelle de Lescouarc'h qui est reprise dans l'annexe nationale de l'EN1993-1-8 :

7.2.2 Méthode conventionnelle de l'annexe nationale

Pour qu'un assemblage de pied de poteau laminé, par platine d'extrémité fixée par deux tiges d'ancrages sur (ou très proche) de l'axe principal du poteau, puisse être considéré articulé, on doit s'assurer que :

- Soit la hauteur de la platine h_p est inférieure ou égale à 300mm

- Soit pour $300mm \leq h_p < 600mm$
 - $\theta.h_p \leq 3mm$
 - $N_{Ed,ser}.\theta.h_c \leq 1,5.10^{-6}N.mm$, avec h_c la hauteur du profilé

avec sous charges pondérées :

$N_{Ed,ser}$: l'effort normal dans le poteau

θ : la rotation locale du pied de poteau , en radians

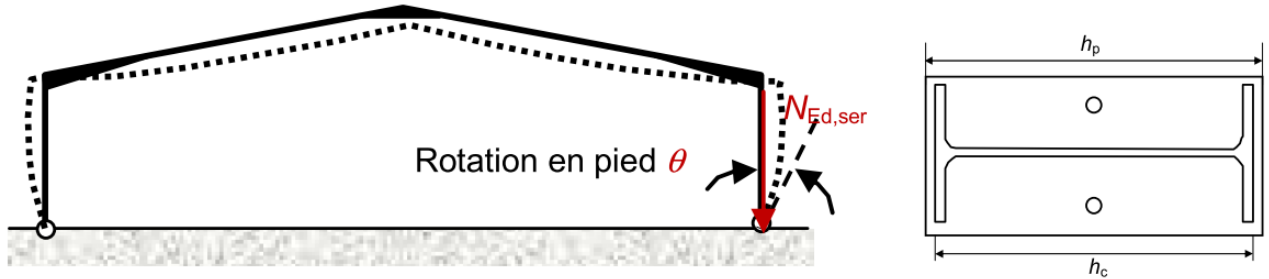


FIGURE 7.4 – Méthode conventionnelle

7.3 Résistance à la compression

Pour évaluer la résistance à la compression d'un pied de poteau articulé, il faut examiner la résistance sous trois aspects :

- la résistance du béton à la pression localisée sous le pied de poteau $N_{cb,Rd}$
- la résistance en section du poteau au droit de l'articulation $N_{c,Rd}$
- la résistance de la soudure du poteau sur la platine $N_{cw,Rd}$

Une fois déterminées ces trois valeurs, on gardera la plus faible des trois, soit :

$$N_{C,Rd} = \min(N_{c,bc,Rd}; N_{c,Rd}; N_{wc,Rd})$$

7.3.1 Résistance du béton à la pression localisée

Principe

On considère que la pression localisée f_{jd} sous la platine d'assise atteint la résistance en compression du béton. Cette contrainte est atteinte sous l'ensemble de la platine d'assise si celle-ci est suffisamment rigide.

Lorsque la platine est mince, cette pression n'est pas atteinte sous toute la surface. On considère alors qu'elle est atteinte sur une largeur c de part et d'autre des éléments qui transfèrent la compression à la fondation : âme, semelles, ...

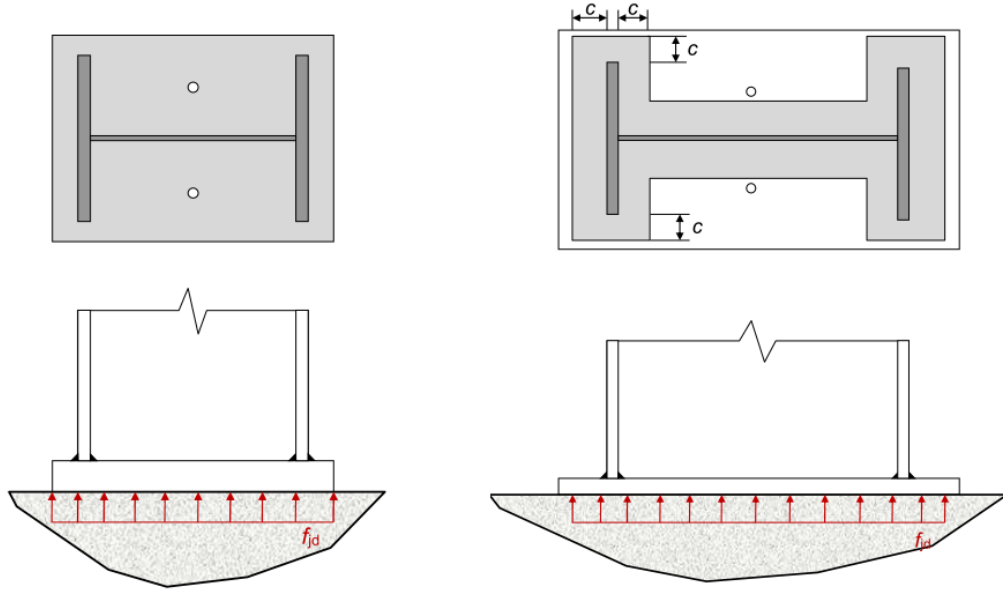


FIGURE 7.5 – transmission de la compression sous l'ensemble de la platine ou sous une surface correspondant à une largeur autour des éléments

D'après le §6.2.5 de l'EN1993-1-8 et l'EN1992, la résistance du béton à la pression localisée est :

$$f_{jd} = \beta_{jd} \cdot \alpha_{bf} \cdot f_{cd}$$

- On prendra $\beta_j = 2/3$ en présence d'une couche de scellement vérifiant que :
 - l'épaisseur du scellement : $e_m \leq \min(50\text{mm}; 0,2.h_p; 0,2.b_p)$
 - la résistance à la compression du mortier est supérieure à $0,2.f_{cd}$ ou en présence d'une platine de pré-scellement
- f_{cd} est la résistance de calcul du béton de la fondation à la compression avec :

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{f_{ck}}{1,5}$$

$$\alpha_{bf} = \min \left[\left(1 + \frac{d_f}{\max(h_p; b_p)} \right); \left(1 + 2 \cdot \frac{e_h}{h_p} \right); \left(1 + 2 \cdot \frac{e_b}{b_p} \right); 3 \right]$$

avec d_f , la profondeur de la fondation

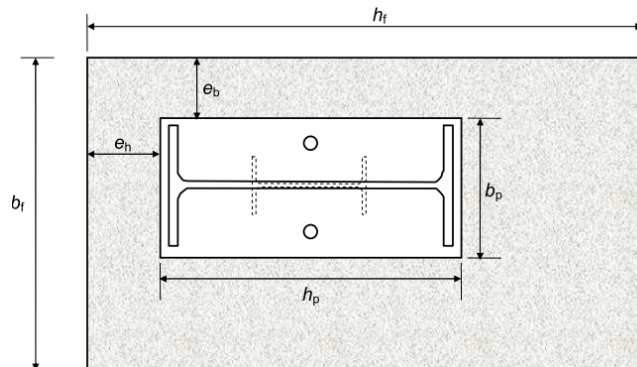


FIGURE 7.6 – Dimensions de la platine et des fondations

Simplifications

Les fondations ne sont pas toujours définies. Il est reconnu que les dimensions courantes vérifient $\alpha_{bf} \geq 1,5$.

Si elles vérifient de plus :

- $d_f \geq 0,5 \cdot \max(h_p; b_p)$
- $e_h \geq 0,25 \cdot h_p$
- $e_b \geq 0,25 \cdot b_p$

alors, on peut prendre $f_{jd} = f_{cd}$

Dans le cas contraire, on prendra $\beta_j = 2/3$, soit $f_{jd} = 2/3 \cdot f_{cd}$

Résistance des bétons courants (N/mm^2)

Classe de béton $f_{ck}/f_{ck,cube}$	16/20	20/25	25/30	30/37	35/45	40/50	45/55	50/60
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck,cube} / \gamma_c$ $\gamma_c = 1,5$ et $\alpha_{cc} = 1,0$	10,7	13,3	16,7	20	23,3	26,7	30	33,3
f_{jd} cas général $1,0 \leq \alpha_{bf} \leq 3,0$	$7,1 \cdot \alpha_{bf}$	$8,9 \cdot \alpha_{bf}$	$11,1 \cdot \alpha_{bf}$	$13,3 \cdot \alpha_{bf}$	$15,6 \cdot \alpha_{bf}$	$17,8 \cdot \alpha_{bf}$	$20 \cdot \alpha_{bf}$	$22,2 \cdot \alpha_{bf}$
$\min f_{jd}$ $\alpha_{bf} = 1,0$	7,1	8,9	11,1	13,3	15,6	17,8	20	22,2
$\max f_{jd}$ $\alpha_{bf} = 3,0$	21,4	26,6	33,4	40	46,6	53,4	60	66,6
f_{jd} cas courant $\alpha_{bf} = 1,5$	10,7	13,3	16,7	20	23,3	26,7	30	33,3

Largeur d'appui additionnelle

À la ruine, on assiste à une plastification axiale dans le béton et transversale dans la platine. L'égalisation du moment, par unité de longueur de la platine, dû à la pression du béton et du moment élastique de la platine, $m_{Ed} = m_{Rd}$ permet d'écrire d'après le 6.5 de l'EN1993-1-8 :

$$m_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot c^2 \cdot f_{jd}$$

$$m_{Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yp}}{\gamma_{M_0}} = \frac{I \cdot f_{yp}}{\nu \cdot \gamma_{M_0}} = \frac{1}{6} \cdot t_p^2 \cdot \frac{f_{yp}}{\gamma_{M_0}}$$

$$\text{car } I = \frac{t_p^3}{12} \text{ et } \nu = t_p$$

d'où :

$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_{yp}}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M_0}}}$$

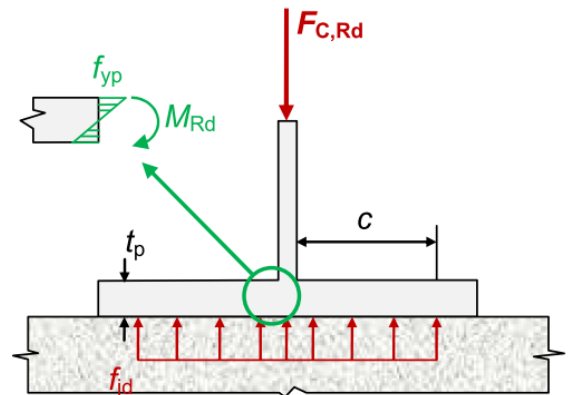


FIGURE 7.7 – Largeur additionnelle

On en déduit la valeur de la résistance de calcul à la compression :

$$N_{c,bc,Rd} = f_{jd} \cdot (h_{cp} \cdot b_{cp} - l_{cp} \cdot (b_{cp} - t_{wc} - 2 \cdot c)) \leq b_p \cdot h_p \cdot f_{jd}$$

avec :

$$\begin{aligned} h_{cp} &= \min(h_p; h_c + 2.c) \\ b_{cp} &= \min(b_p; b_{fc} + 2.c) \\ l_{cp} &= h_c - 2.t_{fc} - 2.c \geq 0 \end{aligned}$$

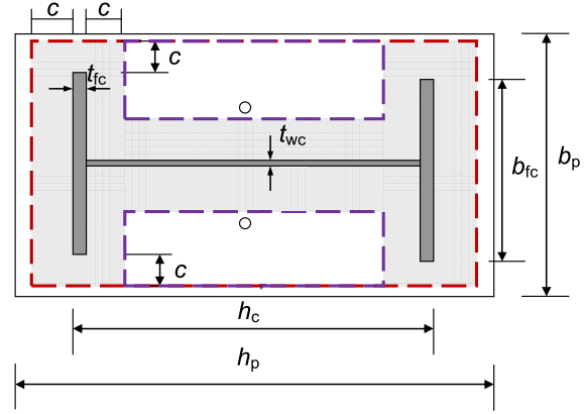


FIGURE 7.8 – Largeur additionnelle

Cas particuliers des poteaux tubulaires

On garde une largeur additionnelle de

$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_{yp}}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M_0}}}$$

et on calcule la résistance avec

$$N_{c,Rd} = f_{jd} \cdot A_{eff}$$

S'il y a des raidisseurs, on ajoute les surfaces correspondantes.

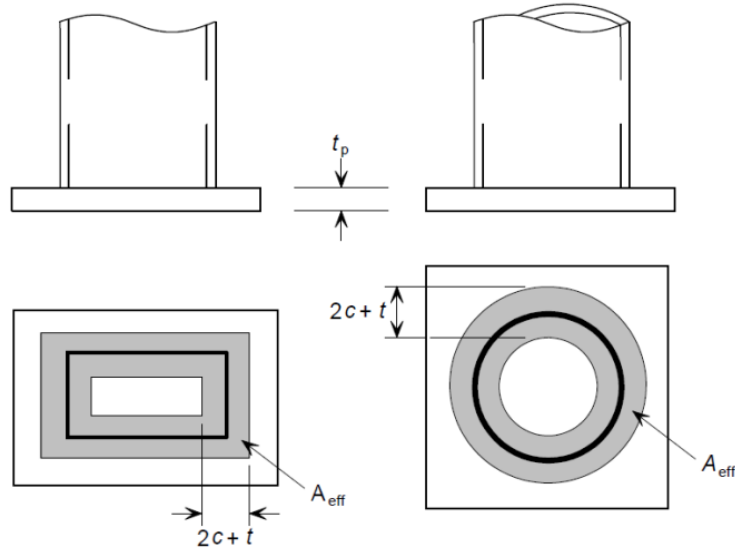


FIGURE 7.9 – Largeur additionnelle pour les poteaux tubulaires

7.3.2 Résistance en section du poteau

Le poteau est ici soumis à une sollicitation de compression. Pour examiner sa résistance, il convient de tenir compte de la classe de sa section :

- pour les sections de classe 1, 2 et 3 :

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M_0}}$$

- pour les sections de classe 4

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

7.3.3 Résistance de la soudure poteau-platine

Il faut toujours considérer un jeu entre le poteau et la platine, raison pour laquelle il est indispensable d'examiner la résistance de la soudure correspondante. Selon la méthode simplifiée on peut évaluer cette résistance à :

$$N_{wc,Rd} = \frac{\sum_i (L_{wi} \cdot a_i) \cdot f_u}{\sqrt{2} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

Sous l'hypothèse que le poteau et la platine sont constitués du même matériau. Sinon, il faut faire le calcul pour le poteau et pour la platine et garder la valeur minimale des résistances obtenues.

7.4 Résistance à la traction

7.4.1 Principe

L'objectif est ici de calculer la résistance au soulèvement d'un pied de poteau par platine d'assise.

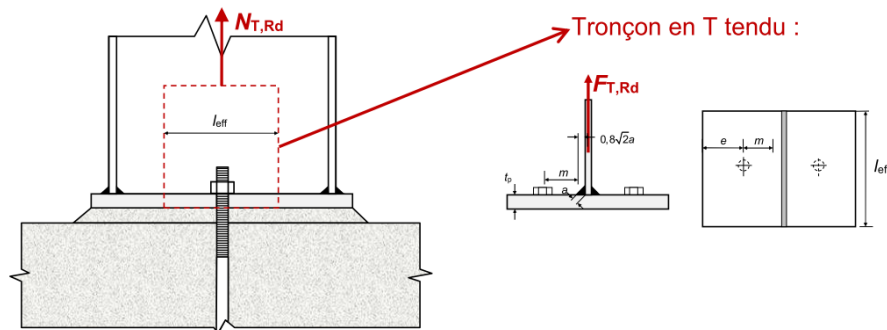


FIGURE 7.10 – Tronçon en T équivalent

On tiendra compte de la déformabilité de la platine d'assise. La résistance à la traction est alors évaluée à partir de la résistance à la traction d'un tronçon en T équivalent $F_{T,Rd}$. Le tronçon en T équivalent est constitué de la platine, des deux tiges d'ancrage et de l'âme du poteau.

Au total, trois modes de ruines sont possibles :

- Ruine de la platine fléchie (modes 1 et 2),
- Ruine des tiges d'ancrage tendues (mode 3),
- Ruine de l'âme du poteau tendue (mode 4)

7.4.2 Longueur efficace L_{eff}

Afin d'évaluer la résistance d'un tronçon en T équivalent, on doit dans un premier temps déterminer sa longueur efficace L_{eff} . L'assemblage boulonné est ramené à un tronçon en T

équivalent de longueur L_{eff} .

Lorsque la platine fléchit, des charnières plastiques, qui dépendent de la géométrie de l'assemblage, se forment. La longueur efficace permet de prendre en compte la forme de ces lignes de plastification. Les longueurs efficaces sont associées aux modes de plastification de la platine et de l'âme du poteau.

Il existe deux mécanismes et donc deux types de longueurs efficaces : circulaires et non circulaires. (Fig. 7.11 et Fig. 7.12)

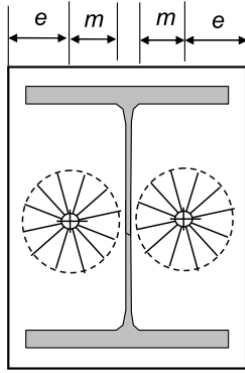


FIGURE 7.11 – Mécanisme circulaire

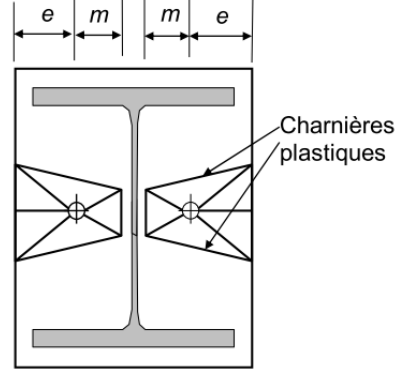


FIGURE 7.12 – Mécanisme non circulaire

- La longueur efficace associée à un mécanisme circulaire est : $L_{eff,cp} = 2.\pi.m$,
- Celle associée à un mécanisme non circulaire : $L_{eff,nc} = 4.m + 1,25.e$

avec :

$$m = \frac{p}{2} - \frac{t_{wc}}{2} - 0,8.\sqrt{2}.a_w$$

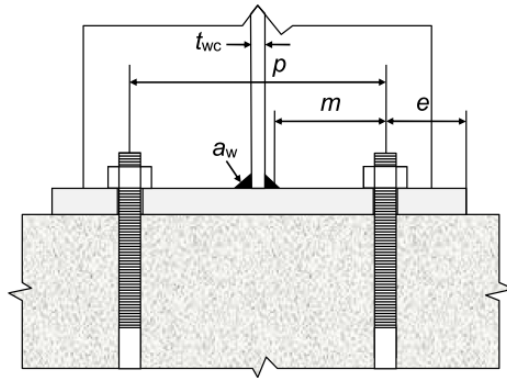


FIGURE 7.13 – dimensions du tronçon en T équivalent

7.4.3 Modes de ruine

A chaque mode i de ruine (mode 1-2, mode 3 ou mode 4) correspond une valeur de la résistance en traction $F_{T,i,Rd}$.

La résistance de l'assemblage est donnée par :

$$F_{T,Rd} = \min[F_{T,1-2,Rd}; F_{T,3,Rd}; F_{T,4,Rd}]$$

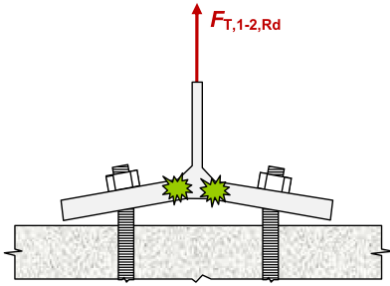


FIGURE 7.14 – Mode 1-2 : Mécanisme partiel de la platine

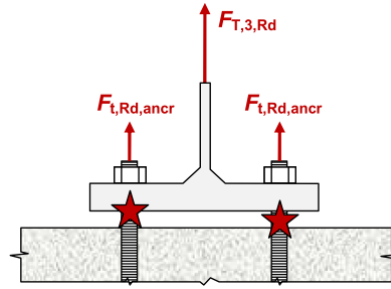


FIGURE 7.15 – Mode 3 : Ruine des tiges tendues

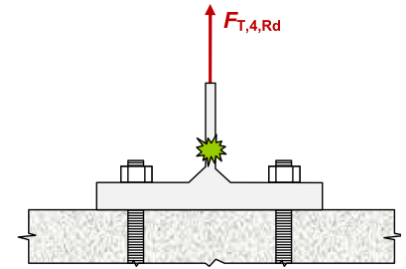


FIGURE 7.16 – Mode 4 : Plastification de l'âme tendue du poteau

Remarque : A ces quatre modes, on peut ajouter un mode correspondant à la ruine de la soudure platine/âme.

Résistance de calcul aux modes 1-2

La résistance en flexion dans la platine sans effet de levier est donnée par :

$$F_{T,1-2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m}$$

avec :

$$M_{pl,1,Rd} = m_{pl,Rd} \cdot l_{eff,1}$$

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,cp}; l_{eff,nc})$$

$$m_{pl,Rd} = \frac{t_p^2 \cdot f_{yp}}{4 \cdot \gamma_{M_0}}$$

f_{yp} : Limite d'élasticité de la platine

t_p : Epaisseur de la platine

γ_{M_0} : Coefficient partiel égal à 1

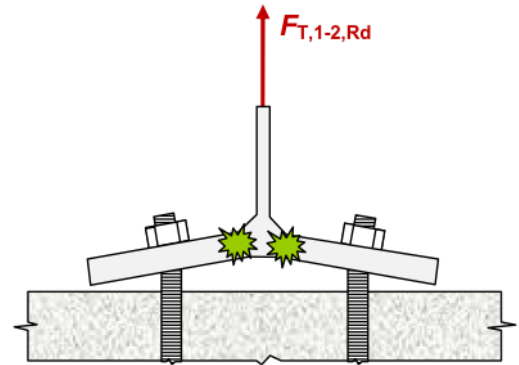


FIGURE 7.17 – Résistance aux modes 1-2

Résistance de calcul au mode 3

La résistance à la rupture des tiges d'ancrage est donnée par :

$$F_{T,3,Rd} = 2 \cdot F_{t,Rd,ancr}$$

avec :

$F_{t,Rd,ancr}$: La résistance d'une tige d'ancrage en traction qui sera définie dans les paragraphes qui suivent.

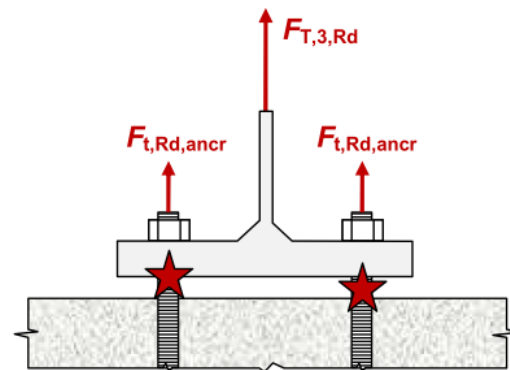


FIGURE 7.18 – Résistance au mode 3

Résistance de calcul au mode 4

La résistance en plastification de l'âme du poteau est donnée par :

$$F_{T,4,Rd} = \frac{l_{eff,1} \cdot t_{wc} \cdot f_{y,wc}}{\gamma_{M_0}}$$

avec :

$f_{y,wc}$: Limite d'élasticité de l'âme du poteau

t_{wc} : Epaisseur de l'âme du poteau

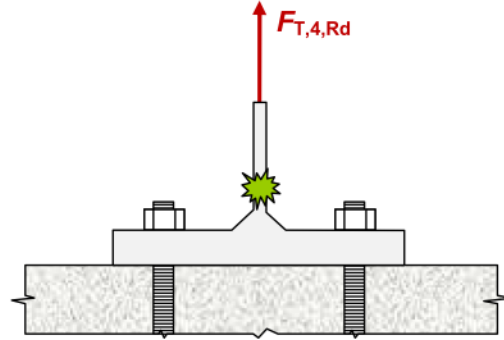


FIGURE 7.19 – Résistance au mode 4

Résistance de la soudure

Aux calculs des 4 modes précédents, on peut également ajouter un mode correspondant à la résistance de la soudure platine/âme d'un tronçon équivalent en T. Cette vérification se traduit par une résistance :

$$F_{t,wc,Rd} = \frac{l_{eff,1} \cdot 2 \cdot a_{wc} \cdot f_{u,wc}}{\sqrt{2} \cdot \gamma_{M_2} \cdot \beta_w}$$

La résistance de l'assemblage est alors donnée par :

$$F_{T,Rd} = \min[F_{T,1-2,Rd}; F_{T,3,Rd}; F_{T,4,Rd}; F_{t,wc,Rd}]$$

7.4.4 Résistance d'une tige d'ancrage

Pour évaluer la résistance d'une tige d'ancrage, on va tenir compte de la résistance de la tige $F_{t,Rd}$ et de la résistance de l'ancrage de cette tige dans le béton $F_{tc,Rd}$. La résistance de la tige d'ancrage sera alors la valeur minimale des deux :

$$F_{t,Rd,ancr} = \min(F_{t,Rd}; F_{tc,Rd})$$

Résistance de calcul de la partie filetée

La résistance de calcul de la partie filetée d'une tige d'ancrage est donnée par :

$$F_{t,Rd} = \beta_{ancr} \cdot \frac{k_2 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M_2}}$$

avec :

$$\beta_{ancr} = 0,85$$

$$k_2 = 0,9$$

f_{ub} : Résistance ultime à la traction de la tige

A_s : Section résistante de la partie filetée de la tige d'ancrage

$$\gamma_{M_2} = 1,25$$

Le coefficient β_{ancr} est une application de l'EN1993-1-8 qui impose une pénalité de 15% lorsque les filets ne sont pas conformes à l'EN1090. Cette pénalité est plutôt à appliquer lorsqu'un essai d'aptitude à l'emploi n'a pas été effectué, ce qui est généralement le cas.

Résistance de l'ancrage

LIMITE D'ADHÉRENCE

La contrainte d'adhérence f_{bd} entre la surface de la tige d'acier et le béton pour des tiges d'ancrage lisses est d'après (5.1) de l'EN1993-1-8 :

$$f_{bd} = \frac{0,36 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{\gamma_c}$$

Attention en N/mm^2

avec :

$\gamma_c = 1,5$: le coefficient partiel pour la résistance du béton à l'Eurocode 2,

f_{ck} : la résistance caractéristique en compression sur cylindre en béton selon le §3.1 de l'EN1992-1-1 en N/mm^2

Il convient d'éviter d'utiliser des tiges en 8.8 qui posent des problèmes de résilience.

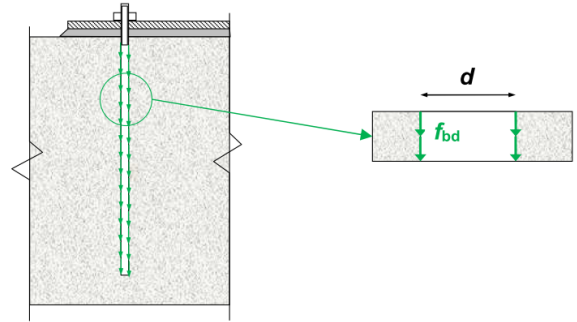


FIGURE 7.20 – Adhérence d'une tige d'ancrage avec le béton

RÉSISTANCE À L'ADHÉRENCE

On peut en déduire alors la résistance à l'adhérence d'une tige d'ancrage :

Tige droite :

$$F_{t,c,Rd} = \pi \cdot d \cdot l_b \cdot f_{bd}$$

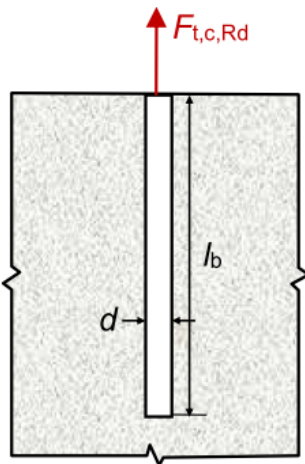


FIGURE 7.21 – Résistance de la partie droite de la tige

Tige courbe :

$$F_{t,c,Rd} = \pi \cdot d \cdot f_{bd} \cdot (l_1 + 6,4 \cdot r + 3,5 \cdot l_2)$$

$$r \geq 3 \cdot d$$

$$1,5 \cdot d \leq l_2 \leq 2 \cdot d$$

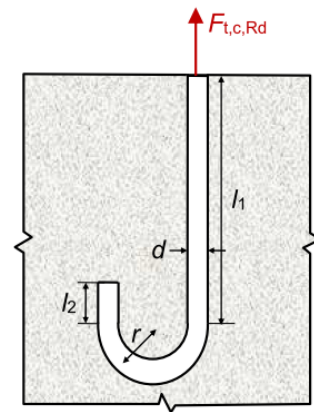


FIGURE 7.22 – Résistance de la partie courbe de la tige

Tige avec plaque d'ancrage côté béton :

$$F_{t,c,Rd} = 2,55 \cdot f_{cd} \cdot \pi \cdot \left(r^2 - \frac{d^2}{4}\right) \cdot \left(1 - \frac{r}{\min(l; d_1; p)}\right)$$

$\pi \cdot (r^2 - \frac{d^2}{4})$: représente la surface circulaire de la plaque

p : entraxe entre les tiges

la plaque d'ancrage doit respecter :

$$t_r \geq 0,3 \cdot r$$

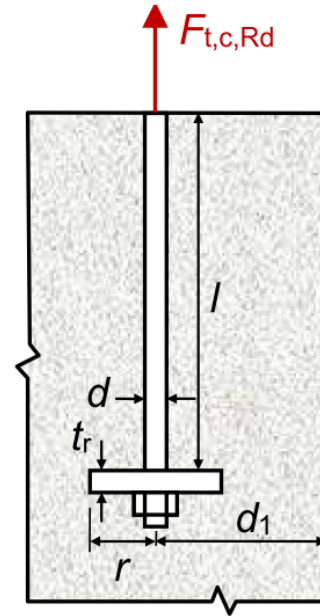


FIGURE 7.23 – Résistance d'une tige avec plaque d'ancrage

7.5 Résistance à l'effort tranchant

Trois phénomènes participent à la transmission de l'effort tranchant dans les fondations.

- la résistance par frottement de la plaque d'assise,
- la résistance par cisaillement des tiges d'ancrage,
- la résistance par utilisation d'une bêche.

7.5.1 Résistance à l'effort tranchant par frottement

Le frottement à considérer est celui existant entre la plaque d'assise et la couche de scellement. La résistance de calcul est donnée par le §6.2.2 de l'EN1993-1-8 :

$$F_{v,Rd} = F_{f,Rd} = C_{fd} \cdot N_{c,Ed}$$

avec :

$N_{c,Ed}$: Effort de compression appliqué

C_{fd} : le coefficient de frottement entre la plaque d'assise et la couche de préscllement.

- on prend généralement une valeur de $C_{fd} = 0,2$,
- avec une platine de pré-scellement on peut prendre $C_{fd} = 0,3$
- aux Etats Unis, il est courant de prendre $C_{fd} = 0,5$

7.5.2 Résistance par cisaillement des tiges d'ancrage

D'une manière générale, la résistance au cisaillement d'une tige d'ancrage est donnée par :

$$F_{v1,Rd} = \frac{0,85 \cdot \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M_2}}$$

avec :

- $\alpha_v = 0,5$ pour les boulons de classe 4.8, 5.8, 6.8, et 10.9

- $\alpha_v = 0,6$ pour les boulons de classe 4.6, 5.6 et 8.8, et lorsque le plan de cisaillement passe par la partie non filetée du boulon.
- Le coefficient 0,85 est une application de l'EN1993-1-8 qui impose une pénalité de 15% lorsque les filets ne sont pas conformes à l'EN1090. Cette pénalité est plutôt à appliquer lorsqu'un essai d'aptitude à l'emploi n'a pas été effectué, ce qui est généralement le cas.

Dans l'assemblage d'un pied de poteau articulé, la résistance de calcul au cisaillement des tiges dans le béton $F_{v2,Rd}$ peut s'écrire :

$$F_{v2,Rd} = \frac{\alpha_{bc} \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}$$

avec :

$$\alpha_{bc} = 0,44 - 0,0003 \cdot f_{yb}$$

$$235 \text{ N/mm}^2 \leq f_{yb} \leq 640 \text{ N/mm}^2$$

on obtient des α_{bc} de l'ordre de 0,25 à 0,35

Si $f_{yb} > 640 \text{ N/mm}^2$, alors il convient d'utiliser une bêche.

Au final on gardera comme valeur de la résistance au cisaillement d'une tige d'ancrage la valeur :

$$F_{vb,Rd} = \min(F_{v1,Rd}; F_{v2,Rd})$$

Remarque :

Si les trous des tiges ont les mêmes tolérances que celles exigées pour les boulons, alors le §6.2.2 de l'EN1993-1-8 indique comme résistance au cisaillement :

$$F_{v,Rd} = F_{f,Rd} + n_b \cdot F_{vb,Rd} \geq V_{Ed}$$

avec :

$F_{f,Rd}$: la résistance de calcul au frottement pour un effort de compression $N_{c,Ed}$
 n_b : le nombre de tiges,



FIGURE 7.24 – Ruine de tiges d'ancrage due au cisaillement

7.5.3 Cas des tiges d'ancrage soumises à la traction et au cisaillement

Lorsqu'un effort de traction est appliqué en pied de poteau, il faut tenir compte de l'interaction entre traction et cisaillement par :

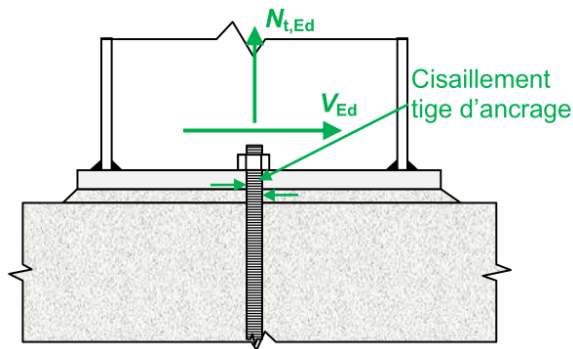


FIGURE 7.25 – Résistance à la traction et au cisaillement

$$\frac{V_{Ed}/n_b}{F_{vb,Rd}} + \frac{N_{t,Ed}/n_b}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1$$

avec :

$F_{vb,Rd}$: la résistance au cisaillement d'une tige d'ancrage
 n_b : le nombre de tiges,
 $F_{t,Rd}$: la résistance en traction de la partie filetée d'une tige d'ancrage

7.5.4 Résistance due à l'utilisation d'une bêche

Lorsque l'effort tranchant est trop important, il est d'usage d'utiliser des bèches.

Pour assurer la résistance d'une bêche, il faut vérifier :

- les dimensions de la bêche,
- la résistance du béton à la compression contre la bêche, $V_{cn,Rd}$
- la résistance au cisaillement de l'âme de la bêche, $V_{wn,Rd}$
- la résistance de la bêche à la flexion, $V_{fn,Rd}$
- la résistance des tiges cisillées lorsque la platine de préscllement est utilisée.

Au final, la résistance de la bêche sera le minimum de ces valeurs :

$$V_{cn,Rd} = \min(V_{cn,Rd}; V_{wn,Rd}; V_{fn,Rd})$$

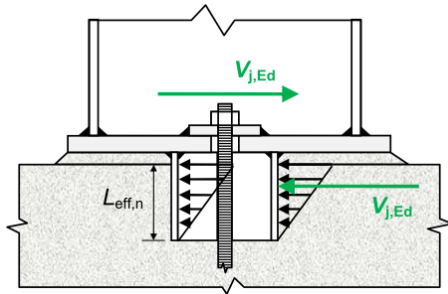


FIGURE 7.26 – Résistance au cisaillement par usage d'une bêche sous la platine du poteau

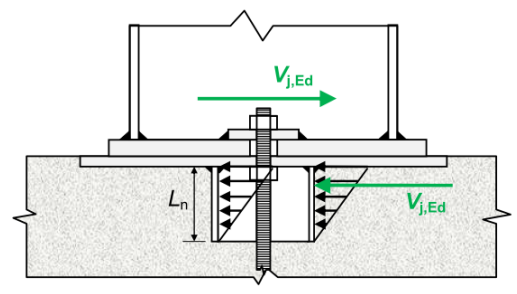


FIGURE 7.27 – Résistance au cisaillement par usage d'une bêche sous la platine de préscllement

La méthode de calcul des bèches est donné par Lescouarc'h [13].

Dimensions limites de la bêche

La bêche doit respecter les conditions suivantes :

- hauteur de bêche : $h_n \leq 0,4.h_c$, avec h_c la hauteur du profilé
- profondeur de bêche $L_{eff,n}$: $60mm \leq L_{eff,n} \leq 1,5.h_n$
- élancement des semelles : $b_n \leq 20.t_{fn}$

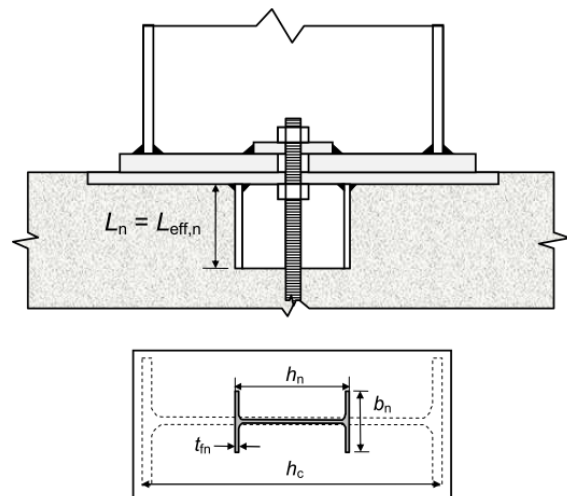


FIGURE 7.28 – Dimensions de la bêche

Résistance du béton à la compression

L'effort tranchant est transmis par la pression du béton sur les ailes de la bêche avec une répartition triangulaire des contraintes. La zone de scellement ne participe pas à la transmission de l'effort. On doit vérifier :

$$\sigma_{max} = \frac{V_{j,Ed}}{b_n \cdot L_{eff,n}} \leq f_{cd}$$

On en déduit la résistance de calcul :

$$V_{cn,Rd} = b_n \cdot L_{eff,n} \cdot f_{cd} \geq V_{j,Ed}$$

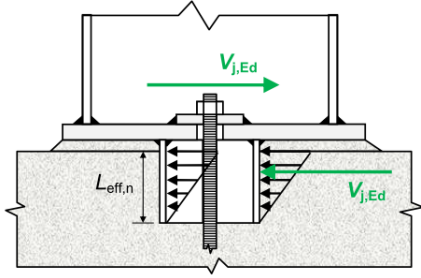


FIGURE 7.29 – Résistance au cisaillement par usage d'une bêche sous la platine du poteau

$V_{j,Ed}$ correspond à l'effort tranchant non transmis par frottement :

$$V_{j,Ed} = \begin{cases} V_{Ed} & \text{avec } N_{j,Ed} \geq 0 \text{ (traction)} \\ V_{Ed} - C_{f,d} \cdot |N_{j,Ed}| = 0 & \text{avec } N_{j,Ed} \leq 0 \text{ (compression)} \end{cases}$$

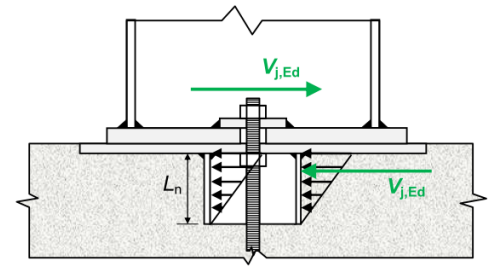


FIGURE 7.30 – Résistance au cisaillement par usage d'une bêche sur platine de pré-scellement

Résistance de l'âme de la bêche à l'effort tranchant

L'effort tranchant doit être transmis par l'âme de la bêche. On a donc :

$$V_{wn,Rd} = \frac{A_{vn} \cdot f_{yn}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M_0}} \geq V_{j,Ed}$$

avec :

f_{yn} : la limite d'élasticité de la bêche

A_{vn} : l'aire cisailée de la bêche conformément à l'EN1993-1-1

Résistance de la bêche à la flexion

La résistance de la bêche à la flexion s'exprime par :

$$V_{fn,Rd} = \frac{3 \cdot (h_n - t_{fn})}{L_n} \cdot \frac{b_n \cdot t_{fn} \cdot f_{yn}}{\gamma_{M_0}}$$

avec :

f_{yn} : la limite d'élasticité de la bêche

h_n : La hauteur de l'IPE de la bêche

t_{fn} : L'épaisseur de la semelle de la bêche
 L_{fn} : La longueur de la bêche
 b_n : La largeur de l'IPE de la bêche

Détermination et prise en compte du moment secondaire

Du fait de l'excentrement de l'effort $V_{j,Ed}$ appliqué par le béton, un moment secondaire $M_{sec,Ed}$ est repris par l'âme et la semelle du poteau, sous la forme d'un couple de forces $N_{sec,Ed}$:

$$M_{sec,Ed} = (L_n/3 + t_s) \cdot V_{j,Ed}$$

$$M_{sec,Ed} = N_{sec,Ed} \cdot h_c/2$$

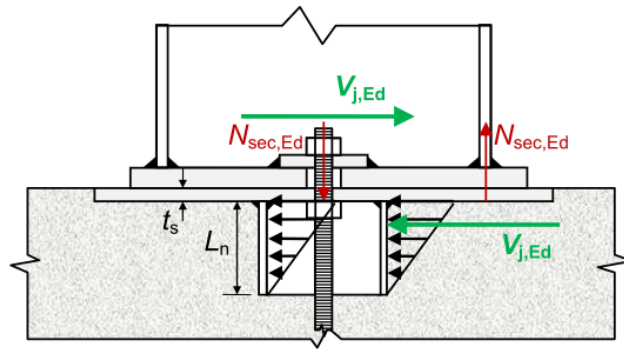


FIGURE 7.31 – Moment secondaire du à l'effort du béton sur la bêche
on en déduit :

$$N_{sec,Ed} = \frac{2 \cdot (L_n/3 + t_s)}{h_c} \cdot V_{j,Ed}$$

Cet effort normal induit dans les tiges un effort de traction supplémentaire $F_{t,Ed,sec}$, tel que :

$$F_{t,Ed,sec} = \frac{N_{sec,Ed}}{n_b} = \frac{2 \cdot (L_n/3 + t_s)}{n_b \cdot h_c} \cdot V_{j,Ed}$$

Sans préscellement la bêche et le poteau sont tendus tandis que la semelle du poteau est comprimée (voir le guide de Ryan [22])

Résistance à l'effort tranchant avec platine de pré-scelllement

L'effort tranchant est transmis des bèches vers la platine de pré-scelllement par cisaillement des tiges. Si les trous sont ronds et normaux, on effectue une vérification de la résistance au cisaillement standard, soit :

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed} + F_{t,Ed,sec}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1 \quad \text{et} \quad \frac{F_{t,Ed} + F_{t,Ed,sec}}{F_{t,Rd}} \leq 1$$

avec :

$$F_{v,Ed} = V_{j,Ed}/n_b$$

$F_{v,Rd}$: la résistance au cisaillement d'une tige d'ancrage multiplié par 0,85

$$F_{t,Ed} = N_{t,Ed}/n_b$$

$F_{t,Ed,sec}$: l'effort dû au moment secondaire :

$$F_{t,Ed,sec} = \frac{N_{sec,Ed}}{n_b} = \frac{2 \cdot (L_n/3 + t_s)}{n_b \cdot h_c} \cdot V_{j,Ed}$$

En présence de trous ronds surdimensionnés et de plaquettes soudées (carelles), les tiges sont fléchies. Il est nécessaire de tenir compte de cette flexion en ajoutant un effort de traction équivalent $F_{t,Ed,M}$:

$$\boxed{\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed} + F_{t,Ed,sec} + F_{t,Ed,M}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1} \quad \text{et} \quad \boxed{\frac{F_{t,Ed} + F_{t,Ed,sec} + F_{t,Ed,M}}{F_{t,Rd}} \leq 1}$$

avec :

$F_{t,Ed,M}$: l'effort de traction équivalent

$$F_{t,Ed,M} = F_{v,Ed} \cdot \frac{t_p}{d} \cdot \frac{5 \cdot \pi}{6}$$

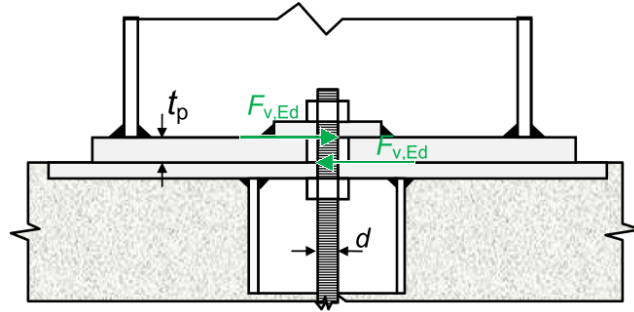


FIGURE 7.32 – Effort de traction équivalent dû à la flexion des tiges

Chapitre 8

Assemblages de poutres par platines

8.1 Introduction

Le calcul des assemblages par platine d'about est présenté dans le chapitre 6 de l'EN1993-1-8.

Le principe de la vérification repose sur la méthode des composants. Cette méthode consiste à discrétiser l'assemblage en ensemble d'éléments : les composants. On évalue alors la résistance de chacun des composants pour en déduire finalement la résistance de l'assemblage.

Pour vérifier ce type d'assemblage, il convient de déterminer :

- la résistance de la partie comprimée,
- le moment résistant de calcul,
- la résistance en traction des rangées de boulons,
- la résistance à l'effort tranchant,
- la résistance à l'effort normal.

8.2 Résistance de la partie comprimée

La résistance de calcul de l'âme et de la semelle comprimées de la poutre est définie dans le §6.2.6.7 de l'EN1993-1-8 par :

$$F_{c,fb,Rd} = \frac{M_{c,Rd}}{h - t_{fb}}$$

avec :

$M_{c,Rd}$: le moment résistant de calcul de la section transversale de la poutre

Pour $h > 600mm$, on doit vérifier que :

$$F_{c,fb,Rd} \leq 1,25 \cdot \frac{t_{fb} \cdot b_{fb} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M_0}}$$

avec :

h : hauteur hors tout, poutre + éventuellement jarret

b_{fb} : la largeur de la semelle de la poutre

f_{yb} : la limite d'élasticité de la poutre

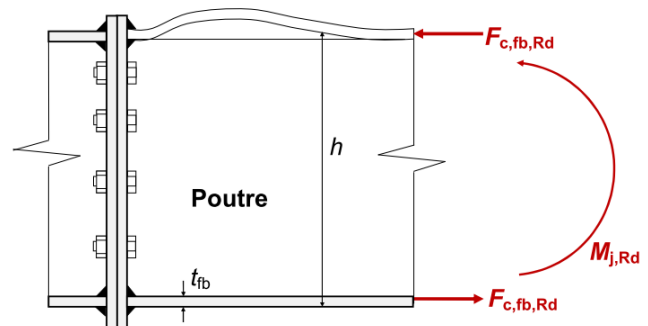


FIGURE 8.1 – Transformation du moment résistant en un couple d'efforts normaux

8.3 Moment résistant de calcul

8.3.1 Conditions et calcul du moment résistant

D'après le (1) du §6.2.7.2 de l'EN1993-1-8, le moment résistant de calcul est évalué au droit du centre de compression par :

$$M_{j,Rd} = \sum_r F_{tr,Rd} \cdot h_r$$

avec :

$F_{tr,Rd}$: la résistance de la rangée n°r

h_r : le bras de levier de la rangée n°r

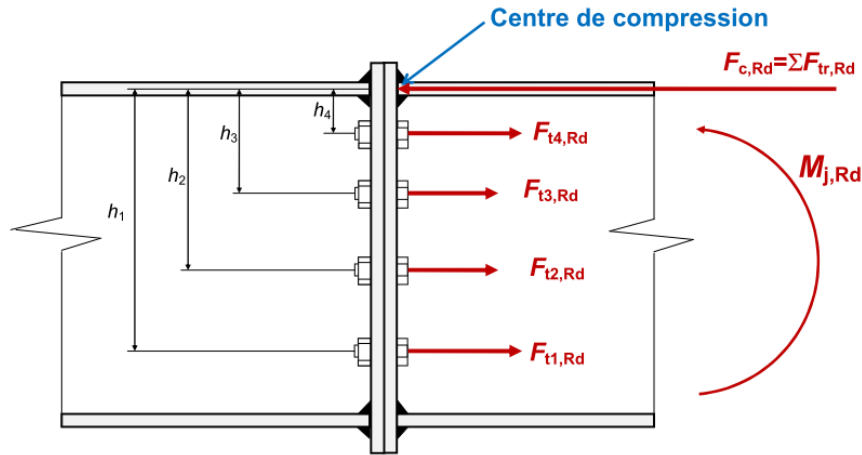


FIGURE 8.2 – Moment résistant de calcul

en respectant :

- Le centre de compression se situe au centre de la semelle comprimée (poutre/jarret)
- Le bras de levier h_r correspond à la distance entre une rangée de boulons et le centre de compression
- La numérotation est effectuée en partant de la rangée la plus éloignée du centre de compression

CONDITIONS A RESPECTER :

- Le moment résistant est limité par la résistance du composant comprimé, c'est à dire l'âme et la semelle de la poutre comprimée

$$\sum_r F_{tr,Rd} \leq F_{c,Rd} = F_{c,fb,Rd}$$

- Pour chaque rangée i , on doit de plus contrôler que la résistance en traction vérifie la relation :

$$F_{t,i,Rd} \leq 1,9 \cdot F_{t,Rd} \quad \text{avec} \quad F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} \quad (\text{résistance à la traction d'un boulon})$$

- La hauteur totale de la poutre, jarret éventuel compris doit être inférieure à 600mm

Si l'une de ces conditions n'est pas respectée il faut alors effectuer une correction des résistances afin d'obtenir une répartition triangulaire des efforts résistants situés sous la rangée considérée selon la figure 8.4.

Remarque : En général la rangée i concernée par la limite de $1,9.F_{t,Rd}$ est la rangée intérieure située sous la semelle tendue.

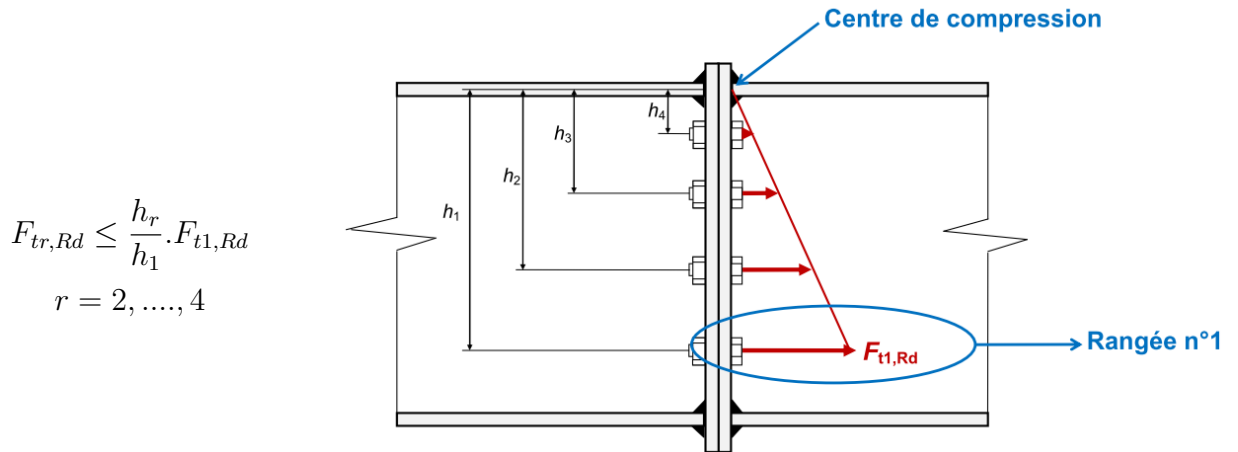


FIGURE 8.3 – Répartition triangulaire des efforts de traction dans les boulons

Le moment résistant final sera le moment minimum obtenu en considérant les trois modes de calcul :

- méthode des composants,
- répartition triangulaire à partir de la rangée intérieure situé sous la semelle tendue (Fig. 8.4, cas T_1),
- répartition triangulaire à partir de la première rangée centrale situé sous la semelle tendue (Fig. 8.4, cas T_2).

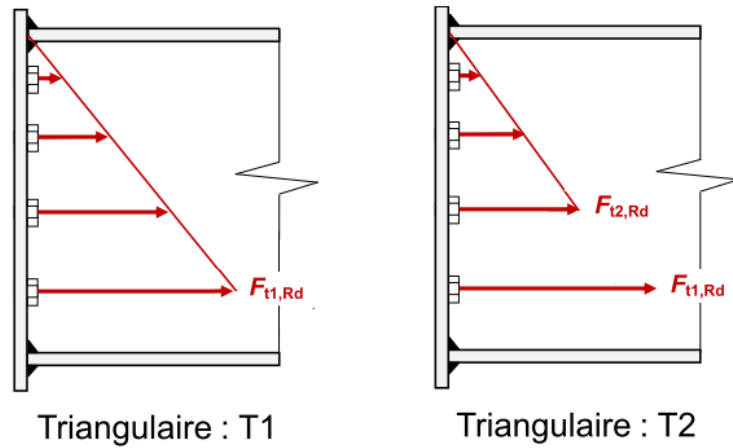
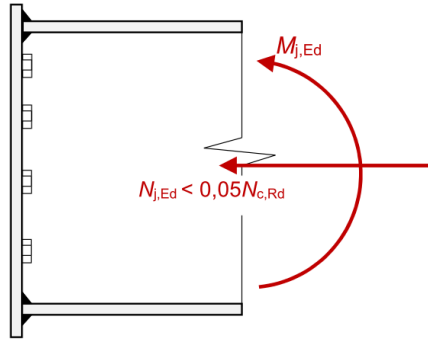


FIGURE 8.4 – Répartitions des efforts de traction dans les boulons

Remarque : Si l'équilibrage du moment $M_{j,Rd} = \sum_r F_{tr,Rd} \cdot h_r$ est obtenu à partir de la rangée n° i , les rangées de niveau supérieur, $i+1$, $i+2$, ... ne seront pas tendues.

8.3.2 Conditions d'utilisation de la méthode de calcul

- Applicabilité de la méthode de calcul ((2) du §6.2.7.1 de l'EN1993-1-8) :



- La méthode de détermination du moment résistant du §6.2.7 ne prend pas en compte l'incidence de l'effort normal
- Elle n'est pas directement applicable lorsque l'effort normal $N_{j,Ed}$ est supérieur à 5 % de la résistance en section de la barre attachée (selon le §6.2 de l'EN1993-1-1)

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

FIGURE 8.5 – Applicabilité de la méthode

- Sinon, d'après (3) du §6.2.7.1, on considère la formule d'interaction suivante :

$$\frac{M_{j,Ed}}{M_{j,Rd}} + \frac{N_{j,Ed}}{N_{j,Rd}} \leq 1$$

avec :

$N_{j,Rd}$: la résistance à l'effort normal de l'assemblage (traction / compression)

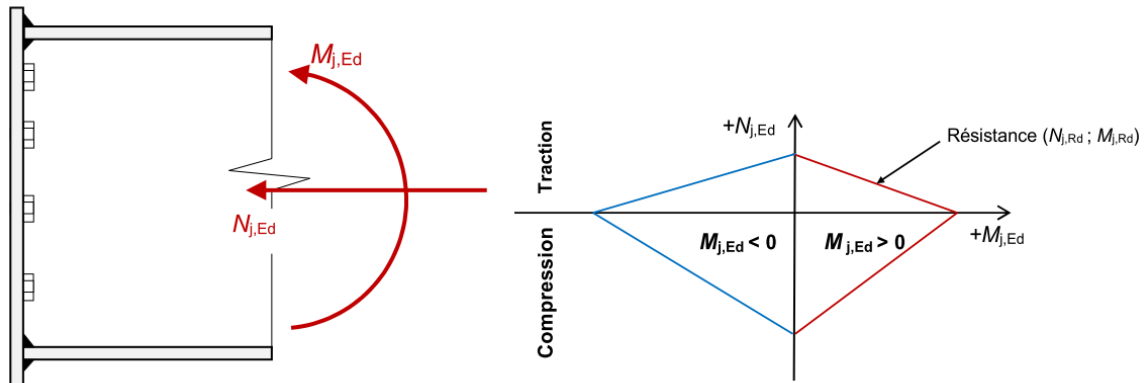


FIGURE 8.6 – Interaction Moment fléchissant et Effort normal

8.4 Résistance des rangées de boulons

8.4.1 Résistance des rangées de boulons tendus, prises individuellement

La résistance de chaque rangée de boulons tendue est évaluée en calculant la résistance d'un tronçon en T équivalent à cette rangée. Pour calculer la résistance du tronçon équivalent, il faudra au préalable déterminer sa longueur efficace. Cette longueur efficace est une longueur conventionnelle et n'a aucune signification physique : Elle correspond à un critère d'énergie de déformation de charnières plastiques.

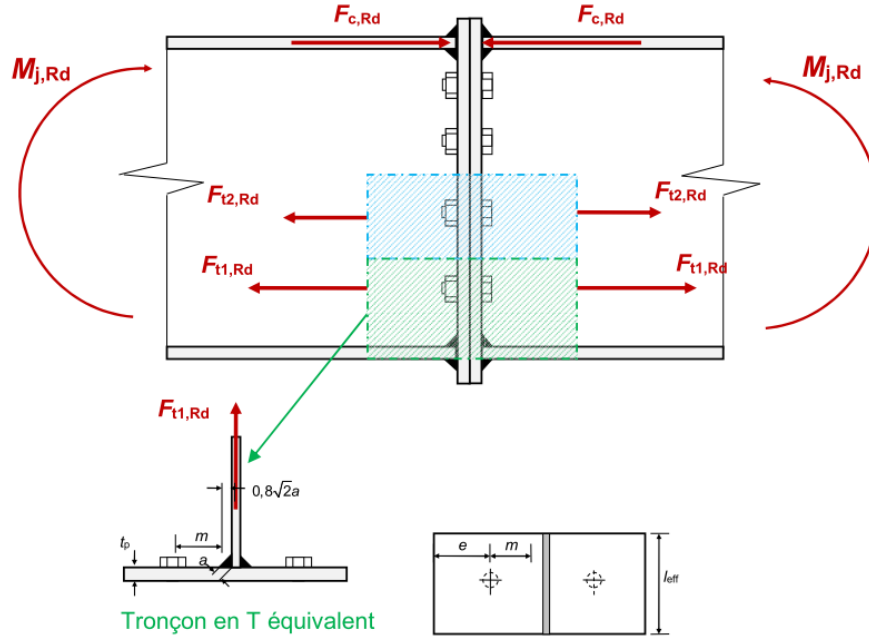


FIGURE 8.7 – Résistance d'une rangée de boulons

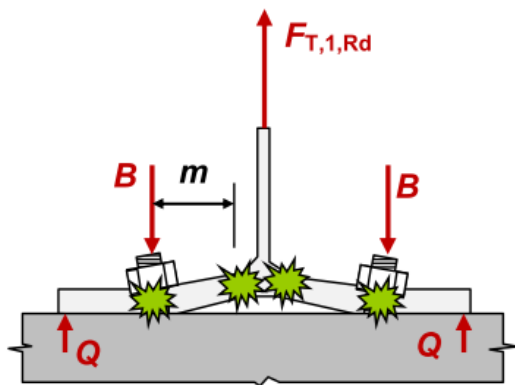
On passe d'une rangée i à la suivante $i + 1$, si la condition suivante est vérifiée :

$$\sum_{r=1}^{r=i} F_{tr,Rd} \leq F_{c,Rd} = F_{c,fb,Rd}$$

Les longueurs efficaces des rangées individuelles non raidies sont données dans le tableau 8.1 :

Pour chaque rangée isolée, on distingue 5 modes de ruine différents :

Mode 1 : Plastification totale de la semelle du tronçon en T équivalent



$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m}$$

avec :

$$M_{pl,1,Rd} = m_{pl,Rd} \cdot l_{eff,1}$$

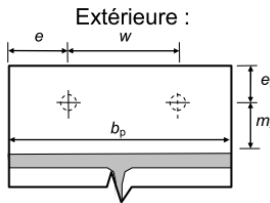
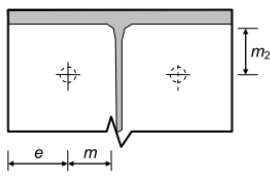
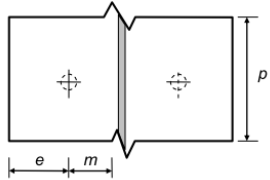
$$m_{pl,Rd} = \frac{t_p^2 \cdot f_{yp}}{4 \cdot \gamma_{M_0}}$$

t_p : épaisseur de la platine

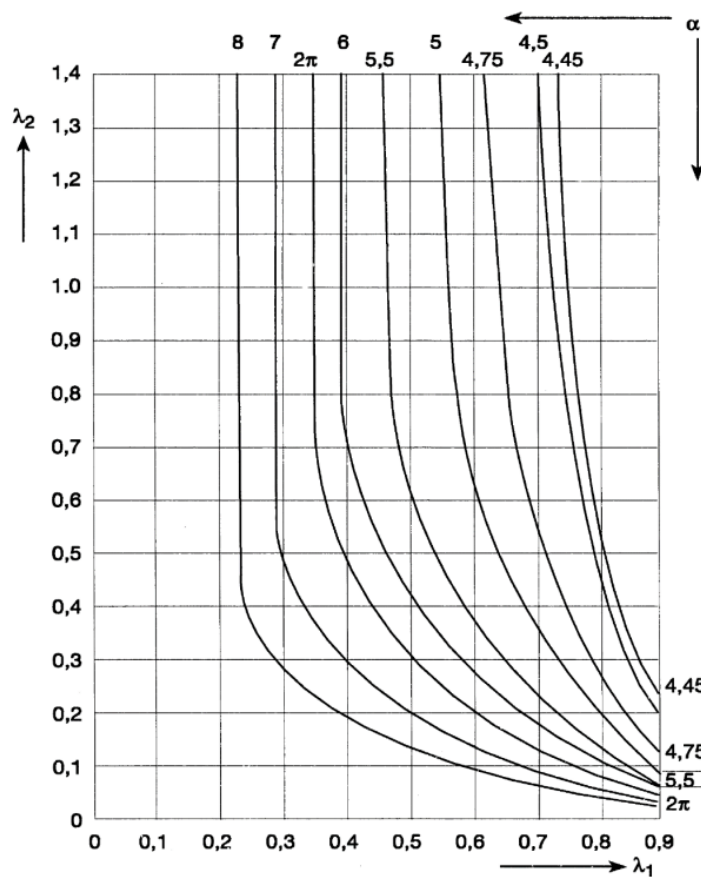
$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,cp}; l_{eff,nc})$$

FIGURE 8.8 – Ruine par mode 1

TABLE 8.1 – Longueurs efficaces de rangées individuelles non raidies (Tab 6.6 de l'EN1993-1-8)

Rangée	mécanisme circulaire	Mécanisme non circulaire
Extérieure : 	$l_{eff,cp} = \min \begin{cases} 2.\pi.m_x \\ \pi.m_x + w \\ \pi.m_x + 2.e \end{cases}$	$l_{eff,nc} = \min \begin{cases} 4.m_x + 1,25.e_x \\ 2.m_x + 0,625.e_x + w/2 \\ 2.m_x + 0,625.e_x + e \\ b_p/2 \end{cases}$
Intérieure : 	$l_{eff,cp} = 2.\pi.m$	$l_{eff,nc} = \alpha.m$ où α est calculé à partir de la figure 8.9 $\lambda_1 = \frac{m}{m+e}; \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$
Centrale : 		$l_{eff,nc} = 4.m + 1.25.e$

m ou m_x représentant la distance entre l'axe du boulon et l'IPE, à laquelle on soustrait $0,8.a.\sqrt{2}$

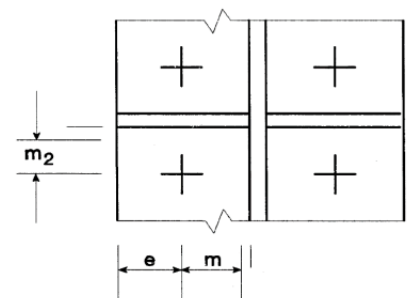
FIGURE 8.9 – Abaque de calcul de α

* Abaque du coefficient

 α :

Figure 6.11 de l'EN1993-1-8

$$\lambda_1 = \frac{m}{m+e}; \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$$

FIGURE 8.10 – Définition de e , m , et m_2

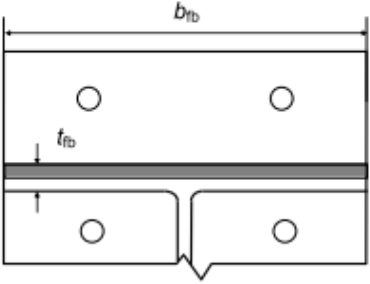
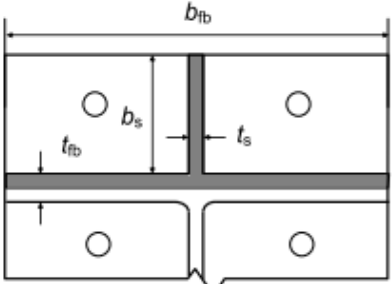
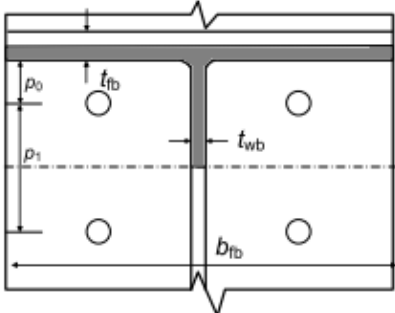
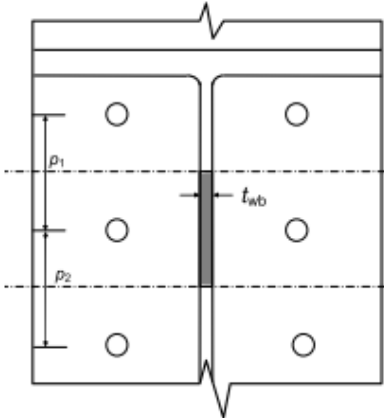
* Formule simplifiée :

$$\alpha = 4 + 1,67 \cdot \frac{e}{m} \cdot \left(\frac{m}{m_2} \right)^{0,67}$$

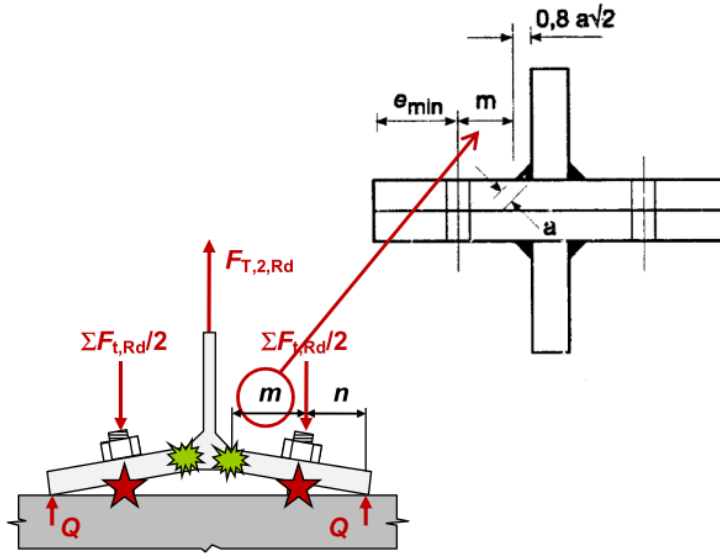
$$4 + 1,25 \cdot \frac{e}{m} \leq \alpha \leq 8$$

Le coefficient α prend en compte le fait que plus on se rapproche de la semelle, plus on est raidi.

TABLE 8.2 – Aire des sections tendues

Rangée	section concernée	section tendue
Extérieure non raidie		$A_{t,b} = b_{fb} \cdot t_{fb} / 2$
Extérieure raidie		$A_{t,b} = b_{fb} \cdot t_{fb} / 2 + b_s \cdot t_s$
Intérieure		$A_{t,b} = (p_1/2 + p_0) \cdot t_{wb} + b_{fb} \cdot t_{fb} / 2$
Centrale		$A_{t,b} = (p_1/2 + p_2/2) \cdot t_{wb}$

Mode 2 : Plastification de la semelle du tronçon en T équivalent



$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \sum F_{t,Rd}}{m + n}$$

avec :

$$M_{pl,2,Rd} = m_{pl,Rd} \cdot l_{eff,2}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc}$$

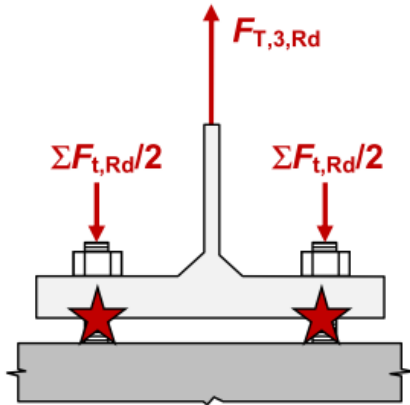
$$n = \min(e_{min}; 1, 25 \cdot m)$$

$$\sum F_{t,Rd} = 2 \cdot F_{t,Rd}$$

$F_{t,Rd}$: résistance en traction d'un boulon

FIGURE 8.11 – Ruine par mode 2

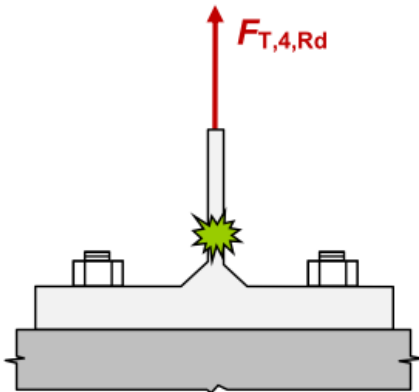
Mode 3 : Ruine des boulons



$$F_{T,3,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot F_{t,Rd}$$

FIGURE 8.12 – Ruine par mode 3

Mode 4 : Ruine de l'âme tendue du tronçon en T équivalent



$$F_{T,4,Rd} = \min \left(\frac{A_{t,b} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M_0}}; \frac{l_{eff,1} \cdot t_{wb} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M_0}} \right)$$

avec :

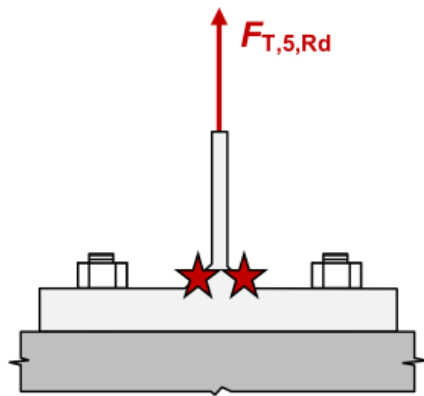
$A_{t,b}$: section de poutre au droit de la rangée (cf. tableau 8.2)

t_{wb} : épaisseur de l'âme de la poutre

f_{yb} : Limite élastique de l'âme de la poutre

Remarque : L'indice b est ici relatif à la poutre (beam) et non au boulon (bolt).

FIGURE 8.13 – Ruine par mode 4

Mode 5 : Ruines des soudures

$$F_{T,5,Rd} = \left(\sum_i l_{wi} \cdot a_i \right) \cdot \frac{f_u}{\sqrt{2} \cdot \gamma_{M2} \cdot \beta_w}$$

En général, les soudures ne sont pas dimensionnantes.

FIGURE 8.14 – Ruine par mode 5

Au final la résistance du tronçon en T équivalent d'une rangée isolée est calculée par :

$$F_{T,Rd} = \min (F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}; F_{T,4,Rd}; F_{T,5,Rd})$$

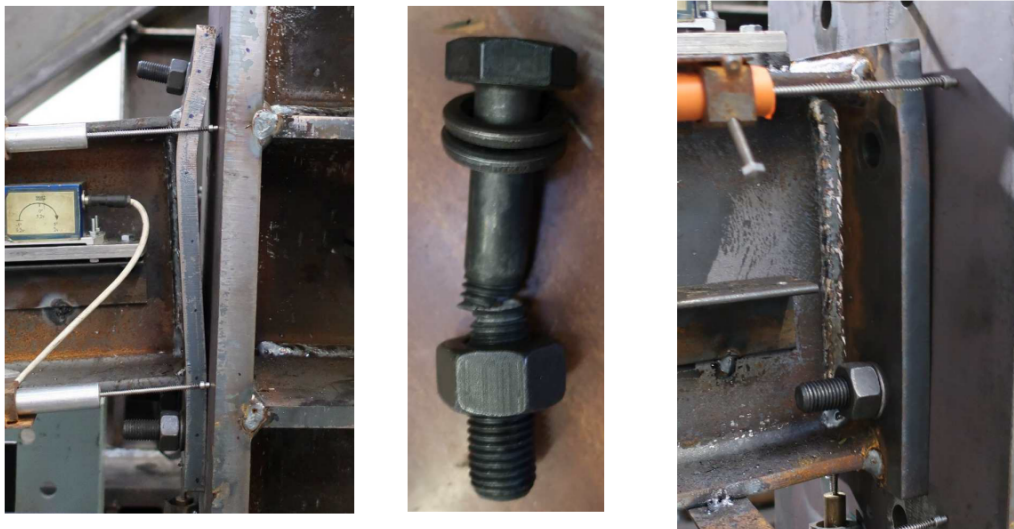


FIGURE 8.15 – Exemples de ruine d'une rangée extérieure tendue

8.4.2 Résistance des rangées de boulons tendus, prises globalement

Le traitement des groupes de rangées s'effectue de manière analogue à celle des rangées individuelles.

Toute rangée de boulons peut donner lieu à un groupement avec les rangées de rang supérieur, c'est à dire plus éloignées du centre de rotation.

Tout séparateur physique (semelle de profils, raidisseurs, ...) fait obstacle à la constitution d'un groupe de rangée. Ainsi un boulon extérieur ne pourra jamais faire partie d'un groupe de rangée avec les boulons intérieurs.

Résistance de la rangée n°2 avec effet de groupe

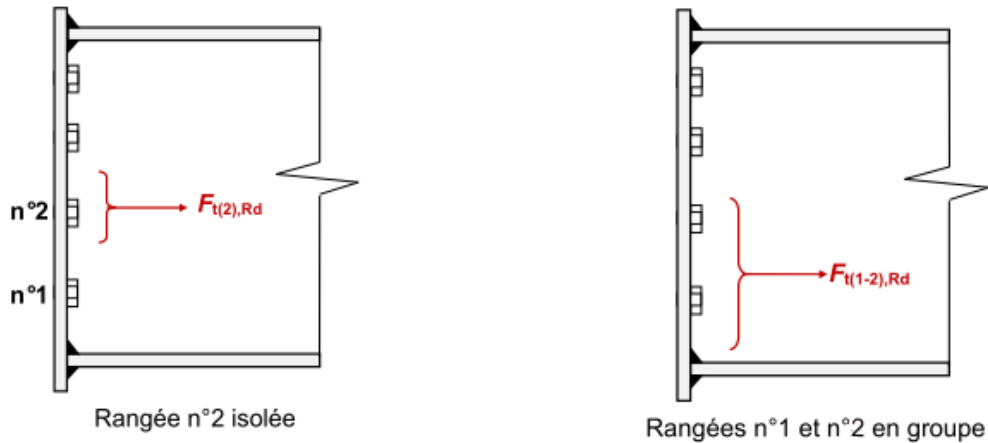


FIGURE 8.16 – Résistance de la rangée n°2

$$F_{t2,Rd} = \min (F_{t(2),Rd}; F_{t(1-2),Rd} - F_{t(1),Rd})$$

En général, c'est le terme $F_{t(1-2),Rd} - F_{t(1),Rd}$ qui est dimensionnant.

Résistance de la rangée n°3 avec effet de groupe

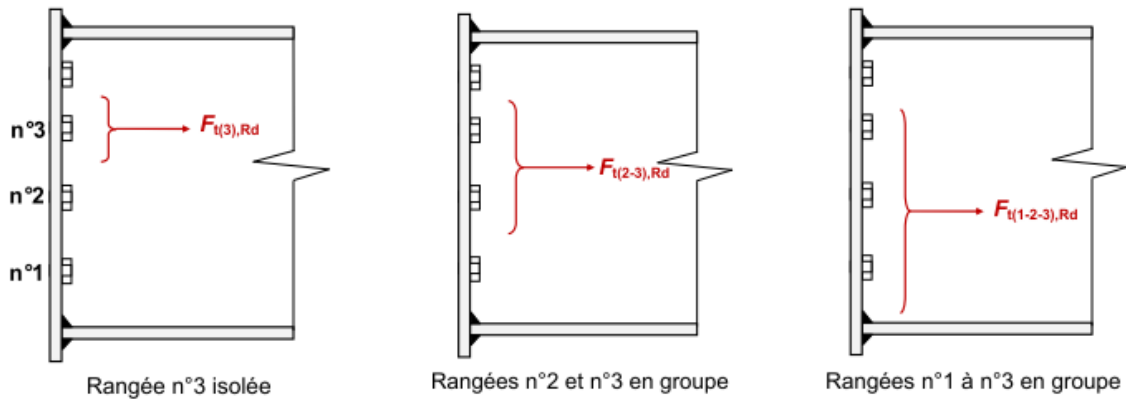


FIGURE 8.17 – Résistance de la rangée n°3

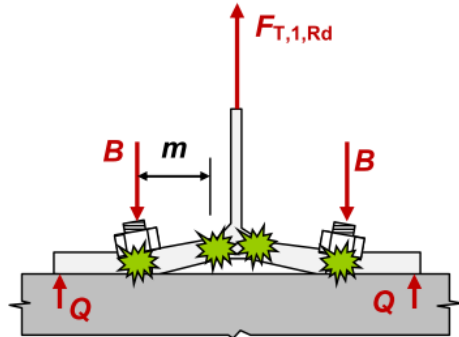
$$F_{t3,Rd} = \min (F_{t(3),Rd}; F_{t(2-3),Rd} - F_{t(2),Rd}; F_{t(1-2-3),Rd} - F_{t(2),Rd} - F_{t(3),Rd})$$

Là aussi, c'est en général le dernier terme $F_{t(1-2-3),Rd} - F_{t(2),Rd} - F_{t(1),Rd}$ qui est dimensionnant.

Résistance aux cinq modes de ruine

Pour les rangées groupées, on distingue également les 5 modes de ruine :

Mode 1



$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m}$$

avec :

$$M_{pl,1,Rd} = m_{pl,Rd} \cdot l_{eff,1}$$

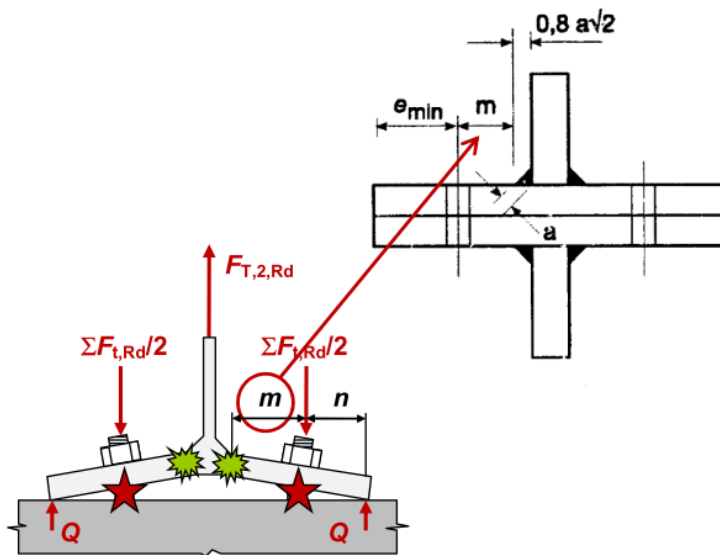
$$m_{pl,Rd} = \frac{t_p^2 \cdot f_{yp}}{4 \cdot \gamma_{M0}}$$

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,cp}; l_{eff,nc})$$

t_p : épaisseur de la platine

FIGURE 8.18 – Ruine par mode 1

Mode 2



$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \sum F_{t,Rd}}{m + n}$$

avec :

$$M_{pl,2,Rd} = m_{pl,Rd} \cdot l_{eff,2}$$

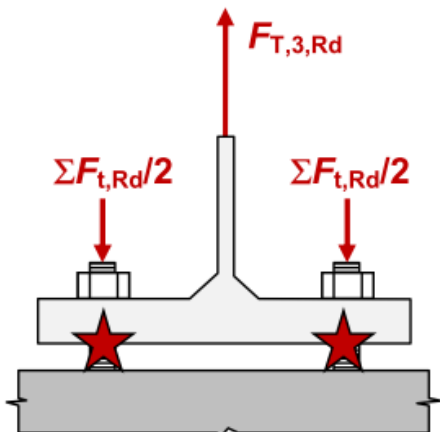
$$l_{eff,2} = l_{eff,nc}$$

$$n = \min(e_{min}; 1, 25 \cdot m)$$

$F_{t,Rd}$: résistance en traction d'un boulon

FIGURE 8.19 – Ruine par mode 2

Mode 3



$$F_{T,3,Rd} = \sum F_{t,Rd}$$

FIGURE 8.20 – Ruine par mode 3

Mode 4

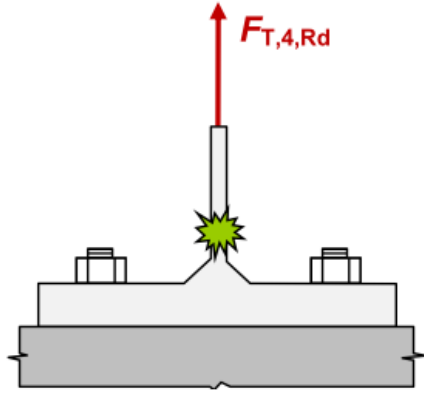


FIGURE 8.21 – Ruine par mode 4

$$F_{T,4,Rd} = \min \left(\frac{\sum A_{t,b} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}; \frac{l_{eff,1} \cdot t_{wb} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}} \right)$$

avec :

$A_{t,b}$: section de poutre au droit de la rangée (cf. tableau 8.2)

t_{wb} : épaisseur de l'âme de la poutre

f_{yb} : Limite élastique de l'âme de la poutre

Remarque : L'indice b est ici relatif à la poutre (beam) et non au boulon (bolt).

Mode 5

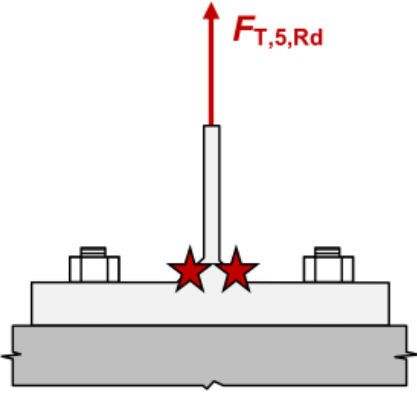


FIGURE 8.22 – Ruine par mode 5

$$F_{T,5,Rd} = \left(\sum_i l_{wi} \cdot a_i \right) \cdot \frac{f_u}{\sqrt{2} \cdot \gamma_{M2} \cdot \beta_w}$$

Au final la résistance du tronçon en T équivalent d'un groupe de rangée est obtenue à l'aide de :

$$F_{T,Rd} = \min (F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}; F_{T,4,Rd}; F_{T,5,Rd})$$

Cas particuliers des rangées extérieures raidies

- Il n'y a pas dans l'EN1993-1-8 d'indications concernant le calcul de la résistance des rangées raidies. Toutefois, les méthodes vues précédemment peuvent être adaptées comme le montre RYAN [22].
- La méthode présentée ici est issue des recommandations de la CNC2M [5].

⇒ Le principe est de calculer la résistance d'un tronçon en T dont l'âme est située dans la semelle, $F_{tf,Rd}$, puis la résistance d'un tronçon en T dont l'âme est située dans le raidisseur $F_{ts,Rd}$

TABLE 8.3 – Longueurs efficaces de rangées groupées (Tab 6.6 de l'EN1993-1-8)

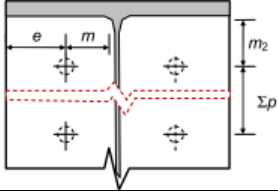
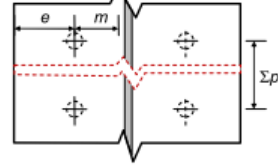
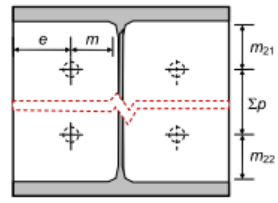
Rangée	mécanisme circulaire	Mécanisme non circulaire
Intérieure + centrale(s) 	$l_{eff,cp} = 2 \cdot (\pi \cdot m + \Sigma p)$	$l_{eff,nc} = \alpha \cdot m + \Sigma p$ où α est calculé à partir de la figure 8.9, avec $\lambda_1 = \frac{m}{m+e} ; \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$
centrales 		$l_{eff,cp} = 4 \cdot m + 1.25 \cdot e + \Sigma p$
intérieures 		$l_{eff,nc} = (\alpha_1 + \alpha_2) \cdot m - 4 \cdot m - 1.25 \cdot e + \Sigma p$ où α_1 est calculé à partir de la figure 8.9, avec : $\lambda_1 = \frac{m}{m+e} ; \lambda_2 = \frac{m_{21}}{m+e}$ où α_2 est calculé à partir de la figure 8.9, avec : $\lambda_1 = \frac{m}{m+e} ; \lambda_2 = \frac{m_{22}}{m+e}$

TABLE 8.4 – Longueurs efficaces de rangées extérieures raidies au niveau de la semelle

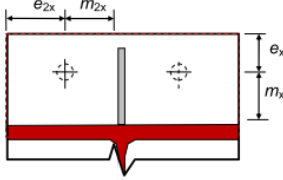
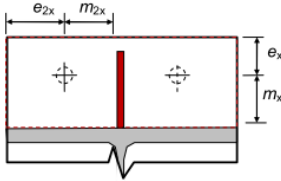
Tronçon en T au niveau de la semelle		
	Résistance de calcul $F_{T,1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m_x} ; F_{T,2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + 2 \cdot n \cdot F_{t,Rd}}{m_x + n}$ $F_{T,3,Rd} = 2 \cdot F_{t,Rd} ; F_{T,4,Rd} = \frac{A_{t,b} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M_0}}$ $n = \min(e_x ; 1, 25 \cdot m_x)$ $\Rightarrow F_{tf,Rd} = \min(F_{T,1,Rd} ; F_{T,2,Rd} ; F_{T,3,Rd} ; F_{T,4,Rd})$	
	Longueur efficace circulaire	Longueur efficace non circulaire
	$l_{eff,cp} = \min \left(\begin{array}{l} 2 \cdot \pi \cdot m_x \\ \pi \cdot m_x + 2 \cdot e_{2x} \end{array} \right)$	$l_{eff,nc} = \min \left(\begin{array}{l} \alpha_1 \cdot m_x \\ \alpha_1 \cdot m_x - 2 \cdot m_x \dots \\ \dots - 0.625 \cdot e_x + e_{2x} \end{array} \right)$ où α_1 est calculé à partir de la figure 8.9, avec : $\lambda_1 = \frac{m_x}{m_x + e_x} ; \lambda_2 = \frac{m_{2x}}{m_x + e_x}$

TABLE 8.5 – Longueurs efficaces de rangées extérieures raidies au niveau raidisseur

	Tronçon en T au niveau raidisseur	
	Résistance de calcul $F_{T,1,Rd} = \frac{4.M_{pl,1,Rd}}{m_{2x}}; F_{T,2,Rd} = \frac{2.M_{pl,2,Rd} + 2.n.F_{t,Rd}}{m_{2x} + n}$ $F_{T,3,Rd} = 2.F_{t,Rd}; F_{T,4,Rd} = \frac{A_{t,b}.f_{yb}}{\gamma_{M_0}}$ $n = \min(e_{2x}; 1.25.m_{2x})$ $\Rightarrow F_{ts,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}; F_{T,4,Rd})$	
	Longueur efficace circulaire	Longueur efficace non circulaire
	$l_{eff,cp} = \min \left(\frac{2.\pi.m_{2x}}{\pi.m_{2x} + 2.e_x} \right)$	$l_{eff,nc} = \min \left(\begin{array}{l} \alpha_2.m_{2x} \\ \alpha_2.m_{2x} - 2.m_{2x}... \\ ... - 0.625.e_{2x} + e_x \end{array} \right)$ où α_2 est calculé à partir de la figure 8.9, avec : $\lambda_1 = \frac{m_{2x}}{m_{2x} + e_{2x}}; \lambda_2 = \frac{m_x}{m_{2x} + e_{2x}}$

La résistance finale de la rangée extérieure raidie est :

$$F_{t1,Rd} = \min(F_{tf,Rd}; F_{ts,Rd})$$

8.4.3 Méthode simplifiée

La méthode simplifiée permet un calcul plus rapide, mais donne une résistance plus faible que celle obtenue par la méthode complète.

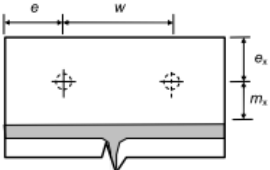
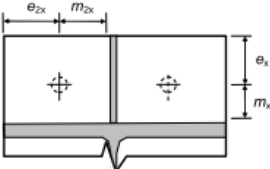
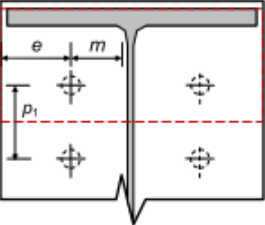
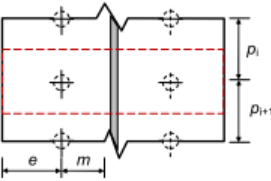
conditions géométriques

Afin de pouvoir utiliser cette méthode, il convient d'abord de vérifier qu'un certain nombre de conditions géométriques sont vérifiées. Ces conditions sont résumées dans le tableau 8.6.

Résistance des rangées

Une fois ces conditions vérifiées, on peut alors calculer les résistances des rangées à l'aide des formules données dans le tableau 8.7

TABLE 8.6 – Conditions géométriques de la méthode simplifiée

Rangées	paramètres	Conditions
Extérieure non raidie		$m_x \leq e_x$ $e \leq 2.625.m_x$ $w/2 \leq 2.625.m_x$
Extérieure raidie		$m_x \leq e_x$ $m_x \leq e_{2x}$ $m_{2x} \leq e_x$ $m_{2x} \leq e_{2x}$
Intérieure		$m \leq e$
Centrale		

m, m_2, m_x , et m_{2x} sont calculés conformément à la figure 6.2 de l'EN1993-1-8 reproduite ci desous :

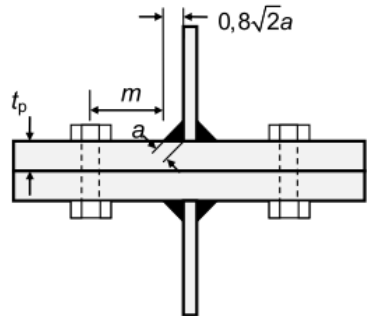
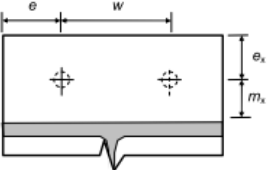
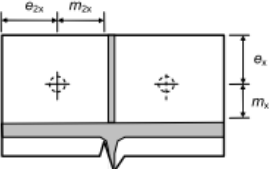
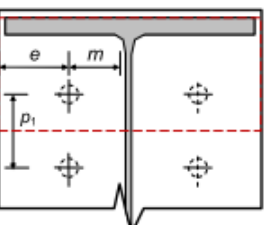
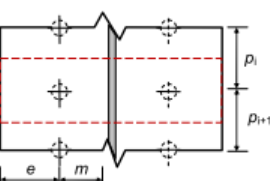


TABLE 8.7 – Résistance des rangées de la méthode simplifiée

Rangée	$\alpha_1 (= l_{eff}/m)$	Résistances modes 1, 2, 3 et 4	Résistance rangée
	$\frac{b_p/2}{m_x}$ b_p : largeur de la platine	$F_{T,1,Rd} = \frac{\alpha_1 \cdot t_p^2 \cdot f_{yp}}{\gamma_{M_0}}$ $F_{T,2,Rd} = \frac{\alpha_1 \cdot t_p^2 \cdot f_{yp}}{\gamma_{M_0}} \dots$ $\dots + F_{t,Rd}$ $F_{T,3,Rd} = 2 \cdot F_{t,Rd}$	$F_{tr,Rd} \dots$ $\dots = \min \begin{pmatrix} F_{T,1,Rd} \\ F_{T,2,Rd} \\ F_{T,3,Rd} \end{pmatrix}$
	3, 625	avec : $F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot A \cdot f_{ub}}{\gamma_{M_2}}$	
	$\min \begin{pmatrix} 5, 25 \\ 2, 625 \dots \\ \dots + \frac{p_1}{2 \cdot m} \end{pmatrix}$	$F_{T,1,Rd} = \frac{\alpha_1 \cdot t_p^2 \cdot f_{yp}}{\gamma_{M_0}}$ $F_{T,2,Rd} = \frac{\alpha_1 \cdot t_p^2 \cdot f_{yp}}{\gamma_{M_0}} \dots$ $\dots + F_{t,Rd}$ $F_{T,3,Rd} = 2 \cdot F_{t,Rd}$ $F_{T,4,Rd} = \frac{\alpha_1 \cdot m \cdot t_{wb} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M_0}}$	$F_{tr,Rd} \dots$ $\dots = \min \begin{pmatrix} F_{T,1,Rd} \\ F_{T,2,Rd} \\ F_{T,3,Rd} \\ F_{T,4,Rd} \end{pmatrix}$
	$\min \begin{pmatrix} 5, 25 \\ 2, 625 \dots \\ \dots + \frac{p_{min}}{2 \cdot m} \\ \frac{p_i + p_{i+1}}{2 \cdot m} \end{pmatrix}$ $p_{min} = \min(p_i; p_{i+1})$		

8.5 Résistance à l'effort tranchant

8.5.1 Boulons non précontraints

$$V_{Rd} = 0,28 \cdot \left(\sum_{rangées\ tendues} F_{v,Rd} \right) + \sum_{rangées\ non\ tendues} F_{v,Rd}$$

avec :

$F_{v,Rd}$: résistance au cisaillement d'un boulon
 n_b : nombre de boulons sollicités

Cas simplifié :

$$V_{Rd} = 0,28 \cdot n_b \cdot F_{v,Rd}$$

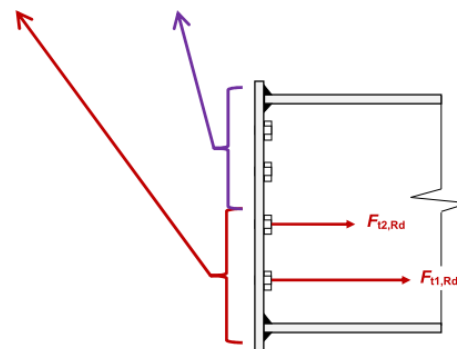


FIGURE 8.23 – Résistance au cisaillement

8.5.2 Boulons précontraints

$$V_{Rd} = \left(\sum_{\text{rangées tendues}} F_{s,Rd} \right)$$

avec :

$F_{s,Rd}$: résistance au frottement d'un boulon

On peut négliger l'effet de la traction car il y a un équilibrage entre la traction et la compression. La vérification à la pression diamétrale ne pose en général pas de problème.

8.6 Résistance à l'effort normal

8.6.1 Résistance à la compression

La **résistance de la poutre en compression** au niveau de l'assemblage (§6.2 de l'EN 1993-1-1) :

$$N_{c,Rd} = \begin{cases} \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} & (\text{classe 1, 2 ou 3}) \\ \frac{A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} & (\text{classe 4}) \end{cases}$$

avec :

A : Section transversale de la poutre

A_{eff} : Section efficace de la section comprimée de classe 4

Il faut toujours considérer qu'il existe du jeu entre les pièces, il est alors nécessaire de vérifier la **résistance des soudures** :

$$N_{c,ww,Rd} = \left(\sum l_w \cdot a \right) \cdot \frac{f_u}{\sqrt{2} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

La résistance à l'assemblage en compression est alors donné par

$$N_{j,c,Rd} = \min(N_{c,Rd}; N_{c,ww,Rd})$$

8.6.2 Résistance à la traction

La **résistance de la poutre en traction** au niveau de l'assemblage (§6.2 de l'EN 1993-1-1) :

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

La **résistance des rangées de boulons** en traction est donnée par :

$$N_{t,Rd} = \sum F_{t(r),Rd}$$

avec :

$F_{t(r),Rd}$: Résistance en traction de la rangée r

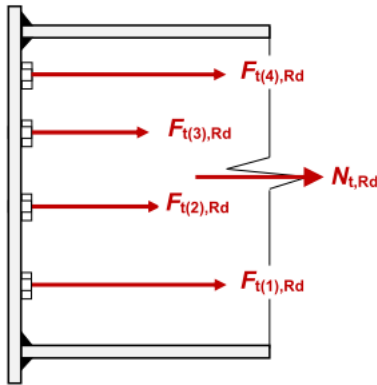


FIGURE 8.24 - Résistance en traction

La résistance de l'assemblage en traction est au final :

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

Bibliographie

- [1] NF EN 1993-1-1 , Eurocode 3 - calcul des structures en acier - partie 1-1 :règles générales et règles pour les bâtiments +Amendement A1 (juillet2014), 2005. Indice de classement : P22-311-1.
- [2] NF EN 1993-1-8 , Eurocode 3 - calcul des structures en acier - partie 1-8 : Calcul des assemblages, 2005. Indice de classement : P22-318-1.
- [3] NF EN 1993-1-8 /NA, Eurocode 3 - calcul des structures en acier - partie 1-8 : Calcul des assemblages Annexe nationale à la NF EN 1993-1-8 : 2005, 2007. Indice de classement : P22-318-1/NA.
- [4] NF EN 1993-1-1 /NA, Eurocode 3 - calcul des structures en acier - partie 1-1 :règles générales et règles pour les bâtiments +Amendement A1 (juillet2014) - Annexe nationale à la NF EN 1993-1-1, 2013. Indice de classement : P22-311-1/NA.
- [5] Recommandations pour le dimensionnement des assemblages selon l'EN 1993-1-8, 2015. N0175.
- [6] APK. *Construction métallique et mixte acier-béton – Calcul et dimensionnement selon les Eurocodes 3 et 4*. Editions Eyrolles, 1996.
- [7] Collectif d'auteurs. *Eurocode 3 et document d'application nationale - Calcul des structures en acier – Partie1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments*. Editions Eyrolles, 1996.
- [8] Collectif d'auteurs. *Structures métalliques – Ouvrages simples – Guide technique et de calcul des éléments structurels en acier*. Editions CAPEB, CTICM, OTUA, 2008.
- [9] C. HAZARD, F. LELONG, and B. QUINZAIN. *Memotech – Structures métalliques*. ed. Castella Educativres, 1997.
- [10] M.A. HIRT, R. BEZ, and A. NUSSBAUMER. *Traité de Génie Civil de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne , Vol.10 : Construction Métallique – Notions fondamentales et méthodes de dimensionnement*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2003.
- [11] M. LANDOWSKI and B. LEMOINE. *Concevoir et construire en acier*. ed. ArcelorMittal, collection Mémento acier, 2008.
- [12] Guy LE RUN. *Structures Métalliques - Dimensionnement des ossatures acier selon les eurocodes - Cours et applications*. Editions Ellipses, 2014.
- [13] Yvon LESCOUARC'H. *Les pieds de poteaux articulés en acier : Dispositions constructives, méthodes de calcul, standardisation*. Collection CTICM, 1982.
- [14] Yvon LESCOUARC'H. *Initiation au calcul d'un bâtiment à structure en acier*. Collection CTICM, 1997.
- [15] Yvon LESCOUARC'H. *Construction métallique – Conception des structures de bâtiment*. Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 2008.
- [16] Pierre MAITRE. *Formulaire de la construction métallique, Eurocodes 1 et 3, Règles NV65, Règles CM66 + additif 80, Normes d'assemblages, 3ème édition*. Editions Le Moniteur, 2009.

- [17] Pierre MAITRE. *Formulaire de la construction métallique selon l'Eurocode 3*. Editions Le Moniteur, 2013.
- [18] Jean MOREL. *Calcul des structures selon l'Eurocode 3*. Editions Eyrolles, 1997.
- [19] Jean Pierre MUZEAU. *Manuel de construction métallique - Extraits des eurocodes à l'usage des étudiants*. Editions Eyrolles - AFNOR, 2012.
- [20] Jean Pierre MUZEAU. *La construction métallique avec les eurocodes - Interprétation, Exemples de calcul*. Editions Eyrolles - AFNOR, 2014.
- [21] European Steel Design Education Program. Groupe de travail 11 " assemblages sous chargement statique", leçon 11.4.1 "analyse des assemblages -1è partie : Distribution élémentaire des efforts".
- [22] Ivor RYAN. *Assemblages de pieds de poteaux en acier :Dimensionnement des assemblages de pieds de poteaux métalliques encastrés et articulés, Guide Plan Europe*. CSTB/ CTICM, 2010.

Long Carbon Europe



ArcelorMittal

Profilés et Aciers Marchands Sections and Merchant Bars Profil- und Stabstahl

Programme de Vente / Sales Programme / Verkaufsprogramm



Poutrelles I européennes

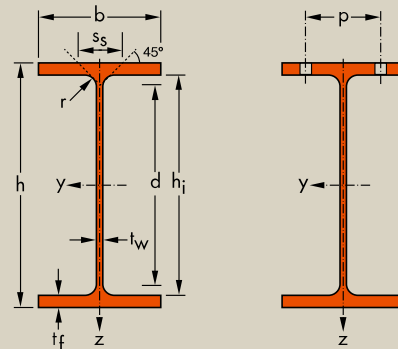
Dimensions: IPE 80 - 600 conformes à la norme antérieure EU 19-57
IPE AA 80 - 550, IPE A 80 - 600, IPE O 180 - 600, IPE 750 suivant norme AM
Tolérances: EN 10034: 1993
Etat de surface: conforme à EN 10163-3: 2004, classe C, sous-classe 1

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-Profil

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	Dimensions Abmessungen						Dimensions de construction Dimensions for detailing Konstruktionsmaße					Surface Oberfläche	
G kg/m	h mm	b mm	t _w mm	t _f mm	r mm	A mm ² x10 ²	h _i mm	d mm	Ø	p _{min} mm	p _{max} mm	A _L m ² /m	A _G m ² /t

IPE AA 80*	4,9	78	46	3,2	4,2	5,0	6,31	69,6	59,6	-	-	-	0,325	65,62
IPE A 80 • / *	5,0	78	46	3,3	4,2	5,0	6,38	69,6	59,6	-	-	-	0,325	64,90
IPE 80*	6,0	80	46	3,8	5,2	5,0	7,64	69,6	59,6	-	-	-	0,328	54,64
IPE AA 100*	6,7	97,6	55	3,6	4,5	7,0	8,56	88,6	74,6	-	-	-	0,396	58,93
IPE A 100 • / *	6,9	98	55	3,6	4,7	7,0	8,8	88,6	74,6	-	-	-	0,397	57,57
IPE 100*	8,1	100	55	4,1	5,7	7,0	10,3	88,6	74,6	-	-	-	0,400	49,33
IPE AA 120*	8,4	117	64	3,8	4,8	7,0	10,7	107,4	93,4	-	-	-	0,470	56,26
IPE A 120 •	8,7	117,6	64	3,8	5,1	7,0	11,0	107,4	93,4	-	-	-	0,472	54,47
IPE 120	10,4	120	64	4,4	6,3	7,0	13,2	107,4	93,4	-	-	-	0,475	45,82
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

- * Commande minimale: pour S235 JR, cf. conditions de livraison page 222; pour toute autre qualité 40t ou suivant accord.
- + Commande minimale: 40t par profilé et qualité ou suivant accord.
- * Tonnage minimum et conditions de livraison nécessitent un accord préalable.

- * Minimum order: for the S235 JR grade cf. delivery conditions page 222; for any other grade 40t or upon agreement.
- + Minimum order: 40t per section and grade or upon agreement.
- * Minimum tonnage and delivery conditions upon agreement.

- * Mindestbestellmenge: für S235 JR gemäß Lieferbedingungen Seite 222; für jede andere Güte 40t oder nach Vereinbarung.
- + Mindestbestellmenge: 40t pro Profil und Güte oder nach Vereinbarung.
- * Mindestbestellmenge und Lieferbedingungen nach Vereinbarung.

Notations pages 205–209 / Bezeichnungen Seiten 205–209

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 fort y-y strong axis y-y starke Achse y-y						axe faible z-z weak axis z-z schwache Achse z-z							Pure bending y-y			Pure compression					
	G kg/m	I _y mm ⁴ x10 ⁴	W _{el,y} mm ³ x10 ³	W _{ply} ♦ mm ³ x10 ³	i _y mm x10	A _{vz} mm ² x10 ²	I _z mm ⁴ x10 ⁴	W _{el,z} mm ³ x10 ³	W _{pl,z} ♦ mm ³ x10 ³	i _z mm x10	S _s mm	I _t mm ⁴ x10 ⁴	I _w mm ⁶ x10 ⁹	S235	S355	S460	S235	S355	S460			
IPE AA 80	4,9	64,1	16,4	18,9	3,19	3,00	6,85	2,98	4,7	1,04	17,5	0,40	0,09	1	1	-	1	1	-	✓		
IPE A 80	5,0	64,4	16,5	19,0	3,18	3,07	6,85	2,98	4,7	1,04	17,6	0,42	0,09	1	1	-	1	1	-	✓		
IPE 80	6,0	80,1	20,0	23,2	3,24	3,58	8,49	3,69	5,8	1,05	20,1	0,70	0,12	1	1	-	1	1	-	✓		
IPE AA 100	6,7	136	27,9	31,9	3,98	4,40	12,6	4,57	7,2	1,21	20,8	0,73	0,27	1	1	-	1	1	-	✓		
IPE A 100	6,9	141	28,8	33,0	4,01	4,44	13,1	4,77	7,5	1,22	21,2	0,77	0,28	1	1	-	1	1	-	✓		
IPE 100	8,1	171	34,2	39,4	4,07	5,08	15,9	5,79	9,2	1,24	23,7	1,20	0,35	1	1	-	1	1	-	✓		
IPE AA 120	8,4	244	41,7	47,6	4,79	5,36	21,1	6,59	10,4	1,41	21,6	0,95	0,66	1	1	-	1	1	-	✓		
IPE A 120	8,7	257	43,8	49,9	4,83	5,41	22,4	7,00	11,0	1,42	22,2	1,04	0,71	1	1	-	1	1	-	✓		
IPE 120	10,4	318	53,0	60,7	4,90	6,31	27,7	8,65	13,6	1,45	25,2	1,74	0,89	1	1	-	1	1	-	✓		
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	✓	✓	✓

♦ W_{pl} pour un dimensionnement plastique, la section doit appartenir à la classe 1 ou 2 suivant la capacité de rotation requise. Voir page 209.

♦ W_{pl} for plastic design, the shape must belong to class 1 or 2 according to the required rotation capacity. See page 209.

♦ W_{pl} bei einer plastischen Berechnung muss das Profil je nach erforderlicher Rotationskapazität der Klasse 1 oder 2 angehören. Siehe Seite 209.

Poutrelles I européennes (suite)

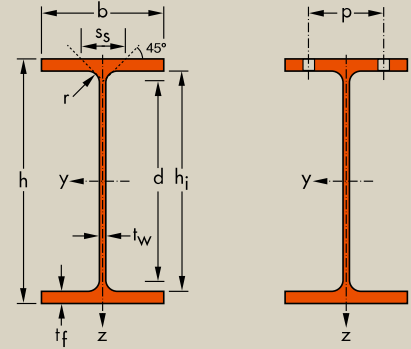
Dimensions: IPE 80 - 600 conformes à la norme antérieure EU 19-57
IPE AA 80 - 550, IPE A 80 - 600, IPE O 180 - 600, IPE 750 suivant norme AM
Tolérances: EN 10034: 1993
Etat de surface: conforme à EN 10163-3: 2004, classe C, sous-classe 1

European I beams (continued)

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-Profil (Fortsetzung)

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	Dimensions Abmessungen							Dimensions de construction Dimensions for detailing Konstruktionsmaße					Surface Oberfläche	
G kg/m	h mm	b mm	t _w mm	t _f mm	r mm	A mm ² x10 ²	h _i mm	d mm	Ø	p _{min} mm	p _{max} mm	A _L m²/m	A _G m²/t	
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
IPE A 400•	57,4	397	180	7,0	12,0	21,0	73,1	373,0	331,0	M 22	94	98	1,464	25,51
IPE 400	66,3	400	180	8,6	13,5	21,0	84,5	373,0	331,0	M 22	96	98	1,467	22,12
IPE O 400+	75,7	404	182	9,7	15,5	21,0	96,4	373,0	331,0	M 22	96	100	1,481	19,57
IPE A 450•	67,2	447	190	7,6	13,1	21,0	85,6	420,8	378,8	M 24	100	102	1,603	23,87
IPE 450	77,6	450	190	9,4	14,6	21,0	98,8	420,8	378,8	M 24	100	102	1,605	20,69
IPE O 450+	92,4	456	192	11,0	17,6	21,0	118	420,8	378,8	M 24	102	104	1,622	17,56
IPE A 500•	79,4	497	200	8,4	14,5	21,0	101	468,0	426,0	M 24	100	112	1,741	21,94
IPE 500	90,7	500	200	10,2	16,0	21,0	116	468,0	426,0	M 24	102	112	1,744	19,23
IPE O 500+	107	506	202	12,0	19,0	21,0	137	468,0	426,0	M 24	104	114	1,760	16,4

• Commande minimale: pour S235 JR, cf. conditions de livraison page 222; pour toute autre qualité 40t ou suivant accord.

+ Commande minimale: 40t par profilé et qualité ou suivant accord.

* Tonnage minimum et conditions de livraison nécessitent un accord préalable.

• Minimum order: for the S235 JR grade cf. delivery conditions page 222; for any other grade 40t or upon agreement.

+ Minimum order: 40t per section and grade or upon agreement.

* Minimum tonnage and delivery conditions upon agreement.

• Mindestbestellmenge: für S235 JR gemäß Lieferbedingungen Seite 222; für jede andere Güte 40t oder nach Vereinbarung.

+ Mindestbestellmenge: 40t pro Profil und Güte oder nach Vereinbarung.

* Mindestbestellmenge und Lieferbedingungen nach Vereinbarung.

Notations pages 205–209 / Bezeichnungen Seiten 205–209

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 fort y-y strong axis y-y starke Achse y-y						axe faible z-z weak axis z-z schwache Achse z-z						Pure bending y-y			Pure compression						
	G kg/m	I _y mm ⁴ x10 ⁴	W _{el,y} mm ³ x10 ³	W _{pl,y} ◆ mm ³ x10 ³	i _y mm x10	A _{vz} mm ² x10 ²	I _z mm ⁴ x10 ⁴	W _{el,z} mm ³ x10 ³	W _{pl,z} ◆ mm ³ x10 ³	i _z mm x10	S _s mm	I _t mm ⁴ x10 ⁴	I _w mm ⁶ x10 ⁹	S235	S355	S460	S235	S355				S460
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	✓	✓	✓
IPE A 400	57,4	20290	1022	1144	16,7	35,8	1171	130	202	4,00	55,6	34,8	432	1	1	1	4	4	4	✓	✓	✓
IPE 400	66,3	23130	1160	1307	16,6	42,7	1318	146	229	3,95	60,2	51,1	490	1	1	1	3	4	4	✓	✓	✓
IPE O 400	75,7	26750	1324	1502	16,7	48,0	1564	172	269	4,03	65,3	73,1	588	1	1	1	2	3	4	✓	✓	✓
IPE A 450	67,2	29760	1331	1494	18,7	42,3	1502	158	246	4,19	58,4	45,7	705	1	1	1	4	4	4	✓	✓	✓
IPE 450	77,6	33740	1500	1702	18,5	50,9	1676	176	276	4,12	63,2	66,9	791	1	1	1	3	4	4	✓	✓	✓
IPE O 450	92,4	40920	1795	2046	18,7	59,4	2085	217	341	4,21	70,8	109	998	1	1	1	2	4	4	✓	✓	✓
IPE A 500	79,4	42930	1728	1946	20,6	50,4	1939	194	302	4,38	62,0	62,8	1125	1	1	1	4	4	4	✓	✓	✓
IPE 500	90,7	48200	1930	2194	20,4	59,9	2142	214	336	4,31	66,8	89,3	1249	1	1	1	3	4	4	✓	✓	✓
IPE O 500	107	57780	2284	2613	20,6	70,2	2622	260	409	4,38	74,6	144	1548	1	1	1	2	4	4	✓	✓	✓

♦ W_{pl} pour un dimensionnement plastique, la section doit appartenir à la classe 1 ou 2 suivant la capacité de rotation requise. Voir page 209.

♦ W_{pl} for plastic design, the shape must belong to class 1 or 2 according to the required rotation capacity. See page 209.

♦ W_{pl} bei einer plastischen Berechnung muss das Profil je nach erforderlicher Rotationskapazität der Klasse 1 oder 2 angehören. Siehe Seite 209.

Poutrelles I européennes (suite)

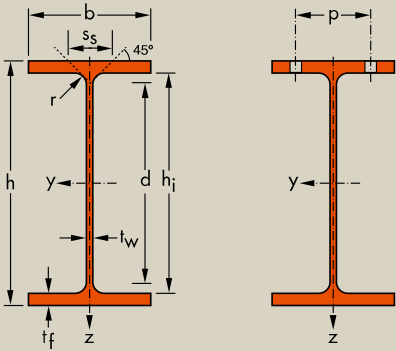
Dimensions: IPE 80 - 600 conformes à la norme antérieure EU 19-57
IPE AA 80 - 550, IPE A 80 - 600, IPE O 180 - 600, IPE 750 suivant norme AM
Tolérances: EN 10034: 1993
Etat de surface: conforme à EN 10163-3: 2004, classe C, sous-classe 1

European I beams (continued)

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-Profil (Fortsetzung)

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	Dimensions Abmessungen						Dimensions de construction Dimensions for detailing Konstruktionsmaße					Surface Oberfläche		
G kg/m	h mm	b mm	t _w mm	t _f mm	r mm	A mm ² x10 ²	h _i mm	d mm	Ø	p _{min} mm	p _{max} mm	A _L m ² /m	A _G m ² /t	
IPE A 550•	92,1	547	210	9,0	15,7	24,0	117	515,6	467,6	M 24	106	122	1,875	20,36
IPE 550	106	550	210	11,1	17,2	24,0	134	515,6	467,6	M 24	110	122	1,877	17,78
IPE O 550+	123	556	212	12,7	20,2	24,0	156	515,6	467,6	M 24	110	122	1,893	15,45
IPE A 600•	108	597	220	9,8	17,5	24,0	137	562,0	514,0	M 27	114	118	2,013	18,72
IPE 600	122	600	220	12,0	19,0	24,0	156	562,0	514,0	M 27	116	118	2,015	16,45
IPE O 600+	154	610	224	15,0	24,0	24,0	197	562,0	514,0	M 27	118	122	2,045	13,24
IPE 750 x 137*	137	753	263	11,5	17,0	17,0	175	719,0	685,0	M 27	102	162	2,506	18,28
IPE 750 x 147	147	753	265	13,2	17,0	17,0	188	719,0	685,0	M 27	104	164	2,510	17,06
IPE 750 x 173+	173	762	267	14,4	21,6	17,0	221	718,8	684,8	M 27	104	166	2,534	14,58
IPE 750 x 196+	196	770	268	15,6	25,4	17,0	251	719,2	685,2	M 27	106	166	2,552	12,96

• Commande minimale: pour S235 JR, cf. conditions de livraison page 222; pour toute autre qualité 40t ou suivant accord.
+ Commande minimale: 40t par profilé et qualité ou suivant accord.
* Tonnage minimum et conditions de livraison nécessitent un accord préalable.

• Minimum order: for the S235 JR grade cf. delivery conditions page 222; for any other grade 40t or upon agreement.
+ Minimum order: 40t per section and grade or upon agreement.
* Minimum tonnage and delivery conditions upon agreement.

• Mindestbestellmenge: für S235 JR gemäß Lieferbedingungen Seite 222; für jede andere Güte 40t oder nach Vereinbarung.
+ Mindestbestellmenge: 40t pro Profil und Güte oder nach Vereinbarung.
* Mindestbestellmenge und Lieferbedingungen nach Vereinbarung.

Notations pages 205–209 / Bezeichnungen Seiten 205–209

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 fort y-y strong axis y-y starke Achse y-y						axe faible z-z weak axis z-z schwache Achse z-z							Pure bending y-y			Pure compression					
	G kg/m	I _y mm ⁴ x10 ⁴	W _{el,y} mm ³ x10 ³	W _{pl,y} ◆ mm ³ x10 ³	i _y mm x10	A _{vz} mm ² x10 ²	I _z mm ⁴ x10 ⁴	W _{el,z} mm ³ x10 ³	W _{pl,z} ◆ mm ³ x10 ³	i _z mm x10	S _s mm	I _t mm ⁴ x10 ⁴	I _w mm ⁶ x10 ⁹	S235	S355	S460	S235	S355	S460			
IPE A 550	92,1	59980	2193	2475	22,6	60,3	2432	232	362	4,55	68,5	86,5	1710	1	1	2	4	4	4	✓	✓	✓
IPE 550	106	67120	2440	2787	22,4	72,3	2668	254	401	4,45	73,6	123	1884	1	1	1	4	4	4	✓	HI	HI
IPE O 550	123	79160	2847	3263	22,5	82,7	3224	304	481	4,55	81,2	188	2302	1	1	1	2	4	4	✓	HI	HI
IPE A 600	108	82920	2778	3141	24,6	70,1	3116	283	442	4,77	72,9	119	2607	1	1	2	4	4	4	✓	✓	✓
IPE 600	122	92080	3070	3512	24,3	83,8	3387	308	486	4,66	78,1	165	2846	1	1	1	4	4	4	✓	HI	HI
IPE O 600	154	118300	3879	4471	24,5	104	4521	404	640	4,79	91,1	318	3860	1	1	1	2	4	4	✓	HI	HI
IPE 750 x 137	137	159900	4246	4865	30,3	92,9	5166	393	614	5,44	65,4	137	6980	1	2	-	4	4	-	✓	✓	✓
IPE 750 x 147	147	166100	4411	5110	29,8	105	5289	399	631	5,31	67,1	162	7141	1	1	2	4	4	4	✓	✓	✓
IPE 750 x 173	173	205800	5402	6218	30,5	116	6873	515	810	5,57	77,5	274	9391	1	1	1	4	4	4	✓	HI	HI
IPE 750 x 196	196	240300	6241	7174	31,0	127	8175	610	959	5,71	86,3	409	11290	1	1	1	4	4	4	✓	HI	HI

HI = HISTAR®

♦ W_{pl} pour un dimensionnement plastique, la section doit appartenir à la classe 1 ou 2 suivant la capacité de rotation requise. Voir page 209.
 ♦ W_{pl} for plastic design, the shape must belong to class 1 or 2 according to the required rotation capacity. See page 209.
 ♦ W_{pl} bei einer plastischen Berechnung muss das Profil je nach erforderlicher Rotationskapazität der Klasse 1 oder 2 angehören. Siehe Seite 209.

Long Carbon Europe



ArcelorMittal

Profilés et Aciers Marchands Sections and Merchant Bars Profil- und Stabstahl

Programme de Vente / Sales Programme / Verkaufsprogramm



Poutrelles européennes à larges ailes

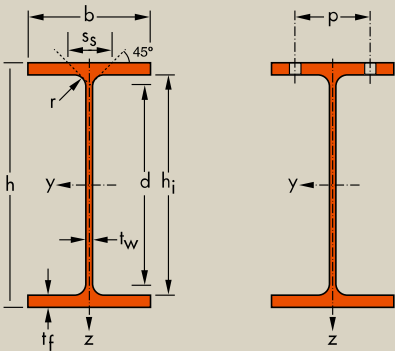
Dim.: HE A, HE B et HE M 100-1000 conformes à la norme antérieure EU 53-62; HE 1000 avec G_{HE}>G_{HEM} conformes à ASTM A 6/A 6M - 12
HE AA 100-1000 suivant norme AM
Tolérances: EN 10034: 1993 HE 100 - 900; HE 1000 AA-M
ASTM A 6/A 6M - 12 HE 1000 avec G_{HE}>G_{HEM}
Etat de surface: conforme à EN 10163-3: 2004, classe C, sous-classe 1

European wide flange beams

Dim.: HE A, HE B and HE M 100 - 1000 in accordance with former standard EU 53-62; HE 1000 with G_{HE}>G_{HEM} in accordance with ASTM A 6/A 6M - 12
HE AA 100-1000 in accordance with AM standard
Tolerances: EN 10034: 1993 HE 100 - 900; HE 1000 AA-M
ASTM A 6/A 6M - 12 HE 1000 with G_{HE}>G_{HEM}
Surface condition: according to EN 10163-3: 2004, class C, subclass 1

Europäische Breitflanschträger

Abmessungen: HE A, HE B und HE M 100 - 1000 gemäß früherer Norm EU 53-62; HE 1000 mit G_{HE}>G_{HEM} gemäß ASTM A 6/A 6M - 12
HE AA 100-1000 gemäß AM Standard
Toleranzen: EN 10034: 1993 HE 100 - 900; HE 1000 AA-M
ASTM A 6/A 6M - 12 HE 1000 mit G_{HE}>G_{HEM}
Oberflächenbeschaffenheit: Gemäß EN 10163-3: 2004, Klasse C, Untergruppe 1



Désignation Designation Bezeichnung		Dimensions Abmessungen						Dimensions de construction Dimensions for detailing Konstruktionsmaße					Surface Oberfläche	
G		h	b	t _w	t _f	r	A	h _i	d	Ø	p _{min}	p _{max}	A _L	A _G
kg/m		mm	mm	mm	mm	mm	mm ² x10 ²	mm	mm		mm	mm	m ² /m	m ² /t
HE 100 AA *	12,2	91	100	4,2	5,5	12	15,6	80	56	M 10	54	58	0,553	45,17
HE 100 A	16,7	96	100	5	8	12	21,2	80	56	M 10	54	58	0,561	33,68
HE 100 B	20,4	100	100	6	10	12	26,0	80	56	M 10	56	58	0,567	27,76
HE 100 M	41,8	120	106	12	20	12	53,2	80	56	M 10	62	64	0,619	14,82
HE 120 AA *	14,6	109	120	4,2	5,5	12	18,6	98	74	M 12	58	68	0,669	45,94
HE 120 A	19,9	114	120	5	8	12	25,3	98	74	M 12	58	68	0,677	34,06
HE 120 B	26,7	120	120	6,5	11	12	34,0	98	74	M 12	60	68	0,686	25,71
HE 120 M	52,1	140	126	12,5	21	12	66,4	98	74	M 12	66	74	0,738	14,16
HE 140 AA *	18,1	128	140	4,3	6	12	23,0	116	92	M 16	64	76	0,787	43,53
HE 140 A	24,7	133	140	5,5	8,5	12	31,4	116	92	M 16	64	76	0,794	32,21
HE 140 B	33,7	140	140	7	12	12	43,0	116	92	M 16	66	76	0,805	23,88
HE 140 M	63,2	160	146	13	22	12	80,6	116	92	M 16	72	82	0,857	13,56
HE 160 AA *	23,8	148	160	4,5	7	15	30,4	134	104	M 20	76	84	0,901	37,81
HE 160 A	30,4	152	160	6	9	15	38,8	134	104	M 20	78	84	0,906	29,78
HE 160 B	42,6	160	160	8	13	15	54,3	134	104	M 20	80	84	0,918	21,56
HE 160 M	76,2	180	166	14	23	15	97,1	134	104	M 20	86	90	0,970	12,74
HE 180 AA *	28,7	167	180	5	7,5	15	36,5	152	122	M 24	84	92	1,018	35,51
HE 180 A	35,5	171	180	6	9,5	15	45,3	152	122	M 24	86	92	1,024	28,83
HE 180 B	51,2	180	180	8,5	14	15	65,3	152	122	M 24	88	92	1,037	20,25
HE 180 M	88,9	200	186	14,5	24	15	113,3	152	122	M 24	94	98	1,089	12,25
HE 200 AA *	34,6	186	200	5,5	8	18	44,1	170	134	M 27	96	100	1,130	32,62
HE 200 A	42,3	190	200	6,5	10	18	53,8	170	134	M 27	98	100	1,136	26,89
HE 200 B	61,3	200	200	9	15	18	78,1	170	134	M 27	100	100	1,151	18,78
HE 200 M	103	220	206	15	25	18	131,3	170	134	M 27	106	106	1,203	11,67
HE 220 AA *	40,4	205	220	6	8,5	18	51,5	188	152	M 27	98	118	1,247	30,87
HE 220 A	50,5	210	220	7	11	18	64,3	188	152	M 27	98	118	1,255	24,85
HE 220 B	71,5	220	220	9,5	16	18	91,0	188	152	M 27	100	118	1,270	17,77
HE 220 M	117	240	226	15,5	26	18	149,4	188	152	M 27	108	124	1,322	11,27
HE 240 AA *	47,4	224	240	6,5	9	21	60,4	206	164	M 27	104	138	1,359	28,67
HE 240 A	60,3	230	240	7,5	12	21	76,8	206	164	M 27	104	138	1,369	22,70
HE 240 B	83,2	240	240	10	17	21	106,0	206	164	M 27	108	138	1,384	16,63
HE 240 M	157	270	248	18	32	21	199,6	206	164	M 27	116	146	1,460	9,318

• Commande minimale: pour S235 JR, cf. conditions de livraison page 8; pour toute autre qualité 40t ou suivant accord.
• Minimum order: for the S235 JR grade cf. delivery conditions page 8; for any other grade 40t or upon agreement.
• Mindestbestellmenge: für S235 JR gemäß Lieferbedingungen Seite 8; für jede andere Güte 40t oder nach Vereinbarung.

Notations pages 215–219 / Bezeichnungen Seiten 215–219

Désignation Designation Bezeichnung	Valeurs statiques / Section properties / Statische Kennwerte												Classification EN 1993-1-1: 2005						EN 10025-2: 2004	EN 10025-4: 2004	EN 10225:2009	
	axe fort y-y strong axis y-y starke Achse y-y						axe faible z-z weak axis z-z schwache Achse z-z						Pure bending y-y			Pure compression						
	G kg/m	I _y mm ⁴ x10 ⁴	W _{ely} mm ³ x10 ³	W _{ply} ♦ mm ³ x10 ³	i _y mm x10	A _{vz} mm ² x10 ²	I _z mm ⁴ x10 ⁴	W _{elz} mm ³ x10 ³	W _{plz} ♦ mm ³ x10 ³	i _z mm x10	s _s mm	I _t mm ⁴ x10 ⁴	I _w mm ⁶ x10 ⁹	S235	S355	S460	S235	S355				S460
HE 100 AA	12,2	236,5	51,98	58,36	3,89	6,15	92,06	18,41	28,44	2,43	29,26	2,51	1,68	1	1	2	1	1	2	✓	✓	✓
HE 100 A	16,7	349,2	72,76	83,01	4,06	7,56	133,8	26,76	41,14	2,51	35,06	5,24	2,58	1	1	1	1	1	1	✓	✓	✓
HE 100 B	20,4	449,5	89,91	104,2	4,16	9,04	167,3	33,45	51,42	2,53	40,06	9,25	3,38	1	1	1	1	1	1	✓	✓	✓
HE 100 M	41,8	1143	190,4	235,8	4,63	18,04	399,2	75,31	116,3	2,74	66,06	68,21	9,93	1	1	1	1	1	1	✓	✓	✓
HE 120 AA	14,6	413,4	75,85	84,12	4,72	6,90	158,8	26,47	40,62	2,93	29,26	2,78	4,24	1	3	3	1	3	3	✓	✓	✓
HE 120 A	19,9	606,2	106,3	119,5	4,89	8,46	230,9	38,48	58,85	3,02	35,06	5,99	6,47	1	1	1	1	1	1	✓	✓	✓
HE 120 B	26,7	864,4	144,1	165,2	5,04	10,96	317,5	52,92	80,97	3,06	42,56	13,84	9,41	1	1	1	1	1	1	✓	✓	✓
HE 120 M	52,1	2018	288,2	350,6	5,51	21,15	702,8	111,6	171,6	3,25	68,56	91,66	24,79	1	1	1	1	1	1	✓	✓	✓
HE 140 AA	18,1	719,5	112,4	123,8	5,59	7,92	274,8	39,26	59,93	3,45	30,36	3,54	10,21	2	3	3	2	3	3	✓	✓	✓
HE 140 A	24,7	1033	155,4	173,5	5,73	10,12	389,3	55,62	84,85	3,52	36,56	8,13	15,06	1	1	2	1	1	2	✓	✓	✓
HE 140 B	33,7	1509	215,6	245,4	5,93	13,08	549,7	78,52	119,8	3,58	45,06	20,06	22,48	1	1	1	1	1	1	✓	✓	✓
HE 140 M	63,2	3291	411,4	493,8	6,39	24,46	1144	156,8	240,5	3,77	71,06	120,0	54,33	1	1	1	1	1	1	✓	✓	✓
HE 160 AA	23,8	1283	173,4	190,4	6,50	10,38	478,7	59,84	91,36	3,97	36,07	6,33	23,75	1	3	3	1	3	3	✓	✓	✓
HE 160 A	30,4	1673	220,1	245,1	6,57	13,21	615,6	76,95	117,6	3,98	41,57	12,19	31,41	1	1	2	1	1	2	✓	✓	✓
HE 160 B	42,6	2492	311,5	354,0	6,78	17,59	889,2	111,2	170,0	4,05	51,57	31,24	47,94	1	1	1	1	1	1	✓	✓	✓
HE 160 M	76,2	5098	566,5	674,6	7,25	30,81	1759	211,9	325,5	4,26	77,57	162,4	108,1	1	1	1	1	1	1	✓	✓	✓
HE 180 AA	28,7	1967	235,6	258,2	7,34	12,16	730,0	81,11	123,6	4,47	37,57	8,33	46,36	2	3	3	2	3	3	✓	✓	✓
HE 180 A	35,5	2510	293,6	324,9	7,45	14,47	924,6	102,7	156,5	4,52	42,57	14,80	60,21	1	2	3	1	2	3	✓	✓	✓
HE 180 B	51,2	3831	425,7	481,4	7,66	20,24	1363	151,4	231,0	4,57	54,07	42,16	93,75	1	1	1	1	1	1	✓	✓	✓
HE 180 M	88,9	7483	748,3	883,4	8,13	34,65	2580	277,4	425,2	4,77	80,07	203,3	199,3	1	1	1	1	1	1	✓	✓	✓
HE 200 AA	34,6	2944	316,6	347,1	8,17	15,45	1068	106,8	163,2	4,92	42,59	12,69	84,49	2	3	3	2	3	3	✓	✓	✓
HE 200 A	42,3	3692	388,6	429,5	8,28	18,08	1336	133,6	203,8	4,98	47,59	20,98	108,0	1	2	3	1	2	3	✓	✓	✓
HE 200 B	61,3	5696	569,6	642,5	8,54	24,83	2003	200,3	305,8	5,07	60,09	59,28	171,1	1	1	1	1	1	1	✓	✓	✓
HE 200 M	103	10640	967,4	1135	9,00	41,03	3651	354,5	543,2	5,27	86,09	259,4	346,3	1	1	1	1	1	1	✓	✓	✓
HE 220 AA	40,4	4170	406,9	445,5	9,00	17,63	1510	137,3	209,3	5,42	44,09	15,93	145,6	3	3	4	3	3	4	✓	✓	✓
HE 220 A	50,5	5410	515,2	568,5	9,17	20,67	1955	177,7	270,6	5,51	50,09	28,46	193,3	1	2	3	1	2	3	✓	✓	✓
HE 220 B	71,5	8091	735,5	827,0	9,43	27,92	2843	258,5	393,9	5,59	62,59	76,57	295,4	1	1	1	1	1	1	✓	✓	✓
HE 220 M	117	14600	1217	1419	9,89	45,31	5012	443,5	678,6	5,79	88,59	315,3	572,7	1	1	1	1	1	1	✓	✓	✓
HE 240 AA	47,4	5835	521,0	570,6	9,83	21,54	2077	173,1	264,4	5,87	49,10	22,98	239,6	3	3	4	3	3	4	✓	✓	✓
HE 240 A	60,3	7763	675,1	744,6	10,05	25,18	2769	230,7	351,7	6,00	56,10	41,55	328,5	1	2	3	1	2	3	✓	✓	✓
HE 240 B	83,2	11260	938,3	1053	10,31	33,23	3923	326,9	498,4	6,08	68,60	102,7	486,9	1	1	1	1	1	1	✓	✓	✓
HE 240 M	157	24290	1799	2117	11,03	60,07	8153	657,5	1006	6,39	106,6	627,9	1152	1	1	-	1	1	-	✓	✓	✓

♦ W_{pl} pour un dimensionnement plastique, la section doit appartenir à la classe 1 ou 2 suivant la capacité de rotation requise. Voir page 219.

♦ W_{pl} for plastic design, the shape must belong to class 1 or 2 according to the required rotation capacity. See page 219.

♦ W_{pl} bei einer plastischen Berechnung muss das Profil je nach erforderlicher Rotationskapazität der Klasse 1 oder 2 angehören. Siehe Seite 219.

Poutrelles européennes à larges ailes (suite)

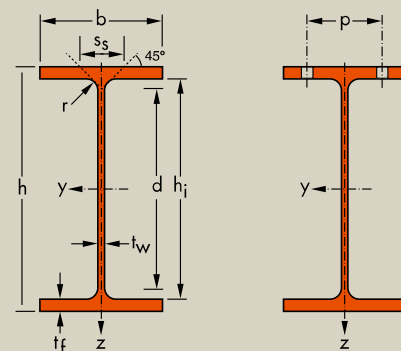
Dim.: HE A, HE B et HE M 100-1000 conformes à la norme antérieure EU 53-62; HE 1000 avec $G_{HE} > G_{HEM}$ conformes à ASTM A 6/A 6M - 12
 HE AA 100-1000 suivant norme AM
 Tolérances: EN 10034: 1993 HE 100 - 900; HE 1000 AA-M
 ASTM A 6/A 6M - 12 HE 1000 avec $G_{HE} > G_{HEM}$
 Etat de surface: conforme à EN 10163-3: 2004, classe C, sous-classe 1

European wide flange beams (continued)

Dim.: HE A, HE B and HE M 100 - 1000 in accordance with former standard EU 53-62; HE 1000 with $G_{HE} > G_{HEM}$ in accordance with ASTM A 6/A 6M - 12
 HE AA 100-1000 in accordance with AM standard
 Tolerances: EN 10034: 1993 HE 100 - 900; HE 1000 AA-M
 ASTM A 6/A 6M - 12 HE 1000 with $G_{HE} > G_{HEM}$
 Surface condition: according to EN 10163-3: 2004, class C, subclass 1

Europäische Breitflanschträger (Fortsetzung)

Abmessungen: HE A, HE B und HE M 100 - 1000 gemäß früherer Norm EU 53-62; HE 1000 mit $G_{HE} > G_{HEM}$ gemäß ASTM A 6/A 6M - 12
 HE AA 100-1000 gemäß AM Standard
 Toleranzen: EN 10034: 1993 HE 100 - 900; HE 1000 AA-M
 ASTM A 6/A 6M - 12 HE 1000 mit $G_{HE} > G_{HEM}$
 Oberflächenbeschaffenheit: Gemäß EN 10163-3: 2004, Klasse C, Untergruppe 1



Désignation Designation Bezeichnung	Dimensions Abmessungen						Dimensions de construction Dimensions for detailing Konstruktionsmaße					Surface Oberfläche	
G	h	b	t _w	t _f	r	A	h _i	d	Ø	p _{min}	p _{max}	A _L	A _G
kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	mm ² x10 ²	mm	mm		mm	mm	m ² /m	m ² /t

HE 260 AA *	54,1	244	260	6,5	9,5	24	69,0	225	177	M 27	110	158	1,474	27,22
HE 260 A	68,2	250	260	7,5	12,5	24	86,8	225	177	M 27	110	158	1,484	21,77
HE 260 B	93,0	260	260	10	17,5	24	118,4	225	177	M 27	114	158	1,499	16,12
HE 260 M	172	290	268	18	32,5	24	219,6	225	177	M 27	122	166	1,575	9,133
HE 280 AA *	61,2	264	280	7	10	24	78,0	244	196	M 27	110	178	1,593	26,01
HE 280 A	76,4	270	280	8	13	24	97,3	244	196	M 27	112	178	1,603	20,99
HE 280 B	103	280	280	10,5	18	24	131,4	244	196	M 27	114	178	1,618	15,69
HE 280 M	189	310	288	18,5	33	24	240,2	244	196	M 27	122	186	1,694	8,984
HE 300 AA *	69,8	283	300	7,5	10,5	27	88,9	262	208	M 27	116	198	1,705	24,42
HE 300 A	88,3	290	300	8,5	14	27	112,5	262	208	M 27	118	198	1,717	19,43
HE 300 B	117	300	300	11	19	27	149,1	262	208	M 27	120	198	1,732	14,80
HE 300 M	238	340	310	21	39	27	303,1	262	208	M 27	132	208	1,832	7,699
HE 320 AA *	74,2	301	300	8	11	27	94,6	279	225	M 27	118	198	1,740	23,43
HE 320 A	97,6	310	300	9	15,5	27	124,4	279	225	M 27	118	198	1,756	17,98
HE 320 B	127	320	300	11,5	20,5	27	161,3	279	225	M 27	122	198	1,771	13,98
HE 320 M	245	359	309	21	40	27	312,0	279	225	M 27	132	204	1,866	7,616
HE 340 AA *	78,9	320	300	8,5	11,5	27	100,5	297	243	M 27	118	198	1,777	22,52
HE 340 A	105	330	300	9,5	16,5	27	133,5	297	243	M 27	118	198	1,795	17,13
HE 340 B	134	340	300	12	21,5	27	170,9	297	243	M 27	122	198	1,810	13,49
HE 340 M	248	377	309	21	40	27	315,8	297	243	M 27	132	204	1,902	7,670
HE 360 AA *	83,7	339	300	9	12	27	106,6	315	261	M 27	118	198	1,814	21,67
HE 360 A	112	350	300	10	17,5	27	142,8	315	261	M 27	120	198	1,834	16,36
HE 360 B	142	360	300	12,5	22,5	27	180,6	315	261	M 27	122	198	1,849	13,04
HE 360 M	250	395	308	21	40	27	318,8	315	261	M 27	132	204	1,934	7,730
HE 400 AA *	92,4	378	300	9,5	13	27	117,7	352	298	M 27	118	198	1,891	20,46
HE 400 A	125	390	300	11	19	27	159,0	352	298	M 27	120	198	1,912	15,32
HE 400 B	155	400	300	13,5	24	27	197,8	352	298	M 27	124	198	1,927	12,41
HE 400 M	256	432	307	21	40	27	325,8	352	298	M 27	132	202	2,004	7,835
HE 450 AA *	99,7	425	300	10	13,5	27	127,1	398	344	M 27	120	198	1,984	19,89
HE 450 A	140	440	300	11,5	21	27	178,0	398	344	M 27	122	198	2,011	14,39
HE 450 B	171	450	300	14	26	27	218,0	398	344	M 27	124	198	2,026	11,84
HE 450 M	263	478	307	21	40	27	335,4	398	344	M 27	132	202	2,096	7,959

- Commande minimale: pour S235 JR, cf. conditions de livraison page 8; pour toute autre qualité 40t ou suivant accord.
- Minimum order: for the S235 JR grade cf. delivery conditions page 8; for any other grade 40t or upon agreement.
- Mindestbestellmenge: für S235 JR gemäß Lieferbedingungen Seite 8; für jede andere Güte 40t oder nach Vereinbarung.

Notations pages 215–219 / Bezeichnungen Seiten 215–219

Désignation Designation Bezeichnung	Valeurs statiques / Section properties / Statische Kennwerte												Classification EN 1993-1-1: 2005						EN 10025-2: 2004	EN 10025-4: 2004	EN 10225:2009	
	axe fort y-y strong axis y-y starke Achse y-y						axe faible z-z weak axis z-z schwache Achse z-z						Pure bending y-y			Pure compression						
	G kg/m	I _y mm ⁴ x10 ⁴	W _{el,y} mm ³ x10 ³	W _{ply} ♦ mm ³ x10 ³	i _y mm x10	A _{vz} mm ² x10 ²	I _z mm ⁴ x10 ⁴	W _{el,z} mm ³ x10 ³	W _{pl,z} ♦ mm ³ x10 ³	i _z mm x10	S _s mm	I _t mm ⁴ x10 ⁴	I _w mm ⁶ x10 ⁹	S235	S355	S460	S235	S355				S460
HE 260 AA	54,1	7981	654,1	714,5	10,76	24,75	2788	214,5	327,7	6,36	53,62	30,31	382,6	3	3	4	3	3	4	✓	✓	✓
HE 260 A	68,2	10450	836,4	919,8	10,97	28,76	3668	282,1	430,2	6,50	60,62	52,37	516,4	1	3	3	1	3	3	✓	HI	HI
HE 260 B	93,0	14920	1148	1283	11,22	37,59	5135	395,0	602,2	6,58	73,12	123,8	753,7	1	1	1	1	1	1	✓	HI	HI
HE 260 M	172	31310	2159	2524	11,94	66,89	10450	779,7	1192	6,90	111,1	719,0	1728	1	1	1	1	1	1	✓	HI	HI
HE 280 AA	61,2	10560	799,8	873,1	11,63	27,52	3664	261,7	399,4	6,85	55,12	36,22	590,1	3	3	4	3	3	4	✓	✓	✓
HE 280 A	76,4	13670	1013	1112	11,86	31,74	4763	340,2	518,1	7,00	62,12	62,10	785,4	1	3	3	1	3	3	✓	HI	HI
HE 280 B	103	19270	1376	1534	12,11	41,09	6595	471,0	717,6	7,09	74,62	143,7	1130	1	1	1	1	1	1	✓	HI	HI
HE 280 M	189	39550	2551	2966	12,83	72,03	13160	914,1	1397	7,40	112,6	807,3	2520	1	1	1	1	1	1	✓	HI	HI
HE 300 AA	69,8	13800	975,6	1065	12,46	32,37	4734	315,6	482,3	7,30	60,13	49,35	877,2	3	3	4	3	3	4	✓	✓	✓
HE 300 A	88,3	18260	1260	1383	12,74	37,28	6310	420,6	641,2	7,49	68,13	85,17	1200	1	3	3	1	3	3	✓	HI	HI
HE 300 B	117	25170	1678	1869	12,99	47,43	8563	570,9	870,1	7,58	80,63	185,0	1688	1	1	1	1	1	1	✓	HI	HI
HE 300 M	238	59200	3482	4078	13,98	90,53	19400	1252	1913	8,00	130,6	1408	4386	1	1	1	1	1	1	✓	HI	HI
HE 320 AA	74,2	16450	1093	1196	13,19	35,40	4959	330,6	505,7	7,24	61,63	55,87	1041	3	3	4	3	3	4	✓	✓	✓
HE 320 A	97,6	22930	1479	1628	13,58	41,13	6985	465,7	709,7	7,49	71,63	108,0	1512	1	2	3	1	2	3	✓	HI	HI
HE 320 B	127	30820	1926	2149	13,82	51,77	9239	615,9	939,1	7,57	84,13	225,1	2069	1	1	1	1	1	1	✓	HI	HI
HE 320 M	245	68130	3796	4435	14,78	94,85	19710	1276	1951	7,95	132,6	1501	5004	1	1	1	1	1	1	✓	HI	HI
HE 340 AA	78,9	19550	1222	1341	13,95	38,69	5185	345,6	529,3	7,18	63,13	63,07	1231	3	3	4	3	3	4	✓	✓	✓
HE 340 A	105	27690	1678	1850	14,40	44,95	7436	495,7	755,9	7,46	74,13	127,2	1824	1	1	3	1	1	3	✓	HI	HI
HE 340 B	134	36660	2156	2408	14,65	56,09	9690	646,0	985,7	7,53	86,63	257,2	2454	1	1	1	1	1	1	✓	HI	HI
HE 340 M	248	76370	4052	4718	15,55	98,63	19710	1276	1953	7,90	132,6	1506	5584	1	1	1	1	1	1	✓	HI	HI
HE 360 AA	83,7	23040	1359	1495	14,70	42,17	5410	360,7	553,0	7,12	64,63	70,99	1444	2	3	3	2	3	3	✓	✓	✓
HE 360 A	112	33090	1891	2088	15,22	48,96	7887	525,8	802,3	7,43	76,63	148,8	2177	1	1	2	1	1	2	✓	HI	HI
HE 360 B	142	43190	2400	2683	15,46	60,60	10140	676,1	1032	7,49	89,13	292,5	2883	1	1	1	1	1	1	✓	HI	HI
HE 360 M	250	84870	4297	4989	16,32	102,4	19520	1268	1942	7,83	132,6	1507	6137	1	1	1	1	1	1	✓	HI	HI
HE 400 AA	92,4	31250	1654	1824	16,30	47,95	5861	390,8	599,7	7,06	67,13	84,69	1948	2	3	3	2	3	4	✓	✓	✓
HE 400 A	125	45070	2311	2562	16,84	57,33	8564	570,9	872,9	7,34	80,63	189,0	2942	1	1	1	1	2	2	✓	HI	HI
HE 400 B	155	57680	2884	3232	17,08	69,98	10820	721,3	1104	7,40	93,13	355,7	3817	1	1	1	1	1	1	✓	HI	HI
HE 400 M	256	104100	4820	5571	17,88	110,2	19340	1260	1934	7,70	132,6	1515	7410	1	1	1	1	1	1	✓	HI	HI
HE 450 AA	99,7	41890	1971	2183	18,16	54,70	6088	405,8	624,4	6,92	68,63	95,61	2572	1	3	3	2	4	4	✓	✓	✓
HE 450 A	140	63720	2896	3216	18,92	65,78	9465	631,0	965,5	7,29	85,13	243,8	4148	1	1	1	1	2	3	✓	HI	HI
HE 450 B	171	79890	3551	3982	19,14	79,66	11720	781,4	1198	7,33	97,63	440,5	5258	1	1	1	1	1	2	✓	HI	HI
HE 450 M	263	131500	5501	6331	19,80	119,8	19340	1260	1939	7,59	132,6	1529	9251	1	1	1	1	1	1	✓	HI	HI

HI = HISTAR®

♦ W_{pl}: pour un dimensionnement plastique, la section doit appartenir à la classe 1 ou 2 suivant la capacité de rotation requise. Voir page 219.

♦ W_a: for plastic design, the shape must belong to class 1 or 2 according to the required rotation capacity. See page 219.

♦ W_{pl}: bei einer plastischen Berechnung muss das Profil je nach erforderlicher Rotationskapazität der Klasse 1 oder 2 angehören. Siehe Seite 219.

Poutrelles européennes à larges ailes (suite)

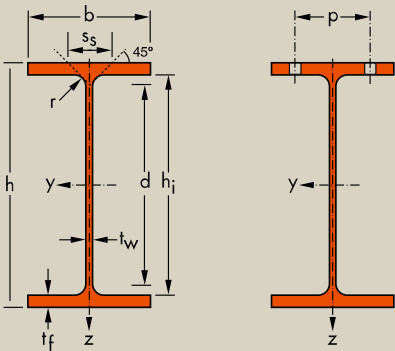
Dim.: HE A, HE B et HE M 100-1000 conformes à la norme antérieure EU 53-62; HE 1000 avec G_{HE}>G_{HEM} conformes à ASTM A 6/A 6M - 12
HE AA 100-1000 suivant norme AM
Tolérances: EN 10034: 1993 HE 100 - 900; HE 1000 AA-M
ASTM A 6/A 6M - 12 HE 1000 avec G_{HE}>G_{HEM}
Etat de surface: conforme à EN 10163-3: 2004, classe C, sous-classe 1

European wide flange beams (continued)

Dim.: HE A, HE B and HE M 100 - 1000 in accordance with former standard EU 53-62; HE 1000 with G_{HE}>G_{HEM} in accordance with ASTM A 6/A 6M - 12
HE AA 100-1000 in accordance with AM standard
Tolerances: EN 10034: 1993 HE 100 - 900; HE 1000 AA-M
ASTM A 6/A 6M - 12 HE 1000 with G_{HE}>G_{HEM}
Surface condition: according to EN 10163-3: 2004, class C, subclass 1

Europäische Breitflanschträger (Fortsetzung)

Abmessungen: HE A, HE B und HE M 100 - 1000 gemäß früherer Norm EU 53-62; HE 1000 mit G_{HE}>G_{HEM} gemäß ASTM A 6/A 6M - 12
HE AA 100-1000 gemäß AM Standard
Toleranzen: EN 10034: 1993 HE 100 - 900; HE 1000 AA-M
ASTM A 6/A 6M - 12 HE 1000 mit G_{HE}>G_{HEM}
Oberflächenbeschaffenheit: Gemäß EN 10163-3: 2004, Klasse C, Untergruppe 1



Désignation Designation Bezeichnung		Dimensions Abmessungen						Dimensions de construction Dimensions for detailing Konstruktionsmaße					Surface Oberfläche	
G		h	b	t _w	t _f	r	A	h _i	d	Ø	p _{min}	p _{max}	A _L	A _G
kg/m		mm	mm	mm	mm	mm	mm ² x10 ²	mm	mm		mm	mm	m ² /m	m ² /t
HE 500 AA *	107	472	300	10,5	14	27	136,9	444	390	M 27	120	198	2,077	19,33
HE 500 A	155	490	300	12	23	27	197,5	444	390	M 27	122	198	2,110	13,60
HE 500 B	187	500	300	14,5	28	27	238,6	444	390	M 27	124	198	2,125	11,34
HE 500 M	270	524	306	21	40	27	344,3	444	390	M 27	132	202	2,184	8,079
HE 550 AA *	120	522	300	11,5	15	27	152,8	492	438	M 27	122	198	2,175	18,13
HE 550 A	166	540	300	12,5	24	27	211,8	492	438	M 27	122	198	2,209	13,29
HE 550 B	199	550	300	15	29	27	254,1	492	438	M 27	124	198	2,224	11,15
HE 550 M	278	572	306	21	40	27	354,4	492	438	M 27	132	202	2,280	8,195
HE 600 AA *	129	571	300	12	15,5	27	164,1	540	486	M 27	122	198	2,272	17,64
HE 600 A	178	590	300	13	25	27	226,5	540	486	M 27	122	198	2,308	12,98
HE 600 B	212	600	300	15,5	30	27	270,0	540	486	M 27	126	198	2,323	10,96
HE 600 M	285	620	305	21	40	27	363,7	540	486	M 27	132	200	2,372	8,308
HE 600 x 337 *	337	632	310	25,5	46	27	429,2	540	486	M 27	138	202	2,407	7,144
HE 600 x 399 *	399	648	315	30	54	27	508,5	540	486	M 27	142	208	2,450	6,137
HE 650 AA *	138	620	300	12,5	16	27	175,8	588	534	M 27	122	198	2,369	17,17
HE 650 A	190	640	300	13,5	26	27	241,6	588	534	M 27	124	198	2,407	12,69
HE 650 B	225	650	300	16	31	27	286,3	588	534	M 27	126	198	2,422	10,77
HE 650 M	293	668	305	21	40	27	373,7	588	534	M 27	132	200	2,468	8,411
HE 650 x 343 *	343	680	309	25	46	27	437,5	588	534	M 27	138	202	2,500	7,278
HE 650 x 407 *	407	696	314	29,5	54	27	518,8	588	534	M 27	142	206	2,543	6,243
HE 700 AA *	150	670	300	13	17	27	190,9	636	582	M 27	122	198	2,468	16,46
HE 700 A	204	690	300	14,5	27	27	260,5	636	582	M 27	124	198	2,505	12,25
HE 700 B	241	700	300	17	32	27	306,4	636	582	M 27	126	198	2,520	10,48
HE 700 M	301	716	304	21	40	27	383,0	636	582	M 27	132	200	2,560	8,513
HE 700 x 352 *	352	728	308	25	46	27	448,6	636	582	M 27	138	200	2,592	7,359
HE 700 x 418 *	418	744	313	29,5	54	27	531,9	636	582	M 27	142	206	2,635	6,310
HE 800 AA *	172	770	300	14	18	30	218,5	734	674	M 27	130	198	2,660	15,51
HE 800 A	224	790	300	15	28	30	285,8	734	674	M 27	130	198	2,698	12,03
HE 800 B	262	800	300	17,5	33	30	334,2	734	674	M 27	134	198	2,713	10,34
HE 800 M	317	814	303	21	40	30	404,3	734	674	M 27	138	198	2,746	8,655
HE 800 x 373 *	373	826	308	25	46	30	474,6	734	674	M 27	144	200	2,782	7,469
HE 800 x 444 *	444	842	313	30	54	30	566,0	734	674	M 27	148	206	2,824	6,357

• Commande minimale: pour S235 JR, cf. conditions de livraison page 8; pour toute autre qualité 40t ou suivant accord.
• Minimum order: for the S235 JR grade cf. delivery conditions page 8; for any other grade 40t or upon agreement.
• Mindestbestellmenge: für S235 JR gemäß Lieferbedingungen Seite 8; für jede andere Güte 40t oder nach Vereinbarung.

Notations pages 215–219 / Bezeichnungen Seiten 215–219

Désignation Designation Bezeichnung	G kg/m	Valeurs statiques / Section properties / Statische Kennwerte												Classification EN 1993-1-1: 2005						EN 10025-2: 2004	EN 10025-4: 2004	EN 10225:2009	
		axe fort y-y strong axis y-y starke Achse y-y					axe faible z-z weak axis z-z schwache Achse z-z								Pure bending y-y			Pure compression					
		I _y mm ⁴ x10 ⁴	W _{ely} mm ³ x10 ³	W _{ply} ♦ mm ³ x10 ³	i _y mm x10	A _{vz} mm ² x10 ²	I _z mm ⁴ x10 ⁴	W _{elz} mm ³ x10 ³	W _{plz} ♦ mm ³ x10 ³	i _z mm x10	S _s mm	I _t mm ⁴ x10 ⁴	I _w mm ⁶ x10 ⁹	S235	S355	S460	S235	S355	S460				
HE 500 AA	107	54640	2315	2576	19,98	61,91	6314	420,9	649,3	6,79	70,13	107,7	3304	1	3	3	2	4	4	✓	✓	✓	
HE 500 A	155	86970	3550	3949	20,98	74,72	10370	691,1	1059	7,24	89,63	309,3	5643	1	1	1	1	3	4	✓	HI	HI	
HE 500 B	187	107200	4287	4815	21,19	89,82	12620	841,6	1292	7,27	102,1	538,4	7018	1	1	1	1	2	2	✓	HI	HI	
HE 500 M	270	161900	6180	7094	21,69	129,5	19150	1252	1932	7,46	132,6	1539	11190	1	1	1	1	1	1	✓	HI	HI	
HE 550 AA	120	72870	2792	3128	21,84	72,66	6767	451,1	698,6	6,65	73,13	133,7	4338	1	2	3	3	4	4	✓	✓	✓	
HE 550 A	166	111900	4146	4622	22,99	83,72	10820	721,3	1107	7,15	92,13	351,5	7189	1	1	1	2	4	4	✓	HI	HI	
HE 550 B	199	136700	4971	5591	23,20	100,1	13080	871,8	1341	7,17	104,6	600,3	8856	1	1	1	1	2	3	✓	HI	HI	
HE 550 M	278	198000	6923	7933	23,64	139,6	19160	1252	1937	7,35	132,6	1554	13520	1	1	1	1	1	1	✓	HI	HI	
HE 600 AA	129	91900	3218	3623	23,66	81,29	6993	466,2	724,5	6,53	74,63	149,8	5381	1	2	3	3	4	4	✓	✓	✓	
HE 600 A	178	141200	4787	5350	24,97	93,21	11270	751,4	1156	7,05	94,63	397,8	8978	1	1	1	2	4	4	✓	HI	HI	
HE 600 B	212	171000	5701	6425	25,17	110,8	13530	902,0	1391	7,08	107,1	667,2	10970	1	1	1	1	3	4	✓	HI	HI	
HE 600 M	285	237400	7660	8772	25,55	149,7	18980	1244	1930	7,22	132,6	1564	15910	1	1	1	1	1	1	✓	HI	HI	
HE 600 x 337	337	283200	8961	10380	25,69	180,5	22940	1480	2310	7,31	149,1	2451	19610	1	1	1	1	1	1	✓	HI		
HE 600 x 399	399	344600	10640	12460	26,03	213,6	28280	1796	2814	7,46	169,6	3966	24810	1	1	1	1	1	1	✓	HI		
HE 650 AA	138	113900	3676	4160	25,46	90,40	7221	481,4	750,7	6,41	76,13	167,5	6567	1	1	3	4	4	4	✓	✓	✓	
HE 650 A	190	175200	5474	6136	26,93	103,2	11720	781,6	1205	6,97	97,13	448,3	11030	1	1	1	3	4	4	✓	HI	HI	
HE 650 B	225	210600	6480	7320	27,12	122,0	13980	932,3	1441	6,99	109,6	739,2	13360	1	1	1	2	3	4	✓	HI	HI	
HE 650 M	293	281700	8433	9657	27,45	159,7	18980	1245	1936	7,13	132,6	1579	18650	1	1	1	1	1	2	✓	HI	HI	
HE 650 x 343	343	333700	9815	11350	27,62	189,6	22720	1470	2300	7,21	148,6	2442	22730	1	1	1	1	1	1	✓	HI		
HE 650 x 407	407	405400	11650	13620	27,95	224,8	28020	1785	2803	7,35	169,1	3958	28710	1	1	1	1	1	1	✓	HI		
HE 700 AA	150	142700	4260	4840	27,34	100,3	7673	511,5	799,7	6,34	78,63	195,2	8155	1	1	2	4	4	4	✓	✓	✓	
HE 700 A	204	215300	6241	7032	28,75	117,0	12180	811,9	1257	6,84	100,1	513,9	13350	1	1	1	3	4	4	✓	HI	HI	
HE 700 B	241	256900	7340	8327	28,96	137,1	14440	962,7	1495	6,87	112,6	830,9	16060	1	1	1	2	4	4	✓	HI	HI	
HE 700 M	301	329300	9198	10540	29,32	169,8	18800	1240	1929	7,01	132,6	1589	21400	1	1	1	1	2	3	✓	HI	HI	
HE 700 x 352	352	389700	10710	12390	29,47	201,6	22510	1461	2293	7,08	148,6	2461	26050	1	1	1	1	1	1	✓	HI		
HE 700 x 418	418	472500	12700	14840	29,80	239,0	27760	1774	2797	7,22	169,1	3989	32850	1	1	1	1	1	1	✓	HI		
HE 800 AA	172	208900	5426	6225	30,92	123,8	8134	542,2	856,6	6,10	85,15	256,8	11450	1	1	1	4	4	4	✓	✓	✓	
HE 800 A	224	303400	7682	8699	32,58	138,8	12640	842,6	1312	6,65	106,1	596,9	18290	1	1	1	4	4	4	✓	HI	HI	
HE 800 B	262	359100	8977	10230	32,78	161,8	14900	993,6	1553	6,68	118,6	946,0	21840	1	1	1	3	4	4	✓	HI	HI	
HE 800 M	317	442600	10870	12490	33,09	194,3	18630	1230	1930	6,79	136,1	1646	27780	1	1	1	1	3	4	✓	HI	HI	
HE 800 x 373	373	523900	12690	14700	33,23	230,3	22530	1463	2311	6,89	152,1	2554	34070	1	1	1	1	2	2	✓	HI		
HE 800 x 444	444	634500	15070	17640	33,48	276,5	27800	1776	2827	7,01	173,1	4180	42840	1	1	1	1	1	1	✓	HI		

HI = HISTAR®

♦ W_{pl} pour un dimensionnement plastique, la section doit appartenir à la classe 1 ou 2 suivant la capacité de rotation requise. Voir page 219.

♦ W_{pl} for plastic design, the shape must belong to class 1 or 2 according to the required rotation capacity. See page 219.

♦ W_{pl} bei einer plastischen Berechnung muss das Profil je nach erforderlicher Rotationskapazität der Klasse 1 oder 2 angehören. Siehe Seite 219.

Long Carbon Europe



ArcelorMittal

Profilés et Aciers Marchands Sections and Merchant Bars Profil- und Stabstahl

Programme de Vente / Sales Programme / Verkaufsprogramm



Fers U à ailes parallèles

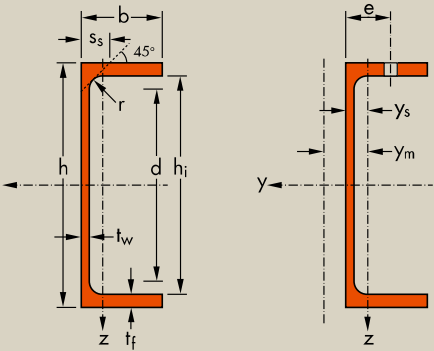
Dimensions: DIN 1026-2: 2002-10
Tolérances: EN 10279: 2000
Etat de surface: conforme à EN 10163-3: 2004, classe C, sous-classe 1

Channels with parallel flanges

Dimensions: DIN 1026-2: 2002-10
Tolerances: EN 10279: 2000
Surface condition: according to EN 10163-3: 2004, class C, subclass 1

U-Profile mit parallelen Flanschen

Abmessungen: DIN 1026-2: 2002-10
Toleranzen: EN 10279: 2000
Oberflächenbeschaffenheit: Gemäß EN 10163-3: 2004, Klasse C, Untergruppe 1



Désignation Designation Bezeichnung		Dimensions Abmessungen						Dimensions de construction Dimensions for detailing Konstruktionsmaße					Surface Oberfläche	
G	h	b	t _w	t _f	r	A		h _i	d	Ø	e _{min}	e _{max}	A _L	A _G
kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	mm ² x10 ²		mm	mm		mm	mm	m ² /m	m ² /t
UPE 80*	7,90	80	50	4,0	7,0	10	10,1	66	46	-	-	-	0,343	43,45
UPE 100*	9,82	100	55	4,5	7,5	10	12,5	85	65	M 12	35	36	0,402	41,00
UPE 120*	12,1	120	60	5,0	8,0	12	15,4	104	80	M 12	35	41	0,460	37,98
UPE 140*	14,5	140	65	5,0	9,0	12	18,4	122	98	M 16	35	38	0,520	35,95
UPE 160*	17,0	160	70	5,5	9,5	12	21,7	141	117	M 16	36	43	0,579	34,01
UPE 180*	19,7	180	75	5,5	10,5	12	25,1	159	135	M 16	36	48	0,639	32,40
UPE 200*	22,8	200	80	6,0	11,0	13	29,0	178	152	M 20	46	47	0,697	30,60
UPE 220*	26,6	220	85	6,5	12,0	13	33,9	196	170	M 22	47	49	0,756	28,43
UPE 240*	30,2	240	90	7,0	12,5	15	38,5	215	185	M 24	47	51	0,813	26,89
UPE 270*	35,2	270	95	7,5	13,5	15	44,8	243	213	M 27	48	50	0,892	25,34
UPE 300*	44,4	300	100	9,5	15,0	15	56,6	270	240	M 27	50	55	0,968	21,78
UPE 330*	53,2	330	105	11,0	16,0	18	67,8	298	262	M 27	54	60	1,043	19,60
UPE 360*	61,2	360	110	12,0	17,0	18	77,9	326	290	M 27	55	65	1,121	18,32
UPE 400*	72,2	400	115	13,5	18,0	18	91,9	364	328	M 27	57	70	1,218	16,87

* Tonnage minimum et conditions de livraison nécessitent un accord préalable.
* Minimum tonnage and delivery conditions upon agreement.
* Mindestbestellmenge und Lieferbedingungen nach Vereinbarung.

Notations pages 215-219 / Bezeichnungen Seiten 215-219

Désignation Designation Bezeichnung	Valeurs statiques / Section properties / Statische Kennwerte															Classification EN 1993-1-1: 2005				EN 10025-2: 2004	EN 10025-4: 2004	EN 10225:2009
	axe fort y-y strong axis y-y starke Achse y-y					axe faible z-z weak axis z-z schwache Achse z-z										Pure bending y-y		Pure compression				
	G	I _y	W _{ely}	W _{ply} ■	i _y	A _{yz}	I _z	W _{el,z}	W _{pl,z}	i _z	S _s	I _t	I _w	y _s	y _m	S235	S355	S235	S355			
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 ⁹	mm x10	mm x10								
UPE 80	7,90	107	26,8	31,2	3,26	4,05	25,5	8,0	14,3	1,59	16,9	1,47	0,22	1,82	3,71	1	1	1	1	✓		
UPE 100	9,82	207	41,4	48,0	4,07	5,34	38,3	10,6	19,3	1,75	17,9	2,01	0,53	1,91	3,93	1	1	1	1	✓		
UPE 120	12,1	364	60,6	70,3	4,86	7,18	55,5	13,8	25,3	1,90	20,0	2,90	1,12	1,98	4,12	1	1	1	1	✓		
UPE 140	14,5	600	85,6	98,8	5,71	8,25	78,8	18,2	33,2	2,07	21,0	4,05	2,20	2,17	4,54	1	1	1	1	✓		
UPE 160	17,0	911	114	132	6,48	10,0	107	22,6	41,5	2,22	22,0	5,20	3,96	2,27	4,76	1	1	1	1	✓		
UPE 180	19,7	1350	150	173	7,34	11,2	144	28,6	52,3	2,39	23,0	6,99	6,81	2,47	5,19	1	1	1	1	✓		
UPE 200	22,8	1910	191	220	8,11	13,5	187	34,5	63,3	2,54	24,6	8,89	11,0	2,56	5,41	1	1	1	1	✓		
UPE 220	26,6	2680	244	281	8,90	15,8	247	42,5	78,2	2,70	26,1	12,1	17,6	2,70	5,70	1	1	1	1	✓		
UPE 240	30,2	3600	300	347	9,67	18,8	311	50,1	92,2	2,84	28,3	15,1	26,4	2,79	5,91	1	1	1	1	✓		
UPE 270	35,2	5250	389	451	10,8	22,2	401	60,7	112	2,99	29,8	19,9	43,6	2,89	6,14	1	1	1	2	✓		
UPE 300	44,4	7820	522	613	11,8	30,3	538	75,6	137	3,08	33,3	31,5	72,7	2,89	6,03	1	1	1	1	✓		
UPE 330	53,2	11010	667	792	12,7	38,8	681	89,7	156	3,17	37,5	45,2	112	2,90	6,00	1	1	1	1	✓		
UPE 360	61,2	14830	824	982	13,8	45,6	844	105	178	3,29	39,5	58,5	166	2,97	6,12	1	1	1	1	✓		
UPE 400	72,2	20980	1050	1260	15,1	56,2	1045	123	191	3,37	42,0	79,1	259	2,98	6,06	1	1	1	1	✓		

- W_{ply} est calculé selon l'hypothèse d'un diagramme de contraintes bi-rectangulaire et n'est applicable que si deux ou plusieurs fers U sont associés de façon à constituer une section doublement symétrique pour laquelle un moment de flexion agissant dans le plan du centre de gravité n'engendre pas de torsion.
- W_{ply} is determined assuming a bi-rectangular stress block distribution. Thus, the given value applies only if two or more channels are combined in such a way to form a double symmetric cross-section so that the bending moment acting in the plane of the centre of gravity will not lead to torsion.
- Für die Berechnung von W_{ply} wurde eine doppelrechteckige Spannungsverteilung angenommen. Der angegebene Wert ist daher nur anwendbar, wenn zwei oder mehr U-Profile so miteinander kombiniert sind, dass sie einen doppelsymmetrischen Querschnitt bilden, womit ein Biegemoment, das in der Schwerpunktebene angreift, keine Torsion hervorruft.

Fers U normaux européens

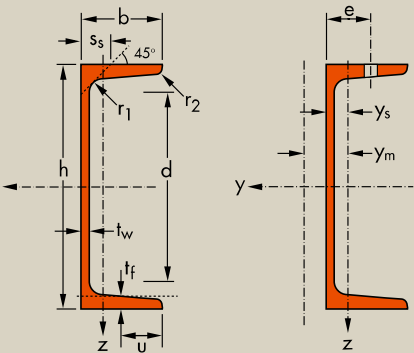
Dimensions: DIN 1026-1: 2009, NF A 45-202: 1986
Tolérances: EN 10279: 2000
Etat de surface: conforme à EN 10163-3: 2004, classe C, sous-classe 1

European standard channels

Dimensions: DIN 1026-1: 2009, NF A 45-202: 1986
Tolerances: EN 10279: 2000
Surface condition: according to EN 10163-3: 2004, class C, subclass 1

Europäische U-Stahl-Normalprofile

Abmessungen: DIN 1026-1: 2009, NF A 45-202: 1986
Toleranzen: EN 10279: 2000
Oberflächenbeschaffenheit: Gemäß EN 10163-3: 2004, Klasse C, Untergruppe 1



Désignation Designation Bezeichnung		Dimensions Abmessungen						Dimensions de construction Dimensions for detailing Konstruktionsmaße				Surface Oberfläche		
G kg/m	h mm	b mm	t _w mm	t _f mm	r ₁ mm	r ₂ mm	A mm ² x10 ²	d mm	Ø	e _{min} mm	e _{max} mm	A _L m ² /m	A _G m ² /t	
UPN 50*	5,59	50	38	5,0	7,0	7,0	3,5	7,12	21	-	-	-	0,232	42,22
UPN 65*	7,09	65	42	5,5	7,5	7,5	4,0	9,03	34	-	-	-	0,273	39,57
UPN 80*	8,64	80	45	6,0	8,0	8,0	4,0	11,0	47	-	-	-	0,312	37,10
UPN 100*	10,6	100	50	6,0	8,5	8,5	4,5	13,5	64	-	-	-	0,372	35,10
UPN 120	13,4	120	55	7,0	9,0	9,0	4,5	17,0	82	-	-	-	0,434	32,52
UPN 140	16,0	140	60	7,0	10,0	10,0	5,0	20,4	98	M 12	33	37	0,489	30,54
UPN 160	18,8	160	65	7,5	10,5	10,5	5,5	24,0	115	M 12	34	42	0,546	28,98
UPN 180	22,0	180	70	8,0	11,0	11,0	5,5	28,0	133	M 16	38	41	0,611	27,80
UPN 200	25,3	200	75	8,5	11,5	11,5	6,0	32,2	151	M 16	39	46	0,661	26,15
UPN 220	29,4	220	80	9,0	12,5	12,5	6,5	37,4	167	M 16	40	51	0,718	24,46
UPN 240	33,2	240	85	9,5	13,0	13,0	6,5	42,3	184	M 20	46	50	0,775	23,34
UPN 260	37,9	260	90	10,0	14,0	14,0	7,0	48,3	200	M 22	50	52	0,834	22,00
UPN 280	41,8	280	95	10,0	15,0	15,0	7,5	53,3	216	M 22	52	57	0,890	21,27
UPN 300	46,2	300	100	10,0	16,0	16,0	8,0	58,8	232	M 24	55	59	0,950	20,58
UPN 320*	59,5	320	100	14,0	17,5	17,5	8,8	75,8	246	M 22	58	62	0,982	16,50
UPN 350	60,6	350	100	14,0	16,0	16,0	8,0	77,3	282	M 22	56	62	1,05	17,25
UPN 380*	63,1	380	102	13,5	16,0	16,0	8,0	80,4	313	M 24	59	60	1,11	17,59
UPN 400*	71,8	400	110	14,0	18,0	18,0	9,0	91,5	324	M 27	61	62	1,18	16,46

	h ≤ 300	h > 300
u	$\frac{b}{2}$	$\frac{b - t_w}{2}$
Inclinaison des ailes Flange slope Flanschneigung	8%	5%

* Tonnage minimum et conditions de livraison nécessitent un accord préalable.
* Minimum tonnage and delivery conditions upon agreement.
* Mindestbestellmenge und Lieferbedingungen nach Vereinbarung.

Notations pages 215-219 / Bezeichnungen Seiten 215-219

Désignation Designation Bezeichnung	Valeurs statiques / Section properties / Statische Kennwerte															Classification EN 1993-1-1: 2005				EN 10025-2: 2004	EN 10025-4: 2004	EN 10225:2009
	axe fort y-y strong axis y-y starke Achse y-y					axe faible z-z weak axis z-z schwache Achse z-z										Pure bending y-y		Pure compression				
	G kg/m	I _y mm ⁴ x10 ⁴	W _{el,y} mm ³ x10 ³	W _{ply} ■ mm ³ x10 ³	i _y mm x10	A _{vz} mm ² x10 ²	I _z mm ⁴ x10 ⁴	W _{el,z} mm ³ x10 ³	W _{pl,z} ’ mm ³ x10 ³	i _z mm x10	s _s mm	I _t mm ⁴ x10 ⁴	I _w mm ⁶ x10 ⁹	y _s mm x10	y _m mm x10	S235	S355	S235	S355			
UPN 50	5,59	26,4	10,6	13,1	1,92	2,77	9,12	3,75	6,78	1,13	16,7	1,12	0,03	1,37	2,47	1	1	1	1	✓		
UPN 65	7,09	57,5	17,7	21,7	2,52	3,68	14,1	5,07	9,38	1,25	18,0	1,61	0,08	1,42	2,60	1	1	1	1	✓		
UPN 80	8,64	106	26,5	32,3	3,10	4,90	19,4	6,36	11,9	1,33	19,4	2,20	0,18	1,45	2,67	1	1	1	1	✓		
UPN 100	10,6	206	41,2	49,0	3,91	6,46	29,3	8,49	16,2	1,47	20,3	2,81	0,41	1,55	2,93	1	1	1	1	✓		
UPN 120	13,4	364	60,7	72,6	4,62	8,80	43,2	11,1	21,2	1,59	22,2	4,15	0,90	1,60	3,03	1	1	1	1	✓		
UPN 140	16,0	605	86,4	103	5,45	10,4	62,7	14,8	28,3	1,75	23,9	5,68	1,80	1,75	3,37	1	1	1	1	✓		
UPN 160	18,8	925	116	138	6,21	12,6	85,3	18,3	35,2	1,89	25,3	7,39	3,26	1,84	3,56	1	1	1	1	✓		
UPN 180	22,0	1350	150	179	6,95	15,1	114	22,4	42,9	2,02	26,7	9,55	5,57	1,92	3,75	1	1	1	1	✓		
UPN 200	25,3	1910	191	228	7,70	17,7	148	27,0	51,8	2,14	28,1	11,9	9,07	2,01	3,94	1	1	1	1	✓		
UPN 220	29,4	2690	245	292	8,48	20,6	197	33,6	64,1	2,30	30,3	16,0	14,6	2,14	4,20	1	1	1	1	✓		
UPN 240	33,2	3600	300	358	9,22	23,7	248	39,6	75,7	2,42	31,7	19,7	22,1	2,23	4,39	1	1	1	1	✓		
UPN 260	37,9	4820	371	442	9,99	27,1	317	47,7	91,6	2,56	33,9	25,5	33,3	2,36	4,66	1	1	1	1	✓		
UPN 280	41,8	6280	448	532	10,9	29,3	399	57,2	109	2,74	35,6	31,0	48,5	2,53	5,02	1	1	1	1	✓		
UPN 300	46,2	8030	535	632	11,7	31,8	495	67,8	130	2,90	37,3	37,4	69,1	2,70	5,41	1	1	1	1	✓		
UPN 320	59,5	10870	679	826	12,1	47,1	597	80,6	152	2,81	43,0	66,7	96,1	2,60	4,82	1	1	1	1	✓		
UPN 350	60,6	12840	734	918	12,9	50,8	570	75,0	143	2,72	40,7	61,2	114	2,40	4,45	1	1	1	1	✓		
UPN 380	63,1	15760	829	1010	14,0	53,2	615	78,7	148	2,77	40,3	59,1	146	2,38	4,58	1	1	1	1	✓		
UPN 400	71,8	20350	1020	1240	14,9	58,6	846	102	190	3,04	44,0	81,6	221	2,65	5,11	1	1	1	1	✓		

- $W_{pl,y}$ est calculé selon l'hypothèse d'un diagramme de contraintes bi-rectangulaire et n'est applicable que si deux ou plusieurs fers U sont associés de façon à constituer une section doublement symétrique pour laquelle un moment de flexion agissant dans le plan du centre de gravité n'engendre pas de torsion.
- $W_{pl,y}$ is determined assuming a bi-rectangular stress block distribution. Thus, the given value applies only if two or more channels are combined in such a way to form a double symmetric cross-section so that the bending moment acting in the plane of the centre of gravity will not lead to torsion.
- Für die Berechnung von $W_{pl,y}$ wurde eine doppelrechteckige Spannungsverteilung angenommen. Der angegebene Wert ist daher nur anwendbar, wenn zwei oder mehr U-Profile so miteinander kombiniert sind, dass sie einen doppelsymmetrischen Querschnitt bilden, womit ein Biegemoment, das in der Schwerpunktebene angreift, keine Torsion hervorruft.

Long Carbon Europe



ArcelorMittal

Profilés et Aciers Marchands Sections and Merchant Bars Profil- und Stabstahl

Programme de Vente / Sales Programme / Verkaufsprogramm



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

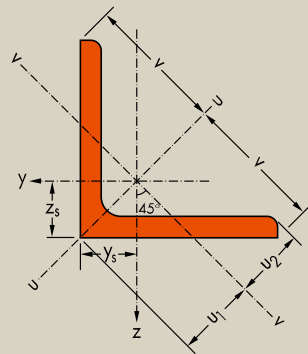
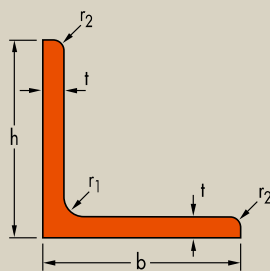
Surface condition: according to EN 10163-3: 2004, class C, subclass 1

Gleichschenkliger Winkelstahl▼

Abmessungen: EN 10056-1: 1998

Toleranzen: EN 10056-2: 1993

Oberflächenbeschaffenheit: Gemäß EN 10163-3: 2004, Klasse C, Untergruppe 1



Désignation Designation Bezeichnung	Dimensions Abmessungen				Position des axes Position of axes Lage der Achsen				Surface Oberfläche	
G	h=b	t	r ₁	A	z _s =y _s	v	u ₁	u ₂	A _L	A _G
kg/m	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 ^{-/*}	0,882	20	3	3,5	1,12	0,596	1,41	0,843	0,700	0,077	87,40
L 25 x 25 x 3 ^{-/*}	1,12	25	3	3,5	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	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	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	2,27	0,878	2,12	1,24	1,06	0,116	65,02
L 35 x 35 x 4 ^{-/*}	2,09	35	4	5	2,67	1,00	2,47	1,42	1,24	0,136	64,82
L 35 x 35 x 5 ^{-/*}	2,57	35	5	5	3,28	1,04	2,47	1,48	1,25	0,136	52,76
L 40 x 40 x 4 ^{-/*}	2,42	40	4	6	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	3,79	1,16	2,83	1,64	1,41	0,155	52,07
L 40 x 40 x 6 ^{-/*}	3,52	40	6	6	4,48	1,20	2,83	1,70	1,43	0,155	44,04
L 45 x 45 x 3 [▶]	2,09	45	3	7	2,66	1,18	3,18	1,67	1,57	0,174	83,24
L 45 x 45 x 4 ^{*/◄}	2,74	45	4	7	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	3,90	1,26	3,18	1,78	1,58	0,174	56,83
L 45 x 45 x 5 ^{*/◄}	3,38	45	5	7	4,30	1,28	3,18	1,81	1,58	0,174	51,51
L 45 x 45 x 6 [*]	4,00	45	6	7	5,09	1,32	3,18	1,87	1,59	0,174	43,52
L 45 x 45 x 7 [*]	4,60	45	7	7	5,86	1,36	3,18	1,92	1,61	0,174	37,81
L 50 x 50 x 4 ^{-/*}	3,06	50	4	7	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	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	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	6,56	1,49	3,54	2,10	1,78	0,194	37,66
L 50 x 50 x 8	5,82	50	8	7	7,41	1,52	3,54	2,16	1,80	0,194	33,34
L 50 x 50 x 9 [*]	6,47	50	9	7	8,24	1,56	3,54	2,21	1,82	0,194	29,98
L 55 x 55 x 4 [*]	3,38	55	4	8	4,31	1,47	3,89	2,08	1,92	0,213	63,01
L 55 x 55 x 5 ^{*/▶}	4,18	55	5	8	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	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	4,71	1,60	4,24	2,26	2,10	0,233	63,07
L 60 x 60 x 5 ^{-/*}	4,57	60	5	8	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	6,91	1,69	4,24	2,39	2,11	0,233	42,99

▼ Autres dimensions sur demande.

* Tonnage minimum et conditions de livraison nécessitent un accord préalable.

+ Commande minimale: 40t par profilé et qualité ou suivant accord.

- Profilé conforme à EN 10056-1: 1998

◄ Profilé conforme à DIN 1028: 1994

▶ Profilé conforme à CSN 42 5541: 1974.

▲ Avec arêtes vives sur demande.

▼ Other dimensions on request.

* Minimum tonnage and delivery conditions upon agreement.

+ Minimum order: 40t per section and grade or upon agreement.

- Section in accordance with EN 10056-1: 1998.

◄ Section in accordance with DIN 1028: 1994.

▶ Section in accordance with CSN 42 5541: 1974.

▲ Available with sharp edges.

▼ Andere Abmessungen auf Anfrage.

* Mindestbestellmenge und Lieferbedingungen nach Vereinbarung.

+ Mindestbestellmenge: 40t pro Profil und Güte oder nach Vereinbarung.

- Profil gemäß EN 10056-1: 1998.

◄ Profil gemäß DIN 1028: 1994.

▶ Profil gemäß CSN 42 5541: 1974.

▲ Auch mit scharfen Kanten erhältlich.



Notations pages 215–219 / Bezeichnungen Seiten 215–219

Désignation Designation Bezeichnung	Valeurs statiques / Section properties / Statische Kennwerte*									Classification EN 1993-1-1: 2005		EN 10025-2: 2004	EN 10025-4: 2004	EN 10225:2009
	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		I _{yz} mm ⁴ x10 ⁴	Pure compression					
	G kg/m	I _y = I _z mm ⁴ x10 ⁴	W _{ely} = W _{elz} mm ³ x10 ³	i _y = i _z mm x10	I _u mm ⁴ x10 ⁴	i _u mm x10	I _v mm ⁴ x10 ⁴		i _v mm x10					
		S235	S355											
L 20 x 20 x 3	0,882	0,388	0,276	0,589	0,614	0,740	0,162	0,380	-0,226	1	1	✓		
L 25 x 25 x 3	1,12	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	4	✓		
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 35 x 35 x 5	2,57	3,56	1,45	1,04	5,64	1,31	1,49	0,67	-2,08	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	4	✓		
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 40 x 40 x 6	3,52	6,31	2,26	1,19	9,99	1,49	2,64	0,77	-3,67	1	1	✓		
L 45 x 45 x 3	2,09	4,93	1,49	1,36	7,81	1,71	2,04	0,88	-2,88	4	4	✓		
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	4	✓		
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	4	✓		
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 45 x 45 x 6	4,00	9,16	2,88	1,34	14,52	1,69	3,81	0,86	-5,36	1	1	✓		
L 45 x 45 x 7	4,60	10,40	3,31	1,33	16,44	1,67	4,36	0,86	-6,04	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	4	4	✓		
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	4	✓		
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 50 x 50 x 8	5,82	16,28	4,68	1,48	25,71	1,86	6,85	0,96	-9,43	1	1	✓		
L 50 x 50 x 9	6,47	17,86	5,20	1,47	28,11	1,85	7,61	0,96	-10,25	1	1	✓		
L 55 x 55 x 4	3,38	12,00	2,98	1,67	19,05	2,10	4,95	1,07	-7,05	4	4	✓		
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	4	✓		
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	4	4	✓		
L 60 x 60 x 5	4,57	19,37	4,45	1,82	30,77	2,30	7,97	1,17	-11,40	4	4	✓		
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	4	✓		

* Les valeurs statiques sont calculées avec $r_2 = 1/2 \cdot r_1$

* Sectional properties have been calculated with $r_2 = 1/2 \cdot r_1$

* Die statischen Werte sind berechnet mit $r_2 = 1/2 \cdot r_1$

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

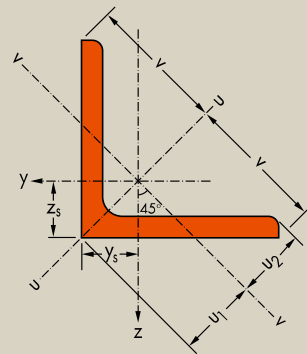
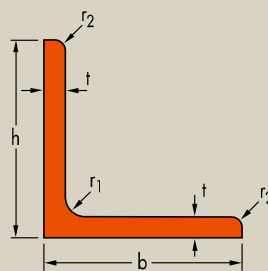
Surface condition: according to EN 10163-3: 2004, class C, subclass 1

Gleichschenkliger Winkelstahl▼ (Fortsetzung)

Abmessungen: EN 10056-1: 1998

Toleranzen: EN 10056-2: 1993

Oberflächenbeschaffenheit: Gemäß EN 10163-3: 2004, Klasse C, Untergruppe 1



Désignation Designation Bezeichnung	Dimensions Abmessungen				Position des axes Position of axes Lage der Achsen					Surface Oberfläche	
G	h=b	t	r ₁	A	z _s =y _s	v	u ₁	u ₂		A _L	A _G
kg/m	mm	mm	mm	mm ² x10 ²	mm x10	mm x10	mm x10	mm x10		m ² /m	m ² /t

L 60 x 60 x 7*	6,26	60	7	8	7,98	1,73	4,24	2,45	2,13	0,233	37,22
L 60 x 60 x 8 ^{*/▲}	7,09	60	8	8	9,03	1,77	4,24	2,50	2,14	0,233	32,89
L 60 x 60 x 10*	8,69	60	10	8	11,1	1,85	4,24	2,61	2,17	0,233	26,83
L 63 x 63 x 5*	4,82	63	5	9	6,14	1,71	4,45	2,42	2,21	0,244	50,71
L 63 x 63 x 6*	5,72	63	6	9	7,29	1,75	4,45	2,48	2,21	0,244	42,70
L 63 x 63 x 6,5*	6,17	63	6,5	9	7,85	1,78	4,45	2,51	2,22	0,244	39,62
L 65 x 65 x 4*	4,02	65	4	9	5,13	1,71	4,60	2,41	2,28	0,252	62,68
L 65 x 65 x 5*	4,97	65	5	9	6,34	1,76	4,60	2,49	2,28	0,252	50,71
L 65 x 65 x 6 ^{*/►}	5,91	65	6	9	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	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	9,85	1,89	4,60	2,67	2,31	0,252	32,64
L 65 x 65 x 9*	8,62	65	9	9	11,0	1,93	4,60	2,73	2,32	0,252	29,28
L 65 x 65 x 10*	9,49	65	10	9	12,1	1,97	4,60	2,78	2,34	0,252	26,59
L 65 x 65 x 11*	10,3	65	11	9	13,2	2,00	4,60	2,83	2,35	0,252	24,39
L 70 x 70 x 5	5,37	70	5	9	6,84	1,88	4,95	2,66	2,46	0,272	50,73
L 70 x 70 x 6 [~]	6,38	70	6	9	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	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	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	11,9	2,05	4,95	2,90	2,50	0,272	29,20
L 70 x 70 x 10*	10,3	70	10	9	13,1	2,09	4,95	2,96	2,51	0,272	26,50
L 75 x 75 x 4*	4,65	75	4	9	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	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	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	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	11,4	2,14	5,30	3,02	2,66	0,292	32,53
L 75 x 75 x 9*	10,0	75	9	9	12,8	2,18	5,30	3,08	2,67	0,292	29,14
L 75 x 75 x 10*	11,1	75	10	9	14,1	2,22	5,30	3,13	2,69	0,292	26,43

▼ Autres dimensions sur demande.

* Tonnage minimum et conditions de livraison nécessitent un accord préalable.

+ Commande minimale: 40t par profilé et qualité ou suivant accord.

- Profilé conforme à EN 10056-1: 1998

◄ Profilé conforme à DIN 1028: 1994

► Profilé conforme à CSN 42 5541: 1974.

▲ Avec arêtes vives sur demande.

▼ Other dimensions on request.

* Minimum tonnage and delivery conditions upon agreement.

+ Minimum order: 40t per section and grade or upon agreement.

- Section in accordance with EN 10056-1: 1998.

◄ Section in accordance with DIN 1028: 1994.

► Section in accordance with CSN 42 5541: 1974.

▲ Available with sharp edges.

▼ Andere Abmessungen auf Anfrage.

* Mindestbestellmenge und Lieferbedingungen nach Vereinbarung.

+ Mindestbestellmenge: 40t pro Profil und Güte oder nach Vereinbarung.

- Profil gemäß EN 10056-1: 1998.

◄ Profil gemäß DIN 1028: 1994.

► Profil gemäß CSN 42 5541: 1974.

▲ Auch mit scharfen Kanten erhältlich.



Notations pages 215-219 / Bezeichnungen Seiten 215-219

Désignation Designation Bezeichnung		Valeurs statiques / Section properties / Statische Kennwerte*								Classification EN 1993-1-1: 2005		EN 10025-2: 2004	EN 10025-4: 2004	EN 10225:2009
		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		I _{yz} mm ⁴ x10 ⁴					
		I _y = I _z mm ⁴ x10 ⁴	W _{ely} = W _{elz} mm ³ x10 ³	i _y = i _z mm x10	I _u mm ⁴ x10 ⁴	i _u mm x10	I _v mm ⁴ x10 ⁴	i _v mm x10						
										Pure compression S235 S355				
G kg/m														
L 60 x 60 x 7	6,26	26,05	6,10	1,81	41,34	2,28	10,76	1,16	-15,23	1	1	✓		
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 60 x 60 x 10	8,69	34,93	8,41	1,78	55,10	2,23	14,76	1,15	-20,17	1	1	✓		
L63 x 63 x 5	4,82	22,42	4,88	1,91	35,61	2,41	9,24	1,23	-13,18	4	4	✓		
L63 x 63 x 6	5,72	26,44	5,82	1,90	41,99	2,40	10,89	1,22	-15,55	1	4	✓		
L63 x 63 x 6,5	6,17	28,37	6,27	1,90	45,06	2,40	11,69	1,22	-16,68	1	4	✓		
L 65 x 65 x 4	4,02	20,09	4,19	1,98	31,86	2,49	8,32	1,27	-11,77	4	4	✓		
L 65 x 65 x 5	4,97	24,74	5,22	1,98	39,29	2,49	10,19	1,27	-14,55	4	4	✓		
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	4	✓		
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	✓		
L 65 x 65 x 9	8,62	41,37	9,05	1,94	65,52	2,44	17,22	1,25	-24,15	1	1	✓		
L 65 x 65 x 10	9,49	45,08	9,94	1,93	71,26	2,43	18,91	1,25	-26,17	1	1	✓		
L 65 x 65 x 11	10,3	48,64	10,82	1,92	76,69	2,41	20,58	1,25	-28,06	1	1	✓		
L 70 x 70 x 5	5,37	31,24	6,10	2,14	49,61	2,69	12,86	1,37	-18,37	4	4	✓		
L 70 x 70 x 6	6,38	36,88	7,27	2,13	58,60	2,69	15,16	1,37	-21,72	4	4	✓		
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	4	✓		
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 70 x 70 x 10	10,3	57,24	11,66	2,09	90,60	2,63	23,88	1,35	-33,36	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	4	4	✓		
L 75 x 75 x 6	6,85	45,83	8,41	2,29	72,84	2,89	18,82	1,47	-27,01	4	4	✓		
L 75 x 75 x 7	7,93	52,61	9,74	2,28	83,60	2,88	21,62	1,46	-30,99	1	4	✓		
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	4	✓		
L 75 x 75 x 9	10,0	65,40	12,29	2,26	103,8	2,85	27,03	1,45	-38,36	1	1	✓		
L 75 x 75 x 10	11,1	71,43	13,52	2,25	113,2	2,83	29,68	1,45	-41,75	1	1	✓		

* Les valeurs statiques sont calculées avec $r_2 = 1/2 \cdot r_1$
* Sectional properties have been calculated with $r_2 = 1/2 \cdot r_1$
* Die statischen Werte sind berechnet mit $r_2 = 1/2 \cdot r_1$

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

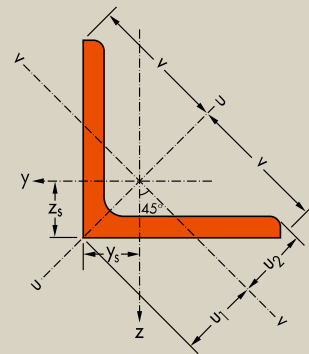
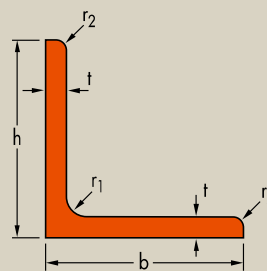
Surface condition: according to EN 10163-3: 2004, class C, subclass 1

Gleichschenkliger Winkelstahl▼ (Fortsetzung)

Abmessungen: EN 10056-1: 1998

Toleranzen: EN 10056-2: 1993

Oberflächenbeschaffenheit: Gemäß EN 10163-3: 2004, Klasse C, Untergruppe 1



Désignation Designation Bezeichnung	Dimensions Abmessungen				Position des axes Position of axes Lage der Achsen				Surface Oberfläche	
G	h=b	t	r ₁	A	z _s =y _s	v	u ₁	u ₂	A _L	A _G
kg/m	mm	mm	mm	mm ²	mm	mm	mm	mm	m ² /m	m ² /t
				x10 ²	x10	x10	x10	x10		

L 80 x 80 x 5*	6,17	80	5	10	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	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	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	12,3	2,26	5,66	3,19	2,83	0,311	32,34
L 80 x 80 x 9*	10,8	80	9	10	13,7	2,30	5,66	3,25	2,84	0,311	28,96
L 80 x 80 x 10 ⁻ /*	11,9	80	10	10	15,1	2,34	5,66	3,30	2,85	0,311	26,26
L 90 x 90 x 5*	6,97	90	5	11	8,88	2,35	6,36	3,33	3,16	0,351	50,29
L 90 x 90 x 6*	8,28	90	6	10	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	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	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	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	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	18,7	2,62	6,36	3,70	3,21	0,351	23,86
L 90 x 90 x 16	20,7	90	16	11	26,4	2,81	6,36	3,97	3,29	0,351	16,93
L 100 x 100 x 6*	9,26	100	6	12	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	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	15,5	2,74	7,07	3,87	3,52	0,390	32,00
L 100 x 100 x 9*	13,6	100	9	12	17,3	2,78	7,07	3,93	3,53	0,390	28,62
L 100 x 100 x 10*	15,0	100	10	12	19,2	2,82	7,07	3,99	3,54	0,390	25,92
L 100 x 100 x 11*	16,4	100	11	12	20,9	2,86	7,07	4,05	3,55	0,390	23,70
L 100 x 100 x 12*	17,8	100	12	12	22,7	2,90	7,07	4,11	3,57	0,390	21,86
L 100 x 100 x 14*	20,6	100	14	12	26,2	2,98	7,07	4,22	3,60	0,390	18,95
L 100 x 100 x 16	23,2	100	16	12	29,6	3,06	7,07	4,32	3,63	0,390	16,77
L 110 x 110 x 6	10,2	110	6	12	13,0	2,89	7,78	4,09	3,87	0,430	42,12
L 110 x 110 x 7	11,8	110	7	12	15,1	2,94	7,78	4,16	3,87	0,430	36,34
L 110 x 110 x 8*	13,4	110	8	12	17,1	2,99	7,78	4,22	3,87	0,430	31,98
L 110 x 110 x 9	15,0	110	9	12	19,1	3,03	7,78	4,28	3,88	0,430	28,59
L 110 x 110 x 10*	16,6	110	10	13	21,2	3,06	7,78	4,33	3,88	0,429	25,79
L 110 x 110 x 11	18,2	110	11	13	23,2	3,11	7,78	4,39	3,89	0,429	23,58
L 110 x 110 x 12	19,7	110	12	13	25,1	3,15	7,78	4,45	3,91	0,429	21,73

▼ Autres dimensions sur demande.

* Tonnage minimum et conditions de livraison nécessitent un accord préalable.

+ Commande minimale: 40t par profilé et qualité ou suivant accord.

- Profilé conforme à EN 10056-1: 1998.

► Profilé conforme à DIN 1028: 1994.

► Profilé conforme à CSN 42 5541: 1974.

▲ Avec arêtes vives sur demande.

x Profilé disponible en S460M suivant accord.

▼ Other dimensions on request.

* Minimum tonnage and delivery conditions upon agreement.

+ Minimum order: 40t per section and grade or upon agreement.

- Section in accordance with EN 10056-1: 1998.

► Section in accordance with DIN 1028: 1994.

► Section in accordance with CSN 42 5541: 1974.

▲ Available with sharp edges.

x Section available in S460M upon agreement.

▼ Andere Abmessungen auf Anfrage.

* Mindestbestellmenge und Lieferbedingungen nach Vereinbarung.

+ Mindestbestellmenge: 40t pro Profil und Güte oder nach Vereinbarung.

- Profil gemäß EN 10056-1: 1998.

► Profil gemäß DIN 1028: 1994.

► Profil gemäß CSN 42 5541: 1974.

▲ Auch mit scharfen Kanten erhältlich.

x Profil in S460M nach Vereinbarung.



Notations pages 215–219 / Bezeichnungen Seiten 215–219

Désignation Designation Bezeichnung		Valeurs statiques / Section properties / Statische Kennwerte*								Classification EN 1993-1-1: 2005			EN 10025-2: 2004	EN 10025-4: 2004	EN 10225:2009
		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 kg/m	I _y = I _z mm ⁴ x10 ⁴	W _{el,y} = W _{el,z} mm ³ x10 ³	i _y = i _z mm x10	I _u mm ⁴ x10 ⁴	i _u mm x10	I _v mm ⁴ x10 ⁴		i _v mm x10	I _{yz} mm ⁴ x10 ⁴	S235			
L 80 x 80 x 5	6,17	47,14	8,02	2,45	74,83	3,09	19,45	1,57	-27,69	4	4	-	✓		
L 80 x 80 x 6	7,34	55,82	9,57	2,44	88,69	3,08	22,96	1,57	-32,87	4	4	-	✓		
L 80 x 80 x 7	8,49	64,19	11,09	2,44	102,0	3,07	26,38	1,56	-37,81	1	4	-	✓		
L 80 x 80 x 8	9,63	72,25	12,58	2,43	114,8	3,06	29,72	1,56	-42,52	1	4	-	✓		
L 80 x 80 x 9	10,8	80,01	14,03	2,42	127,0	3,05	33,01	1,55	-47,01	1	1	-	✓		
L 80 x 80 x 10	11,9	87,50	15,45	2,41	138,8	3,03	36,24	1,55	-51,27	1	1	-	✓		
L 90 x 90 x 5	6,97	67,67	10,18	2,76	107,3	3,48	27,98	1,78	-39,68	4	4	-	✓		
L 90 x 90 x 6	8,28	80,72	12,26	2,77	128,3	3,49	33,16	1,77	-47,57	4	4	-	✓		
L 90 x 90 x 7	9,61	92,55	14,13	2,75	147,1	3,47	38,03	1,76	-54,52	4	4	-	✓		
L 90 x 90 x 8	10,9	104,4	16,05	2,74	165,9	3,46	42,89	1,76	-61,50	1	4	-	✓		
L 90 x 90 x 9	12,2	115,8	17,93	2,73	184,0	3,44	47,65	1,75	-68,19	1	4	-	✓		
L 90 x 90 x 10	13,4	126,9	19,77	2,72	201,5	3,43	52,33	1,75	-74,59	1	1	-	✓		
L 90 x 90 x 11	14,7	137,6	21,57	2,71	218,3	3,42	56,94	1,74	-80,70	1	1	-	✓		
L 90 x 90 x 16	20,7	186,4	30,11	2,66	293,5	3,34	79,40	1,74	-107,0	1	1	-	✓		
L 100 x 100 x 6	9,26	111,1	15,09	3,07	176,3	3,87	45,80	1,97	-65,25	4	4	-	✓		
L 100 x 100 x 7	10,7	128,2	17,54	3,06	203,7	3,86	52,72	1,96	-75,48	4	4	-	✓		
L 100 x 100 x 8	12,2	144,8	19,94	3,06	230,2	3,85	59,49	1,96	-85,35	4	4	-	✓		
L 100 x 100 x 9	13,6	161,0	22,30	3,05	255,9	3,84	66,13	1,95	-94,86	1	4	-	✓		
L 100 x 100 x 10	15,0	176,7	24,62	3,04	280,7	3,83	72,66	1,95	-104,0	1	4	-	✓		
L 100 x 100 x 11	16,4	191,9	26,89	3,03	304,7	3,81	79,09	1,94	-112,8	1	1	-	✓		
L 100 x 100 x 12	17,8	206,7	29,12	3,02	327,9	3,80	85,44	1,94	-121,3	1	1	-	✓		
L 100 x 100 x 14	20,6	235,0	33,48	3,00	372,1	3,77	97,92	1,93	-137,1	1	1	-	✓		
L 100 x 100 x 16	23,2	261,7	37,70	2,97	413,3	3,74	110,2	1,93	-151,5	1	1	-	✓		
L 110 x 110 x 6	10,2	149,5	18,43	3,39	237,3	4,27	61,60	2,18	-87,87	4	4	-	✓		
L 110 x 110 x 7	11,8	172,7	21,43	3,39	274,4	4,27	70,94	2,17	-101,7	4	4	-	✓		
L 110 x 110 x 8	13,4	195,3	24,37	3,38	310,5	4,26	80,11	2,16	-115,2	4	4	-	✓		
L 110 x 110 x 9	15,0	217,3	27,26	3,37	345,5	4,25	89,10	2,16	-128,2	4	4	-	✓		
L 110 x 110 x 10	16,6	238,0	29,99	3,35	378,2	4,23	97,74	2,15	-140,2	1	4	-	✓		
L 110 x 110 x 11	18,2	258,8	32,79	3,34	411,2	4,21	106,4	2,14	-152,4	1	4	-	✓		
L 110 x 110 x 12	19,7	279,1	35,54	3,33	443,2	4,20	115,0	2,14	-164,1	1	1	-	✓		

* Les valeurs statiques sont calculées avec $r_2 = 1/2 \cdot r_1$

* Sectional properties have been calculated with $r_2 = 1/2 \cdot r_1$

* Die statischen Werte sind berechnet mit $r_2 = 1/2 \cdot r_1$



ArcelorMittal



Profils creux de construction finis à froid. Les dimensions des côtés varient selon une gamme qui va de 30x20 à 400x250 mm.

Etat de surface : noir

Qualité de base : S235JRH

Cordon de soudure : cordon intérieur non raclé

Longueur de livraison : 6 m environ

Extrémités : coupées perpendiculairement à l'axe du tube et non ébavurées



TUBES ET PROFILS CREUX

PROFILS CREUX DE CONSTRUCTION FINIS À FROID

Norme de référence : NF EN 10219

État de surface : noir

Qualité de base : S235JRH

SECTIONS CARRÉES FORMÉES À FROID

DIMENSION EXTÉRIEURE mm	ÉPAISSEUR mm	MASSE LINÉIQUE kg/m	AIRE DE SECTION TRANSVERSALE cm ²	MOMENT D'INERTIE DE FLEXION cm ⁴	RAYON DE GIRATION cm
20 x 20	1,5	0,83	1,05	0,58	0,74
	2	1,05	1,34	0,69	0,72
25 x 25	2	1,36	1,74	1,48	0,92
	2,5	1,64	2,09	1,69	0,90
	3	1,89	2,41	1,84	0,87
30 x 30	1,5	1,30	1,65	2,20	1,15
	2	1,68	2,14	2,72	1,13
	2,5	2,03	2,59	3,16	1,10
	3	2,36	3,01	3,50	1,08
35 x 35	2	1,99	2,54	4,51	1,33
	2,5	2,42	3,09	5,29	1,31
	3	2,83	3,61	5,95	1,28
40 x 40	2	2,31	2,94	6,94	1,54
	2,5	2,82	3,59	8,21	1,51
	3	3,30	4,21	9,32	1,49
	4	4,20	5,35	11,08	1,44
	5	4,99	6,36	12,30	1,39
45 x 45	2	2,62	3,34	10,10	1,74
	2,5	3,21	4,09	12,10	1,72
	3	3,77	4,81	13,80	1,69
	4	4,83	6,15	16,60	1,64
50 x 50	2	2,93	3,74	14,15	1,95
	2,5	3,60	4,59	16,94	1,92
	3	4,25	5,41	19,47	1,90
	4	5,45	6,95	23,74	1,85
	5	6,56	8,36	27,04	1,80
60 x 60	2	3,56	4,54	25,14	2,35
	3	5,19	6,61	35,13	2,31



TUBES ET PROFILS CREUX

PROFILS CREUX DE CONSTRUCTION FINIS À FROID

Norme de référence : NF EN 10219

État de surface : noir

Qualité de base : S235JRH

SECTIONS CARRÉES FORMÉES À FROID

DIMENSION EXTÉRIEURE	ÉPAISSEUR	Module de flexion élastique	Module de flexion plastique	Moment d'inertie de torsion	Module de torsion	Surface superficielle par m de long.	Longueur nominale par tonne
mm	mm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m	m
20 x 20	1,5	0,58	0,72	0,98	0,88	0,075	1211
	2	0,69	0,88	1,21	1,06	0,075	953
25 x 25	2	1,19	1,47	2,53	1,80	0,095	733
	2,5	1,35	1,71	2,97	2,07	0,095	610
	3	1,47	1,91	3,33	2,27	0,095	529
30 x 30	1,5	1,46	1,74	3,57	2,21	0,115	771
	2	1,81	2,21	4,54	2,75	0,115	596
	2,5	2,10	2,61	5,40	3,20	0,115	492
	3	2,34	2,96	6,15	3,58	0,115	424
35 x 35	2	2,58	3,09	7,41	3,89	0,133	502
	2,5	3,02	3,69	8,89	4,58	0,131	412
	3	3,40	4,23	10,20	5,18	0,130	353
40 x 40	2	3,47	4,13	11,28	5,23	0,155	434
	2,5	4,11	4,97	13,61	6,21	0,155	355
	3	4,66	5,72	15,75	7,07	0,155	303
	4	5,54	7,01	19,44	8,48	0,155	238
	5	6,13	8,02	22,30	9,49	0,143	200
45 x 45	2	4,50	5,32	16,30	6,77	0,173	382
	2,5	5,36	6,43	19,80	8,09	0,171	312
	3	6,12	7,44	23,00	9,27	0,170	265
	4	7,38	9,22	28,70	11,30	0,166	207
50 x 50	2	5,66	6,66	22,63	8,51	0,195	341
	2,5	6,78	8,07	27,53	10,22	0,195	278
	3	7,79	9,39	32,13	11,76	0,195	236
	4	9,49	11,73	40,42	14,43	0,195	183
	5	10,82	13,70	47,46	16,56	0,195	152
60 x 60	2	8,38	9,79	39,79	12,59	0,235	281
	3	11,71	13,95	57,09	17,65	0,235	193



TUBES ET PROFILS CREUX

PROFILS CREUX DE CONSTRUCTION FINIS À FROID

Norme de référence : NF EN 10219

État de surface : noir

Qualité de base : S235JRH

SECTIONS CARRÉES FORMÉES À FROID

DIMENSION EXTÉRIEURE	ÉPAISSEUR	MASSE LINÉIQUE	AIRE DE SECTION TRANSVERSALE	MOMENT D'INERTIE DE FLEXION	RAYON DE GIRATION
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm
60 x 60	4	6,71	8,55	43,55	2,26
	5	8,13	10,36	50,50	2,21
70 x 70	2	4,19	5,34	40,70	2,76
	3	6,13	7,81	57,52	2,71
	4	7,97	10,15	72,12	2,67
	5	9,70	12,36	84,63	2,62
80 x 80	2	4,82	6,14	61,70	3,17
	3	7,07	9,01	87,84	3,12
	3,5	8,16	10,40	99,80	3,10
	4	9,22	11,75	111,04	3,07
	5	11,27	14,36	131,44	3,03
	6	13,21	16,83	149,18	2,98
90 x 90	3	8,01	10,21	127,28	3,53
	4	10,48	13,35	161,91	3,48
	5	12,84	16,36	192,92	3,43
	6	15,10	19,23	220,47	3,39
100 x 100	3	8,96	11,41	177,04	3,94
	4	11,73	14,95	226,34	3,89
	5	14,41	18,36	271,09	3,84
	6	16,98	21,63	311,46	3,79
	7	19,10	24,40	337	3,72
120 x 120	3	10,84	13,81	312,33	4,76
	4	14,25	18,15	402,26	4,71
	5	17,55	22,36	485,45	4,66
	6	20,75	26,43	562,13	4,61
	7	23,50	30,00	617	4,54
140 x 140	3	12,70	16,20	503	5,57
	4	16,76	21,35	651,59	5,52



TUBES ET PROFILS CREUX

PROFILS CREUX DE CONSTRUCTION FINIS À FROID

Norme de référence : NF EN 10219

État de surface : noir

Qualité de base : S235JRH

SECTIONS CARRÉES FORMÉES À FROID

DIMENSION EXTÉRIEURE	ÉPAISSEUR	Module de flexion élastique	Module de flexion plastique	Moment d'inertie de torsion	Module de torsion	Surface superficielle par m de long.	Longueur nominale par tonne
mm	mm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m	m
60 x 60	4	14,52	17,64	72,64	21,97	0,235	149
	5	16,83	20,88	86,42	25,61	0,235	123
70 x 70	2	11,60	13,50	64,00	17,50	0,273	239
	3	16,44	19,41	92,42	24,74	0,275	163
	4	20,60	24,75	118,52	31,11	0,275	126
	5	24,18	29,55	142,21	36,65	0,275	103
80 x 80	2	15,40	17,80	96,30	23,20	0,313	208
	3	21,96	25,78	139,93	33,02	0,315	141
	3,5	25,00	29,50	161	37,60	0,308	123
	4	27,76	33,07	180,44	41,84	0,315	108
	5	32,86	39,73	217,83	49,68	0,315	89
	6	37,29	45,78	252,07	56,59	0,315	76
90 x 90	3	28,28	33,04	201,42	42,51	0,355	125
	4	35,98	42,58	260,80	54,17	0,355	95
	5	42,87	51,41	316,26	64,70	0,355	78
	6	48,99	59,54	367,76	74,16	0,355	66
100 x 100	3	35,41	41,21	278,68	53,19	0,395	112
	4	45,27	53,30	362,01	68,10	0,395	85
	5	54,22	64,59	440,52	81,72	0,395	69
	6	62,29	75,09	514,16	94,12	0,395	59
	7	67,40	82,70	583	105	0,370	52,30
120 x 120	3	52,06	60,23	487,72	78,15	0,475	92
	4	67,04	78,32	636,57	100,75	0,475	70
	5	80,91	95,44	778,50	121,75	0,475	57
	6	93,69	111,60	913,46	141,22	0,475	48
	7	103	124	1044	158	0,450	42,50
140 x 140	3	71,9	82,9	781	108	0,550	78,60
	4	93,08	108,15	1023,32	139,80	0,555	60