

EQUALJOINTS PLUS

Valorisation of knowledge for European preQUALified steel JOINTS





Valorisation of knowledge for European preQUALified steel JOINTS

APP MANUAL

Version 1.0.0 (25)

TABLE DES MATIERES

TA	BLE	DES MATIERES	iii
1.	EQ	QUALJOINTS+	1
1	.1	Description	1
2.	Au	sujet de la CECM	3
2	.1	Buts et objectives	3
2	2	Adhérents	3
2	3	Journal "STEEL CONSTRUCTION: Design & Research"	4
2	.4	Guidance technique pour l'utilisation des Eurocodes	4
3.	UT	TILISATION DE L'APPLICATION	5
3	.1	Objectif	5
3	.2	Configurations	6
3	.3	Catalogue et fournisseurs	7
3	.4	Exemples et rapports – Module de calcul	10
	3.4.	.1 Introduction	10
	3.4.	-2 Assemblages	10
4.	FO:	NDEMENTS TECHNIQUES	14
4	.1	Assemblages poutre-poteau par platine d'about débordante non raidie	
	4.1.	.1 Description de l'assemblage	14
	4.1.		
	4.1.	.3 Procédure de dimensionnement	15
	4.1.	5	
	4.1.	5	
	4.1.	.6 Caractérisation des composantes (assemblage en flexion)	18
	4.1.	.7 Rigidité des composantes (assemblage en flexion)	25
	4.1.	.8 Résistance des composantes (assemblage en cisaillement)	25
4	2	Assemblages poutre-poteau par platine d'about débordante raidie	
	4.2.		
	4.2.	1 1	
	4.2.		
	4.2.		
	4.2.		
	4.2.		
	4.2.	2.7 Rigidité des composantes (assemblage en flexion)	38

	4.2.8	Résistance des composantes (assemblage en cisaillement)	39
4	.3 Ass	semblages avec jarret	41
	4.3.1	Description de l'assemblage	41
	4.3.2	Liste des valeurs limites pour les données pré-qualifiées	42
	4.3.3	Procédure de dimensionnement	43
	4.3.4	Choix initial des géométries et des matériaux de l'assemblage	45
	4.3.5	Procédure d'assemblage et vérifications de dimensionnement	45
	4.3.6	Caractérisation des composantes	49
	4.3.7	Classification en rigidité	50
	4.3.8	Ductility classification	50
4	.4 Ass	semblage avec poutre à section réduite	51
	4.4.1	Description de l'assemblage	51
	4.4.2	Procédure de dimensionnement	51
5.	REFER	ENCES	54

1. EQUALJOINTS+

1.1 Description

Ce projet a pour objectif la valorisation et la diffusion des résultats obtenus dans le cadre du projet RFCS EQUALOINTS, dans lequel des solutions d'assemblages en acier préqualifiés pour leur utilisation en zone sismique ont été développées.

Afin d'exploiter pleinement le potentiel des solutions pré-qualifiées, des documents axés sur leur conception et leur dimensionnement (recommandations, manuel, outils et exemples de dimensionnement) ont été développés dans 12 langues différentes et distribués à différents acteurs du domaine de la construction en acier, y compris les institutions académiques, les ingénieurs et les entreprises de construction.

Un logiciel et une application pour mobile permettant de prédire la réponse inélastique des assemblages ont été développés. De plus, des séminaires ont été organisés dans toute l'Europe et aux États-Unis pour présenter le matériel développé et partager des connaissances.

Les institutions qui ont participé au projet EQUALJOINTS+ sont :

Università degli Studi di Napoli Federico II (UNINA)

Corso Umberto I 40 – 80138 Napoli, Italia www.unina.it

Imperial College (IC)

London SW7 2AZ, UK

www.imperial.ac.uk

Universidade de Coimbra (UC)

Paço das Escolas, Coimbra, 3001 451, Portugal www.uc.pt

Université de Liège (ULg)

Place du 20-Août, 7, B-4000 Liège, Belgique www.uliege.be

Universitatea Politehnica Timișoara (UPT)

Piața Victoriei Nr. 2, 300006 Timișoara, jud. Timiș, România www.upt.ro

European Convention for Constructional Steelwork (ECCS)

Anenue des Ombrages 32, bte 20, 1200 Brussels, Belgique www.steelconstruct.com

ArcelorMittal Belval & Differdange S.A. (AMBD)

24-26, Boulevard d'Avranches, L-1160 Luxembourg www.arcelormittal.com

Università degli Studi di Salerno (UNISA)

Via Giovanni Paolo II, 132 – 84084, Italia www.unisa.it

České vysoké učení technické v Praze (CVUT)

Zikova 1903/4, 166 36 Praha 6, Česká republika www.cvut.cz

National Technical University of Athens (NTUA)

Zografou Campus 9, Iroon Polytechniou str, 15780 Zografou, Greece www.ntua.gr

Reinisch Westfälische Technische Hochschule Aachen (RWTHA)

Templergraben 55, 52062 Aachen, Germany www.rwth-aachen.de

Centre Technique Industriel de la Construction Métallique (CTICM)

Espace technologique L'orme des merisiers, Immeuble Apollo, 91193 Saint-Aubin, France

www.cticm.com

Technishe Universiteit Delft (TUD)

Postbus 5, 2600 AA Delft, Nederland www.tudelft.nl

Univerza V Ljubljani (UL)

Kongresni trg 12, 1000 Ljubljana, Slovenija www.uni-lj.si

Universitet Po Architektura Stroitelstvo I Geodezija (UASG)

Blvd. Hristo Smirnenski 1, 1164 Sofia, Bulgaria www.uacg.bg

Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

Calle Jordi Girona 31, Barcelona 08034, España www.upc.edu

OneSource Consultoria nformática

Urbanização Ferreira Jorge – 1º dto Lote 14, Coimbra 3040 016, Portugal www.onesource.pt

2. Au sujet de la CECM

2.1 Buts et objectives

La <u>Convention Européenne de la Construction Métallique</u> (CECM – European Convention for Constructional Steelwork (ECCS) en anglais) est une fédération internationale d'associations nationales dans le domaine de la construction métallique créée en 1955.

Le but de la **CECM** est de promouvoir l'utilisation de l'acier dans le secteur de la construction via le développement de guides de dimensionnement et des activités de promotion. Elle aide également à influencer les décideurs via la gestion de comités de travail, des publications, dse conférences et par une représentation active au sein de comités Européens et Internationaux traitant de la normalisation, de la recherche et du développement et d'enseignement.

La CECM regroupe tous les acteurs de l'industrie de la construction métallique : producteurs d'acier, fabricants, actionnaires, fournisseurs du secteur de la construction, les concepteurs (architectes et ingénieurs), les académiques et les centres de recherches via un réseau international de représentants de la construction, des producteurs d'acier et des centres techniques. Son siège est situé à Bruxelles, Belgique.

2.2 Adhérents

La **CECM** est composée des catégories d'adhérents suivantes :

- Adhérents à part entière : associations nationales Européennes actives dans le domaine de la construction métallique ;
- Adhérents internationaux : associations nationales non-Européennes ou organisations non-Européennes actives dans le domaine de la construction métallique;
- Adhérents de soutien : associations internationales qui représentent des fournisseurs de matières premières ou autres organisations concernées ou liée à l'utilisation de structures métalliques et de matériaux de construction connexes;
- Adhérents associés : organisations Européennes qui agissent en tant qu'institut technique ou organisme de promotion indépendant avec un intérêt pour des solutions constructives en acier et leur utilisation dans le marché de la construction :
- o **Adhérents individuels**: toutes personnes intéressées par les sujets relatifs à la construction métalliques et par le soutien des objectifs de l'association.

L'adhésion individuelle est ouverte au monde entier et à tous les architectes, ingénieurs ou à toute personne intéressée par les thèmes de la construction métallique et par le soutien des objectifs de la CECM. Les adhérents individuels font partie d'un vaste réseau international et bénéficie de divers services. Plus d'informations à ce sujet peuvent être obtenues sur le site www.steelconstruct.com.

Remarque: Pour recevoir la newsletter de la CECM, cliquez ici.

2.3 Journal "STEEL CONSTRUCTION: Design & Research"

Le journal "<u>Steel Construction</u>, *Design and Research*" est le journal official de la CECM et est publié chaque trimestre en collaboration avec Ernst & Sohn (a Wiley company).

Steel Construction rassemble dans un seul journal tous les aspects liés à la construction métallique. Dans l'intérêt de la « construction sans épuisement », il combine habillement l'acier avec d'autres modes de construction en utilisant le béton, le verre, les câbles et les membranes afin de former des systèmes intégrés. Ce journal s'adresse à tous les ingénieurs de structures, architectes et autres professionnels travaillant dans le domaine de la construction métallique, qu'ils soient actifs dans la recherche ou dans la pratique.

2.4 Guidance technique pour l'utilisation des Eurocodes

La CECM publie des guides pratiques relatifs à l'utilisation des Eurocodes structuraux. Les documents repris sous l'intitulé "ECCS Eurocode Design Manuals" fournissent des informations détaillées sur l'utilisation des différentes parties de l'Eurocode 3 (Structures en acier), 4 (Structures mixtes acier-béton) et 8 (Structures métalliques et mixtes sous séisme) en proposant une approche orientée « calcul » avec de nombreux exemples d'application.

Les documents suivants sont disponibles ou en préparation :

- o Design of Steel Structures Eurocode 3, part $1-1-2^{nd}$ Edition,
- o Design of Steel Structures UK Edition;
- Fire Design of Steel Structures Eurocode 1, part 1.2 and Eurocode 3, part 1.2 2nd Edition,
- o Design of Plated Structures Eurocode 3, part 1-5,
- o Fatigue Design of Steel Structures Eurocode 3, part 1-9 and part 1-10,
- o Design of Cold-Formed Steel Structures Eurocode 3, part 1-3,
- Design of Connections in Steel and Composite Structures Eurocode 3, part 1.8 and Eurocode 4, part 1-1,
- o Design of Joints in Steel Structures UK Edition
- o Design of Composite Structures, Eurocode 4, part 1-1,
- o Fire Design of Composite Structures, Eurocode 4, part 1.2,
- o Design of Steel Structures for Buildings in Seismic Areas, Eurocode 8, part 1.

La CECM publie également des documents détaillés sur tous les aspects pertinents pour la construction métallique. Tous ces documents peuvent être facilement obtenus en cliquant sur le lien **ECCS Online Bookstore**.

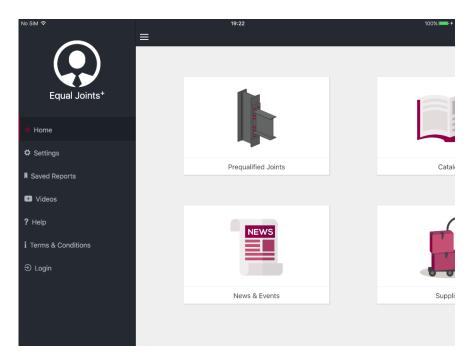
3. UTILISATION DE L'APPLICATION

3.1 Objectif

EQUALJOINTS calculator fournit une banque de données relative à des assemblages en acier pré-qualifiés pour le domaine sismique et calcule également la résistance de ces assemblages selon l'Eurocode 3, Partie 1-8.

Les vérifications suivantes sont réalisées via ce logiciel :

- o résistance à la flexion ;
- o rigidité en flexion;
- o résistance au cisaillement ;
- o ductilité.



La banque de données des produits métalliques et de leurs fournisseurs respectifs est décrite au Paragraphe Error! Reference source not found.

Des exemples et les instructions sur la façon d'utiliser l'application pour les calculs de résistance sont fournis au Paragraphe 0. Une description des fondements techniques est donnée au Paragraphe Error! Reference source not found.

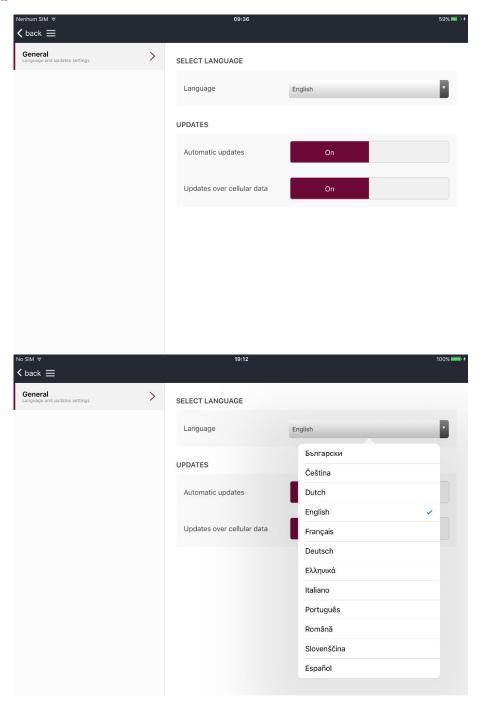
Le manuel de dimensionnement pour les assemblages pré-qualifiés pour la construction en acier parasismique [2] fournit une description détaillée des procédures. EQUALJOINTS calculator couvre les assemblages par platine débordante boulonnée non raidie, les assemblages par platine débordante boulonnée raidie, les assemblages boulonnés avec jarret et les assemblages avec poutre à section réduite. L'application est gratuite.

Dans la section « Configurations », voir Paragraphe 3.2, l'utilisateur peut changer la valeur des paramètres par défaut.

Pour toute suggestion et/ou commentaire concernant l'application, veuillez cliquer ici.

3.2 Configurations

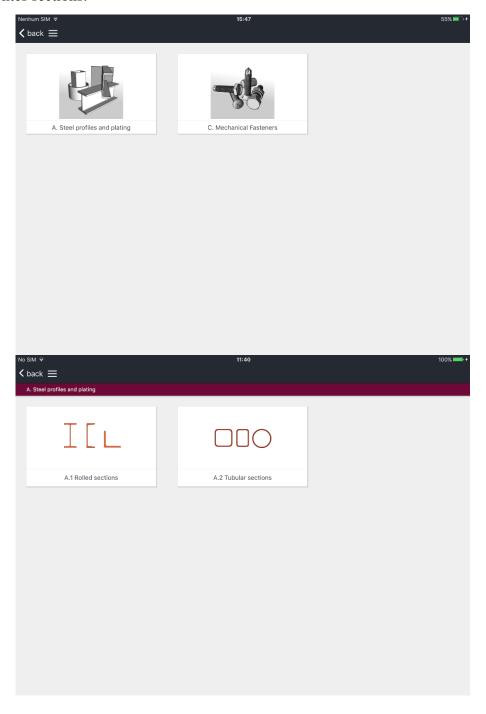
General

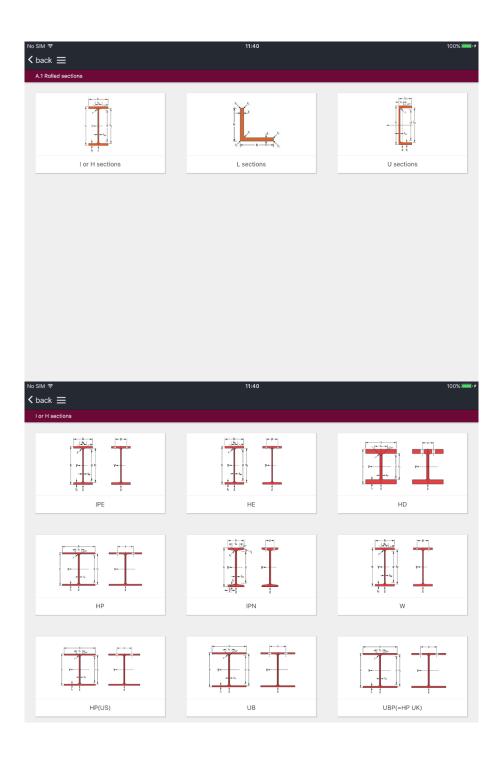


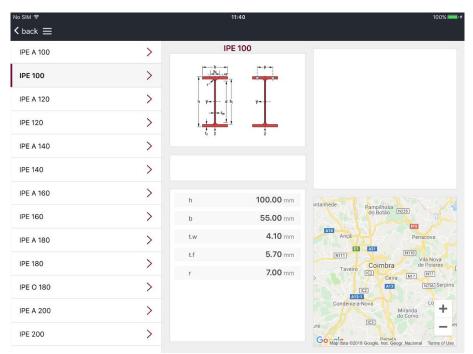
3.3 Catalogue et fournisseurs

Le catalogue est organisé en plusieurs catégories et sous-catégories, jusqu'à ce que l'élément requis soit atteint. Si l'élément est présent dans la section « Module de calcul » de l'application, le calcul est automatiquement autorisé.

Vous trouverez ci-dessous des exemples d'aides pour obtenir des informations sur les différentes sections.

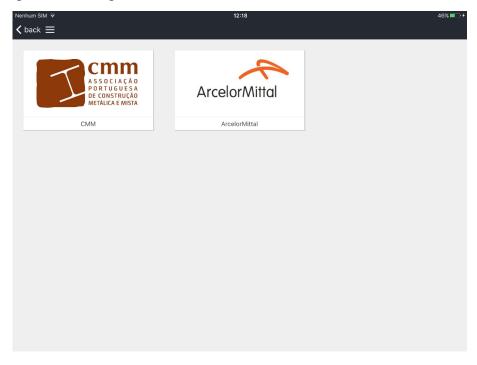






Dans la fenêtre de l'élément, des informations concernant les fournisseurs capables de fournir le produit sont fournies et l'utilisateur est automatiquement redirigé vers la section « Fournisseurs ».

La section « Fournisseurs » donne des informations concernant les fournisseurs et les unités responsables des produits utilisés.



3.4 Exemples et rapports – Module de calcul

3.4.1 Introduction

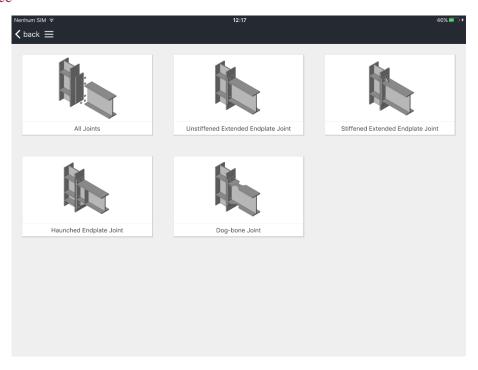
3 étapes principales sont nécessaires afin d'obtenir les résultats concernant la résistance :

- o choisir la section transversale;
- o introduire les valeurs des paramètres requis suivant le cas analysé (longueur de la membrure et nuance d'acier) ;
- o les résultats peuvent alors être obtenus dans la section « Résultats ».

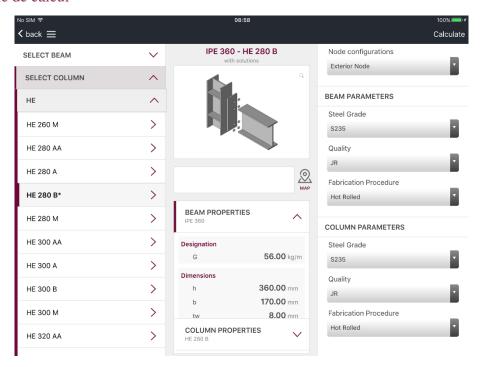
Un rapport est automatiquement généré ; celui-ci peut être directement envoyé par email ou sauvé localement.

3.4.2 Assemblages

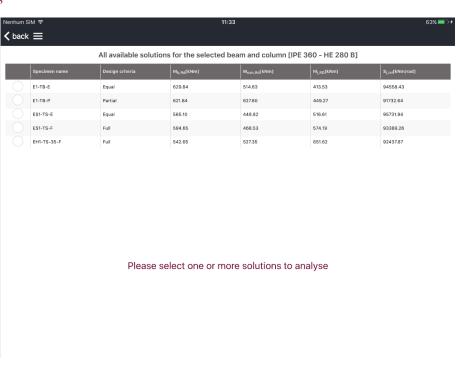
Interface



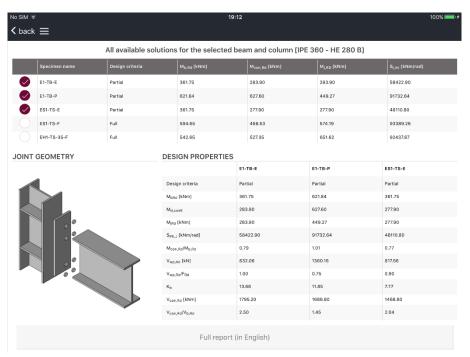
Module de calcul



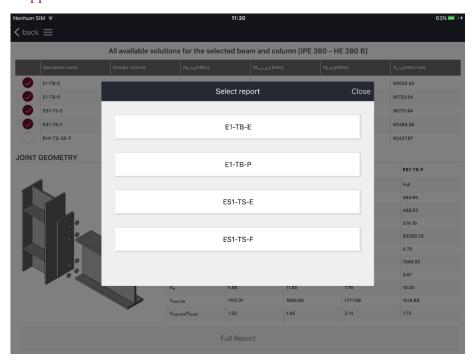
Résultats



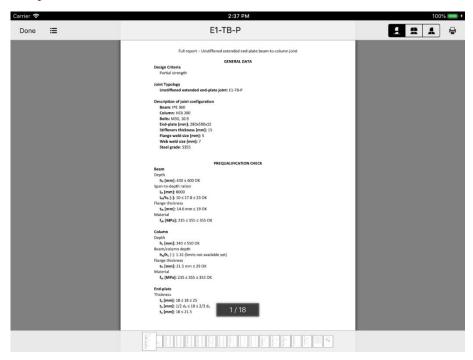
Comparaison des résultats



Choix du rapport



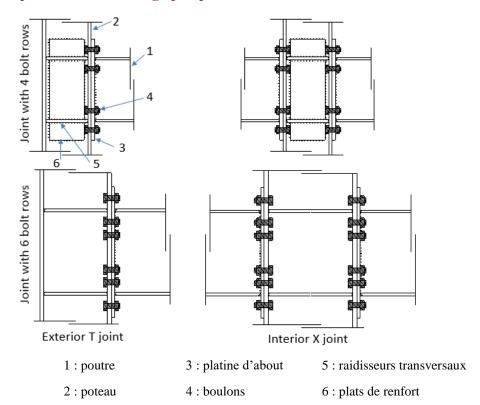
Rapport complet



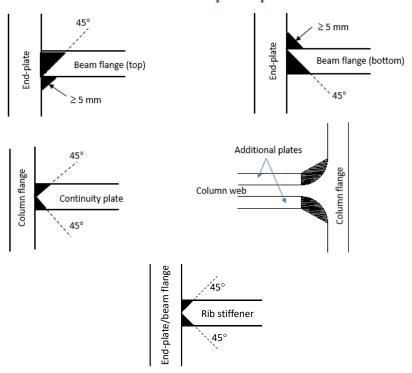
4. FONDEMENTS TECHNIQUES

- 4.1 Assemblages poutre-poteau par platine d'about débordante non raidie
- 4.1.1 Description de l'assemblage

Description de l'assemblage par platine d'about débordante non raidie



Détails des soudures "pleine penetration"



4.1.2 Liste des valeurs limites pour les données pré-qualifiées

Table 4.1 – Valeurs limites pour les données pré-qualifiées

Eléments	Paramètres	Domaine d'application	
Poutre			
	Hauteur	Maximum = 600mm	
	Rapport portée/hauteur	Maximum = 23, Minimum = 10	
	Epaisseur de la semelle	Maximum = 19mm	
	Matériau	S235 à S355	
Poteau			
	hauteur	Maximum = 550mm	
	Epaisseur de la semelle	Maximum = 31mm	
	Matériau	S235 à S355	
Platine d'about			
	Epaisseur	18-25mm	
	Matériau	S235 à S355	
Raidisseurs			
transversaux	Epaisseur	Egal pou plus grand que l'épaisseur de la semelle	
	•	de la poutre connectée	
	Matériau	S235 à S355	
Plats de renfort d'âme			
	Epaisseur	Tableau 4.2	
	Matériau	S235 à S355	
Boulons		HV ou HR	
	Dimension	Error! Reference source not found. 4.2	
	Nuance	10.9	
	Nombre de rangées de	Tableau 4.2	
	boulons		
Soudures			
	Platine d'about – semelle de	Soudure plaine pénétration renforcée (Error!	
	poutre	Reference source not found.)	
	Raidisseur transversal –	Soudure pleine pénétration (Error! Reference	
	semelle de poteau	source not found.)	
	Plat de renfort – semelle de	Soudure pleine pénétration (Error! Reference	
	_poteau	source not found.)	
	Autres soudures	Cordon de soudure : rayon de gorge plus grand que	
		0.55 fois l'épaisseur des plats assembles.	

4.1.3 Procédure de dimensionnement

Les trois principales étapes de conception de la méthode par composants sont successivement abordées :

- Caractérisation des composantes
- Procédure d'assemblage
- Classification de l'assemblage et vérification du dimensionnement

Procédure globale

Etape 1: choix initial des géométries de l'assemblage et des matériaux

- Nuance de boulon, taille du boulon et nombre de rangées de boulons
- Épaisseur et dimension de la platine d'about
- Épaisseur et dimensions des raidisseurs transversaux

- Épaisseur et dimensions des plats d'âme (si nécessaire)
- Spécification des soudures

Etape 2 : Caractérisation des composantes

- Résistance des composantes (assemblage sous flexion)
- Rigidité des composantes (assemblage sous flexion)
- Résistance des composantes (assemblage sous cisaillement)

Etape 3: Procédure d'assemblage

- Résistance de l'assemblage en flexion
- Rigidité de l'assemblage en flexion
- Résistance de l'attache en cisaillement
- Degré de ductilité de l'attache

Etape 4: Classification de l'assemblage et vérifications

- Résistance en flexion
- Rigidité en flexion
- Résistance en cisaillement
- Ductilité
- Vérification

4.1.4 Choix initial de la géométrie et des matériaux de l'assemblage

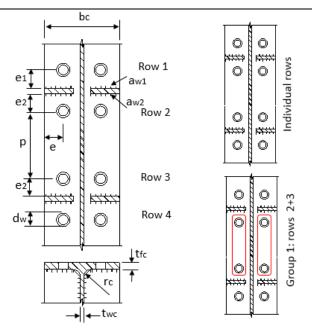
Table 4.2 – Choix initial de la géométrie et des matériaux de l'assemblage Eléments Dimensions de la poutre d'assemblage Petite (≈IPE360) Moyenne (≈ IPE450) Grande (≈ IPE600) Nuance de boulon 10.9 Taille des boulons M27 M30 M36 Nombre de rangées de boulons Platine d'about t_{ep}=(1/2÷2/3)db pour des assemblages à résistance partielle; tep=(2/3÷5/6)db pour des assemblages à résistance équivalente; mais devrait être inférieure à l'épaisseur des semelles du poteau. Dimensions : La largeur doit être égale à celle de la semelle du poteau. La partie débordante doit être suffisante pour positionner une rangée de boulons, en respectant les règles données dans l'EN1993-1-8 (§3.5). Plats de renfort Avec des poteaux HEB et des poutres IPE, les plats de renfort ne doivent être utilisés que lorsqu'un panneau d'âme pleinement résistant est requis. L'épaisseur et les dimensions des plats de renfort doivent respecter les règles fournies dans l'EN1993-1-8 (§ 6.2.6.1). Raidisseurs transversaux Tableau 4.1 Détails de soudure Note : t_{ep} est l'épaisseur la platine d'about et d_b est le diamètre nominal du boulon.

4.1.5 Procédure d'assemblage et vérifications de dimensionnement

Type de classification	Critère	Références
Résistance en flexion	$M_{con,Rd} < M_{con,Ed}$: Attache à résistance partielle $M_{con,Rd} \approx M_{con,Ed}$: Attache à résistance équivalente $M_{con,Rd} > M_{con,Ed}$: Attache pleine résistance $V_{wp,Rd} < \min[F_{con,Rd},F_{fbc,Rd}]$: Panneau d'âme faible $V_{wp,Rd} \approx \min[F_{con,Rd},F_{fbc,Rd}]$: Panneau d'âme équivalent $V_{wp,Rd} > \min[F_{con,Rd},F_{fbc,Rd}]$: Panneau d'âme pleine résistance Avec: $F_{con,Rd} = \sum F_{Rd,ri} \ (i=1 \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \$	Equaljoints
Classification en rigidité	$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	EN1993-1-8 5.2.2
Résistance en cisaillement	$V_{con,Rd} < V_{b,Rd}$: Résistance partielle en cisaillement $V_{con,Rd} \approx V_{b,Rd}$: Résistance équivalente en cisaillement $V_{con,Rd} > V_{b,Rd}$: Pleine résistance en cisaillement	
Classification en ductilité	$\begin{split} \beta_{\text{max}} \leq & 1.0 : \text{Degr\'e de ductilit\'e 1} \\ \beta_{\text{max}} > & 1.0 and \eta_{\text{max}} \leq 0.95 : \text{Degr\'e de ductilit\'e 2} \\ \text{Avec} : \ \beta_{\text{max}} > & \max[\beta_{r_1}, \beta_{r_2}] \ ; \ \eta_{\text{max}} > & \max[\eta_{r_1}, \eta_{r_2}] \end{split}$	Equaljoints

4.1.6 Caractérisation des composantes (assemblage en flexion)

Composante	Règles détaillées	Référence
Panneau d'âme de poteau en cisaillement	$V_{wp,Rd} = \frac{0.9A_{vc}f_{y,wc}}{\sqrt{3}\gamma_{M0}} + \frac{4 \ (0.25t_{fc}^2f_{y,fc}) \ (b_c - t_{wc} - 2r_c)}{d_s}$ Panneau d'âme de poteau en cisaillement avec raidisseurs transversaux et sans plat de renfort : $A_{vc} = A_c - 2b_c t_{fc} + (t_{wc} + 2r_c)t_{fc}$ Panneau d'âme de poteau en cisaillement avec raidisseurs transversaux et plats de renfort : $A_{vc} = A_c - 2b_c t_{fc} + (t_{wc} + 2r_c)t_{fc} + t_{wc}b_s$	EN1993-1- 8 6.2.6.1
Section de poutre en flexion	 M_{b,Rd} = W_{b,p} f_{y,b} W_{b,p} est le module de flexion plastique de la section transversale de poutre. f_{y,b} est la limite d'élasticité du matériau de la poutre. 	
Semelle de poteau en flexion	Bow 1 awa 2 Bow 4 Bow 6 Coo DO	EN1993-1- 8 6.2.6.4
	Cas avec 6 rangées de boulons	



Cas avec 4 rangées de boulons

Pour chaque rangée de boulons ou pour un groupe de rangées de boulons, la résistance est obtenue en utilisant les formules suivantes :

 $F_{cfb,Rd} = \min[F_{T,1,Rd}\,;F_{T,2,Rd}\,]$ avec :

•
$$F_{T,1,Rd} = \frac{(8n - 2e_w) M_{pl,1,Rd}}{2mn - e_w (m+n)}$$

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

Dans lesquelles:

$$M_{pl,1,Rd} = 0.25 \Sigma \ell_{eff,1} t_{fc}^2 f_{y,fc} / \gamma_{M0}$$

$$M_{pl,2Rd} = 0,25\Sigma \ell_{eff,2} t_{fc}^2 f_{y,fc} / \gamma_{M0}$$

$$m = 0.5(b_c - 2e - t_{wc} - 1.6r_c)$$

 $n = \min[e, 1.25m]$, pour des lignes de plastification circulaires, $n = \infty$ peut être utilisé.

 $e_{w} = 0.25d_{w}$ (avec d_{w} le diamètre de la rondelle)

Longueurs efficaces

Attache avec 6 rangées de boulons

Rangée de boulons 1:

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$$

$$l_{eff,2} = \alpha m$$

Rangée de boulons 2 (ou rangée 5):

Rangée individuelle :

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$$

$$l_{eff,2} = \alpha m$$

Première rangée du groupe 1 ou du groupe 3

$$l_{eff,1} = \min[\pi m + p_1, 0.5p_1 + \alpha m - (2m + 0.625e)]$$

$$l_{eff,2} = 0.5 p_1 + \alpha m - (2m + 0.625e)$$

Rangée de boulons 3 (ou rangée 4):

Individuelle:

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, 4m+1, 25e]$$

$$l_{eff,2} = 4m + 1,25e$$

Dernière rangée du groupe 1 :

$$l_{eff,1} = \min[\pi m + p_1, 2m + 0.625e + 0.5p_1]$$

$$l_{eff,2} = 2m + 0.625e + 0.5 p_1$$

Une rangée du groupe 2 :

$$l_{eff,1} = \min[\pi m + p_2, 0.5p_2 + 0.5\alpha m]$$

$$l_{eff,2} = 0.5 p_2 + 0.5 \alpha m$$

Rangée intermédiaire du groupe 3 :

$$l_{eff,1} = p_1 + p_2$$

$$l_{eff} = 0.5(p_1 + p_2)$$

 α est donné à la Figure 6.11 de l'EN1993-1-8 en fonction des paramètres :

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

Οù

 $m_2 = e_1 - 0.8a_{\rm wl}\sqrt{2}$ pour la rangée de boulons 1

 $m_2 = e_2 - 0.8a_{w2}\sqrt{2}$ pour la rangée de boulons 2 ou 5

Attache avec 4 rangées de boulons

Rangée de boulons 1 :

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$$

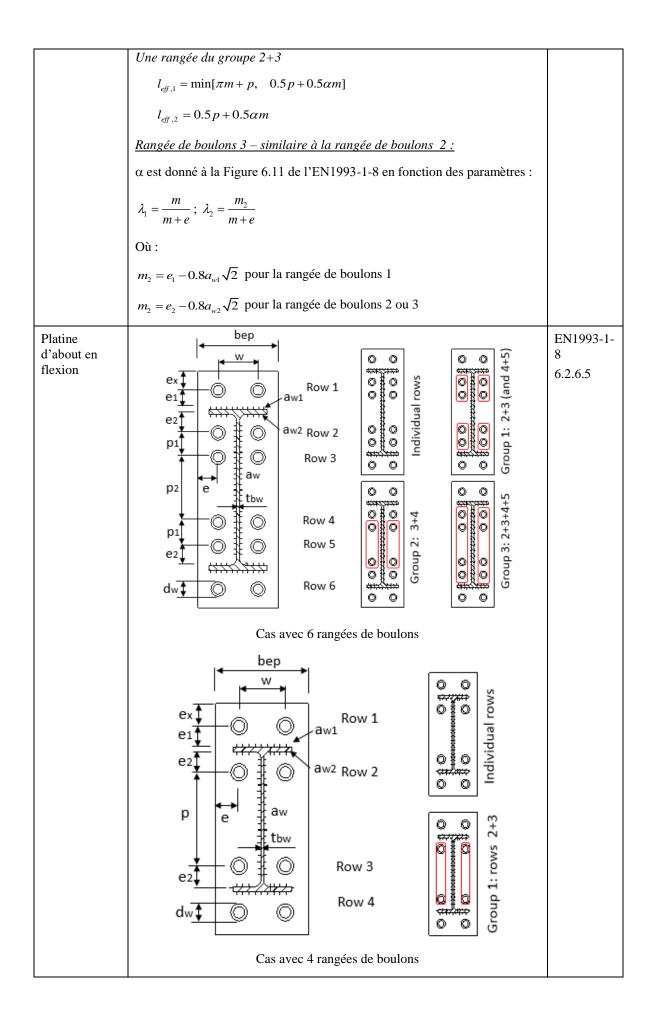
$$l_{eff,2} = \alpha m$$

Rangée de boulons 2 :

Individuelle:

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$$

$$l_{eff,2} = \alpha m$$



Pour chaque rangée de boulons ou pour un groupe de rangées de boulons, la résistance est obtenue en utilisant les formules suivantes :

 $F_{pb,Rd} = \min[F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}]$ avec :

•
$$F_{T,1,Rd} = \frac{(8n - 2e_w)M_{pl,1,Rd}}{2mn - e_w(m+n)}$$

$$\bullet \qquad F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n\Sigma F_{t,Rd}}{m+n}$$

Dans lesquelles : $M_{pl,1,Rd} = 0,25\Sigma \ell_{eff,1} t_{ep}^{2} f_{y,ep} / \gamma_{M0}$

$$M_{pl,2Rd} = 0.25\Sigma \ell_{eff,2} t_{ep}^{2} f_{y,ep} / \gamma_{M0}$$

$$\begin{cases} m = 0.5(b_{ep} - 2e - t_{bw} - 1.6a_w \sqrt{2}) \\ n = \min[e, 1.25m] \end{cases}$$
 pour les rangées de boulons entre les

semelles de la poutre

$$\begin{cases} m = e_1 - 0.8a_{w1}\sqrt{2} \\ n = \min[e_x, 1.25m] \end{cases}$$
 pour les rangées à l'extérieur des semelles de la poutre

(pour des lignes de plastification circulaires, n=∞ peut être utilisé).

$$e_{w} = 0.25d_{w}$$

Longueurs efficaces

* Attache avec 6 rangées de boulons

Rangée de boulons 1:

$$l_{eff,1} = \min \begin{cases} 2\pi m, \ \pi m + w, \ \pi m + 2e \\ 4m + 1.25e_x, \ e + 2m + 0.625e_x, \ 0.5b_{ep}, \ 0.5w + 2m + 0.625e_x \end{cases}$$

$$l_{eff,2} = \min[4m + 1.25e_x, e + 2m + 0.625e_x, 0.5b_{ep}, 0.5w + 2m + 0.625e_x]$$

Rangée de boulons 2 (ou rangée 5):

Rangée individuelle:

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$$

$$l_{eff,2} = \alpha m$$

Première rangée du groupe 1 (rangées 2+3 ou 4+5)

$$l_{eff,1} = \min[\pi m + p_1, 0.5p_1 + \alpha m - (2m + 0.625e)]$$

$$l_{eff,2} = 0.5 \, p_1 + \alpha m - (2m + 0.625e)$$

Rangée de boulons 3 (ou rangée 4):

Rangée individuelle:

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, 4m+1, 25e]$$

$$l_{eff,2} = 4m + 1,25e$$

Dernière rangée du groupe 1 (rangées 2+3 ou 4+5) :

$$l_{eff,1} = \min[\pi m + p_1, 2m + 0.625e + 0.5p_1]$$

$$l_{eff,2} = 2m + 0.625e + 0.5p_1$$

Première rangée (ou dernière rangée) du groupe 2 (rangées 3+4):

$$l_{eff,1} = \min[\pi m + p_2, 2m + 0.625e + 0.5p_2]$$

$$l_{eff,2} = 2m + 0.625e + 0.5p_2$$

Rangée intermédiaire du groupe 3 (rangées 2+3+4+5) :

$$l_{eff,1} = p_1 + p_2$$

$$l_{eff,2} = 0.5(p_1 + p_2)$$

 α est donné à la Figure 6.11 de l'EN1993-1-8 en fonction des paramètres :

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

Où:

 $m_2 = e_1 - 0.8a_{w1}\sqrt{2}$ pour la rangée de boulons 1

 $m_2 = e_2 - 0.8a_{w2}\sqrt{2}$ pour la rangée de boulons 2 ou 5

Attache avec 4 rangées de boulons

Rangée de boulons 1:

$$l_{eff,1} = \min \begin{cases} 2\pi m, \ \pi m + w, \ \pi m + 2e \\ 4m + 1.25e_x, \ e + 2m + 0.625e_x, \ 0.5b_{ep}, \ 0.5w + 2m + 0.625e_x \end{cases}$$

$$l_{eff,2} = \min[4m + 1.25e_x, e + 2m + 0.625e_x, 0.5b_{ep}, 0.5w + 2m + 0.625e_x]$$

Rangée de boulons 2 :

Rangée individuelle:

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$$

$$l_{eff,2} = \alpha m$$

Une rangée du groupe 2+3

$$l_{eff,1} = \min[\pi m + p, 0.5p + 0.5\alpha m]$$

$$l_{eff,2} = 0.5 p + 0.5 \alpha m$$

Rangée de boulons 3 – similaire à la rangée de boulons 2 :

 α est donné à la Figure 6.11 de l'EN1993-1-8 en fonction des paramètres :

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

 $m_2 = e_1 - 0.8a_{\rm wl}\sqrt{2}$ pour la rangée de boulons 1

 $m_2 = e_2 - 0.8a_{w2}\sqrt{2}$ pour la rangée de boulons 2 ou 3

Semelle et	$F_{ m fbc,Rd} = M_{ m c,Rd}/(h-t_{ m fb})$	EN1993-1-	
âme de poutre en	Où:	8 6.2.6.7	
compression	 h est la hauteur de la poutre connectée; 		
	• $M_{c,Rd}$ est le moment résistant de dimensionnement de la section de		
	poutre, réduit si nécessaire pour tenir compte du cisaillement, voir		
	EN1993-1-1;		
	• t_{fb} est l'épaisseur de la semelle de la poutre connectée.		
Ame de poteau et	La résistance de l'âme du poteau et des raidisseurs transversaux peut être calculée par la formule suivante :	EN1993-1- 8	
raidisseur	$\omega k \ h = t \ f \ A \ f$	6.2.6.2	
transversal en compression	$F_{wcc,Rd} = \frac{\omega k_{wc} b_{eff,cf} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} + \frac{A_{cp} f_{y,cp}}{\gamma_{M0}}$		
	Où:		
	$b_{eff,c,cf} = t_{fb} + \sqrt{2}(a_{w1} + a_{w2}) + 5(t_{fc} + r_c) + 2t_{ep}$		
	A_{cp} est l'aire des raidisseurs transversaux (des deux côtés de l'âme).		
	Le facteur de réduction k_{wc} tient compte de la présence de la contrainte axiale dans l'âme du poteau et est défini dans le paragraphe 6.2.6.2(2) de l'EN1993-1-8.		
	Le facteur de réduction ω est donné au tableau 6.3 de l'EN1993-1-8.		
	Remarque : la réduction associée au risque d'instabilité de l'âme de poteau et des raidisseurs est négligée. La géométrie des raidisseurs transversaux permettant de poser cette hypothèse est fournie au Tableau 3.5.		
Ame de poutre en traction	$F_{\text{wbt,Rd}} = b_{eff,wb} t_{wb} f_{y,wb} / \gamma_{M0}$	EN1993-1- 8	
	La largeur efficace $b_{\rm eff,t,wb}$ de l'âme de la poutre en traction peut être prise comme égale à la longueur efficace du profilé en T équivalent représentant la platine d'about en flexion pour une rangée de boulons individuelle ou dans un groupe.	6.2.6.8	
Ame de poteau en	$F_{wct,Rd} = rac{\omega b_{eff,wc} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}}$	EN1993-1-	
traction	7 M O	6.2.6.3	
	La largeur efficace $b_{\text{eff,t,wc}}$ de l'âme du poteau en traction peut être prise comme égale à la longueur efficace du profilé en T équivalent représentant		
	la semelle du poteau en flexion pour une rangée de boulons individuelle ou dans un groupe.		
	Le facteur de réduction ω est donné au tableau 6.3 de l'EN1993-1-8.		
Boulons en	La résistance d'une rangée de boulons (deux boulons) en traction est	EN1993-1-	
traction	fournie par la formule suivante :	8 3.6.1	
	$F_{\text{bt,Rd}} = 2 \frac{0.9 \ f_{ub} \ A_s}{\gamma_{M2}}$	3.0.1	
	où:		
	• f_{ub} est la contrainte de résistance ultime du boulon ;		
	• A_s est la section résistant à la traction du boulon.		

4.1.7 Rigidité des composantes (assemblage en flexion)

Composante	Règles détaillées	Références
Panneau d'âme de	$k_1 = \frac{0.38A_{vc}}{\beta z}$	EN1993-1- 8
poteau en cisaillement	Le paramètre de transformation β est fourni au Tableau 5.4 de l'EN1993-1-8.	6.3.2
	Le bras de levier z est donné dans l'EN1993-1-8, paragraphe 6.3.3.1.	
Semelle de poteau en flexion	Pour une rangée de boulon en traction : $k_4 = \frac{0.9b_{eff,ef}t_{fc}^3}{m^3}$	EN1993-1- 8
	$\kappa_4 - \frac{m^3}{m^3}$	6.3.2
	La largeur efficace $b_{\rm eff}$ correspond à la plus petite des longueurs efficaces de la rangée de boulons (individuelle ou faisant partie d'une groupe).	
Platine d'about en	Pour une rangée de boulon en traction : $0.9b_{\text{off}} = t_{\text{in}}^3$	EN1993-1- 8
flexion	$k_{5} = \frac{0.9b_{eff,ep}t_{ep}^{3}}{m^{3}}$	6.3.2
	La largeur efficace $b_{\rm eff}$ correspond à la plus petite des longueurs efficaces de la rangée de boulons (individuelle ou faisant partie d'une groupe).	
Âme de poteau en	Pour une rangée de boulon en traction :	EN1993-1-
traction	$k_{3}=rac{0.7b_{eff,wc}t_{wc}}{d_{c}}$	6.3.2
	La largeur efficace $b_{\rm eff}$ correspond à la plus petite des longueurs efficaces de la rangée de boulons (individuelle ou faisant partie d'une groupe) de la composante « semelle de poteau en flexion ».	
Boulons en traction	Pour une rangée de boulon en traction : $k_{10} = 1.6A_s / L_b$	EN1993-1- 8
	$n_{10} = 1.071_s / L_b$	6.3.2

4.1.8 Résistance des composantes (assemblage en cisaillement)

Composante	Règles détaillées	Références
Ame de	$V_{b,RD} = \chi_w A_{vb} f_{y,b} / \sqrt{3} \gamma_{M1}$	EC3-1-5
poutre en cisaillement	Où:	5.3
	$A_{vb} = A_b - 2b_b t_{fb} + (t_{wb} + 2r_b)t_{fb}$	
	$\chi_w = 0.83/\overline{\lambda}_w \text{ si } \overline{\lambda}_w \ge 0.83;$	
	$\chi_{w} = 1.0 \text{ si } \overline{\lambda}_{w} < 0.83$	
	avec $\overline{\lambda}_{w} = 0.3467 (h_{wb} / t_{wb}) \sqrt{f_{y,b} / E}$	

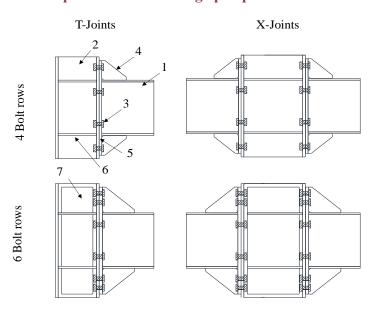
Semelle de poteau en	Pour une rangée de boulons (deux bou	EN1993-1- 8			
pression diamétrale	$F_{b,Rd} = 2 \frac{k_1 \alpha_b f_u dt_{fc}}{\gamma_{M2}}$	3.6.1			
	Où:				
	$k_1 = \min[2.8 \frac{e}{d_0} - 1.7, 2.5]$				
	α_b dépend de la direction de l'effort d rangée de boulons :	e cisaillement et de la position de la			
	Effort de cisaillement vers le bas	Effort de cisaillement vers le haut			
	Rangées de boulons 1, 5 et 6 (ou ^(*) rangées 1, 3 et 4) :	Rangées de boulons 1, 2 et 6 (ou ^(*) rangées 1, 2 et 4) :			
	$\alpha_b = 1.0$	$\alpha_b = 1.0$			
	Rangées de boulons 2 et 4 (ou ^(*) rangée 2) :	Rangées de boulons 3 et 5 (ou ^(*) rangée 3) :			
	$\alpha_b = \min[1.0, p_1/3d_0 - 0.25]$	$\alpha_b = \min[1.0, p_1/3d_0 - 0.25]$			
	Rangée de boulons 3 :	Rangée de boulons 4 :			
	$\alpha_b = \min[1.0, p_2/3d_0 - 0.25]$	$\alpha_b = \min[1.0, p_2/3d_0 - 0.25]$			
		4 rangées de boulons (p1 doit être cé par p)			
Platine	Pour une rangée de boulons (deux boulons) en cisaillement :				
d'about en pression diamétrale	$F_{b,Rd} = 2 \frac{k_1 \alpha_b f_u dt_{fc}}{\gamma_{M2}}$		3.6.1		
	$k_1 = \min[2.8 \frac{e}{d_0} - 1.7, 2.5]$				
	Effort de cisaillement vers le bas	Effort de cisaillement vers le haut			
	Rangées de boulons 2 et 6 (ou ^(*) rangées 2 et 4) :	Rangées de boulons 1 et 5 (or ^(*) rangées 1 et 3):			
	$\alpha_b = 1.0$	$\alpha_b = 1.0$			
	Rangée de boulons 1 (ou ^(*) rangée 1):	Rangée de boulons 6 (ou ^(*) rangée 4):			
	$\alpha_b = \min[1.0, e_x/3d_0]$	$\alpha_b = \min[1.0, e_x/3d_0]$			
	Rangées de boulons 3 et 5 (ou ^(*) rangée 3) :	Rangées de boulons 2 et 4 (ou ^(*) rangée 2) :			
	$\alpha_b = \min[1.0, p_1/3d_0 - 0.25]$	$\alpha_b = \min[1.0, p_1/3d_0 - 0.25]$			
	Rangée de boulons 4 :	Rangée de boulons 3 :			
	$\alpha_b = \min[1.0, p_2/3d_0 - 0.25]$	$\alpha_b = \min[1.0, p_2/3d_0 - 0.25]$			
(*): utilisé pour des assemblages à 4 rangées de boulons (p ₁ doit remplacé par p)					

Boulons en cisaillement	Pour une rangée de boulons (deux boulons) en cisaillement : $F_{b,Rd}=2\frac{\alpha_v f_{ub}A_s}{\gamma_{M2}}$	EN1993-1- 8 3.6.1
	α_v =0.5 pour des boulons 10.9.	

4.2 Assemblages poutre-poteau par platine d'about débordante raidie

4.2.1 Description de l'assemblage

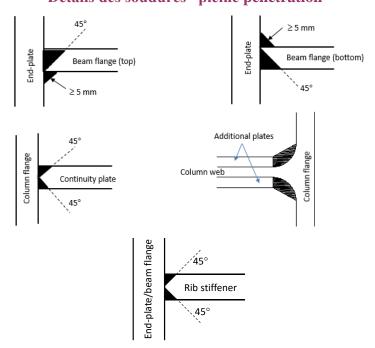
Description de l'assemblage par platine d'about raidie



- 1: Poutre
- 3: Boulons
- 5 : Platine d'about
- 7: Plats d'âme

- 2: Poteau
- 4: Raidisseurs
- 6: Raidisseurs transversaux

Détails des soudures "pleine pénétration"



4.2.2 Liste des valeurs limites pour les données pré-qualifiées

Table 4.3 – Valeurs limites pour les données pré-qualifiées

	s pour les aonnées pre-qualifiées
Eléments	Domaine d'application
Poutre	
Hauteur	Maximum=600mm
Rapport portée/hauteur	Maximum=23, Minimum=10
Epaisseur des semelles	Maximum=19mm
Matériau	S235 à S355
Poteau	
Hauteur	Maximum=550mm
Epaisseur des semelles	Maximum=29mm
Matériau	S235 à S355
Hauteur poutre/poteau	0.65-2.15
Platine d'about	18-30mm
Epaisseur	Tableau 4.4
Matériau	S235 à S355
Raidisseurs transversaux	
Epaisseur	Egale ou plus grande que l'épaisseur des
	semelles de la poutre connectée
Matériau	S235 à S355
Plats de renfort d'âme	
Epaisseur	Tableau 4.4Error! Reference source not
	found.
Matériau	S235 à S355
Boulons	HV ou HR
Dimension	Tableau 4.4Error! Reference source not
	found.
Nuance	10.9
Nombre de rangées de boulons	Tableau 4.4Error! Reference source not
	found.
Ecrou	Selon l'EN14399-4
Trous	Selon l'EN1993:1-8
Soudures	
Platine d'about – semelles de poutre	Soudure pleine pénétration renforcée
Raidisseurs transversaux – semelles de	Soudure pleine pénétration
poteau	
Plats de renfort d'âme - poteau	Soudure pleine pénétration
Autres soudures	Cordons de soudure: rayon de gorge plus grand
	que 0,55 fois l'épaisseur des plats connectés

4.2.3 Procédure de dimensionnement

Les trois principales étapes de conception de la méthode par composants sont successivement abordées :

- Caractérisation des composantes
- Procédure d'assemblage
- Classification de l'assemblage et vérification du dimensionnement

Procédure globale

Etape 1: choix initial des géométries de l'assemblage et des matériaux

- Nuance de boulon, taille du boulon et nombre de rangées de boulons
- Épaisseur et dimension de la platine d'about
- Épaisseur et dimensions des raidisseurs transversaux
- Épaisseur et dimensions des plats d'âme (si nécessaire)
- Spécification des soudures

Etape 2: Caractérisation des composantes

- Résistance des composantes (assemblage sous flexion)
- Rigidité des composantes (assemblage sous flexion)
- Résistance des composantes (assemblage sous cisaillement)

Etape 3: Procédure d'assemblage

- Résistance de l'assemblage en flexion
- Rigidité de l'assemblage en flexion
- Résistance de l'attache en cisaillement
- Degré de ductilité de l'attache

Etape 4: Classification de l'assemblage et vérifications

- Résistance en flexion
- Rigidité en flexion
- Résistance en cisaillement
- Ductilité
- Vérification

4.2.4 Choix initial des géométries et des matériaux de l'assemblage

Table 4.4 - Choix initial des géométries et des matériaux de l'assemblage

Eléments	Dimensions de la poutre		
d'assemblage	Petite (≈IPE360)	Moyenne	(≈ Grande (≈ IPE600)
		IPE450)	
Nuance de boulon	10.9		
Taille de boulon	M27	M30	M36
Nombre de rangées	4/6	4/6	6
de boulons			
Platine d'about	Epaisseur: t _{ep} =(2/3÷5/6) d _b pour les assemblages à pleine résistance - il peut être légèrement plus grand que les semelles du poteau; t _{ep} =(2/3÷5/6) d _b pour des assemblages équivalents - il devrait être inférieure à l'épaisseur des semelles du poteau. Dimensions: la largeur doit être égale ou inférieure à celle de la semelle du poteau. La partie débordante doit être suffisante pour placer une ou deux rangées de boulons, en respectant les règles fournies dans l'EN1993-1-8 (§3.5).		
Plats de renfort d'âme	fixées selon les règle	s fournies dans l'I	de renfort d'âme doivent être EN1993-1-8 (§ 6.2.6.1), sinon lisées pour garantir la stabilit
Raidisseurs transversaux Détails de soudure	Tableau 4.3	Error! Reference	e source not found.

Note : t_{ep} est l'épaisseur la platine d'about et d_b est le diamètre nominal du boulon.

4.2.5 Procédure d'assemblage et vérifications de dimensionnement

Type de	Critère			Références	
classification	Cincic			References	
Résistance en	$M_{con,Rd} \approx M_{Ed}$: at	Equaljoints			
flexion		Equaljoints			
Hexion	$M_{con,Rd} > M_{Ed}$: at				
	$V_{wp,Rd,} > \min[F_{con,Rd}]$				
	Avec:				
	$F_{con,Rd} = \sum F_{Rd,ri} \left(\right.$				
	rangées de boulo				
	rangées de boulons), est l'effort de cisaillement transversal				
	dans l'attache associé aux rangées de boulons tendues.				
	$V_{fbc,Rd}$ est la résis				
	en compression.				
Classification	Classification	Portique	Portique non	En1993-1-	
en rigidité		contreventé	contreventé	8	
	Assemblages	$0.5 \le k_b < 8$	$0.5 \le k_b < 25$	5.2.2	
	semi-rigides				
	Assemblages	$k_b \ge 8$	$k_b \ge 25$		
	rigides				
	$k_b = S_{j,ini} / (EI_b / L_b)$				
Résistance au	$V_{con,Rd} \approx V_{b,Rd}$: Rés				
cisaillement	$V_{con,Rd} > V_{b,Rd}$: Ple				
Classification	$\beta_{\text{max}} \le 1.0$: degré de ductilité 1			Equaljoints	
en ductilité	$\beta_{\text{max}} > 1.0$ and $\eta_{\text{max}} \le 0.95$: degré de ductilité 2				
	Avec: $\beta_{\text{max}} > \text{max}$	$x[\beta_{r1},\beta_{r2}]; \eta_{max} > m$	$\operatorname{ax}[\eta_{r1},\eta_{r2}]$		

4.2.6 Caractérisation des composantes (assemblage en flexion)

Cas avec 4 rangées de boulons e m m m m n	Composantes	Règles détaillées	Références
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		Cas avec 4 rangées de boulons	EN1993-1-8

Composante	Règles détaillées	Références			
	Pour chaque rangée de boulons ou pour un groupe de				
	rangées de boulons, la résistance est obtenue en utilisant				
	les formules suivantes : $F_{cfb,Rd} = \min[F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}] * \text{ or}$				
	$F_{cfb,Rd} = \min[F_{T,1-2,Rd}, F_{T,3,Rd}] * \text{ or }$ $F_{cfb,Rd} = \min[F_{T,1-2,Rd}, F_{T,3,Rd}] * *$				
	A vec:				
	$F_{T,1,Rd} = \frac{4M_{pl,1,Rd}}{m}$				
	$F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n\Sigma F_{t,Rd}}{m+n}$				
	$F_{T,3,Rd} = \sum \frac{0.9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$				
	$F_{T,3,Rd} = \sum \frac{0.9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ $F_{T,1-2,Rd} = \frac{2M_{pl,1,Rd}}{m}$				
	Dans lesquelles :				
	$M_{pl,1,Rd} = 0.25\Sigma \ell_{eff,1} t_{fc}^{2} f_{y,fc} / \gamma_{M0}$				
	$M_{pl,2Rd} = 0.25\Sigma \ell_{eff,2} t_{fc}^2 f_{y,fc} / \gamma_{M0}$				
	$m = (w/2 - t_{wc}/2 - 0.8r_c)$				
	$n = \min[e, 1.25m]$, pour des lignes de plastification				
	circulaires, n=∞ peut être utilisé.				
	$e_w = d_w / 4$ d_W est le diamètre de la rondelle, ou surangle de la tête de				
	boulon ou de l'écrou, selon le cas.				
	* si des efforts de levier se développent				
	** si des efforts de levier ne se développent pas				
	Remarque: l'EN1993-1-8 permet de prendre en compte les				
	efforts de levier dans tous les cas pour des attaches boulonnées. A la lumière des résultats obtenus dans le cadre du projet EQUALJOINTS, cette affirmation n'est				
	pas conservatrice et l'activation d'efforts de levier devrait				
	être vérifiée au cas par cas.				

Composante	Règles détaillées	Références
	Longueurs efficaces	Tableau
	❖ Attache à 4 rangées de boulons	6.5
	Rangée de boulons 1 :	(EN1993-
	$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$	1-8)
	$l_{e\!f\!f,2}=lpha m$	
	$\frac{Rang\acute{e}e \ de \ boulons \ 2}{l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]}$	
	$l_{eff,2} = \alpha m$	
	α est donné à la Figure 6.11 de l'EN1993-1-8 en fonction	
	des paramètres :	
	$\lambda_1 = \frac{m}{m+e}$, $\lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$	
	Remarque: Entre la première et seconde rangée de boulons, aucun effet de groupe ne peut se développer du fait de la présence du raidisseur transversal. * Attache à 6 rangées de boulons	
	$\frac{Rang\acute{e}e \ de \ boulons \ 1}{l_{eff,1} = \min[2\pi m; 4m + 1.25e]}$	
	$l_{eff,2} = 4m + 1.25e$	
	Première rangée du groupe $1+2$ $l_{eff,1} = \min[2p; p]$	
	$l_{\it eff,nc}=p$	
	$\frac{Rang\acute{e}e \ de \ boulons \ 2}{l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]}$	
	$l_{e\!f\!f,2}=lpha m$	
	Seconde rangée du groupe 1+2	
	$l_{eff,1} = \min[\pi m + p; 0.5p + \alpha m - (2m + 0.625e)]$	
	$l_{eff,1} = 0.5p + \alpha m - (2m + 0.625e)$	
	$\frac{Rang\acute{e}e \ de \ boulons \ 3}{l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]}$	
	$l_{eff,2} = \alpha m$	
	α est donné à la Figure 6.11 de l'EN1993-1-8 en fonction des paramètres :	
	$\lambda_1 = \frac{m}{m+e}$	
	$\lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$	
	Remarque: Entre la première et la seconde rangée de boulons, l'effet de groupe peut influencer la résistance; inversement, aucun effet de groupe avec la troisième rangée ne peut se développer du fait de la présence du raidisseur transversal.	

Cas à 4 rangées de boulons (a) et 6 rangées de boulons (b)

Pour chaque rangée de boulons ou pour un groupe de rangées de boulons, la résistance est obtenue en utilisant les formules suivantes

 $F_{cfb,Rd} = \min[F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}] * \text{ or }$ $F_{cfb,Rd} = \min[F_{T,1-2,Rd}; F_{T,3,Rd}] **$

Avec:

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

$$\bullet \qquad F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n\Sigma F_{t,Rd}}{m+n}$$

$$\bullet \qquad F_{T,3,Rd} = \sum \frac{0.9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$$

$$\bullet \qquad F_{T,1,Rd} = \frac{2M_{pl,1,Rd}}{m}$$

Où:

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25\Sigma \ell_{eff,1} t_{fc}^2 f_{v,fc} / \gamma_{M0}$$

$$M_{pl,2Rd} = 0.25\Sigma \ell_{eff,2} t_{fc}^2 f_{y,fc} / \gamma_{M0}$$

$$m = (w/2 - t_{wc}/2 - 0.8r_c)$$

 $n = \min[e, 1.25m]$, pour des lignes de plastification circulaires, $n = \infty$ peut être utilisé.

$$e_w = d_w / 4$$

 d_W est le diamètre de la rondelle, ou surangle de la tête de boulon ou de l'écrou, selon le cas.

* si des efforts de levier se développent

** si des efforts de levier ne se développent pas

EN1993 -1-8 6.2.6.5

Composante	Règles détaillées	Références
	Longueurs efficaces	
	Attache à 4 rangées de boulons	
	Rangée de boulons 1 :	
	$2\pi m$	
	$\pi m + 2e_{\tau}$	
	*	
	$l_{eff,1} = \min \left\{ \alpha m - (2m + 0.625e) + e_x \right\}$	
	$2m + 0.625e + e_x$	
	4m+1.25e	
	$\alpha m - (2m + 0.625e) + e_x$	
	$l_{eff,2} = \min \left\{ 2m + 0.625e + e_x \right\}$	
	(4m+1.25e)	
	<u>Rangée de boulons 2</u> :	
	$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$	
	$l_{e\!f\!f,2}=lpha m$	
	α est donné à la Figure 6.11 de l'EN1993-1-8 en fonction	
	des paramètres :	
	$\lambda_1 = rac{m}{m+e}$	
	m+e	
	$\lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$	
	Attache à 6 rangées de boulons	
	Rangée de boulons 1 :	
	$2\pi m$	
	$l_{eff,1} = \min \begin{cases} \pi m + 2e_x \\ 4m + 1.25e \end{cases}$	
	į	
	$(2m+0.625e+e_x)$	
	$l_{eff,2} = \min \begin{cases} 4m + 1.25e \\ 2m + 0.625e + e_x \end{cases}$	
	Première rangée du groupe 1+2	
	$\begin{bmatrix} \pi m + p \end{bmatrix}$	
	$l_{eff,1} = \min \begin{cases} 2e_x + p \\ 2m + 0.625e + 0.5p \\ e_x + 0.5p \end{cases}$	
	2m + 0.625e + 0.5p	
	$(e_x + 0.3p)$	
	$l_{eff,2} = \min \begin{cases} 2m + 0.625e + 0.5p \\ e_x + 0.5p \end{cases}$	
	$\frac{Rang\acute{e}e \ de \ boulons \ 2}{l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]}$:	
	$l_{eff,2} = \alpha m$	
	Seconde rangée du groupe 1+2	
	Seconde rangee au groupe $1+2$ $l_{eff,1} = \min[\pi m + p; 0.5p + \alpha m - (2m + 0.625e)]$	
	$l_{eff,2} = 0.5p + \alpha m - (2m + 0.625e)$	
	Rangée de boulons 3 :	
	$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$	
	$l_{eff,2} = \alpha m$	
	α est donné à la Figure 6.11 de l'EN1993-1-8.	
	w est donne a la l'igure 0.11 de l'Elv1999-1-0.	

Composante	Règles détaillées	Références
Semelle et âme de poutre en compression	 F_{fbc,Rd} = M_{c,Rd} f_{y,b}/(h+ξb-0.5t_{fb}) h est la hauteur de la poutre connectée; M_{c,Rd} est le moment résistant de dimensionnement de la section de poutre + raidisseur de la platine d'about, réduit si nécessaire pour tenir compte du cisaillement, voir EN1993-1-1; t_{fb} est l'épaisseur de la semelle de la poutre connectée; ξ_b est la position du centre de compression; b est la hauteur du raidisseur de la platine d'about. 	EN1993-1- 8 6.2.6.7
eur transversal en on	La résistance de l'âme du poteau et des raidisseurs transversaux en compression peut être calculé via la formule suivante : $F_{wcc,Rd} = \frac{\omega k_{wc} b_{eff,c,cf} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} + \frac{A_{cp} f_{y,cp}}{\gamma_{M0}}$ Où : $b_{eff,c,cf} = t_{fb} + \sqrt{2}(a_{w1} + a_{w2}) + 5(t_{fc} + r_c) + 2t_{ep}$	EN1993-1- 8 6.2.6.2
Âme de poteau et raidisseur transversal en compression	A _{cp} est l'aire des raidisseurs transversaux (des deux côtés de l'âme); Le facteur de réduction k _{wc} tient compte de la présence de la contrainte axiale dans l'âme du poteau et est défini dans le paragraphe 6.2.6.2(2) de l'EN1993-1-8. Le facteur de réduction ω est donné au tableau 6.3 de l'EN1993-1-8. Remarque : Lorsque des raidisseurs transversaux sont utilisés, la réduction associée au risque de flambement de l'âme du	
Äme de poutre en traction	poteau soumise à compression transversale peut être négligée. $F_{wbt,Rd} = b_{eff,t,wb} t_{wb} f_{y,wb} / \gamma_{M0}$ La largeur efficace $b_{eff,t,wb}$ de l'âme de la poutre en traction peut être prise comme égale à la longueur efficace du profilé en T équivalent représentant la platine d'about en flexion pour une rangée de boulons individuelle ou dans un groupe.	EN1993-1- 8 6.2.6.8
Âme de poteau en traction	$F_{wct,Rd} = \frac{\omega b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}}$ La largeur efficace $b_{eff,t,wc}$ de l'âme du poteau en traction peut être prise comme égale à la longueur efficace du profilé en T équivalent représentant la semelle du poteau en flexion pour une rangée de boulons individuelle ou dans un groupe. Le facteur de réduction ω est donné au tableau 6.3 de l'EN1993-1-8.	EN1993-1- 8 6.2.6.3

Composante	Règles détaillées	Références
	La résistance d'une rangée de boulons en traction est donnée	EN1993-1-
	par la formule suivante :	8
Boulons en traction	$F_{\rm bt,Rd} = 2 \frac{0.9 \ f_{ub} \ A_s}{}$	3.6.1
lon cti	γ_{M2}	
ou] tra	Où:	
B	• f_{ub} est la contrainte de résistance ultime du boulon ;	
	• A_s est la section résistant à la traction du boulon.	

4.2.7 Rigidité des composantes (assemblage en flexion)

Composante	Règles détaillées	Références			
Panneau d'âme de poteau en cisaillement	Pour un assemblage raidi, la rigidité k_1 est égale à l'infini. Pour un assemblage non raidi, la rigidité k_1 vaut : $k_1 = \frac{0.38 \cdot A_{VC}}{\beta z}$	EN1993-1-8 6.3.2			
	Où: β est un paramètre de transformation défini dans l'EN1993- 1-8, paragraphe 5.3(7), et z est le bras de levier.				
Semelle de poteau en flexion	Pour une rangée de boulons, la rigidité de la semelle de poteau en flexion vaut : $k_4 = \frac{0.9 \cdot l_{eff} \cdot t_{fc}^2}{m^3}$	EN1993-1-8 6.3.2			
	La largeur efficace l_{eff} correspond à la plus petite des longueurs efficaces de la rangée de boulons (individuelle ou faisant partie d'une groupe).				
Platine d'about en flexion	Pour une rangée de boulons, la rigidité de la platine d'about en flexion vaut : $k_5 = \frac{0.9 \cdot l_{eff} \cdot t_p^2}{m^3}$	EN1993-1-8 6.3.2			
	La largeur efficace l _{eff} correspond à la plus petite des longueurs efficaces de la rangée de boulons (individuelle ou faisant partie d'une groupe).				
Ame de poteau en traction	Pour un assemblage raidi, la rigidité k_3 est égale à l'infini. Pour un assemblage non raidi, la rigidité k_3 vaut : $k_3 = \frac{0.7 \cdot b_{eff,t,wc} \cdot t_{wc}}{d_c}$	EN1993-1-8 6.3.2			
	La largeur efficace b_{eff} correspond à la plus petite des longueurs efficaces de la rangée de boulons (individuelle ou faisant partie d'une groupe) de la composante « semelle de poteau en flexion ».				
Boulons en traction	Pour une rangée de boulons tendue : $k_{10} = \frac{1.6 \cdot A_s}{L_b}$	EN1993-1-8 6.3.2			

Raidisseur	A_{ea}	Equaljoints
de platine	$k_{RIB} = \frac{A_{eq}}{I} \cdot \cos(\alpha)$	
d'about en	L _{Strut}	
compressio	où (selon la définition de Lee) :	
n	$A = \frac{\eta(ab-c^2)}{}$	
	$A_{e} = \frac{\eta(ab - c^{2})}{\sqrt{(a - c)^{2} + (b - c)^{2}}}$	
	$L_e = (0.6)\sqrt{(a^2 + b^2)}$	
	α correspond à l'inclinaison du raidisseur de la platine	
	d'about.	

4.2.8 Résistance des composantes (assemblage en cisaillement)

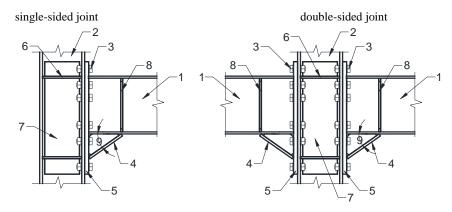
Composante	Règles détaillées		Références		
Âme de	<u> </u>		EN1993-1-		
poutre en	$V_{b,RD} = \chi_{w} A_{vb} f_{y,b} / \sqrt{3} \gamma_{M1}$		5 EN1993-1-		
cisaillement	Où:	5.3			
Cisamonicin	$A_{vb} = A_b - 2b_b t_{fb} + (t_{wb} + 2r_b)t_{fb}$	5. 5			
	$\chi_w = 0.83 / \overline{\lambda}_w \text{ si } \overline{\lambda}_w \ge 0.83 ;$				
	$\chi_{w} = 0.83/\overline{\lambda}_{w} \text{ si } \overline{\lambda}_{w} \ge 0.83;$ $\chi_{w} = 1.0 \text{ si } \overline{\lambda}_{w} < 0.83$				
	avec $\bar{\lambda}_w = 0.3467(h_{wb}/t_{wb})\sqrt{f_{y,b}/E}$;			
Semelle du	Pour une rangée de boulons (de	eux boulons) en cisaillement :	EN1993-1-		
poteau en	$F_{b,Rd} = 2 \frac{k_1 \alpha_b f_u dt_{fc}}{\gamma_{M2}}$		8		
pression	··· =		3.6.1		
diamétrale	Où:				
	Pour une rangée de rive : $k_1 = m$	$\sin[2.8\frac{e}{d_0}-1.7, 2.5]$			
	Pour une rangée intérieur : $k_1 =$	$\min[1.4 \frac{p_2}{d_2} - 1.7, 2.5]$			
	α_b dépend de la direction de l'	O .			
	position de la rangée de boulon				
	Attache avec 4 ra				
	Effort de cisaillement vers le	Effort de cisaillement vers le			
	bas Rangées de boulons 1, 3 et	haut Rangées de boulons 1, 2 et			
	4:	4:			
	$\alpha_b = 1.0$	$\alpha_b = 1.0$			
	Rangée de boulons 2 :	Rangée de boulons 3 :			
	$\alpha_b = \min[1.0, p/3d_0 - 0.25]$				
	Attache avec 6 ra				
	Effort de cisaillement vers le bas				
	Rangées de boulons 1, 3 et Rangées de boulons 1, 3 et				
	5: $\alpha_b = \min[1.0, p/3d_0 - 0.25]$ Rangees de bourons 1, 5 et $\alpha_b = \min[1.0, p/3d_0 - 0.25]$ $\alpha_b = 1.0$				

	1	le boulons 2, 4 et Rangées de boulons 2, 4 et 6:		
	$6: \alpha_b = 1.0$	$\alpha_b = \min[1.0, p/3d_0 - 0.25]$		
Platine d'about en pression	Pour une rangée de boulons (de $F_{b,Rd} = 2 \frac{k_1 \alpha_b f_u dt_{fc}}{\gamma_{M2}}$	EN1993-1- 8 3.6.1		
diamétrale	Pour une rangée de rive : $k_1 = m$	$\sin[2.8\frac{e}{d_0}-1.7, 2.5]$		
	Pour une rangée intérieur : $k_1 =$	$\min[1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5]$		
	α _b dépend de la direction de l' position de la rangée de boulon			
	Attache avec 4 ra	ngées de boulons		
	Effort de cisaillement vers le bas	Effort de cisaillement vers le haut		
	Rangées de boulons 1 : $\alpha_b = \min[1.0, e_x/3d_0]$			
	Rangées de boulons 2 et 4 : $\alpha_b = 1.0$			
	Rangée de boulons 3 : Rangée de boulons 4 : $\alpha_b = \min[1.0, p/3d_0 - 0.25]$ $\alpha_b = \min[1.0, e_x/3d_0]$			
	Attache avec 6 ra	ngées de boulons		
	Effort de cisaillement vers le bas	Effort de cisaillement vers le haut		
	Rangée de boulons 1 : $\alpha_b = \min[1.0, e_x/3d_0]$	Rangées de boulons 1, 3 et 5:		
	Rangées de boulons 2, 4 et	$\alpha_b = \min[1.0, p/3d_0 - 0.25]$		
	6:	Rangées de boulons 2 et 4 :		
	$\alpha_b = \min[1.0, p/3d_0 - 0.25]$	$\alpha_b = 1.0$		
	Rangées de boulons 3 et 5 : Rangée de boulons 6 : $\alpha_b = 1.0$ $\alpha_b = \min[1.0, e_x/3d_0]$			
Boulons en cisaillement	()		EN1993-1- 8 3.6.1	
	$\alpha_v = 0.5$ pour des boulons 10.9			

4.3 Assemblages avec jarret

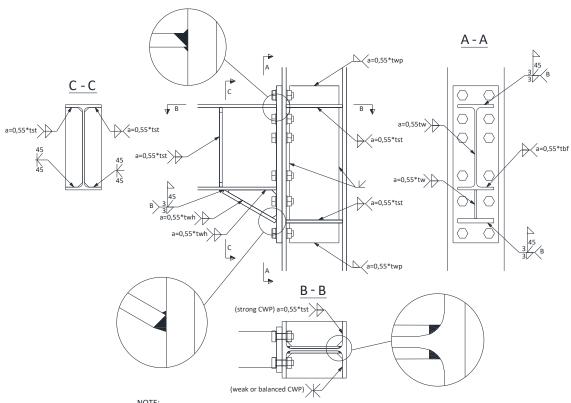
4.3.1 Description de l'assemblage

Description de l'assemblage par platine d'about avec jarret



- 1 poutre 2 - poteau
- 3 boulons 4 - jarret
- 5 platine d'about
- 6 raidisseurs transversaux
- 7 plats de renfort d'âme
- 8 raidisseur de poutre
- 9 angle du jarret

Détails des soudures pour l'assemblage avec jarret



- NOTE:
 1. All full-penetration welds shall be quality level B acc. EN ISO 5817 and EN 1090-2:2008.
 2. All welds shall be quality level C unless otherwise specified on drawings.

4.3.2 Liste des valeurs limites pour les données pré-qualifiées

Table 4.5 – Liste des valeurs limites pour les données pré-qualifiées

Eléments	Domaine d'application
Poutre	
rouire	Profilés laminés à chaud, sections IPE 330 à IPE 600.
	Sections de classe 1 selon l'EN 1993-1-1.
	Des sections reconstituées par soudage de dimensions
	équivalentes peuvent être utilisées, si la soudure entre les
	semelles et l'âme est à pleine pénétration, renforcée par des
TT 4 1 4'	cordons.
Hauteur de section	330 à 600 mm
Ratio portée sur hauteur	Minimum 7
(portée entre positions	
théoriques des rotules	
plastiques)	Minimum: 11 mm
Epaisseur des semelles	
	Maximum : 21 mm* (Extrapolation de 10% par rapport à la valeur maximale testée)
Matériau	,
Poteau	Profilés laminés à chaud, sections HEB260/HEM260 jusqu'à
1 Olean	HEB550/HEM550. Sections de classe 1 selon l'EN 1993-1-1.
	Des sections reconstituées par soudage de dimensions
	équivalentes peuvent être utilisées, si la soudure entre les
	semelles et l'âme est à pleine pénétration, renforcée par des
	cordons.
Hauteur de section	
Epaisseur des semelles	Minimum: 17.5 mm
Epaissear des semenes	Maximum: 40 mm
Matériau	S235 à S355
Ratio des hauteurs de	0.60-2.00
sections poutre / poteau	2.00
Platine d'about	20-40
Epaisseur	Minimum: 20 mm
1	Maximum: 40 mm
Largeur	Minimum : largeur de la semelle de poutre + 30 mm
_	Maximum: largeur de la semelle du poteau
Matériau	S235 à S355
Raidisseurs	Selon exigences de l'EN1993-1-8 et de l'EN1998-1.
transversaux de poteau	
et de poutre	
Matériau	S235 à S355
Plats supplémentaires	Selon exigences de l'EN1993-1-8 et de l'EN1998-1. Il est
d'âme	possible de prendre en compte l'aire totale des plats dans le
	calcul de la résistance au cisaillement des panneaux d'âme de
	poteau.
Hauteur	Au moins égale à la hauteur de la platine d'about
Matériau	S235 à S355

Boulons	Boulons à haute résistance aptes à la précontrainte selon les		
	normes EN14399-3 (système HR) ou EN14399-4 (système		
	HV). Serrage contrôlé selon l'EN 1090-2.		
Dimension	M24 à M36		
Nuance	8.8 à 10.9		
Trous	Selon l'EN1993-1-8		
Jarret			
Angle	Inclinaison entre la semelle inférieure de la poutre et celle du		
	jarret, entre 30° et 45°.		
Soudures			
Semelle supérieure	Soudures à pleine pénétration renforcées		
de la poutre sur la			
platine			
Semelle de jarret sur la			
platine			
Raidisseurs	Soudures à pleine pénétration		
transversaux sur			
semelle de poteau			
Plats d'âme sur semelle	Soudures à pleine pénétration		
de poteau			
Autres soudures	Soudures d'angle de chaque côté du plat soudé, avec un cordon		
	d'angle au moins égal à 0,55 fois l'épaisseur du plat.		

4.3.3 Procédure de dimensionnement

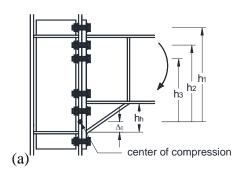
Les simulations numériques réalisées dans le cadre du projet EQUALJOINTS ont démontré que, sous moment de flexion négatif, le centre de compression est situé à une distance Δ_C au-dessus de la semelle du jarret. Sur base des résultats obtenus, il peut être raisonnablement supposé que le centre de compression est décalé de 50% de la hauteur du jarret ($\Delta_C = 0.5 \text{ h}_h$). Pour le moment positif, l'hypothèse habituelle, à savoir centre de compression situé au milieu de la semelle de poutre comprimée, est adoptée.

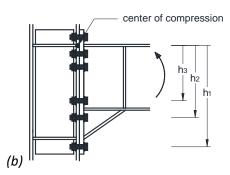
D'autre part, sur base des mêmes simulations numériques, il a été constaté que les rangées de boulons situées à proximité du centre de compression développent des efforts de traction négligeables, en raison de la flexibilité de la platine d'about et de la ductilité limitée des rangées de boulons au niveau de la semelle tendue.

Par conséquent, il a été supposé que seules les rangées de boulons qui sont audessus de la mi-hauteur de la section transversale de la poutre (sans le jarret) sont actives sous l'effet d'un moment négatif. Sous moment positif, seules les rangées de boulons situées en-dessous de la mi-hauteur de la section transversale de la poutre, y compris le jarret, sont supposées être actives.

Le panneau d'âme du poteau peut être dimensionné pour être équivalent à la résistance de la poutre, partageant ainsi les demandes de déformation plastique avec cette dernière, ou pour être plus fort que la résistance de la poutre.

Centre de compression et rangées de boulons activées sous moments négatifs (a) et moments positifs (b).





Procédure globale

Etape 1: choix initial des géométries de l'assemblage et des matériaux

- Nuance de boulon, taille du boulon et nombre de rangées de boulons
- Épaisseur et dimension de la platine d'about
- Épaisseur et dimension du jarret
- Épaisseur et dimensions des raidisseurs transversaux
- Épaisseur et dimensions des plats d'âme (si nécessaire)
- Spécification des soudures

Etape 2: Caractérisation des composantes

- Résistance des composantes (assemblage sous flexion)
- Rigidité des composantes (assemblage sous flexion)
- Résistance des composantes (assemblage sous cisaillement)

Etape 3 : Procédure d'assemblage

- Résistance de l'attache en flexion
- Résistance de l'attache en cisaillement
- Résistance du panneau d'âme de poteau
- Rigidité de l'assemblage en flexion

Etape 4 : Classification de l'assemblage et vérifications

4.3.4 Choix initial des géométries et des matériaux de l'assemblage

Table 4.6 - Choix initial des géométries et des matériaux de l'assemblage

		4.6 - Choix initial des géométr	nes et des matériai	ux de l	'assemblage
	de	Dimensions de la poutre			
l'attache		Petite (≈IPE360)	Moyenne IPE450)	(≈	Grande (≈ IPE600)
Nuance	de	10.9			
boulon					
Taille de boule	on	M27	M30		M36
Nombre	de	6	6		6
rangées	de				
boulons					
Platine d'abou	ıt	Epaisseur : t _{ep} =d _b .			
		Dimensions: La largeur	doit être plus gi	rande	que la largeur de la
		semelle de la poutre (d'au	moins 30 mm p	our p	ermettre le soudage)
		et plus petite que la semel	le du poteau. La	partie	débordante doit être
		suffisante pour placer une	rangée de boulo	ns, en	respectant les règles
		données dans l'EN 1993-1	1-8 (§3.5).		
Jarret		Largeur de la semelle du	jarret égal à la l	argeu	r de la semelle de la
		poutre.	-	_	
		L'épaisseur de la semelle	du jarret doit êt	re γ_{ov}	fois plus grande que
		l'épaisseur de la semelle d		•	1 0 1
		L'épaisseur de l'âme du	•	égale	ou plus grande que
		l'épaisseur de l'âme de la	•		1 0 1
		Hauteur du jarret :	•		
		· ·	un angle de jar	ret te	l que 30°≤α<40°;
					el que <i>40°</i> ≤ <i>α</i> ≤45°.
Plats d'ân	ne	L'épaisseur et les dime			
supplémentair		*			1.1
Suppression.	entaires doivent respecter les règles de l'EN 1993-1-8 (§ 6.2.6.1), sinon d soudures bouchons doivent être utilisées pour garantir la stabilité d				. =
		plaques supplémentaires.	nicetie damsees p	o un 5.	arantir ta statistic des
Raidisseurs		FIves sabbrementance.			
transversaux					
	de	-	Tableau 4.5		
soudure	ac				
	'ár	aiggaur da la platina d'abay	t at d. agt la dian	nàtra :	nominal du houlen

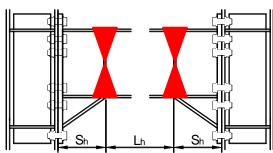
Note : t_{ep} est l'épaisseur de la platine d'about et d_b est le diamètre nominal du boulon.

4.3.5 Procédure d'assemblage et vérifications de dimensionnement

Type de classification	Critère	Références
Résistance de l'attache en flexion	Attache pleine résistance : $M_{con,Rd} \ge M_{con,Ed} = \alpha \cdot (M_{b,Rd} + V_{b,Ed} \cdot s_h)$ $\alpha = \gamma_{sh} \cdot \gamma_{ov}$	Equaljoints
Résistance de l'attache au cisaillement	$V_{con,Rd} \ge V_{b,Ed}$	Equaljoints

Résistance du panneau d'âme de poteau cisaillé	Panneau d'âme avec $V_{wp,Ed} = \alpha$	Equaljoints		
Classification en rigidité	Classification Assemblages semi-rigides Assemblages	Portiques contreventés $0.5 \le k_b < 8$ $k_b \ge 8$	Portiques non contreventés $0.5 \le k_b < 25$ $k_b \ge 25$	EN1993-1-8 5.2.2
	rigides	$k_b = S_{j,ini} / (EI_b)$	U	

Moment de flexion de dimensionnement à la face du poteau et effort de cisaillement correspondant



Le moment de flexion de dimensionnement à la face du Poteau, correspondant à l'apparition de rotules plastiques pleinement écrouies à l'extrémité des jarrets vaut :

$$M_{con,Ed} = M_{b,Rd} + V_{b,Ed} \cdot s_h$$

L'effort de cisaillement de dimensionnement au niveau de l'attache $V_{con,Ed}$ est déterminé en supposant la présence de rotules plastiques pleinement écrouies à l'extrémité de la poutre :

$$V_{con.Ed} \cong V_{b.Ed} = V_{Ed.M} + V_{Ed.G}$$

Où:

 $M_{pl,Rd}^* = \gamma_{sh} \cdot \gamma_{ov} \cdot W_{pl,beam} \cdot f_{y,beam}$ est le moment plastique attendu au niveau de la localisation des rotules plastiques ;

 $W_{pl,beam}$ est le module de flexion plastique de la poutre ;

 $f_{y,beam}$ est la contrainte limite élastique minimum au niveau de l'élément plastifié ;

 γ_{sh} est le facteur d'écrouissage;

γον- est le facteur de sur-résistance ;

 $V_{Ed,M}$ est l'effort de cisaillement associé à la présence des rotules plastiques ;

 $V_{Ed,G}$ est l'effort de cisaillement associé aux forces de gravité à prendre en compte dans le cadre d'un dimensionnement sismique ;

 s_h est la distance entre la face du poteau et la rotule plastique adjacente ;

 L_h est la distance entre les rotules plastiques.

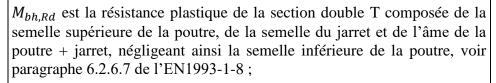
Remarque : Des essais expérimentaux montrent que les rotules plastiques se forment à une certaine distance de l'extrémité du jarret. Cependant, à titre de simplification, on peut supposer que la rotule plastique est située à l'extrémité du jarret. Une position plus exacte peut être utilisée si nécessaire.

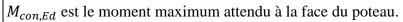
Vérification de l'extrémité de la poutre, y compris le jarret

L'extrémité de la poutre, y compris le jarret, est contrôlée conformément à l'EN1993-1-1 pour le moment de flexion de dimensionnement présent à la face du poteau :

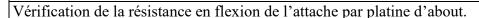
$$\frac{M_{con,Ed}}{M_{bh,Rd}} \le 1.0$$

Où:





De façon à prendre en compte le phénomène de sur-résistance dans la poutre par rapport à la résistance du jarret, l'épaisseur de la semelle du jarret est fictivement augmentée d'un facteur γ_{ov} .



Vérification de la résistance de l'attache en flexion sous moments positif et négatif :

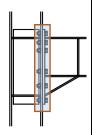
$$\frac{M_{con,Ed}}{M_{con,Rd}} \le 1.0$$

Où $M_{con,Rd}$ est la résistance de l'attache.

Les composantes suivantes sont prises en compte pour déterminer la résistance de l'attache :

- Semelle du poteau en flexion ;
- Platine d'about en flexion ;
- Ame de la poutre en traction ;
- Ame du poteau en traction ;





• Ame du poteau en compression.

 $M_{con,Rd}$ est déterminé selon l'EN1993-1-8, en tenant compte des modifications suivantes :

- en cas de moment négatif, seules les rangées de boulons qui sont au-dessus de la mi-hauteur de la section transversale de la poutre (sans le jarret) sont supposées être actives.
- en cas de moment positif, seules les rangées de boulons situées en-dessous de la mi-hauteur de la section transversale de la poutre, y compris le jarret, sont supposées être actives.
- Pour le moment négatif, le centre de compression se trouve à une distance par rapport à la semelle du jarret égale à 50% de la hauteur du du jarret (∆c = 0.5 hh);
- Les composants suivants ne sont pas pris en compte :
 panneau du poteau en cisaillement, âme et semelle de la
 poutre (ou du jarret) en compression.

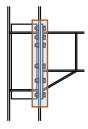
Vérification de la résistance au cisaillement de l'attache

$$\frac{V_{b,Ed}}{V_{con,Rd}} \le 1.0$$

Où $V_{con,Rd}$ est la résistance au cisaillement de l'attache.

Les composantes suivantes sont prises en compte pour déterminer la résistance au cisaillement de l'attache :

- Âme de la poutre en cisaillement ;
- Semelle du poteau en pression diamétrale ;
- Platine d'about en pression diamétrale ;
- Boulons en cisaillement. Seuls les boulons non pris en compte pour la résistance en flexion sont pris en compte ici.



Vérification du panneau d'âme

L'effort de cisaillement de dimensionnement dans l'âme du poteau est déterminé en fonction des moments de flexion et des efforts de cisaillement agissant sur l'âme :

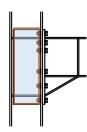
$$V_{wp,Ed} = \alpha \cdot (M_{b,Rd} + V_{b,Ed} \cdot s_h)/z - V_{c,Ed}$$

Où:

 $V_{wp,Ed}$ est l'effort de cisaillement de dimensionnement dans le panneau d'âme du poteau ;

 $V_{c,Ed}$ est l'effort de cisaillement présent dans le Poteau ;

z est le bras de levier interne.



Pour une âme de poteau pleine résistance, l'effort de cisaillement de dimensionnement doit être obtenue en tenant compte du développement de rotules plastiques pleinement écrouies dans la poutre :

$$\alpha = \gamma_{sh} \cdot \gamma_{ov}$$

La résistance du panneau d'âme de poteau est vérifiée comme suit .

$$\frac{V_{wp,Ed}}{V_{wp,Rd}} \le 1.0$$

 $V_{wp,Rd}$ est déterminé selon l'EN1993-1-8. Les modifications suivantes sont néanmoins d'application :

- Il est permis de considérer la totalité de la section transversale des plats de renfort d'âme dans le calcul de la résistance additionnel associée à ces plats.
- La résistance au cisaillement additionnel V_{wp,add,Rd} associée aux semelles du poteau et des raidisseurs transversaux doit être négligée.

4.3.6 Caractérisation des composantes

Composante	Règles détaillées	Référence	
Panneau	Règles dans l'EN1993-1-8, 6.2.6.1 s'appliquent, en tenant	EN1993-	
d'âme du	compte des remarques suivantes : 1-8		
poteau en	• Il est permis de considérer la totalité de la section 6.2.6.		
cisaillement	transversale des plats de renfort d'âme dans le calcul de		
	la résistance additionnel associée à ces plats.		
	 La résistance au cisaillement additionnel V_{wp,add,Rd} 		
	associée aux semelles du poteau et des raidisseurs		
	transversaux doit être négligée.		
Semelle de	Les règles de l'EN 1993-1-8 s'appliquent.	EN1993-	
poteau en		1-8	
flexion		6.2.6.4	
		6.3.2	
Platine	Les règles de l'EN 1993-1-8 s'appliquent.	EN1993-	
d'about en		1-8	
flexion		6.2.6.5	
		6.3.2	
Ame de	Les règles de l'EN 1993-1-8 s'appliquent.	EN1993-	
poteau en		1-8	
compression		6.2.6.2	
		6.3.2	
Âme de	Les règles de l'EN 1993-1-8 s'appliquent.	EN1993-	
poutre en		1-8	
traction		6.2.6.8	
		6.3.2	

Composante	Règles détaillées	Référence
Âme de	Les règles de l'EN 1993-1-8 s'appliquent.	EN1993-
poteau en		1-8
traction		6.2.6.3
		6.3.2
Âme de la	Les règles de l'EN 1993-1-1 s'appliquent.	EN1993-
poutre en		1-1
cisaillement		6.2.6
Pression	Les règles de l'EN 1993-1-8 s'appliquent.	EN1993-
diamétrale		1-8
dans la		3.6.1
semelle de		
poteau		
Pression	Les règles de l'EN 1993-1-8 s'appliquent.	EN 1993-
diamétrale		1-8
dans la		3.6.1
platine		
d'about		
Boulons en	Les règles de l'EN 1993-1-8 s'appliquent.	EN 1993-
cisaillement	-	1-8
		3.6.1

4.3.7 Classification en rigidité

Les assemblages par platine d'about débordante avec jarret peuvent être considérés comme rigide si :

- la résistance de l'âme du poteau est obtenue en utilisant l'équation (6.7) de l'EN1993-1-8, négligeant la résistance au cisaillement supplémentaire V_{wp,add,Rd} associée à la présence de raidisseurs transversaux;
- la ligne de référence considérée dans l'analyse structurale globale est l'axe de symétrie des membrures ;
- les boulons sont de catégorie E (entièrement précontraints) selon l'EN1993-1-8.

Les règles de l'EN 1993-1-8 peuvent être utilisées pour quantifier la rigidité de l'attache et du panneau d'âme du poteau. Une approche de modélisation avancée consistant en une modélisation séparée de l'attache et de l'âme du poteau peut être utilisée dans l'analyse structurale globale si nécessaire.

4.3.8 Ductility classification

Les assemblages à platine d'about débordante avec jarret dimensionnés selon les recommandations reportées ci-dessus sont considérés comme étant qualifiés pour une utilisation dans les systèmes structuraux DCH et DCM (ossature en portiques (fonctionnant par effet cadre), ossature en portiques avec triangulation centrée et ossature en portiques avec triangulation excentrée).

Ceci est basé sur le fait que tous les assemblages poutre-poteau testés satisfont aux exigences suivantes (ANSI / AISC 341-16) :

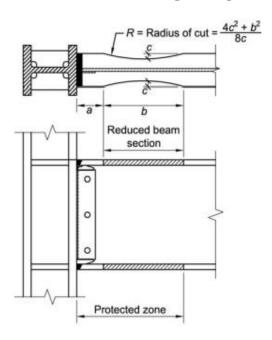
- L'assemblage est capable de s'accommoder d'un angle de de déplacement entre étages d'au moins 0,04 rad ;
- La résistance à la flexion mesurée de l'attache, déterminée au niveau de la face du poteau, est au moins égale à 0,80 fois le moment plastique résistant de la poutre connectée pour un angle de déplacement entre étages de 0,04 rad.

L'utilisateur est toutefois averti que les déplacements entre étages correspondant à une chute de 20% du moment maximal sont inférieurs à 0,04 rad (mais supérieures à 0,03 rad)

4.4 Assemblage avec poutre à section réduite

4.4.1 Description de l'assemblage

Configuration et dimensions de l'assemblage avec poutre à section réduite



4.4.2 Procédure de dimensionnement

Le dimensionnement doit respecter les exigences de la norme AISC 341 (dispositions sismiques pour les structures de bâtiments en acier), AISC 358-10 (assemblages préqualifiés pour les applications sismiques) et AISC 360 (spécifications pour les structures de bâtiments en acier).

De ce fait, le dimensionnement suit la procédure suivante :

- 1. Vérification du voilement local de poutre pour la compacité sismique $b_{\rm bf}/(2t_{\rm fb})$ < $\lambda_{\rm ps} = 0.3\sqrt{(E/f_{\rm y})}$
- 2. Vérification du voilement local de poteau pour la compacité sismique $b_{\rm cf}/(2t_{\rm fc})$ < $\lambda_{\rm ps}=0.3\sqrt{(E/f_{\rm y})}$

3. Vérification des limitations de poutre de l'AISC 358 Sect 5.3.1

Notant toutefois que, sur la base des essais effectués dans le cadre du projet EQUALJOINTS, les dimensions des poutres peuvent être étendues de W36 à W44 qui ont démontré un comportement adéquat selon les exigences de préqualification.

4. Vérification des limitations de poteau de l'AISC 358 Sect 5.3.2

Notant toutefois que, sur la base des essais effectués dans le cadre du projet EQUALJOINTS, les dimensions des poutres peuvent être étendues de W36 à W40 qui ont démontré un comportement adéquat selon les exigences de préqualification.

5. Détermination du module de flexion plastique au centre de la section de poutre réduite (AISC 358 Sect 5.8, étape 2)

$$Z_{RBS} = Z_x - 2 c t_{fb} (h_b - t_{fb})$$

Où:

Z_{RBS} est le module plastique de la section au centre de la section réduite

 $Z_{pl,x}$ est le module plastique selon l'axe x pour la section transversale de poutre complète

 $t_{\rm fb}$ est l'épaisseur de la semelle de poutre

 $h_{\rm b}$ est la hauteur de la poutre

c est la largeur de coupe au droit de la section réduite (Figure 3.11)

6. Détermination du moment maximum probable au droit de la section de poutre réduite (AISC 358 Sect 5.8 étape 3)

$$M_{\rm pr} = M_{\rm RBS} = C_{\rm pr} R_{\rm v} f_{\rm v} Z_{\rm e}$$

Où:

 $C_{\rm pr}$ est un facteur tenant compte du pic de résistance de l'attache, en ce compris l'écrouissage, les maintiens locaux, les renforcements supplémentaires..., calculé comme suit :

$$C_{pr} = \frac{f_y + f_u}{2f_y} \le 1.2$$

 R_y Rapport entre la limite d'élasticité attendue et la limite de plasticité minimum spécifiée, f_y

7. Calcul de l'effort de cisaillement au centre de la section réduite (AISC 358 Sect 5.8 étape 4)

$$V_{\rm p} = V_{\rm RBS} = 2 M_{\rm pr} / L_{\rm h} + V_{\rm g}$$

8. Calcul de l'effort de cisaillement correspond dans le poteau :

$$V_{\rm c} = N_{\rm b} V_{\rm e} L_{\rm b} / (N_{\rm c} h_{\rm c})$$

9. Calcul le moment maximum probable à la face du poteau (AISC 358 Sect 5.8 étape 5)

$$M_{\rm f} = M_{\rm pr} + V_{\rm RBS} S_{\rm h} + M_{\rm g}$$

Où:

$$M_{\rm g} = \frac{1}{2} W_{\rm ub} S_{\rm h}^2$$

10. Calcul du moment plastique attendu pour la poutre (AISC 358 Sect 5.8 étape 6)

$$M_{\rm pe} = R_{\rm y} f_{\rm y} Z_{\rm bx}$$

11. Vérification de la résistance à la flexion par rapport à $\Phi_{\rm d}$ $M_{\rm pe}$ (AISC 358 Sect 5.8 étape 7)

$$M_{\rm f}$$
 < $\Phi_{\rm d} M_{\rm pe}$

12. Calcul et vérification de la force concentrée dans le poteau

$$P_{b} \leq \Phi f_{y} w_{tw} (5k + l_{b})$$

$$\leq \Phi 0.8 t_{w}^{2} [1 + 3 (l_{b} / d) (t_{w} / t_{f})^{1.5}] (E f_{yw} t_{f} / t_{w})^{1/2}$$

$$\leq \Phi 6.25 f_{yf} t_{f}^{2}$$

Où:

$$P_{\rm b} = M_{\rm f} b_{\rm fb} t_{\rm fb} / Z_{\rm x}$$

13. Vérification du rapport des moments poteau/poutre (AISC 341 Sect. 9.6)

$$\Sigma M_{\rm pc}^* / \Sigma M_{\rm pb}^* > 1.0$$

Où:

 $\Sigma M_{\rm pc}^*$ est la somme des moments dans le poteau au-dessus et en-dessous de l'assemblage à l'intersection des axes de symétries de la poutre et du poteau

=
$$\sum [Z_c (f_{yc} - P_{uc} / A_g) + V_c d_b / 2)]$$

 $\Sigma M_{\rm pb}^*$ est la somme des moments dans les poutres à l'intersection des axes de symétries de la poutre et du poteau

$$= N_{\rm b} M_{\rm RBS} + \Sigma M_{\rm v}$$

 $\Sigma M_{\rm v}$ est le moment additionnel associé aux efforts de cisaillement présents au niveau des rotules plastiques qui se trouvent à une certaine distance de l'axe de symétrie du poteau

$$= (V_{RBS} + V_{RBS}) (a + b/2 + d_c/2)$$

14. Vérification de la résistance de la zone du panneau d'âme du (AISC341 Sect 9.3)

$$0.75 P_{\rm c} > P_{\rm r}$$

$$\phi_{\rm v} R_{\rm n} > \sum M_{\rm f} / (d_{\rm b} - t_{\rm fb}) - V_{\rm c}$$

15. Calcul de l'épaisseur requise pour les plats de renfort d'âme

$$R_{\rm u} \leq \varphi R_{\rm ncol} + \varphi R_{\rm ndp}$$

$$t_{\rm dp}$$
 \geq $(R_{\rm u} - \varphi R_{\rm ncol}) / (0.6 f_{\rm y} d_{\rm c})$

16. Vérification de l'épaisseur requise pour l'âme de Poteau et les plats de renfort (si présents)

$$t \geq (d_z + w_z)/90$$

17. Vérfication de la nécessité ou non de l'utilisation de raidisseurs transversaux (AISC 358 étape 10)

$$t_{\rm fc} \geq 0.4 [1.8 b_{\rm b} f_{\rm t} b_{\rm f} (F_{\rm vb} R_{\rm vb}) / (F_{\rm vc} R_{\rm vc})] 0.5$$

$$t_{\rm fc} \geq b_{\rm fb} / 6 \text{ or } 12$$

18. Calcul de l'épaisseur requise pour les raidisseurs transversaux

Vérification 1 :
$$t_s \geq 0.5 t_{bf}$$

Vérification 2 :
$$P_b \leq \varphi R_{ncol} + \varphi R_{ncp}$$

$$t_{\rm s} \ge (P_{\rm b} - \varphi R_{\rm ncol}) / (0.9 f_{\rm v} b_{\rm bf})$$

5. REFERENCES

[1] CEN (2005). "EN 1993-1-8:2005, Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-8: Design of joints", European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.

[2] ECCS (2018). "Volume with pre-normative design recommendations for seismically qualified steel joints", 1st edition.

Disclaimer

This software enables the user to access a database of seismically prequalified steel joints and also calculates the resistance of beam-to-column joints according to EC3-1-8 and EQUALJOINTS project specifications.

No warranty is given to the user of the software. The user agrees to indemnify and hold harmless from any claim and any direct and/or indirect loss or damage, including but not limited to those resulting from an incorrect use and/or a use made for an inadequate or inappropriate purpose.

Copyright

Institute for Sustainability and Innovation in Structural Engineering (ISISE)

Department of Civil Engineering, University of Coimbra

WARNING

This program is protected by copyright law. Unauthorized reproduction or distribution of this program, or any parts of it, may result in severe civil and criminal penalties.