

Phase PRO-DCE
CCTP pour DCE

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES

LOT N° 17 – FACADES ET COUVERTURE METALLIQUE

Maître d'ouvrage	INSERM – M. Stéphane TARTON 60 rue de Navacelles – 34394 Montpellier cedex 5
Architecte	ELEV Architecture 54 rue Louis Roussel – 34070 Montpellier
BET Structure	CALDER 534 rue Marius Petipa - 34080 Montpellier
BET Fluides	BETSO Immeuble Green Valley 849 rue de F de Saint Castor - 34080 MONTPELLIER
Economiste OPC Synthèse	C&G 54 rue Louis Roussel – 34070 Montpellier
Bureau de Contrôle	APAVE Rue de la Sarriette - 34130 SAINT AUNES
CSPS	ALPES CONTROLES 125 Rue de l'Hostellerie - 30900 NIMES

SOMMAIRE

17.00 OBJET DU PRESENT LOT - CONSISTANCE DES TRAVAUX	5
17.00.01 OBJET DU PRESENT LOT	5
17.00.02 CONSISTANCE DES TRAVAUX	5
17.00.03 MISE A EXECUTION DES TRAVAUX DE BARDAGE ET COORDINATION AVEC LES AUTRES ENTREPRISES ET INTERVENANTS	5
17.00.04 ORGANISATION DU CHANTIER	5
17.00.04.00 Accès au sol :	5
17.00.04.01 Accès aux façades :	6
17.01 PRESCRIPTIONS TECHNIQUES GENERALES	7
17.02 PRESCRIPTIONS TECHNIQUES PARTICULIERES STRUCTURE METALLIQUE	12
17.02.00 PRODUITS CONSTITUTIFS	12
17.02.00.00 Généralités	12
17.02.00.01 Identification, documents de contrôle et traçabilité	12
17.02.00.02 Aciers de construction	13
17.02.00.03 Tolérances d'épaisseur	14
17.02.00.04 Etats de surface	14
17.02.00.05 Caractéristiques particulières	15
17.02.00.06 Aciers moulés	15
17.02.00.07 Produits consommables pour le soudage	15
17.02.00.08 Eléments de fixation mécaniques	17
17.02.00.09 Matériaux de scellement	19
17.02.00.10 Câbles à haute résistance, tirants et terminaisons	20
17.02.00.11 Appareils d'appui structuraux	20
17.02.01 PREPARATION ET ASSEMBLAGE	21
17.02.01.00 Généralités	21
17.02.01.01 Identification	21
17.02.01.02 Manutention et stockage	21
17.02.02 COUPAGE	21
17.02.02.00 Généralités	21
17.02.02.01 Cisailage et grignotage	22
17.02.02.02 Coupage thermique	22
17.02.02.03 Dureté de surface des chants	22
17.02.03 FORMAGE	23
17.02.03.00 Généralités	23
17.02.03.01 Formage à chaud	23
17.02.03.02 Chaudes de retrait	23
17.02.03.03 Formage à froid	24
17.02.04 PERÇAGE	25
17.02.04.00 Dimensions des trous	25
17.02.04.01 Tolérances sur le diamètre de trou pour les boulons et les axes d'articulation	26
17.02.04.02 Exécution du perçage	26
17.02.05 DECOUPES	27
17.02.06 ASSEMBLAGE	27
17.02.07 ESSAI DE PRESENTATION	27
17.02.08 SOUDAGE	27
17.02.08.00 Généralités	27
17.02.08.01 Programme de soudage	28
17.02.08.02 Procédés de soudage	28
17.02.08.03 Qualification des modes opératoires de soudage et du personnel en soudage	29
17.02.08.04 Préparation et exécution du soudage	33
17.02.08.05 Critères d'acceptation	37
17.02.08.06 Soudage des aciers inoxydables	37
17.02.08.07 Soudage d'aciers différents	38
17.02.09 FIXATIONS MECANIQUES	39
17.02.09.00 Généralités	39
17.02.09.01 Utilisation des boulons	40
17.02.09.02 Serrage des boulons non précontraints	41
17.02.09.03 Préparation des surfaces de contact dans les assemblages résistant au glissement	41
17.02.09.04 Boulons ajustés	42
17.02.09.05 Rivetage à chaud	42
17.02.09.06 Fixation des éléments minces	43

17.02.09.07 Utilisation d'éléments de fixation particuliers et de méthodes de fixation particulières	44
17.02.09.08 Grippage et arrachement superficiel des aciers inoxydables	44
17.02.10 MONTAGE	46
17.02.10.00 Généralités	46
17.02.10.01 Conditions de chantier	46
17.02.10.02 Méthode de montage	46
17.02.11 LEVE	48
17.02.11.00 Système de référence	48
17.02.11.01 Points de repère	48
17.02.12 APPUIS, ANCRAGES ET APPAREILS D'APPUI	48
17.02.12.00 Contrôle des appuis	48
17.02.12.01 Implantation et adéquation des appuis	48
17.02.12.02 Maintien de l'adéquation des appuis	48
17.02.12.03 Calages provisoires	48
17.02.12.04 Scellement et remplissage	49
17.02.12.05 Ancrage	49
17.02.13 MONTAGE ET TRAVAUX SUR SITE	49
17.02.13.00 Plans de montage	49
17.02.13.01 Marquage	50
17.02.13.02 Manutention et stockage sur chantier	50
17.02.13.03 Montage à blanc	51
17.02.13.04 Méthodes de montage	51
17.02.14 TRAITEMENT DES SURFACES	53
17.02.14.00 Généralités	53
17.02.14.01 Préparation des subjectiles d'acier pour peintures et produits assimilés	53
17.02.14.02 Aciers de construction à résistance améliorée à la corrosion atmosphérique	54
17.02.14.03 Compatibilité galvanique	54
17.02.14.04 Galvanisation	54
17.02.14.05 Etanchéité des espaces clos	54
17.02.14.06 Etanchéité des espaces clos	54
17.02.14.07 Surfaces en contact avec du béton	55
17.02.14.08 Surfaces inaccessibles	55
17.02.14.09 Réparations après coupage ou soudage	55
17.02.15 NETTOYAGE APRES MONTAGE	55
17.02.15.00 Nettoyage des éléments minces	55
17.02.15.01 Nettoyage des éléments en aciers inoxydables	55
17.02.16 TOLERANCES GEOMETRIQUES	56
17.02.16.00 Types de tolérances	56
17.02.16.01 Tolérances essentielles	56
17.02.17 CONTROLES, ESSAIS ET REPARATIONS	59
17.02.17.00 Généralités	59
17.02.17.01 Produits constitutifs et éléments	59
17.02.17.02 Fabrication : dimensions géométriques des éléments fabriqués	59
17.02.17.03 Soudage	60
17.02.17.04. Fixations mécaniques	63
17.02.17.05 Traitement des surfaces et protection contre la corrosion	67
17.02.17.06 Montage	67
17.03 PRESCRIPTIONS TECHNIQUES PARTICULIERES BARDAGES	70
17.03.01 SPECIFICATIONS TECHNIQUES DES MATERIAUX ET COMPOSANTS	70
17.03.01.00 Spécifications techniques des tôles en acier	70
17.03.01.01 Ecarteurs	81
17.03.01.02 Ossatures rapportées – cas du bardage rapporté	84
17.03.01.03 Spécifications technique des isolants	84
17.03.01.04 Spécifications des fixations	85
17.03.01.05 Spécifications des éléments complémentaires	92
17.03.01.06 Ouvertures	92
17.03.01.07 Façonnés et autres accessoires pliés	93
17.03.02 MISE EN ŒUVRE	94
17.03.02.00 Approvisionnement et stockage	94
17.03.02.01 Conditions préalables requises pour la pose	94
17.03.02.02 Prescriptions relatives aux fixations sur le gros œuvre	95
17.03.02.03 Mise en œuvre des bardages en acier	96
17.03.02.04 Spécificités des bardages à plaques nervurées ou ondulées en pose horizontale	106
17.03.02.05 Spécificités des bardages à plaques nervurées ou ondulées obliques	108

17.03.02.06 Ouvrages particuliers.....	108
17.04 DESCRIPTION DES OUVRAGES.....	110
17.04.00 STRUCTURE METALLIQUE	110
17.04.01 BARDAGE METALLIQUE HORIZONTAL SIMPLE PEAU	111
17.04.02 COUVERTURE METALLIQUE SIMPLE PEAU.....	111
17.04.03 DESCENTES EP	112
17.04.04 BOITES A EAU	112
17.04.05 COUVERTINES EN PIED DE BARDAGE	112
17.04.06 COUVERTINES SUR RELEVÉ BETON.....	112
17.04.07 GRILLE DE VENTILATION – FINITION THERMO LAQUEE	113
17.04.08 SOUCHE DE VENTILATION EN TOITURE	113
17.04.09 LANTERNEAU ACCES TOITURE.....	113
17.04.10 GARDE-CORPS SUR TOITURE METALLIQUE	114
PRESTATIONS SUPPLEMENTAIRES EVENTUELLES :	114
PRESTATION SUPPLEMENTAIRE EVENTUELLE 13.14 ISOLATION ACOUSTIQUE LOCAL TECHNIQUE	114
17.04.11. BARDAGE METALLIQUE VERTICAL DOUBLE PEAU SUR FAÇADES DE L’OSSATURE METALLIQUE	114

17.00 OBJET DU PRESENT LOT - CONSISTANCE DES TRAVAUX

17.00.01 Objet du présent lot

Le présent Cahier des Clauses Techniques Particulières (C.C.T.P.) vise à décrire la nature des ouvrages à réaliser dans le cadre de la Réhabilitation et Extension du Centre de Biologie Structurale, situé 29 rue de Navacelles à Montpellier. Les travaux réalisés constituent des bureaux et des laboratoires de type L1 et L2.

Montpellier se situe dans la Région climatique de vent III, avec une zone de neige B2, le projet est situé sur un site (ville).

C'est un bâtiment régi par la réglementation du code du Travail, comprenant 2 niveaux : RDC - R+1.

Sauf spécifications contraires définies dans les localisations du présent C.C.T.P., les prestations énumérées ci-après s'appliquent à tout le bâtiment. Elles sont de ce fait incluses, sans réserve ni limite dans le prix global et forfaitaire convenu. L'Entrepreneur doit signaler dans son offre toutes précisions complémentaires à apporter au présent document et déjà incluses dans son offre forfaitaire.

17.00.02 Consistance des travaux

Les travaux faisant l'objet du présent C.C.T.P. comprennent, énumérés non limitativement :

- les études (détermination des actions de vent et justification à cet égard de l'ensemble du bardage, étanchéité à l'eau en partie courante et aux points singuliers, plan d'étanchéité à l'air, tenue au séisme) et les plans d'exécution du bardage (plateaux, écarteurs, isolants, profils de bardage, ainsi que les ossatures secondaires et les équerres de fixations à la maçonnerie dans le cas des bardages rapportés, les joints et membranes éventuelles),
- La fourniture et la pose des plateaux, des isolants et des profils de bardages et de leurs fixations,
- La fourniture et la pose des accessoires de finition (bandes de rives, pied de bardage, angles, closoirs supérieur et inférieur, raccords aux menuiseries, joints de dilatation, fourreaux de passage des traversées de bardage),
- L'autocontrôle de l'entreprise,

17.00.03 Mise à exécution des travaux de bardage et coordination avec les autres entreprises et intervenants

Le présent lot doit faire la réception des supports (ossature métallique), sur lequel il va réaliser la mise en œuvre des bardages métalliques. L'entrepreneur s'assure que cette ossature satisfait, pour ce qui est apparent, aux plans et croquis ci-dessus et aux dispositions du présent document : nombre, caractéristiques et dimensions des appuis, présence des inserts, chevêtres etc...

L'intervention de l'entrepreneur ne peut se faire que si :

- L'ensemble du gros-œuvre et de la structure porteuse sont terminés et les espaces extérieurs sont suffisamment dégagés et stabilisés pour permettre les accès, manutentions, installations des échafaudages ou nacelles et pose de façades.
- Les tracés, contrôles des cotes satisfaisant aux tolérances admises et les réservations exécutées,
- Les dispositifs spéciaux et/ou modifications motivés par l'exécution hors tolérances du gros œuvre ou de la structure sont réalisés.

17.00.04 Organisation du chantier

Afin de permettre l'exécution normale des travaux, le maître d'œuvre prévoit un accès au sol et un accès aux façades comme indiqués ci-après :

17.00.04.00 Accès au sol :

Il doit être prévu :

- L'accès au bâtiment, aux installations de chantier et aux aires de stockage, des équipes et des camions de livraison,
- Des aires de stockage à pied d'œuvre,
- Des aires dégagées suffisantes pour permettre l'évolution et l'utilisation des matériels et engins de chantier.

17.00.04.01 Accès aux façades :

Il doit être prévu la mise à disposition d'une zone stabilisée continue (sans tranchées,...) sur la périphérie du bâtiment permettant la mise en place d'échafaudages, et la circulation de nacelles et engins de levage,...

17.01 PRESCRIPTIONS TECHNIQUES GENERALES

Outre les prescriptions techniques particulières contenues dans le présent C.C.T.P., les ouvrages à exécuter seront réalisés dans les Règles de l'Art et conformes à la réglementation en vigueur à la date du Marché, notamment les DTU et leur cahier des charges, Normes Françaises, Avis Techniques et recommandations correspondants aux travaux du présent lot, énumérés non limitativement ci-dessous :

- Code de la construction et de l'habitation (Partie Législative et Réglementaire) : Chapitre 1 Règles générales – Section 1 Dispositions applicables à tous bâtiments – Articles L111-1 à L111-3, R111-1
- Code de la construction et de l'habitation (Partie Législative et Réglementaire) : Chapitre 1 Règles générales – Section 3 Personnes handicapées ou à mobilité réduite – Articles L111-7 à L111-8, R111-18 à R111-19-30
- Code de la construction et de l'habitation (Partie Législative et Réglementaire) : Chapitre 1 Règles générales – Section 4 Performance énergétique et environnementale et caractéristiques énergétiques et environnementales – Articles L111-9 à L111-10-4, R111-20 à R111-22-3
- Code de la construction et de l'habitation (Partie Législative et Réglementaire) : Chapitre 1 Règles générales – Section 5 Caractéristiques acoustiques – Articles L111-11 à L111-11-2, R111-23-1 à R111-23-3
- Code de la construction et de l'habitation (Partie Législative et Réglementaire) : Chapitre 1 Règles générales – Section 6 Responsabilité des constructeurs d'ouvrage – Articles L111-12 à L111-22, R111-24 à R111-28
- Code de la construction et de l'habitation (Partie Législative et Réglementaire) : Chapitre 1 Règles générales – Section 7 Contrôle Technique – Articles L111-23 à L111-26, R111-29 à R111-42
- Code de la construction et de l'habitation (Partie Législative) : Chapitre 1 Règles générales – Section 8 Assurance des travaux de construction – Articles L111-27 à L111-26, R111-39
- Code de la construction et de l'habitation (Partie Législative) : Chapitre 1 Règles générales – Section 9 Dispositions communes – Articles L111-40 à L111-41
- Code de la construction et de l'habitation (Partie Législative) : Chapitre 1 Règles générales – Section 10 Déchets issus de la démolition de catégories de bâtiments – Articles L111-43 à L111-49
- Code de la construction et de l'habitation (Partie Législative) : Chapitre 2 Dispositions spéciales – Section 1 Constructions en bordure de voie – Articles L112-1 à L112-4
- Code de la construction et de l'habitation (Partie Législative) : Chapitre 2 Dispositions spéciales – Section 2 Sondages et travaux souterrains – Articles L112-5 à L112-7
- Code de la construction et de l'habitation (Partie Législative) : Chapitre 2 Dispositions spéciales – Section 3 Servitudes et mitoyenneté – Article L112-8
- Code de la construction et de l'habitation (Partie Législative) : Chapitre 2 Dispositions spéciales – Section 4 Servitudes de vue – Article L112-9 à L112-14
- Code de la construction et de l'habitation (Partie Réglementaire) : Chapitre 1 Protection contre l'incendie et classification des matériaux – Articles R121-1 à R121-13
- Code de la construction et de l'habitation (Partie Législative et Réglementaire) : Chapitre 3 Protection contre les risques d'incendie et de panique dans les immeubles recevant du public (ERP) – Articles L123-1 à L123-4 – R123-1 à R 123-55
- Code de la construction et de l'habitation (Partie Législative et Réglementaire) : Chapitre 5 Sécurité de certains équipements immeubles par destination – Section 1 Sécurité des ascenseurs – Articles L125-1 à L125-2-4 – R125-1 à R 125-2-8
- Code de la construction et de l'habitation (Partie Législative et Réglementaire) : Chapitre 5 Sécurité de certains équipements d'immeubles par destination – Section 2 Sécurité des portes de garage – Articles L125-3 à L125-5 – R125-3-1 à R 125-5
- Code de la construction et de l'habitation (Partie Réglementaire) : Chapitre 6 Protection contes les risques naturels ou miniers Articles R126-1
- Code de la construction et de l'habitation (Partie Législative et Réglementaire) : Chapitre 8 Sécurité des piscines - Articles L128-1 à L128-3 - R128-1 à R128-4
- Code du travail créé par l'ordonnance n° 2007-329 du 12 mars 2007 pour la Partie Législative, et par décret n°2008-244 du 7 mars 2008 pour la Partie Réglementaire. Titre 3 Hygiène, sécurité et conditions de travail - 4^{ème} partie : Santé et sécurité au travail (Nouveau Code du Travail).
- Code du Travail (Nouvelle Partie Législative et Réglementaire) : Titre 1 Risques chimiques - Chapitre 1 Mise sur le marché des substances et mélanges - Articles L4411-1 à L4411-7, R4411-1 à R4411-86

- Code du Travail (Nouvelle Partie Législative) : Titre 3 Bâtiment et génie civil - Chapitre 1 Principes de prévention - Articles L4531-1 à L4531-3.
- Code de l'urbanisme Livre 1 Règles générales d'aménagement et d'urbanisme.
- Code de l'urbanisme Livre 4 Régime applicable aux constructions, aménagements et démolitions
- Code de l'urbanisme Livre 6 Dispositions relatives au contentieux de l'urbanisme
- Règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique – Etablissements recevant du public (ERP)
- Arrêté du 22 août 2005 portant application à certains aciers de construction du décret n° 92-647 du 8 juillet 1992 modifié concernant l'aptitude à l'usage des produits de construction
- Arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments.
- Arrêté du 28 décembre 2012 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments autres que ceux concernés par le décret du 26 octobre 2010.
- Décret n°2010-1254 du 22 octobre 2010 relatif à la prévention du risque sismique.
- Décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français.
- Arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ».
- Arrêté du 19 juillet 2011 modifiant l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « risque normal ».
- Arrêté du 25 octobre 2012 modifiant l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ».
- Arrêté du 30 mai 1996 relatif aux modalités de classement des infrastructures de transports terrestres et à l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation dans les secteurs affectés par le bruit.
- Arrêté du 25 avril 2003 relatif à la limitation du bruit dans les établissements de santé.
- Arrêté du 03 mai 2007 relatif aux caractéristiques thermiques et la performance énergétique des bâtiments existants.
- Arrêté du 13 juin 2008 relatif à la performance énergétique des bâtiments existants de surface supérieure à 1000 m², lorsqu'ils font l'objet de travaux de rénovation importants.
- Décret n°2011-321 du 23 mars 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils.
- Arrêté du 19 avril 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils.
- Arrêté du 20 février 2012 modifiant l'arrêté du 19 avril 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils.
- Décret n°2011-1728 du 2 décembre 2011 relatif à la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public.
- Décret n°2012-14 du 5 janvier 2012 relatif à l'évaluation des moyens d'aération et à la mesure des polluants effectuée au titre de la surveillance de la qualité de l'air intérieur de certains établissements recevant du public.
- Guide ENS « Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti – Justifications parasismiques pour le bâtiment « à risque normal », MEDDTL/DGALN/DHUP, juillet 2013.
- Décret n°2013-1264 du 23 décembre 2013 relatif à la déclaration environnementale de certains produits de construction destinés à un usage dans les ouvrages de bâtiment.

NORMES ET DTU

- NF EN 1991-1-1 (mars 2003) : Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-1 : Actions générales - Poids volumiques, poids propres, charges d'exploitation des bâtiments (Indice de classement : P06-111-2)
- NF EN 1991-1-3 (avril 2004) : Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-3 : Actions générales - Charges de neige (Indice de classement : P06-113-1)
- NF EN 1991-1-4 (novembre 2005) : Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-4 : Actions générales - Actions du vent + Amendement A1 (octobre 2010) (Indice de classement : P06-114-1)
- NF EN 1991-1-5 (mai 2004) : Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-5 : Actions générales - Actions thermiques (Indice de classement : P06-115-1)
- NF EN 1993-1-1 (octobre 2005) : Eurocode 3 - Calcul des structures en acier - Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments (Indice de classement : P22-311-1)

- NF EN 1993-1-3 (mars 2007) : Eurocode 3 - Calcul des structures en acier - Partie 1-3 : règles générales - Règles supplémentaires pour les profilés et plaques formés à froid (Indice de classement : P22-313)
- NF EN 1993-1-4 (février 2007) : Eurocode 3 - Calcul des structures en aciers - Partie 1-4 : Règles générales - Règles supplémentaires pour les aciers inoxydables (Indice de classement : P22-314)
- NF EN 1993-1-5 (mars 2007) : Eurocode 3 - Calcul des structures en acier - Partie 1-5 : Plaques planes (Indice de classement : P22-315)
- NF EN 1993-1-8 (décembre 2005) : Eurocode 3 - Calcul des structures en acier - Partie 1-8 : Calcul des assemblages (Indice de classement : P22-318-1)
- NF EN 1998-1 (septembre 2005) : Eurocode 8 - Calcul des structures pour leur résistance aux séismes - Partie 1 : Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments + Amendement A1 (mai 2013) (Indice de classement : P06-030-1)
- NF EN 10025 : Produits laminés à chaud en aciers de construction non alliés – Conditions techniques de livraisons.
- NF EN 10130 : Produits plats laminés à froid en acier à bas carbone pour formage à froid – Conditions techniques de livraison.
- NF EN 10346 : Produits plats en acier à bas carbone revêtus en continu par immersion à chaud – Conditions techniques de livraison.
- NF EN 10143 : Tôles et bandes en acier revêtues en continu par immersion à chaud – Tolérances sur les dimensions et sur la forme.
- NF A 36-345 : Produits sidérurgiques – Tôles d'acier revêtues en continu d'aluminium – Feuilles et bobines.
- P34-310 : Tôles et bandes en acier de construction galvanisées à chaud en continu destinées au bâtiment – classification et essais.
- GA A36-335 : Guide d'application des normes P34-310 et NF EN 10346.
- NF EN ISO 1461 : Revêtements par galvanisation à chaud sur produits finis ferreux – Spécifications et méthodes d'essais (Remplace la norme homologuée NF A 91-121 d'août 1987).
- Confère Normes NF EN 10346 et ETPM associée (Enquête Technique Préalable de Matériau) pour le domaine d'emploi.
- XP P 34-301 : Tôles et bandes en acier de construction galvanisées prélaquées ou revêtues d'un film organique calandré destiné au bâtiment – Conditions techniques de livraison.
- NF EN 10169 : Produits plats en acier revêtus en continu de matières organiques (prélaqués) – Conditions techniques de livraison.
- NF EN 10169, amendement A1.
- GA A36-355 : Guide d'application de la norme NF EN 10169-3.
- GA A36-351 : Guide d'application des normes NF EN 10169-2 et XP P 34-301.
- NF P 24-351 : Menuiserie métallique – Fenêtres, façades rideaux, semi-rideaux, panneaux à ossature métallique – Protection contre la corrosion et préservation des états de surface.
- NF EN 10088-1 : Aciers inoxydables – Partie 1 : Liste des aciers inoxydables.
- NF EN 1088-2 : Aciers inoxydables – Partie 2 : Conditions techniques de livraison des tôles et bandes en acier de résistance à la corrosion pour usage général.
- NF EN 508-3 : Produits de couverture en tôle métallique. Spécification pour les plaques de couverture en tôle d'acier, d'aluminium ou d'acier inoxydable. Partie 3 : acier inoxydable.
- NF EN 14782 : Plaques métalliques autoportantes pour couvertures, bardages extérieurs et intérieurs et cloisons – Spécifications produits et exigences.
- NF P 34-503 : Plaques profilées en tôles d'acier revêtues ou non et panneaux – Essais de flexion sous charges linéaires et/ou sous charges concentrées.
- NF EN 1604/A1 : Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment – Détermination de la stabilité dimensionnelle dans des conditions de température et d'humidité spécifiées.
- NF EN 1604 : Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment – Détermination de la stabilité dimensionnelle dans des conditions de température et d'humidité spécifiées.
- NF EN 1609/A1 : Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment – Détermination de l'absorption d'eau à court terme : essai par immersion partielle.
- NF EN 1609 : Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment – Détermination de l'absorption d'eau à court terme : essai par immersion partielle.
- NF EN 12087/A1 : Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment – Détermination de l'absorption d'eau à long terme – Essai par immersion.
- NF EN 12087 : Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment – Détermination de l'absorption d'eau à long terme – Essai par immersion.

- NF EN 13162 : Produits isolants thermiques pour le bâtiment – Produits manufacturés en laine minérale (MW) – Spécification.
- NF EN 13163 : Produits isolants thermiques pour le bâtiment – Produits manufacturés en polystyrène expansé (EPS) – Spécification.
- NF EN 13164 : Produits isolants thermiques pour le bâtiment – Produits manufacturés en mousse de polystyrène extrudé (XPS) – Spécification.
- NF EN 13165 : Produits isolants thermiques pour le bâtiment – Produits manufacturés en mousse rigide de polyuréthane (PU) – Spécification.
- NF EN 13167 : Produits isolants thermiques pour le bâtiment – Produits manufacturés en verre cellulaire (CG) – Spécification.
- NF EN ISO 10140-1/A1 : Acoustique – Mesurage en laboratoire de l'isolation acoustique des éléments de construction – Partie 1 : règles d'application pour produits particuliers – Amendement 1 : lignes directrices pour la détermination de l'indice de réduction acoustique de joints comblés de matière de remplissage et /ou d'éléments d'étanchéité.
- NF EN ISO 10140-3 : Acoustique – Mesurage en laboratoire de l'isolation acoustique des éléments de construction – Partie 3 : mesurage de l'isolation au bruit de choc.
- NF EN 20140-2 : Acoustique – Mesurage de l'isolation acoustique des immeubles et des éléments de construction. Partie 2 : détermination, vérification et application des données de fidélité.
- NF EN ISO 717-1 : Acoustique – Evaluation de l'isolement acoustique des immeubles et des éléments de construction – Partie 1 : isolement aux bruits aériens.
- NF EN ISO 354 : Acoustique – Mesurage de l'absorption acoustique en salle réverbérante.
- NF EN ISO 11654 : Acoustique – Absorbants pour l'utilisation dans les bâtiments – Evaluation de l'absorption acoustique.
- ISO 9613-1 : Acoustique – Atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre. Partie 1 : calcul de l'absorption atmosphérique.
- ISO 9613-2 : Acoustique – Atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre. Partie 2 : méthode générale de calcul.
- NA A 35-053 : Fil machine non allié pour fabrication réalisé par formage à chaud ou à froid – Qualités.
- NF EN 10084 : Aciers pour cémentation – Conditions techniques de livraison.
- NF P 30-314 : Travaux de couverture et de bardage – Détermination de la résistance caractéristique d'assemblage des plaques en tôle d'acier ou d'aluminium au support.
- NF A 91-472 : Traitement de chromatation des dépôts électrolytiques de zinc ou de cadmium – Spécifications et méthodes d'essai.
- NF P 34-205-1 : Travaux de bâtiment – Couverture en plaques nervurées issues de tôles d'acier revêtues – Partie 1 : Cahier des clauses techniques. Références DTU 40.35.
- XP P 34-301 : Tôles et bandes en acier de construction galvanisées prélaquées ou revêtues d'un film organique calandé destinées au bâtiment – Conditions techniques de livraison.
- NF EN 1301-1 : Aluminium et alliages d'aluminium – Fil étiré – Partie 1 : conditions techniques de contrôle et de livraison.
- NF EN 10088-2 : Aciers inoxydables – Partie 2 : conditions techniques de livraison des tôles et bandes en acier de résistance à la corrosion pour usage général.
- NF EN ISO 1461 : Revêtements par galvanisation à chaud sur produits finis en fonte et en acier – Spécifications et méthodes d'essai.
- NF EN ISO 3231 : Peintures et vernis – Détermination de la résistance aux atmosphères humides contenant du dioxyde de soufre.
- NF EN ISO 3506-1 : Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier inoxydable résistant à la corrosion – Partie 1 : vis et goujons.
- NF P 30-305 : Couverture de bâtiment – Compléments d'étanchéité préformés pour couverture métallique – spécifications – essais.
- NF EN ISO 11600 : Construction immobilière – Produits pour joints - Classification et exigences pour les mastics.
- NF EN ISO 11600/A1 : Construction immobilière – Produits pour joints – Classification et exigences pour les mastics.
- NF P 85-301 : Profilés pour joints dans les façades légères – Matériaux à base de caoutchouc.
- NF DTU 44.1 : Travaux de bâtiment – Etanchéité des joints de façade par mise en œuvre de mastics.
-

REGLES

- Règles NV65 (DTU P06-002) (février 2009) : Règles de calcul définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions et annexes (Règle DTU de calcul retirée) (Indice de classement : P06-002)
- Règlement (UE) N° 305/2011 du parlement Européen et du conseil du 9 mars 2011 établissant des conditions harmonisées de commercialisation pour les produits de construction et abrogeant la directive 89/106/CEE du Conseil.

CAHIERS DU CSTB

- Cahier CSTB 3732, mars 2013 : Actions climatiques à prendre en compte pour le dimensionnement aux états limites des ouvrages de bardage et de couverture en panneaux sandwichs faisant l'objet d'un Document Technique d'Application.

17.02 PRESCRIPTIONS TECHNIQUES PARTICULIERES STRUCTURE METALLIQUE

17.02.00 Produits constitutifs

Les produits constitutifs doivent être conformes aux exigences énoncées à l'[Article 5](#) de la NF EN 1090-2, complétées le cas échéant par :

- les exigences supplémentaires requises et les options retenues dans respectivement les [Tableaux A.1](#) et [A.2](#) de l'Annexe A de la NF EN 1090-2 ;
- les prescriptions complémentaires applicables énoncées à l'[Article 4](#) de la NF P 22-101-2/CN et les spécifications additionnelles retenues dans ce document.

17.02.00.00 Généralités

En général, les produits constitutifs devant être utilisés pour l'exécution des structures en acier doivent être choisis dans les Normes européennes applicables indiquées dans les articles suivants. Si des produits constitutifs non couverts par les normes répertoriées doivent être utilisés, leurs propriétés doivent être spécifiées.

Les définitions et prescriptions de l'EN 10021 doivent s'appliquer avec celles de la Norme européenne de produit applicable.

17.02.00.01 Identification, documents de contrôle et traçabilité

Les propriétés des produits constitutifs fournis doivent être indiquées dans des documents de façon à pouvoir les comparer aux propriétés spécifiées. Leur conformité à la norme de produit applicable doit être vérifiée.

Pour les produits métalliques, les documents de contrôle selon l'EN 10204 doivent être tels qu'énumérés au Tableau 1.

Produit constitutif	Documents de contrôle
Aciers de construction (Tableaux 2 et 3)	selon Tableau B.1 de l'EN 10025-1:2004 a), b)
Aciers inoxydables (Tableau 4)	3.1
Aciers moulés	selon Tableau B.1 de l'EN 10340:2007
Produits consommables pour le soudage (Tableau 5)	2.2
Boulonnerie de construction	2.1 c)
Rivets à chaud	2.1 c)
Vis autotaraudeuses et autoperceuses et rivets aveugles	2.1
Goujons pour soudage à l'arc	2.1 c)
Joints de dilatation pour ponts	3.1
Câbles à haute résistance	3.1
Appareils d'appui structuraux	3.1
<p>a) Pour les aciers S355JR et J0, un certificat de réception 3.1 est exigé pour les classes EXC2, EXC3 et EXC4.</p> <p>b) L'EN 10025-1 requiert que les éléments inclus dans la formule CEV soient consignés dans le document de contrôle. Il convient d'inclure Al, Nb et Ti dans le rapport relatif aux autres éléments ajoutés requis par l'EN 10025-2.</p> <p>c) Si un certificat 3.1 est requis, il peut être remplacé par une marque d'identification du lot de fabrication.</p>	

Tableau 1 Documents de contrôle pour les produits métalliques

Pour les classes d'exécution EXC3 et EXC4, la traçabilité des produits constitutifs doit être assurée à toutes les étapes, depuis l'approvisionnement jusqu'à la réception après incorporation dans l'ouvrage.

Cette traçabilité peut être basée sur des enregistrements concernant des lots de produit destinés à une gamme de fabrication commune, à moins qu'une traçabilité individuelle ne soit requise.

Pour les classes d'exécution EXC2, EXC3 et EXC4, si différentes nuances et/ou qualités de produits constitutifs se trouvent ensemble en circulation, chaque article doit être pourvu d'un marquage identifiant sa nuance.

Les méthodes de marquage doivent être conformes.

Si un marquage est exigé, les produits constitutifs non marqués doivent être traités comme des produits non conformes.

17.02.00.02 Aciers de construction

Généralités

Sauf spécification contraire, les produits en acier de construction doivent être conformes aux exigences des normes de produit européennes applicables énumérées dans les Tableaux 2, 3 et 4. Les nuances, qualités et, si nécessaire, les masses de revêtement et finitions, doivent être spécifiées, ainsi que les options requises autorisées par la norme de produit, y compris celles se rapportant à l'aptitude au zingage par immersion à chaud, si nécessaire.

Les produits en acier devant être utilisés pour la fabrication d'éléments formés à froid doivent présenter des caractéristiques qui sont conformes à l'aptitude requise pour le formage à froid. Le [Tableau 3](#) énumère les aciers au carbone aptes au formage à froid.

Produits	Conditions techniques de livraison	Dimensions	Tolérances
Profilés I et H	EN 10025-1 et EN 10025-2 EN 10025-3 EN 10025-4 EN 10025-5 EN 10025-6 selon le cas	Non disponible	EN 10034
Profilés en I à ailes inclinées laminés à chaud		Non disponible	EN 10024
Profilés en U		Non disponible	EN 10279
Cornières à ailes égales et inégales		EN 10056-1	EN 10056-2
Fers T		EN 10055	EN 10055
Tôles, plats, larges plats		Sans objet	EN 10029 EN 10051
Barres et profils		EN 10017, EN 10058, EN 10059, EN 10060, EN 10061	EN 10017, EN 10058, EN 10059, EN 10060, EN 10061
Profils creux finis à chaud	EN 10210-1	EN 10210-2	EN 10210-2
Profils creux formés à froid	EN 10219-1	EN 10219-2	EN 10219-2
NOTE L'EN 10020 donne les définitions et la classification des nuances d'acier. Les désignations symboliques et les désignations numériques des aciers sont respectivement données dans les EN 10027-1 et EN 10027-2.			

Tableau 2 Normes de produit pour les aciers de construction au carbone

Produits	Conditions techniques de livraison	Tolérances
Aciers de construction non alliés	EN 10025-2	EN 10051
Aciers de construction soudables à grains fins	EN 10025-3, EN 10025-4	EN 10051
Aciers à haute limite d'élasticité pour formage à froid	EN 10149 A1, EN 10268	EN 10029, EN 10048, EN 10051, EN 10131, EN 10140 A1
Aciers laminés à froid	ISO 4997	EN 10131
Aciers revêtus en continu par immersion à chaud	EN 10346 A1	EN 10143
Produits plats en acier revêtus en continu de matières organiques	EN 10169 A1	EN 10169 A1
Feuillards	EN 10139	EN 10048 EN 10140

Tableau 3 Normes de produit pour tôles et bandes aptes au formage à froid

Produits	Conditions techniques de livraison	Tolérances
Tôles, plaques et bandes	EN 10088-2	EN 10029, EN 10048, EN 10051, EN ISO 9445
Tubes (soudés)	EN 10296-2	EN ISO 1127
Tubes (sans soudure)	EN 10297-2	
Barres, fils-machine et profils	EN 10088-3	EN 10017, EN 10058, EN 10059, EN 10060, EN 10061
NOTE Les désignations symboliques et numériques des aciers sont données dans l'EN 10088-1.		

Tableau 4 Normes de produit pour les aciers inoxydables

17.02.00.03 Tolérances d'épaisseur

Sauf spécification contraire, et conformément à l'[EN 10029](#), les tolérances d'épaisseur pour les tôles d'acier de construction doivent être les suivantes :

EXC4 : Classe B.

Pour les autres produits en acier de construction et acier inoxydable, la classe d'épaisseur A doit être utilisée, sauf spécification contraire.

17.02.00.04 Etats de surface

Pour les aciers au carbone, les exigences relatives à l'état de surface sont les suivantes :

- classe A2 pour les plaques et les larges plats conformes aux exigences de l'EN 10163-2 ;
- classe C1 pour les profilés conformes aux exigences de l'EN 10163-3. Le cahier des charges d'exécution doit spécifier si les imperfections telles que les fissures, écailles et criques doivent être réparées.

Si des états de surfaces plus restrictifs sont requis pour les plaques des classes d'exécution EXC3 et EXC4, ils doivent être spécifiés.

Les exigences relatives aux finitions de surface des aciers inoxydables doivent être les suivantes :

- tôles, larges bandes et larges bandes refendues : conformément aux prescriptions de l'EN 10088-2 ;
- barres, fils machine et profils : conformément aux prescriptions de l'EN 10088-3.

Les exigences supplémentaires relatives aux points suivants : restrictions particulières concernant les imperfections de surface ou réparation des défauts superficiels par meulage conformément à l'EN 10163, ou à l'EN 10088 pour l'acier inoxydable, doivent être spécifiées.

Pour les autres produits, les exigences relatives aux finitions de surface doivent être spécifiées en termes de spécifications européennes et internationales.

Si la spécification applicable ne définit pas avec précision les finitions de surface décoratives ou particulières, le type de finition doit être spécifié.

L'état de surface des produits constitutifs doit être satisfaite.

17.02.00.05 Caractéristiques particulières

Pour les classes d'exécution EXC3 et EXC4, la classe de qualité S1 de discontinuités interne selon l'EN 10160 doit être [A1[utilisée]A1] pour les assemblages soudés en croix transmettant des contraintes principales de traction dans l'épaisseur de la tôle, sur une bande dont la largeur est quatre fois l'épaisseur de la tôle de chaque côté de la liaison proposée.

Il doit être spécifié s'il convient de rechercher l'existence de discontinuités internes dans les zones situées à proximité de diaphragmes ou de raidisseurs d'appui. Dans ce cas, la classe de qualité S1 de l'EN 10160 doit s'appliquer à une bande de semelle ou d'âme dont la largeur est 25 fois l'épaisseur de la tôle de chaque côté du diaphragme ou du raidisseur d'appui, si l'assemblage est réalisé par soudage.

De plus, les exigences liées aux points suivants doivent être spécifiées, le cas échéant :

- a. essais effectués sur les produits constitutifs, autres qu'en aciers inoxydables, en vue d'identifier les discontinuités internes ou fissures dans les zones à souder ;
- b. caractéristiques de déformation améliorées dans le sens perpendiculaire à la surface des produits constitutifs, autres qu'en aciers inoxydables, conformément à l'EN 10164 ;
- c. conditions particulières de livraison des aciers inoxydables, par exemple essai de résistance à la corrosion par piqûres en milieu azoté (PRE(N)) ou essai de corrosion accéléré. Sauf spécification contraire, le PRE(N) doit être donné par $(Cr + 3,3 Mo + 16 N)$, les éléments étant en pourcentage de leur masse ;
- d. conditions de traitement si les produits constitutifs doivent être traités avant la livraison.

17.02.00.06 Aciers moulés

Les aciers moulés doivent être conformes aux exigences de l'EN 10340. Les nuances, qualités et, si nécessaire, les finitions doivent être spécifiées ainsi que toutes les options requises autorisées par la [A1[norme de produit contenant les informations et options nécessaires telles que requises dans l'EN 1559-1 et l'EN 1559-2]A1].

17.02.00.07 Produits consommables pour le soudage

Tous les produits consommables pour le soudage doivent être conformes aux prescriptions de l'EN 13479 et de la norme de produit appropriée, tel qu'indiqué dans le Tableau 5.

Produits consommables pour le soudage	Normes de produit
Gaz de protection pour le soudage et le coupage à l'arc	EN ISO 14175
Fils-électrodes et dépôts pour le soudage à l'arc sous gaz des aciers non alliés et des aciers à grains fins	EN ISO 14341
Fils pleins, fils fourrés et couples fils-flux pour le soudage à l'arc sous flux des aciers non alliés et à grains fins	EN 756
Électrodes enrobées pour le soudage manuel à l'arc des aciers à haute résistance	EN 757
Fils fourrés pour le soudage à l'arc avec ou sans protection gazeuse des aciers non alliés et à grains fins	EN ISO 17632
Flux pour le soudage à l'arc sous flux	EN 760
Électrodes enrobées pour le soudage manuel à l'arc des aciers inoxydables et des aciers résistant aux températures élevées	EN 1600
Baguettes, fils d'apport et dépôts pour le soudage sous atmosphère inerte avec électrode réfractaire des aciers non alliés et des aciers à grains fins	EN ISO 636
Électrodes enrobées pour le soudage manuel à l'arc des aciers non alliés et des aciers à grains fins	EN ISO 2560
Fils-électrodes, fils d'apport et baguettes d'apport pour le soudage à l'arc des aciers inoxydables et des aciers résistant aux températures élevées	EN ISO 14343
Fils-électrodes, fils, baguettes et dépôts en soudage à l'arc sous protection gazeuse des aciers à haute résistance	EN ISO 16834
Fils-électrodes pleins et fils-électrodes fourrés et couples fils-flux pour le soudage sous flux des aciers à haute résistance	EN 14295
Fils fourrés pour le soudage à l'arc avec ou sans protection gazeuse des aciers inoxydables et des aciers résistant aux températures élevées	EN ISO 17633
Fils fourrés pour le soudage à l'arc sous protection gazeuse des aciers à haute résistance	EN ISO 18276

Tableau 5 Normes de produit relatives aux produits consommables pour le soudage

Le type de produits consommables pour le soudage doit être approprié au procédé de soudage, au matériau à souder et au mode opératoire de soudage.

Pour les nuances d'acier supérieures à S355, l'utilisation de produits consommables et de flux ayant un indice de basicité moyen à élevé est recommandée pour les procédés de soudage : 111, 114, 121, 122, 136, 137 (voir les définitions des procédés de soudage ci-dessous).

Pour le soudage d'un acier conforme à l'EN 10025-5, on doit utiliser des produits consommables permettant de garantir que les soudures finies auront une résistance à la corrosion atmosphérique au moins équivalente à celle du métal de base. Sauf spécification contraire, l'une des options proposées dans le Tableau 6 doit être utilisée.

Procédé	Option 1	Option 2	Option 3
111	Adéquation	2,5 % Ni	1 % Cr 0,5 % Mo
135	Adéquation	2,5 % Ni	1 % Cr 0,5 % Mo
121,122	Adéquation	2 % Ni	1 % Cr 0,5 % Mo
Adéquation : 0,5 % Cu et autres éléments d'alliage.			
NOTE Voir aussi 7.5.10.			

Tableau 6 Produits consommables pour le soudage à utiliser avec les aciers conformes à l'EN 10025-5

Pour le soudage des aciers inoxydables, on doit utiliser des produits consommables donnant des dépôts de soudure ayant une résistance à la corrosion au moins équivalente à celle du métal de base.

Procédés de soudage :

Le soudage peut être réalisé par les procédés de soudage suivants définis dans l'EN ISO 4063.

- 111 : soudage manuel à l'arc (soudage à l'arc avec électrode enrobée) ;
- 114 : soudage à l'arc avec fil fourré auto-protecteur ;
- 121 : soudage à l'arc sous flux avec un fil-électrode ;
- 122 : soudage à l'arc sous flux avec électrode en feuillard ;
- 123 : soudage à l'arc sous flux avec fils-électrodes multiples ;
- 124 : soudage à l'arc sous flux avec addition de poudre métallique ;
- 125 : soudage à l'arc sous flux avec fil fourré ;
- 131 : soudage à l'arc sous protection de gaz inerte avec fil-électrode fusible ; soudage MIG ;
- 135 : soudage à l'arc sous protection de gaz actif avec fil-électrode fusible ; soudage MAG ;
- 136 : soudage à l'arc sous protection de gaz actif avec fil-électrode fourré ;
- 137 : soudage à l'arc sous protection de gaz inerte avec fil-électrode fourré ;
- 141 : soudage à l'arc sous protection de gaz inerte avec électrode de tungstène ; soudage TIG ;
- 21 : soudage par résistance par points ;
- 22 : soudage à la molette ;
- 23 : soudage par bossages ;
- 24 : soudage par étincelage ;
- 42 : soudage par friction ;
- 52 : soudage laser ;
- 783 : soudage à l'arc des goujons par fusion et forgeage avec bague en céramique ou gaz de protection ;
- 784 : soudage à l'arc des goujons avec cycle court.

Les procédés de soudage par résistance 21, 22 et 23 ne doivent être employés que pour exécuter le soudage d'éléments en acier de faible épaisseur. Des informations complémentaires sont données :

- dans l'EN ISO 14373 pour le procédé 21 (soudage par résistance par points),
- dans l'EN ISO 16433 pour le procédé 22 (soudage à la molette),
- dans l'EN ISO 16432 pour le procédé 23 (soudage par bossages).

Le diamètre des soudures par points et par bossages doit être vérifié en cours de production par un essai de pelage ou de déboutonnage au burin conformément à l'EN ISO 10447.

Les autres procédés de soudage ne doivent être utilisés que s'ils sont explicitement spécifiés.

17.02.00.08 Eléments de fixation mécaniques

17.02.00.08.00 Généralités

La résistance à la corrosion des connecteurs, éléments de fixation et rondelles d'étanchéité doit être comparable à celle spécifiée pour les éléments fixés.

Les revêtements de galvanisation à chaud des éléments de fixation doivent être conformes à l'EN ISO 10684.

[A1] Les revêtements électrolytiques des éléments de fixation doivent être conformes à l'EN ISO 4042.]A1]

Les revêtements de protection des composants des éléments de fixation doivent satisfaire aux exigences de la norme de produit pertinente ou, à défaut, aux recommandations du fabricant.

17.02.00.08.01 Terminologie

Dans le corps du texte, on utilise la terminologie suivante :

- a. « rondelle » signifie : « rondelle plate ou rondelle plate chanfreinée » ;
- b. « boulon » signifie : « une vis avec un écrou et rondelle(s) si nécessaire(s) ».

17.02.00.08.02 Boulons de construction destinés à des applications non précontraintes

Les boulons de construction destinés à des applications non précontraintes en acier au carbone ou allié et en acier inoxydable austénitique doivent être conformes à l'EN 15048-1.

Les boulons conformes à l'EN 14399-1 peuvent aussi être utilisés pour des applications non précontraintes.

Les classes de qualité des vis et écrous et, si nécessaire, les finitions de surface doivent être spécifiées ainsi que toutes les options requises autorisées par la norme de produit.

Les caractéristiques mécaniques doivent être précisées pour :

- les boulons en acier au carbone ou allié dont le diamètre est supérieur à ceux spécifiés dans l'EN ISO 898-1 et l'EN 20898-2 ;
- les boulons en acier inoxydable austénitique dont le diamètre est supérieur à ceux spécifiés dans l'EN ISO 3506-1 et l'EN 3506-2 ;
- les [A1[boulons]A1] en acier austéno-ferritique.

Sauf spécification contraire, les éléments de fixation conformes à l'EN ISO 898-1 et à l'EN 20898-2 ne doivent pas être utilisés pour assembler des aciers inoxydables conformes à l'EN 10088. Si des kits d'isolation doivent être utilisés, tous les détails concernant leur utilisation doivent être spécifiés.

17.02.00.08.03 Boulons de construction aptes à la précontrainte

Les boulons de construction à haute résistance aptes à la précontrainte comprennent les boulons du système HR, du système HV, et les boulons HRC. Ils doivent être conformes aux prescriptions de l'EN 14399-1 et de la Norme européenne appropriée, tel qu'indiqué dans le Tableau 7.

Les classes de qualité des vis et écrous et, si nécessaire, les finitions de surface doivent être spécifiées ainsi que toutes les options requises autorisées par la norme de produit.

Vis et écrous	Rondelles
EN 14399-3 EN 14399-4 EN 14399-7 EN 14399-8 [A1] EN 14399-10 [A1]	EN 14399-5 EN 14399-6

Tableau 7 Normes de produit pour les boulons de construction à haute résistance aptes à la précontrainte

Sauf spécification contraire, les vis en acier inoxydable ne doivent pas être utilisées dans les applications précontraintes. Si elles sont utilisées, elles doivent être traitées comme des éléments de fixation particuliers.

17.02.00.08.04 Indicateurs directs de précontrainte

Les indicateurs directs de précontrainte, ainsi que les rondelles durcies associées à placer sous l'écrou et la tête de la vis, doivent être conformes [A1[à l'EN 14399-9]A1].

Les indicateurs directs de précontrainte ne doivent pas être utilisés avec les aciers de construction à résistance améliorée à la corrosion atmosphérique, ni avec les aciers inoxydables.

17.02.00.08.05 Boulons résistant à la corrosion atmosphérique

Les boulons résistant à la corrosion atmosphérique doivent être fabriqués à partir d'un matériau à résistance améliorée à la corrosion atmosphérique dont la composition chimique doit être spécifiée.

Leurs caractéristiques mécaniques, performances et conditions de livraison doivent être conformes aux exigences de l'EN 14399-1 ou de l'EN 15048-1 selon le cas.

17.02.00.08.06 Boulons d'ancrage

Les boulons d'ancrage doivent avoir des caractéristiques mécaniques conformes à l'EN ISO 898-1 ou être fabriqués à partir d'un acier laminé à chaud conforme aux EN 10025-2 à EN 10025-4. Si spécifié, il est permis d'utiliser des aciers pour béton armé. Dans ce cas, ils doivent être conformes à l'[EN 10080](#) et la nuance d'acier doit être spécifiée.

17.02.00.08.07 Dispositifs de blocage

Si requis, les dispositifs de blocage, tels que les écrous auto freinés ou autres types de boulons qui empêchent efficacement tout desserrage de l'assemblage en cas d'impact ou de vibration importante, doivent être spécifiés.

Sauf indication contraire, il est permis d'utiliser les produits conformes aux EN ISO 2320, EN ISO 7040, EN ISO 7042, EN ISO 7719, EN ISO 10511, EN ISO 10512 et EN ISO 10513.

17.02.00.08.08 Rondelles

1. Rondelles plates

Les rondelles spécifiées dans l'EN ISO 7089, l'EN ISO 7090, l'EN ISO 7091, l'EN ISO 7092, l'EN ISO 7093 ou l'EN ISO 7094 peuvent être utilisées pour les aciers au carbone. Les rondelles spécifiées dans l'EN ISO 7089, l'EN ISO 7090, l'EN ISO 7092 ou l'EN ISO 7093-1 peuvent être utilisées pour les aciers inoxydables. La dureté des rondelles doit être conforme aux exigences de l'EN 15048-1.

2. Rondelles biaises

Les rondelles biaises doivent être conformes à la norme de produit applicable. [A1]

17.02.00.08.09 Rivets à chaud

Les rivets à chaud doivent être conformes à la norme de produit applicable.

17.02.00.08.10 Eléments de fixation pour éléments minces

Les vis autoperceuses doivent être conformes à l'EN ISO 15480 et les vis autotaraudeuses à l'EN ISO 1481, EN ISO 7049, EN ISO 1479 ou ISO 10509.

Les rivets aveugles doivent être conformes à l'EN ISO 15976, EN ISO 15979, EN ISO 15980, EN ISO 15983 ou EN ISO 15984.

Les clous pour pistoscellement par charge explosive et par air comprimé doivent être classés comme des éléments de fixation particuliers.

Les éléments de fixation mécaniques destinés à être utilisés dans des applications avec collaboration des parois doivent être d'un type spécifié pour une telle application.

17.02.08.00.11 Eléments de fixation particuliers

Les éléments de fixation particuliers sont des éléments de fixation qui ne sont pas couverts dans des normes européennes ou internationales. Ils doivent être spécifiés, tout comme les essais nécessaires.

Les boulons hexagonaux injectés doivent être classés comme éléments de fixation particuliers.

17.02.08.00.10 Goujons et connecteurs de cisaillement

Les goujons pour soudage à l'arc, y compris les connecteurs de cisaillement pour la construction mixte acier/béton, doivent être conformes aux exigences de l'EN ISO 13918.

Les connecteurs de cisaillement autres que du type goujon doivent être classés comme éléments de fixation particuliers.

17.02.00.09 Matériaux de scellement

Les matériaux de scellement à utiliser doivent être spécifiés. Ce doit être un coulis à base de ciment, un coulis spécial ou un béton fin.

Les coulis à base de ciment utilisés entre les platines métalliques ou plaques d'appui et les fondations en béton doivent être comme suit :

- a. pour une épaisseur nominale n'excédant pas 25 mm : ciment Portland pur ;

- b. pour une épaisseur nominale de 25 à 50 mm : mortier de ciment Portland fluide dont la teneur en ciment mélangé avec un granulat fin ne doit pas être inférieure à 1:1 ;
- c. pour une épaisseur nominale de 50 mm et plus : mortier de ciment Portland aussi sec que possible dont la teneur en ciment mélangé avec un granulat fin ne doit pas être inférieure à 1:2.

Les coulis spéciaux comprennent des produits à base de ciment contenant des adjuvants, des produits expansifs et des produits à base de résine. Les produits présentant un faible retrait sont recommandés.

Les coulis spéciaux doivent être accompagnés d'instructions détaillées de mise en œuvre attestées par le fabricant.

Le béton fin ne doit être utilisé qu'entre des platines métalliques ou plaques d'appui et des fondations en béton présentant un espace d'une épaisseur nominale de 50 mm et plus.

17.02.00.10 Câbles à haute résistance, tirants et terminaisons

Les fils pour câbles à haute résistance doivent être des fils en acier étirés à froid ou laminés à froid, conformes aux exigences de l'EN 10264-3 ou EN 10264-4. La valeur de la résistance à la traction doit être spécifiée ainsi que, si nécessaire, la classe de revêtement selon l'EN 10244-2.

Les torons de câbles à haute résistance doivent être conformes aux prescriptions de l'EN 10138-3. La désignation et la classe du toron doivent être spécifiées.

Les câbles en acier doivent être conformes aux prescriptions de l'EN 12385-1 et de l'EN 12385-10. Les valeurs minimales de charge de rupture et de diamètre du câble en acier doivent être spécifiées ainsi que, si nécessaire, les exigences concernant la protection contre la corrosion.

Le matériau de remplissage des culots doit être conforme aux prescriptions de l'EN 13411-4. Il doit être choisi en tenant compte de la température de service et des actions de manière à éviter le fluage prolongé du toron en charge dans le culot.

17.02.00.11 Appareils d'appui structuraux

Les appareils d'appui structuraux doivent être conformes aux exigences de l'EN 1337-2, EN 1337-3, EN 1337-4, EN 1337-5, EN 1337-6, EN 1337-7 ou EN 1337-8 selon le cas.

17.02.01 Préparation et assemblage

17.02.01.00 Généralités

Le présent article spécifie les exigences pour le coupage, le formage, le perçage et l'assemblage d'éléments constitutifs en acier en vue d'une incorporation dans des ensembles.

Les charpentes en acier doivent être fabriquées en respectant les prescriptions du traitement des surfaces et les tolérances géométriques.

Les équipements utilisés dans le procédé de fabrication doivent être entretenus afin de s'assurer que l'utilisation, l'usure et la défaillance ne provoqueront pas d'irrégularité significative dans le procédé de fabrication.

17.02.01.01 Identification

À toutes les étapes de la fabrication, chaque pièce ou chaque ensemble de pièces similaires d'éléments en acier doit être identifiable au moyen d'un système approprié. Pour EXC3 et EXC4, les éléments terminés doivent être identifiés par rapport aux documents de contrôle.

L'identification peut être réalisée, selon le cas, par une mise en lots, par la forme et les dimensions de l'élément ou par l'utilisation de marques distinctes et durables appliquées de manière à ne provoquer aucune dégradation. Les encoches pratiquées au burin ne sont pas autorisées.

Sauf spécification contraire, les prescriptions suivantes s'appliquent aux marques frappées à froid, poinçonnées ou forées utilisés pour marquer des éléments isolés ou des ensembles de pièces similaires :

- a. ces marquages sont permis seulement pour les nuances d'acier jusqu'à S355 compris ;
- b. ils ne doivent pas être utilisés pour les aciers inoxydables ;
- c. ils ne doivent pas être utilisés sur les aciers revêtus pour éléments formés à froid ;
- d. ils doivent être utilisés uniquement dans les zones spécifiées où la méthode de marquage n'aurait aucun effet sur la résistance à la fatigue.

Si la frappe à froid ou des marques poinçonnées ou forées ne doivent pas être utilisées, on doit spécifier s'il est permis d'utiliser des tampons souples ou des poinçons arrondis.

Sauf spécification contraire, il est permis d'utiliser des tampons souples ou des poinçons arrondis pour les aciers inoxydables.

Toutes les zones dans lesquelles les marques d'identification ne sont pas autorisées ou ne doivent pas être visibles une fois l'exécution terminée, doivent être spécifiées.

17.02.01.02 Manutention et stockage

Les produits constitutifs doivent être manutentionnés et stockés dans des conditions conformes aux recommandations du fabricant.

Un produit constitutif ne doit pas être utilisé au-delà de la durée de stockage spécifiée par le fabricant. Les produits qui ont été manipulés ou stockés d'une manière ou pendant une durée qui a pu entraîner une dégradation significative doivent être vérifiés avant utilisation afin de s'assurer qu'ils demeurent conformes à la norme de produit applicable.

Les éléments de construction en acier doivent être colisés, manipulés et transportés en toute sécurité de façon à éviter les déformations permanentes et à minimiser les dommages de surface.

17.02.02 Coupage

17.02.02.00 Généralités

Le coupage doit être réalisé de manière à satisfaire aux exigences en matière de tolérances géométriques, dureté maximale et régularité des chants, telles que spécifiées dans la présente Norme européenne.

Si le procédé n'est pas conforme, il ne doit pas être utilisé avant correction et nouvel essai. Il peut toutefois être utilisé sur une gamme limitée de produits constitutifs présentant des résultats conformes.

Si des produits revêtus sont utilisés, le procédé de coupage doit être choisi de manière à réduire au minimum les dommages au revêtement

Les bavures susceptibles de provoquer des blessures ou d'empêcher un alignement ou une pose correcte des profils ou tôles doivent être éliminées.

17.02.02.01 Cisaillage et grignotage

La surface des chants doit être vérifiée et lissée, si nécessaire, pour éliminer les défauts significatifs. Si un meulage ou un usinage est pratiqué après cisaillage ou grignotage, la profondeur minimale de meulage ou d'usinage doit être de 0,5 mm.

17.02.02.02 Coupage thermique

La validité des procédés de coupage thermique doit être vérifiée périodiquement comme indiqué ci-dessous.

Quatre échantillons doivent être découpés dans le produit constitutif par le procédé devant être utilisé :

1. une coupe droite dans le produit constitutif présentant la plus forte épaisseur ;
2. une coupe droite dans le produit constitutif présentant la plus faible épaisseur ;
3. un angle vif dans une épaisseur représentative ;
4. un arc de cercle dans une épaisseur représentative.

Des mesures doivent être effectuées sur chacun des échantillons droits sur une longueur d'au moins 200 mm, et comparées à la classe de qualité prescrite. Les échantillons avec angle vif et arc de cercle doivent être contrôlés pour vérifier que leurs bords présentent une qualité équivalente à ceux des échantillons droits.

La qualité des surfaces de coupe définie selon l'EN ISO 9013 doit être la suivante :

- a. pour la classe d'exécution EXC1, les chants qui ne présentent pas d'irrégularité importante sont acceptables à condition que toute scorie soit éliminée. En ce qui concerne la tolérance de perpendicularité ou d'angularité, u , la plage 5 peut être utilisée ;
- b. le Tableau 9 spécifie les exigences relatives aux autres classes d'exécution.

	Tolérance de perpendicularité ou d'angularité, u	Hauteur moyenne du profil, $Rz5$
EXC2	Plage 4	Plage 4
EXC3	Plage 4	Plage 4
EXC4	Plage 3	Plage 3

Tableau 9 Qualité des surfaces de coupe

17.02.02.03 Dureté de surface des chants

Pour les aciers au carbone, si spécifiée, la dureté de surface des chants doit être conforme au Tableau 10. Dans ce cas, la validité des procédés susceptibles d'entraîner un durcissement local (coupage thermique, cisaillage, poinçonnage) doit être vérifiée. Pour respecter la dureté requise pour la surface des chants, un préchauffage du matériau doit, si nécessaire, être appliqué.

Normes de produit	Nuances d'acier	Valeurs de dureté
EN 10025-2 à 5	S235 à S460	380
EN 10210-1, EN 10219-1		
EN 10149-2 et 3	S260 à S700	450
EN 10025-6	S460 à S690	
NOTE Ces valeurs sont en conformité avec l'EN ISO 15614-1 appliqué aux nuances d'acier énumérées dans l'ISO/TR 20172.		

Tableau 10 Valeurs de dureté maximale autorisées (HV 10)

Sauf spécification contraire, la validité des procédés doit être vérifiée comme suit :

- quatre échantillons couvrant la gamme des produits constitutifs traités les plus susceptibles de subir un écrouissage local doivent être réalisés à partir d'essais de qualification de mode opératoire sur un produit constitutif ;
- quatre essais de dureté locale doivent être effectués sur chaque échantillon en des emplacements susceptibles d'être affectés. Les essais doivent être conformes aux prescriptions de l'EN ISO 6507.

17.02.03 Formage

17.02.03.00 Généralités

Les formes requises peuvent être obtenues par pliage, pressage ou forgeage de l'acier à l'aide de procédés à chaud ou à froid, à condition que les propriétés du matériau ne soient pas diminuées en deçà des limites prescrites.

Les éléments formés qui présentent des fissures, un arrachement lamellaire ou des revêtements superficiels endommagés, doivent être traités comme des produits non conformes.

17.02.03.01 Formage à chaud

Le formage à chaud doit être conforme aux prescriptions relatives au formage à chaud de la norme de produit applicable et aux recommandations du fabricant de l'acier.

[A1] Pour les aciers conformes à l'EN 10025-4 et à l'état de livraison +M selon l'EN 10025-2, le formage à chaud n'est pas autorisé. [A1]

Le formage à chaud des aciers trempés et revenus n'est pas autorisé, sauf si les prescriptions de l'EN 10025-6 sont satisfaites.

Le formage à chaud ($T > 580\text{ °C}$) de plaques et éléments minces formés à froid n'est pas autorisé si la limite d'élasticité nominale est obtenue par le formage à froid.

Pour les nuances d'acier jusqu'à S355 compris, le procédé de formage à chaud doit avoir lieu [A1] dans la plage de température rouge (600 °C à 650 °C) [A1] et la température, le temps et la vitesse de refroidissement doivent être adaptés au type d'acier utilisé. Le pliage et le formage dans la plage de température bleue (250 °C à 380 °C) ne sont pas autorisés.

Pour les nuances d'acier S450+N (ou +AR) selon l'EN 10025-2, S420 et S460 selon l'EN 10025-3, le procédé de formage à chaud doit avoir lieu dans la plage de température de 960 °C à 750 °C et être suivi d'un refroidissement à température ambiante. Il convient que la vitesse de refroidissement soit adaptée pour éviter un durcissement ainsi qu'un grossissement excessif des grains. Si cela est impossible, un traitement ultérieur de normalisation doit être réalisé.

Le formage à froid n'est pas autorisé pour la nuance S450 selon l'EN 10025-2 si aucune condition de livraison n'est indiquée.

17.02.03.02 Chaudes de retrait

Si une déformation doit être corrigée par chaudes de retrait, ceci doit être obtenu par une application localisée de la chaleur, en s'assurant que la température maximale de l'acier et la procédure de refroidissement sont contrôlées.

Pour les classes d'exécution EXC3 et EXC4, un mode opératoire approprié doit être mis au point. Le mode opératoire doit comprendre au moins :

- a. la température maximale de l'acier et la procédure de refroidissement autorisée ;
- b. la méthode de chauffage ;
- c. la méthode utilisée pour les mesures de température ;
- d. les résultats des essais mécaniques réalisés pour la qualification du procédé ;
- e. l'identification des personnels habilités à appliquer le procédé.

17.02.03.03 Formage à froid

Le formage à froid, obtenu par profilage, pressage ou pliage, doit être conforme aux prescriptions relatives à l'aptitude au formage à froid indiquées dans la norme de produit applicable. Le martelage ne doit pas être utilisé.

- a. Pour les nuances d'acier supérieures à S355, lorsqu'un traitement thermique de relaxation des contraintes est réalisé après un formage à froid, les deux conditions suivantes doivent être satisfaites :
 1. plage de température : 530 °C à 580 °C ;
 2. temps de maintien : 2 min/mm d'épaisseur de matériau, avec une durée minimale de 30 minutes.

Un traitement thermique de relaxation des contraintes réalisé à plus de 580 °C, ou pendant plus d'une heure, peut entraîner une dégradation des caractéristiques mécaniques. S'il est prévu de réaliser un traitement thermique de relaxation des contraintes sur des nuances d'acier S420 à S700 à des températures plus élevées ou pendant des durées plus longues, les valeurs minimales requises pour les caractéristiques mécaniques doivent être convenues à l'avance avec le fabricant du produit.

- b. Sauf spécification contraire, pour les aciers inoxydables, les rayons intérieurs de pliage minimaux devant être formés doivent être de :
 1. 2 t pour les nuances austénitiques 1.4301, 1.4401, 1.4404, 1.4541 et 1.4571 ;
 2. 2,5 t pour la nuance austéno-ferritique 1.4462 ;où t est l'épaisseur du matériau.

- c. Pour les autres nuances d'aciers inoxydables, les rayons intérieurs de pliage minimaux doivent être spécifiés.

Des rayons intérieurs plus petits peuvent être autorisés à condition que la spécification de l'acier, son état et son épaisseur, la direction de pliage par rapport à la direction de laminage, fassent l'objet d'une attention particulière.

Pour compenser les effets du retour élastique, le degré de correction du pliage de l'acier inoxydable est légèrement plus élevé que pour l'acier au carbone.

- d. Les profils et tôles formés à froid peuvent être formés par croquage, cintrage léger ou gaufrage, en fonction des matériaux utilisés.

Pour les éléments et tôles formés à froid utilisés comme éléments structuraux, le formage à froid doit satisfaire aux deux conditions suivantes :

Les revêtements de surface et l'exactitude du profil ne doivent pas être dégradés ; il doit être spécifié si les produits constitutifs nécessitent l'application de films de protection avant formage.

Le cintrage par formage à froid des éléments en profil creux peut être utilisé à condition que la dureté et la géométrie du produit constitutif après cintrage soient vérifiées.

- e. Sauf spécification contraire, le cintrage par formage à froid des tubes circulaires doit être conforme aux trois conditions suivantes :
 1. le rapport du diamètre extérieur du tube à l'épaisseur de la paroi ne doit pas être supérieur à 15 ;
 2. le rayon de courbure (au niveau de l'axe longitudinal du tube) ne doit pas être inférieur à la plus grande des deux valeurs suivantes, 1,5d ou $d + 100$ mm, où d est le diamètre extérieur du tube ;

3. [A1] la soudure longitudinale [A1] dans la section transversale doit être [A1] positionnée [A1] à proximité de l'axe neutre afin de réduire les contraintes de flexion au droit de la soudure.

17.02.04 Perçage

17.02.04.00 Dimensions des trous

Les dispositions du présent article s'appliquent aux perçages réalisés pour des assemblages par éléments de fixations mécaniques et axes d'articulation.

La définition du diamètre nominal du trou combinée au diamètre nominal du boulon devant être utilisée dans ce trou détermine l'appellation « normal » ou « surdimensionné » pour ce trou. Les termes « court » et « long » appliqués aux trous oblongs font référence à deux natures de trous utilisées dans les calculs des boulons précontraints. Ces termes peuvent également être employés pour désigner les jeux dans le cas de boulons non précontraints. Il convient que les dimensions spéciales des assemblages glissants soient spécifiées.

Les jeux nominaux pour les boulons et les axes d'articulation non prévus pour fonctionner dans des conditions ajustées doivent être tels que spécifiés au Tableau 11. Le jeu nominal est défini comme étant :

- la différence entre le diamètre nominal du trou et le diamètre nominal du boulon pour les trous ronds ;
- la différence entre respectivement la longueur ou la largeur du trou et le diamètre nominal du boulon, pour les trous oblongs.

Diamètre nominal d du boulon ou de l'axe d'articulation (mm)	12	14	16	18	20	22	24	27 et plus
Trous ronds normaux ^{a)}	1 ^{b), c)}		2					3
Trous ronds surdimensionnés	3		4				6	8
Trous oblongs courts (sur la longueur) ^{d)}	4		6				8	10
Trous oblongs longs (sur la longueur) ^{d)}	1,5 d							
<i>a) Pour des applications telles que les tours et les mâts, le jeu nominal pour les trous ronds normaux doit être réduit de 0,5 mm, sauf spécification contraire.</i>								
<i>b) Le jeu nominal de 1 mm peut être augmenté de l'épaisseur du revêtement des éléments de fixation comportant un revêtement.</i>								
<i>c) Il est possible d'utiliser dans les conditions données dans l'EN 1993-1-8 des boulons ayant un diamètre nominal de 12 mm et de 14 mm ou des boulons à tête fraisée dans des trous présentant un jeu de 2 mm.</i>								
<i>d) Les valeurs nominales de jeu dans le sens transversal des boulons utilisés dans des trous oblongs doivent être identiques aux valeurs de jeu spécifiées pour les trous ronds normaux.</i>								

Tableau 11 Jeux nominaux pour les boulons et les axes d'articulation (mm)

Pour les boulons ajustés, le diamètre nominal du trou doit être égal au diamètre de la partie lisse de la tige du boulon.

Pour les rivets à chaud, le diamètre nominal du trou doit être spécifié.

Pour les vis ou rivets à tête fraisée, les dimensions nominales de la fraisure et les tolérances sur ces dimensions doivent être telles que, après mise en place ; la vis ou le rivet affleure la face externe du matériau extérieur. Les dimensions de la fraisure doivent être spécifiées en conséquence. Si la fraisure est pratiquée au travers de plusieurs épaisseurs de matériaux, ces matériaux doivent être maintenus fermement jointifs pendant l'opération de fraisage.

Lorsque des vis à tête fraisée sont utilisées en traction ou dans des applications précontraintes, la profondeur nominale de la fraisure doit être inférieure d'au moins 2 mm à l'épaisseur nominale du matériau extérieur.

Pour les rivets aveugles utilisés pour la fixation des tôles profilées, le diamètre du trou de passage (d_h) doit satisfaire à la condition suivante :

$d_{nom} + 0,1 \text{ mm} \leq d_h \leq d_{nom} + 0,2 \text{ mm}$ où d_{nom} = diamètre nominal du rivet.

17.02.04.01 Tolérances sur le diamètre de trou pour les boulons et les axes d'articulation

Sauf spécification contraire, les diamètres de trou doivent satisfaire aux conditions suivantes :

- a. trous pour boulons et axes d'articulation ajustés : classe H11 selon l'ISO 286-2 ;
- b. autres trous : $\pm 0,5$ mm, le diamètre de trou retenu étant la moyenne des diamètres d'entrée et de sortie.

17.02.04.02 Exécution du perçage

Les trous destinés aux éléments de fixation ou aux axes d'articulation peuvent être formés par n'importe quel procédé (forage, poinçonnage, coupage laser, jet de plasma ou autre coupage thermique) à condition que celui-ci laisse un trou fini tel que :

- a. les exigences de coupage se rapportant à la dureté locale et à la qualité de la surface de coupe, soient satisfaites ;
- b. tous les trous appariés destinés à des éléments de fixation ou axes d'articulation coïncident exactement les uns avec les autres de telle manière que les éléments de fixation puissent être insérés librement dans les éléments assemblés dans une direction perpendiculaire aux faces en contact.

Le poinçonnage est autorisé à condition que l'épaisseur nominale de l'élément ne soit pas supérieure au diamètre nominal du trou ou, pour un trou non circulaire, à sa dimension minimale.

Sauf spécification contraire, pour les classes d'exécution EXC1 et EXC2, les trous peuvent être formés par poinçonnage sans alésage.

[A1] Pour les classes d'exécution EXC3 et EXC4, le poinçonnage sans alésage n'est pas autorisé si l'épaisseur de la tôle est supérieure à 3 mm. Pour une épaisseur de tôle supérieure à 3 mm, les trous doivent être poinçonnés à un diamètre inférieur d'au moins 2 mm au diamètre définitif. Pour une épaisseur de tôle inférieure ou égale à 3 mm, les trous peuvent être poinçonnés directement à la dimension finale.

La validité des procédés de perçage doit être vérifiée périodiquement comme suit :]A1]

- a. huit échantillons couvrant la gamme des diamètres de trous, les épaisseurs de produits constitutifs et les nuances d'acier traités doivent être réalisés à partir d'essais de qualification de mode opératoire sur un produit constitutif ;
- b. les dimensions des trous doivent être contrôlées aux deux extrémités de chaque trou à l'aide de calibres tout-ou-rien. Les trous doivent respecter la classe de tolérances.

Si le procédé n'est pas conforme, il ne doit pas être utilisé avant correction. Il peut toutefois être utilisé sur une gamme limitée de produits constitutifs et de dimensions de trous présentant des résultats conformes.

Les trous doivent également respecter les prescriptions suivantes :

- a. l'angle de dépouille (α) ne doit pas être supérieur à celui indiqué dans la Figure 1 ;
- b. les bavures (Δ) ne doivent pas être supérieures à celles indiquées dans la Figure 1 ;
- c. au niveau des éclisses/couvre-joints, les trous des surfaces de contact doivent être poinçonnés dans la même direction pour tous les éléments

Les trous destinés aux boulons ajustés et axes d'articulation ajustés peuvent être forés à la dimension finale ou être alésés in situ. Si les trous doivent être alésés in situ, ils doivent être forés ou poinçonnés à un diamètre inférieur d'au moins 3 mm au diamètre définitif. Lorsque l'élément de fixation doit s'ajuster au travers de plusieurs épaisseurs de matériaux, les différents éléments doivent être maintenus fermement jointifs pendant l'opération de forage ou d'alésage. L'alésage doit être réalisé à l'aide d'une machine à broche fixe. L'utilisation de lubrifiant acide est interdite.

La fraisure des trous ronds normaux destinés aux vis ou rivets à tête fraisée doit être réalisée après le perçage.

Les trous oblongs longs doivent être soit poinçonnés en une seule opération, soit formés de deux trous forés ou poinçonnés et terminés par oxycoupage manuel, sauf spécification contraire.

Les trous oblongs dans les éléments et tôles formés à froid peuvent être formés par poinçonnage en une seule opération, poinçonnage consécutif ou jonction des deux trous poinçonnés ou forés à l'aide d'une scie sauteuse.

Les bavures doivent être éliminées des trous avant assemblage. Lorsque des trous sont forés en une seule opération au travers d'éléments bridés ensemble ne devant pas être séparés après le forage, l'élimination des bavures n'est nécessaire que sur les trous extérieurs.

17.02.05 Découpes

Une surcoupe dans un angle rentrant n'est pas autorisée. Les angles rentrants sont ceux dans lesquels l'angle ouvert formé par les faces de coupe est inférieur à 180°.

Les angles rentrants et les grugeages doivent être arrondis avec un rayon minimal de :

- 5 mm pour EXC2 et EXC3
- 10 mm pour EXC4.

Lorsque des découpes sont obtenues par poinçonnage dans des plaques d'épaisseur supérieure à 16 mm, les matériaux déformés doivent être éliminés par meulage. Les découpes obtenues par poinçonnage ne sont pas autorisées pour la classe d'exécution EXC4.

Pour les plaques et éléments minces, les emplacements où des angles rentrants vifs ne sont pas autorisés doivent être spécifiés ainsi que les rayons minimaux acceptables.

17.02.06 Assemblage

L'assemblage des éléments doit être réalisé de sorte à satisfaire aux tolérances spécifiées.

Des précautions doivent être prises pour éviter la corrosion galvanique produite par contact entre des matériaux métalliques différents.

Il convient d'éviter toute contamination de l'acier inoxydable par contact avec l'acier de construction.

L'alignement des trous par brochage doit être réalisé de manière à éviter une ovalisation supérieure aux valeurs données au D.2.8 n° 6 de la norme NF EN 1090-2+A1 comme suit :

- EXC1 et EXC2 : Classe 1 ;
- EXC3 et EXC4 : Classe 2.

Lorsque ces valeurs sont dépassées, les trous doivent être corrigés par alésage.

Les trous dont l'ovalisation n'est pas permise doivent être identifiés et ne pas être utilisés pour l'alignement (par exemple pour les boulons ajustés).

Tous les assemblages d'éléments provisoires servant pour la fabrication doivent satisfaire aux exigences de la présente Norme européenne et à toutes les exigences particulières, notamment celles qui se rapportent à la fatigue qui doivent être spécifiées.

Les exigences concernant les contreflèches ou les préréglages des éléments doivent être vérifiées après assemblage.

17.02.07 Essai de présentation

La concordance entre éléments connectés en plusieurs points doit être vérifiée au moyen de gabarits dimensionnels, de mesurages tridimensionnels précis ou par un montage à blanc. Les prescriptions relatives à l'adéquation et à l'étendue de l'essai de présentation doivent être spécifiées.

Montage à blanc signifie assemblage d'un nombre suffisant d'éléments d'une structure complète pour vérifier qu'ils s'ajustent bien. Il convient d'envisager son utilisation pour s'assurer du bon accostage d'éléments lorsque ceci n'est pas faisable par gabarits ou mesurage.

17.02.08 Soudage

17.02.08.00 Généralités

Le soudage doit être réalisé conformément aux prescriptions de la partie applicable de l'EN ISO 3834 ou de l'EN ISO 14554, selon le cas.

Selon la classe d'exécution, les parties suivantes de l'EN ISO 3834 s'appliquent :

- EXC1 : Partie 4 « Exigences de qualité élémentaire » ;
- EXC2 : Partie 3 « Exigences de qualité normale » ;
- EXC3 et EXC4 : Partie 2 « Exigences de qualité complète ».

Il convient que le soudage à l'arc des aciers ferritiques et des aciers inoxydables soit réalisé en suivant les exigences et les recommandations des EN 1011-1, EN 1011-2, EN 1011-3.

17.02.08.01 Programme de soudage

17.02.08.01.00 Exigences relatives à un programme de soudage

Un programme de soudage doit être fourni comme partie intégrante de la planification de la production requise par la partie applicable de l'EN ISO 3834.

17.02.08.01.01 Contenu d'un programme de soudage

Le programme de soudage doit inclure, selon le cas :

- a. les descriptifs de modes opératoires de soudage, y compris les exigences concernant les produits consommables pour le soudage, tout préchauffage, les températures entre passes ainsi que les exigences relatives à un traitement thermique après soudage ;
- b. les mesures à prendre pour éviter toute déformation pendant et après le soudage ;
- c. la séquence de soudage avec les restrictions éventuelles ou les emplacements acceptables pour les positions de départ et d'arrêt, y compris les positions intermédiaires de départ et d'arrêt lorsque la géométrie d'assemblage est telle que le soudage ne peut pas être réalisé en continu ;
- d. les exigences concernant les vérifications intermédiaires ;
- e. tout retournement d'éléments à effectuer au cours du processus de soudage, en relation avec la séquence de soudage ;
- f. les détails de tout bridage à effectuer ;
- g. les mesures à prendre pour éviter l'arrachement lamellaire ;
- h. l'équipement spécial concernant les produits consommables pour le soudage (basse teneur en hydrogène, conditionnement, etc.) ;
- i. la forme du cordon et le fini des soudures pour les aciers inoxydables ;
- j. les exigences concernant les critères d'acceptation des soudures ;
- k. la correspondance avec le paragraphe contrôles, essais et réparations pour le plan de contrôle et d'essais ;
- l. les exigences concernant l'identification des soudures ;
- m. les exigences concernant le traitement des surfaces selon le paragraphe tolérances géométriques,

Lorsque le soudage ou l'assemblage recouvre ou masque des soudures précédentes, une attention particulière doit être portée à la détermination des soudures à exécuter en premier et à l'éventuelle nécessité de procéder à des contrôles/essais de ces soudures avant l'exécution des soudures suivantes ou avant l'assemblage des éléments qui les cachent.

17.02.08.02 Procédés de soudage

Le soudage peut être réalisé par les procédés de soudage suivants définis dans l'EN ISO 4063.

- 111 : soudage manuel à l'arc (soudage à l'arc avec électrode enrobée) ;
- 114 : soudage à l'arc avec fil fourré auto-protecteur ;
- 121 : soudage à l'arc sous flux avec un fil-électrode ;
- 122 : soudage à l'arc sous flux avec électrode en feuillard ;
- 123 : soudage à l'arc sous flux avec fils-électrodes multiples ;
- 124 : soudage à l'arc sous flux avec addition de poudre métallique ;
- 125 : soudage à l'arc sous flux avec fil fourré ;
- 131 : soudage à l'arc sous protection de gaz inerte avec fil-électrode fusible ; soudage MIG ;
- 135 : soudage à l'arc sous protection de gaz actif avec fil-électrode fusible ; soudage MAG ;
- 136 : soudage à l'arc sous protection de gaz actif avec fil-électrode fourré ;
- 137 : soudage à l'arc sous protection de gaz inerte avec fil-électrode fourré ;
- 141 : soudage à l'arc sous protection de gaz inerte avec électrode de tungstène ; soudage TIG ;

- 21 : soudage par résistance par points ;
- 22 : soudage à la molette ;
- 23 : soudage par bossages ;
- 24 : soudage par étincelage ;
- 42 : soudage par friction ;
- 52 : soudage laser ;
- 783 : soudage à l'arc des goujons par fusion et forgeage avec bague en céramique ou gaz de protection ;
- 784 : soudage à l'arc des goujons avec cycle court.

Les procédés de soudage par résistance 21, 22 et 23 ne doivent être employés que pour exécuter le soudage d'éléments en acier de faible épaisseur. Des informations complémentaires sont données :

- dans l'EN ISO 14373 pour le procédé 21 (soudage par résistance par points),
- dans l'EN ISO 16433 pour le procédé 22 (soudage à la molette),
- dans l'EN ISO 16432 pour le procédé 23 (soudage par bossages).

Le diamètre des soudures par points et par bossages doit être vérifié en cours de production par un essai de pelage ou de déboutonnage au burin conformément à l'EN ISO 10447.

Les autres procédés de soudage ne doivent être utilisés que s'ils sont explicitement spécifiés.

17.02.08.03 Qualification des modes opératoires de soudage et du personnel en soudage

17.02.08.03.00 Qualification des modes opératoires de soudage

Généralités

Le soudage doit être réalisé avec des modes opératoires de soudage qualifiés utilisant un descriptif de modes opératoires de soudage (DMOS) selon la partie applicable de l'EN ISO 15609, de l'EN ISO 14555 ou de l'EN ISO 15620, selon le cas. Si spécifiées, les conditions particulières de réalisation des soudures de pointage doivent être incluses dans le DMOS. Les DMOS utilisés pour les assemblages dans des structures en treillis de profils creux doivent définir les zones de départ et d'arrêt, ainsi que la méthode à utiliser pour traiter les endroits où le type de soudure passe d'une soudure d'angle à une soudure bout à bout sur le périmètre du joint.

7.4.1.2 Qualification des modes opératoires de soudage pour les procédés 111, 114, 12, 13 et 14

- a. La qualification du mode opératoire de soudage dépend de la classe d'exécution, du métal de base et du degré de mécanisation selon le [Tableau 12](#) ;
- b. Lorsque des modes opératoires de qualification selon l'EN ISO 15613 ou l'EN ISO 15614-1 sont utilisés, les conditions suivantes s'appliquent :
 1. Si des essais de résistance à la flexion par choc sont spécifiés, ils doivent être réalisés [A1] à la plus basse température requise pour les essais de flexion par choc des qualités de matériaux assemblés [A1].
 2. Pour les aciers conformes à l'EN 10025-6, une éprouvette pour contrôle micrographique est requise. Des macrographies du métal fondu, de la zone de la ligne de fusion et de la ZAT doivent être enregistrées. Les microfissures ne sont pas permises.
 3. Dans le cas de soudage sur peintures primaires appliquées en usine, les essais doivent être effectués sur l'épaisseur de couche maximale acceptée (nominale + tolérance).
- c. Si une qualification de mode opératoire doit être appliquée à des soudures d'angle soumises à des contraintes transversales sur des nuances d'acier supérieures à S275, l'épreuve doit être complétée par un essai de traction sur un assemblage en croix conformément à l'EN ISO 9018. Seules les éprouvettes où $a \leq 0,5 t$ doivent être évaluées. Trois éprouvettes de traction doivent être essayées. Si la rupture se produit dans le métal de base, la résistance nominale minimale à la traction du métal de base doit être atteinte. Si la rupture se produit dans le métal d'apport, la résistance à la rupture de la section transversale de la soudure réelle doit être déterminée. Pour les procédés à forte pénétration, la pénétration réelle à la racine doit être prise en compte. La résistance moyenne à la rupture déterminée doit être $\geq 0,8 R_m$ (où R_m = résistance nominale à la traction du métal de base utilisé).

Méthode de qualification		EXC 2	EXC 3	EXC 4
Épreuve de qualification d'un mode opératoire de soudage	EN ISO 15614-1	X	X	X
Qualification sur la base d'un assemblage soudé de pré-production	EN ISO 15613	X	X	X
Qualification par référence à un mode opératoire de soudage standard	EN ISO 15612	X ^{a)}	—	—
Qualification sur la base de l'expérience de soudage	EN ISO 15611	X ^{b)}	—	—
Produits consommables pour le soudage soumis à essais	EN ISO 15610			
X autorisé — non autorisé				
a) Seulement pour les matériaux ≤ S 355 et seulement pour le soudage manuel ou partiellement mécanisé. b) Seulement pour les matériaux ≤ S 275 et seulement pour le soudage manuel ou partiellement mécanisé.				

Tableau 12 Méthodes de qualification des modes opératoires de soudage pour les procédés 111, 114, 12, 13 et 14

Qualification des modes opératoires de soudage pour les autres procédés de soudage

La qualification des modes opératoires de soudage qui ne sont pas couverts par le paragraphe ci-dessus doit être réalisée conformément au Tableau 13.

Procédés de soudage (selon l'EN ISO 4063)		Descriptif du mode opératoire de soudage (DMOS)	Qualification du mode opératoire de soudage
Numéro de référence	Nomenclature		
21 22 23	Soudage par points Soudage à la molette Soudage par bossages	EN ISO 15609-5	EN ISO 15612
24	Soudage par étincelage	EN ISO 15609-5	EN ISO 15614-13
42	Soudage par friction	EN ISO 15620	EN ISO 15620
52	Soudage laser	EN ISO 15609-4	EN ISO 15614-11
783 784	Soudage à l'arc des goujons par fusion et forgeage avec bague en céramique ou gaz de protection. Soudage à l'arc des goujons avec cycle court	EN ISO 14555	EN ISO 14555 ^{a)}

Procédés de soudage (selon l'EN ISO 4063)		Descriptif du mode opératoire de soudage (DMOS)	Qualification du mode opératoire de soudage
Numéro de référence	Nomenclature		
a) Pour EXC2, une qualification du mode opératoire de soudage par référence à l'expérience acquise est autorisée. Pour EXC3 et EXC4, la qualification du mode opératoire de soudage doit être effectuée par une épreuve de qualification du mode opératoire de soudage ou une épreuve de qualification préalable à la production.			

Tableau 13 Qualification des modes opératoires de soudage pour les procédés 21, 22, 23, 24, 42, 52, 783 et 784

Validité d'une qualification de mode opératoire de soudage

La validité d'un mode opératoire de soudage dépend des exigences de la norme utilisée pour la qualification. Si spécifié, les essais de production relatifs au soudage doivent être réalisés conformément à la norme de qualification applicable, par exemple l'EN ISO 14555.

Les essais complémentaires suivants sont requis pour un mode opératoire de soudage qualifié conformément à l'EN ISO 15614-1 qui est réalisé à l'aide d'un procédé de soudage qui n'a pas été utilisé :

- a. pendant une durée comprise entre un et trois ans, un essai de soudage en production doit être réalisé pour les nuances d'acier supérieures à S355. L'examen et les essais doivent comprendre un contrôle visuel, un contrôle par radiographie ou par ultrasons (non requis pour les soudures d'angle), une détection des fissures de surface par un contrôle de magnétoscopie ou de ressuage, un examen macroscopique et un essai de dureté ;
- b. pendant une durée de plus de trois ans,
 1. pour les nuances d'aciers jusqu'à S355 inclus, un contrôle macrographique doit être effectué sur une éprouvette prélevée sur un essai de production afin d'établir son acceptabilité, ou
 2. de nouveaux essais de qualification de mode opératoire de soudage appropriés doivent être réalisés pour les nuances d'acier supérieures à S355.

Pour le soudage par résistance, les paramètres de soudage peuvent être déterminés en utilisant les essais selon l'EN ISO 10447.

17.02.08.03.01 Soudeurs et opérateurs soudeurs

Les soudeurs doivent être qualifiés conformément à l'EN 287-1 et les opérateurs soudeurs conformément à l'EN 1418.

[A1] Pour le soudage de nœuds en profils creux dont les angles sont inférieurs à 60°, tels que définis dans l'[EN 1993-1-8](#), les soudeurs doivent être qualifiés ».]A1]

Les procès-verbaux de toutes les épreuves de qualification des soudeurs et opérateurs soudeurs doivent être conservés et produits sur demande.

17.02.08.03.02 Coordination en soudage

Pour les classes d'exécution EXC2, EXC3 et EXC4, une coordination en soudage doit être assurée pendant l'exécution du soudage par des coordinateurs en soudage convenablement qualifiés et expérimentés pour les opérations qu'ils supervisent, selon les prescriptions de l'EN ISO 14731.

Selon les opérations de soudage qu'ils supervisent, les coordinateurs en soudage doivent avoir les connaissances techniques selon les Tableaux 14 et [15](#) .

EXC	Aciers (groupe d'aciers)	Normes de référence	Épaisseur (mm)		
			$t \leq 25$ ^{a)}	$25 < t \leq 50$ ^{b)}	$t > 50$
EXC2	S235 à S355 (1.1, 1.2, 1.4)	EN 10025-2, EN 10025-3, EN 10025-4 EN 10025-5, EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	B	S	C ^{c)}
	S420 à S700 (1.3, 2, 3)	EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-6 EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	S	C ^{d)}	C
EXC3	S235 à S355 (1.1, 1.2, 1.4)	EN 10025-2, EN 10025-3, EN 10025-4 EN 10025-5, EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	S	C	C
	S420 à S700 (1.3, 2, 3)	EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-6 EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	C	C	C
EXC4	Toutes	Toutes	C	C	C
<i>a) Platines de pied de poteaux et platines d'about ≤ 50 mm.</i> <i>b) Platines de pied de poteaux et platines d'about ≤ 75 mm.</i> <i>c) Pour les nuances d'acier jusqu'à S275 inclus, le niveau S suffit.</i> <i>d) Pour les aciers N, NL, M et ML, le niveau S suffit.</i>					

Tableau 14 Connaissances techniques des coordinateurs — Aciers de construction au carbone

EXC	Aciers (groupe d'aciers)	Normes de référence	Épaisseur (mm)		
			$t \leq 25$	$25 < t \leq 50$	$t > 50$
EXC2	Austénitiques (8)	EN 10088-2:2005, Tableau 3 EN 10088-3:2005, Tableau 4 EN 10296-2:2005, Tableau 1 EN 10297-2:2005, Tableau 2	B	S	C
	Austéno-ferritiques (10)	EN 10088-2:2005, Tableau 4 EN 10088-3:2005, Tableau 5 EN 10296-2:2005, Tableau 1 EN 10297-2:2005, Tableau 3	S	C	C
EXC3	Austénitiques (8)	EN 10088-2:2005, Tableau 3 EN 10088-3:2005, Tableau 4 EN 10296-2:2005, Tableau 1 EN 10297-2:2005, Tableau 2	S	C	C
	Austéno-ferritiques (10)	EN 10088-2:2005, Tableau 4 EN 10088-3:2005, Tableau 5 EN 10296-2:2005, Tableau 1 EN 10297-2:2005, Tableau 3	C	C	C
EXC4	Tous	Toutes	C	C	C

Tableau 15 Connaissances techniques des coordinateurs — Aciers inoxydables

17.02.08.04 Préparation et exécution du soudage

17.02.08.04.00 Préparation des joints

Généralités

La préparation des joints doit être appropriée au procédé de soudage. Lorsque la qualification des modes opératoires de soudage est réalisée selon l'ENISO 15614-1, l'EN ISO 15612 ou l'EN ISO 15613, la préparation des joints doit être conforme au type de préparation utilisé lors de l'épreuve de qualification du mode opératoire de soudage. Les tolérances pour les préparations des joints et leur ajustage doivent être données dans les DMOS.

La préparation des joints doit être exempte de toutes fissures visibles. Pour les nuances d'acier supérieures à S460, les zones de coupe doivent être décalaminées par meulage et l'absence de fissures doit être vérifiée par un contrôle visuel, par ressuage ou par magnétoscopie. Les fissures visibles doivent être éliminées par meulages et la géométrie du joint doit être corrigée si nécessaire.

Lorsque des entailles de grandes dimensions ou autres défauts dans la géométrie du joint sont corrigés par rechargement, un mode opératoire qualifié doit être utilisé, et les surfaces rechargées doivent ensuite être lissées et égalisées à la meule de façon à rattraper la surface adjacente.

Toutes les surfaces à souder doivent être sèches et exemptes de toute substance susceptible d'altérer la qualité des soudures ou de perturber les opérations de soudage (rouille, matériau organique ou couche de zinc).

Les peintures primaires appliquées en usine peuvent être laissées sur les bords à souder uniquement si elles n'ont pas d'effet préjudiciable sur le déroulement du soudage. Pour les classes d'exécution EXC3 et EXC4, les peintures primaires appliquées en usine ne doivent pas être laissées sur les bords à souder, à moins que des essais de modes opératoires de soudage selon l'EN ISO 15614-1 ou l'EN ISO 15613 aient été réalisés avec de telles peintures primaires appliquées en usine.

Profils creux

La découpe de profils creux circulaires utilisés comme éléments de nœud avec assemblage par soudure d'angle peut être réalisée en segments droits pour les assemblages en gueule de loup, à condition que l'ajustage de la géométrie du joint soit adapté aux exigences du DMOS.

Pour les joints entre profils creux soudés d'un seul côté, les préparations de joints appropriées données dans les EN ISO 9692-1 et EN ISO 9692-2 doivent être utilisées.

Pour les nœuds de structures en treillis de profils creux, toute correction de défaut d'ajustage par rechargement doit être couverte par un mode opératoire de soudage approprié.

17.02.08.04.01 Stockage et manutention des produits consommables pour le soudage

Les produits consommables pour le soudage doivent être stockés, manipulés et utilisés conformément aux recommandations du fabricant.

Si des électrodes et des flux doivent être séchés et stockés, les niveaux de température et de temps appropriés doivent être respectés conformément aux recommandations du fabricant ou, en leur absence, conformément aux prescriptions du Tableau 16.

	Niveau de température (T)	Temps (t)
Séchage ^{a)}	300 °C < T ≤ 400 °C	2 h < t ≤ 4 h
Stockage ^{a)}	≥ 150 °C	avant le soudage
Stockage ^{b)}	≥ 100 °C	pendant le soudage
<i>a) Armoire chauffante.</i> <i>b) Carquois chauffant.</i>		

Tableau 16 Température et durée de séchage et de stockage de produits consommables pour le soudage

Les produits consommables inutilisés à la fin du poste de travail de soudage doivent être à nouveau séchés conformément aux prescriptions ci-dessus. Pour les électrodes, le séchage ne doit pas être réalisé plus de deux fois. Les produits consommables restants doivent être mis au rebut.

Les produits consommables pour le soudage présentant des signes de dommage ou de dégradation doivent être mis au rebut.

17.02.08.04.02 Protection contre les intempéries

Le soudeur comme la zone de travail doivent être efficacement protégés contre les effets du vent, de la pluie et de la neige.

Les surfaces à souder doivent être maintenues sèches et exemptes de condensation.

Lorsque la température du matériau à souder est inférieure à 5 °C, un chauffage approprié peut s'avérer nécessaire.

Pour les nuances d'acier supérieures à S355, un chauffage approprié doit être prévu si la température du matériau à souder est inférieure à 5 °C.

17.02.08.04.03 Assemblage en vue du soudage

Les éléments à souder doivent être correctement alignés et maintenus en position par pointage ou dispositifs externes, et bloqués pendant le soudage initial. L'assemblage doit être réalisé de façon à ce que la préparation des joints et les dimensions finales des éléments respectent les tolérances requises. Des mesures appropriées doivent être prises en ce qui concerne les déformations et retraits.

Les éléments à souder doivent être assemblés et maintenus en position de façon à ce que les joints à souder soient facilement accessibles et aisément visibles pour le soudeur.

Aucune soudure supplémentaire ne doit être introduite, et les emplacements des soudures spécifiées ne doivent pas être modifiés sans s'assurer de leur conformité aux spécifications. Il convient que les procédés de renforcement localisé d'un assemblage soudé dans une structure en treillis de profils creux facilitent le contrôle d'intégrité de l'assemblage tel que soudé. Il convient également d'envisager la possibilité d'épaissir l'élément.

17.02.08.04.04 Préchauffage

Le préchauffage doit être réalisé conformément aux EN ISO 13916 et EN 1011-2.

Le préchauffage doit être mis en œuvre conformément au DMOS approprié et doit être appliqué pendant toute la durée du soudage, y compris le pointage et le soudage de fixations provisoires.

17.02.08.04.05 Fixations provisoires

Lorsque la procédure d'assemblage ou de montage requiert l'utilisation d'éléments fixés provisoirement par soudage, ces éléments doivent être positionnés de façon à pouvoir être aisément retirés sans endommager la structure en acier définitive. Toutes les soudures d'éléments provisoires doivent être effectuées conformément au DMOS. Les zones où le soudage de fixations provisoires n'est pas autorisé doivent être spécifiées.

L'utilisation de fixations provisoires doit être spécifiée pour les classes d'exécution EXC3 et EXC4.

Lorsque des fixations provisoires soudées doivent être retirées par découpage ou burinage, la surface du métal de base doit ensuite être soigneusement lissée à la meule. Sauf spécification contraire, le découpage et le burinage ne sont pas autorisés pour les classes d'exécution EXC3 et EXC4.

Un contrôle approprié doit permettre de s'assurer que le produit constitutif ne comporte pas de fissure de surface à l'emplacement de la soudure provisoire.

17.02.08.04.06 Soudures de pointage

Pour les classes d'exécution EXC2, EXC3 et EXC4, les soudures de pointage doivent être réalisées en utilisant un mode opératoire de soudage qualifié. La longueur d'un point de soudure ne doit pas être inférieure à quatre fois l'épaisseur de la partie la plus épaisse de l'assemblage ou à 50 mm, à moins qu'un essai ait permis de démontrer qu'une longueur plus courte est satisfaisante.

Toutes les soudures de pointage qui ne sont pas incorporées dans les soudures finales doivent être éliminées. Les soudures de pointage devant être incorporées dans la soudure finale doivent présenter une géométrie adaptée et être réalisées par des soudeurs qualifiés. Ces soudures de pointage doivent être exemptes de défauts d'exécution et doivent être soigneusement nettoyées avant le soudage final. Les soudures de pointage fissurées doivent être éliminées.

17.02.08.04.07 Soudures d'angle

Généralités

Une soudure d'angle terminée ne doit pas être inférieure aux dimensions spécifiées pour la gorge et/ou le côté selon le cas, en considérant :

- a. la gorge totale démontrée réalisable par des DMOS pour les procédés de soudage à forte pénétration ou à pénétration partielle ;
- b. que si un écart h dépasse la limite d'imperfection, il peut être compensé par une augmentation de la gorge $a = a_{\text{nom}} + 0,7h$ où a_{nom} est la gorge nominale spécifiée. Pour un « ajustement incorrect » (617), les niveaux de qualité s'appliquent sous réserve que la gorge soit conservée conformément à (5213) ;
- c. que, pour les tabliers de ponts, des exigences de fabrication particulières s'appliquent, par exemple pour la gorge des soudures d'angle.

Soudures d'angle pour les éléments minces

Les soudures d'angle se terminant aux extrémités ou sur les côtés d'éléments minces doivent être poursuivies de façon continue en retour le long des angles sur une distance au moins égale à deux fois le côté de la soudure, sauf si l'accès ou la configuration rend cette opération impossible. Sauf spécification contraire, les retours d'extrémité des soudures d'angle doivent être réalisés.

La longueur minimale d'une passe de soudure d'angle, en excluant les retours d'extrémité, doit être d'au moins quatre fois le côté de la soudure.

Une soudure d'angle discontinue ne doit pas être utilisée lorsqu'un phénomène capillaire est susceptible de donner lieu à la formation de poches de rouille. Les cordons aux extrémités d'un élément assemblé par soudures d'angle doivent s'étendre jusqu'à l'extrémité de l'élément assemblé.

Le recouvrement minimal dans les assemblages à recouvrement, ne doit pas être inférieur à quatre fois l'épaisseur de l'élément assemblé le plus mince. Le soudage par soudure d'angle d'un seul côté ne doit pas être utilisé si les éléments ne sont pas maintenus de manière à empêcher l'ouverture du joint.

Si l'extrémité d'un élément n'est assemblée que par des soudures d'angle longitudinales, la longueur de chaque soudure ne doit pas être inférieure à la distance transversale qui les sépare.

17.02.08.04.08 Soudures bout à bout

Généralités

[A1] Les spécifications d'exécution doivent préciser l'emplacement des soudures bout à bout destinées à adapter par raboutage des longueurs disponibles de produits constitutifs.]A1]

Les extrémités des soudures bout à bout doivent être réalisées de manière à assurer des soudures saines sur toute l'épaisseur de l'assemblage.

La pose d'appendices en début ou en fin de cordon doit être utilisée pour assurer une soudure saine jusqu'aux extrémités pour les classes d'exécution EXC3 et EXC4, et pour EXC2 si cela est spécifié. La soudabilité de ces appendices ne doit pas être inférieure à celle du métal de base.

Après achèvement des soudures, tous les appendices ou témoins supplémentaires éventuels doivent être ôtés.

Lorsqu'une surface arasée est exigée, l'excès de métal déposé doit être éliminé de manière à satisfaire aux exigences de qualité.

Soudures exécutées d'un seul côté

Les soudures à pleine pénétration exécutées d'un seul côté peuvent être réalisées avec ou sans support envers métalliques ou non métalliques.

Un support envers permanent en acier peut être utilisé, sauf spécification contraire. Les exigences relatives à son utilisation doivent figurer dans le DMOS.

Si un support envers en acier est utilisé, il doit présenter une valeur de carbone équivalent (CEV) ne dépassant pas 0,43 % ou être du même matériau que le métal de base le plus soudable de l'assemblage à souder.

Les supports envers doivent être positionnés au contact du métal de base et il convient généralement qu'ils soient continus sur toute la longueur du joint. Pour les classes d'exécution EXC3 et EXC4, le métal du support envers permanent doit être rendu continu par des soudures bout à bout à pleine pénétration. Il convient d'inclure des soudures de pointage dans les soudures en bout.

Sauf spécification contraire, l'arasement par meulage de soudures bout à bout des assemblages entre profils creux exécutées d'un seul côté sans support envers n'est pas autorisé ; si ces soudures sont totalement exécutées avec support envers, elles peuvent être meulées à fleur de surface du profil général du métal de base.

Gougeage avant reprise envers

Le gougeage avant reprise envers doit être effectué sur une profondeur suffisante pour assurer une pleine pénétration dans le métal d'apport déposé précédemment.

Le gougeage avant reprise envers doit produire un sillon en forme de U dont les bords doivent être facilement accessibles pour le soudage.

17.02.08.04.09 Soudures sur aciers à résistance améliorée à la corrosion atmosphérique

Les soudures sur aciers à résistance améliorée à la corrosion atmosphérique doivent être exécutées en utilisant les produits consommables pour le soudage appropriés ([voir Tableau 6](#)). En option, des produits consommables au C-Mn peuvent être utilisés pour les passes de remplissage d'une soudure bout à bout ou d'angle, à condition que les passes terminales soient exécutées en utilisant des produits consommables adéquats.

17.02.08.04.10 Nœuds

Les nœuds de structures en treillis tubulaires, réalisés par assemblages soudés combinés (soudure d'angle et soudure bout à bout exécutée d'un seul côté), peuvent être soudés sans support envers.

Si l'angle de raccordement au nœud de l'entretoise en profil creux est inférieur à 60°, le raccordement doit être chanfreiné pour permettre la réalisation d'une soudure bout à bout.

17.02.08.04.11 Soudage des goujons

Le soudage des goujons doit être réalisé conformément à l'EN ISO 14555.

[A1] Les essais de modes opératoires effectués conformément à l'EN ISO 14555 doivent être compatibles avec l'application.

17.02.08.04.12 Soudures en entaille et en bouchon

Les trous destinés aux soudures en entaille et en bouchon doivent être dimensionnés de manière à ménager un accès approprié pour le soudage. Les dimensions doivent être spécifiées.

17.02.08.04.13 Soudures par points des éléments minces

Soudures à l'arc par points

Il convient que les rondelles de soudage aient une épaisseur de 1,2 mm à 2,0 mm et présentent un trou poinçonné de 10 mm de diamètre.

Pour les aciers inoxydables, les rondelles de soudage ne sont acceptées que si elles sont spécifiées et conformes aux conditions de service.

La largeur visible minimale, d_w , d'une soudure à l'arc par points circulaires ou d'une soudure à l'arc par points oblongs, doit être spécifiée.

Soudures par résistance par points

Il convient que le diamètre d'une soudure par résistance par points corresponde aussi étroitement que possible au diamètre recommandé de la pointe de l'électrode d_r (en mm), donné par $d_r = 5 t^{1/2}$

où : t est l'épaisseur de la tôle en contact avec la pointe de l'électrode (en mm).

17.02.08.04.14 Autres types de soudures

Les exigences concernant d'autres types de soudures, par exemple les soudures d'étanchéité, doivent être spécifiées et doivent être soumises aux mêmes exigences de soudage que celles prescrites dans la présente Norme européenne.

17.02.08.04.15 Traitement thermique après soudage

Lorsque des éléments soudés doivent subir un traitement thermique, on doit démontrer que les modes opératoires utilisés sont appropriés.

17.02.08.04.16 Exécution du soudage

Des précautions doivent être prises pour éviter les amorçages d'arc accidentels, et, s'il s'en produit, la surface de l'acier doit être légèrement meulée et contrôlée. Il convient de compléter le contrôle visuel par un contrôle par ressuage ou magnétoscopie.

Des précautions doivent être prises pour éviter les projections de soudure. Pour les classes d'exécution EXC3 et EXC4, elles doivent être éliminées.

Les défauts visibles tels que les fissures, cavités et autres défauts non autorisés, doivent être éliminés de chaque passe avant le dépôt de la passe suivante.

La totalité du laitier doit être éliminée de la surface de chaque passe avant l'exécution de la passe suivante, ainsi que de la surface de la soudure finie. Les jonctions entre le métal fondu et le métal de base doivent faire l'objet d'une attention particulière.

Les exigences éventuelles concernant le meulage et l'arasage de la surface des soudures finies doivent être spécifiées.

17.02.08.05.Critères d'acceptation

Les éléments soudés doivent répondre aux exigences spécifiées aux articles ci-après sur le traitement des surfaces et les tolérances géométriques.

Les critères d'acceptation relatifs aux défauts des soudures doivent être les suivants, avec référence à l'EN ISO 5817, à l'exception de « Défaut de raccordement » (505) et « Micro manque de fusion » (401) qui n'ont pas à être pris en compte. Toutes les exigences complémentaires concernant la géométrie et le profil de la soudure doivent être prises en compte.

- EXC1 : Niveau de qualité D
- EXC2 : Niveau de qualité C en général sauf niveau de qualité D pour « Caniveau » (5011, 5012), « Débordement » (506), « Amorçage accidentel » (601) et « Retassure ouverte de cratère » (2025)
- EXC3 : Niveau de qualité B
- EXC4 : Niveau de qualité B+ qui est le niveau de qualité B avec les exigences complémentaires données dans le Tableau 17.

17.02.08.06 Soudage des aciers inoxydables

17.02.08.06.00 Modifications apportées aux exigences de l'EN 1011-1

- Article 13, paragraphe 1 — Ajout :

Des pyromètres de contact doivent être utilisés pour mesurer la température, sauf si d'autres méthodes sont spécifiées. Les crayons thermométriques ne doivent pas être utilisés.

- Article 19 — Ajout :

Les procès-verbaux des épreuves de qualification de modes opératoires de soudage et les DMOS associés qui n'intègrent pas un facteur de rendement thermique dans le calcul de l'énergie de soudage peuvent être utilisés à condition que l'énergie de soudage soit réglée conformément au facteur de rendement thermique approprié.

17.02.08.06.01 Modifications apportées aux exigences de l'EN 1011-3

- 7.1, alinéa 4 — Modification :

Le type de finition de surface requis pour les zones de soudure doit être spécifié. Il doit être spécifié si les couches d'oxyde coloré formées pendant le soudage doivent être éliminées. Il

convient de porter l'attention requise à la résistance à la corrosion, l'environnement, l'esthétique et aux conséquences de l'arasage et du nettoyage de la zone de soudure. Sauf spécification contraire, la totalité du laitier associé au soudage doit être éliminée.

- 7.1, alinéa 5 — Modification :

Après la préparation des bords à souder, il peut être nécessaire d'éliminer par un usinage mécanique sur une profondeur suffisante par rapport à la coupe toute trace d'oxydation, d'écrouissage et de contamination en général par les procédés de coupage thermique. Lors du cisailage, des fissures peuvent se produire ; ces fissures doivent être éliminées avant soudage.

- 7.3, alinéa 3 — Ajout en début de l'alinéa :

Sauf spécification contraire, il ne doit pas être utilisé de support envers en cuivre.

- Article 10 — Ajout :

L'élimination de tous les produits de nettoyage employés après le soudage doit faire l'objet d'une attention particulière.

- A.1.2, alinéa 1 — Modification de la dernière phrase :

La microstructure approximative qui se formera dans le métal fondu peut être indiquée à partir de l'équilibre entre les éléments stabilisant la ferrite et ceux stabilisant l'austénite en utilisant un diagramme de Schaeffler, DeLong, W.R.C. ou Espy. Lorsqu'il est utilisé, le diagramme approprié doit être spécifié.

- A.2.2, alinéa 4 — Modification :

Les diagrammes de Schaeffler, DeLong, W.R.C. ou Espy peuvent être utilisés pour indiquer si le produit consommable fournira une teneur en ferrite appropriée, en tenant compte des effets de dilution. Lorsqu'il est utilisé, le diagramme approprié doit être spécifié.

- A.4.1 – Ajout :

Les assemblages soudés ne doivent pas être soumis à un traitement thermique après soudage, sauf si ce traitement est explicitement autorisé par le cahier des charges.

- C.4 – Ajout :

Les assemblages soudés ne doivent pas être soumis à un traitement thermique après soudage, sauf si ce traitement est explicitement autorisé par le cahier des charges.

17.02.08.07 Soudage d'aciers différents

Les exigences relatives au soudage de différents types d'aciers inoxydables entre eux ou à d'autres aciers, par exemple aciers au carbone, doivent être spécifiées.

Le coordinateur en soudage doit tenir compte des techniques de soudage, procédés de soudage et produits consommables pour le soudage appropriés. Il convient d'étudier attentivement les questions associées à la contamination de l'acier inoxydable et à la corrosion galvanique.

Désignation des défauts		Limites des imperfections ^{a)}
Caniveau (5011, 5012)		non autorisé
Soufflures (2011 à 2014)	Soudures bout à bout	$d \leq 0,1 s$, mais max. 2 mm
	Soudures d'angle	$d \leq 0,1 a$, mais max. 2 mm
Inclusions solides (300)	Soudures bout à bout	$h \leq 0,1 s$, mais max. 1 mm $l \leq s$, mais max. 10 mm
	Soudures d'angle	$h \leq 0,1 a$, mais max. 1 mm $l \leq a$, mais max. 10 mm
Défaut d'alignement (507)		$h < 0,05 t$, mais max. 2 mm
Retassure à la racine (515)		non autorisée
Exigences supplémentaires pour les tabliers de ponts ^{a), b)}		
Porosité et soufflures (2011, 2012 et 2014)		Seuls les petites soufflures isolées sont acceptables.
Nid de soufflures (localisé) (2013)		Total des soufflures : 2 %
Soufflure allongée, soufflure vermiculaire (2015 et 2016)		Pas de soufflures allongées
Mauvais assemblage en soudure d'angle (617)		Les soudures transversales doivent être contrôlées en totalité, léger réajustage à la racine seulement acceptable localement. $h \leq 0,3 \text{ mm} + 0,1 a$, mais max. 1 mm
Caniveau (5011)		a) soudures bout à bout : seulement acceptable localement $h \leq 0,5 \text{ mm}$ b) soudures d'angle : inacceptable si transversal à la direction de la contrainte. Les caniveaux doivent être éliminés par meulage.
Défauts multiples dans une coupe transversale quelconque (n° 4.1)		non autorisés
Inclusions solides (300)		non autorisées
a) Les symboles sont définis dans l'EN ISO 5817.		
b) Ces exigences sont supplémentaires à B+.		

Tableau 17 Exigences complémentaires pour le niveau de qualité B+

En cas de non-conformité aux critères ci-dessus, il convient de juger chaque cas individuellement. Il convient qu'une telle évaluation soit basée sur la fonction de l'élément et les caractéristiques des imperfections (type, dimensions, localisation) afin de décider si la soudure est acceptable ou doit être réparée.

17.02.09 Fixations mécaniques

17.02.09.00 Généralités

Le présent article couvre les exigences relatives aux fixations réalisées en usine et sur chantier, y compris la fixation de tôles nervurées.

Les épaisseurs des divers éléments faisant partie d'un même assemblage ne doivent pas différer de plus de D , ou D est de 2 mm en règle générale et de 1 mm dans les applications avec précontrainte (voir Figure 3). Lorsque des fourrures métalliques sont fournies pour que la différence d'épaisseur ne soit pas supérieure à la limite spécifiée ci-dessus, leur épaisseur ne doit pas être inférieure à 2 mm.

En conditions d'exposition sévère, un jeu plus réduit peut être nécessaire pour éviter une corrosion caverneuse.

L'épaisseur des plaques doit être choisie de manière à limiter le nombre de fourrures à un maximum de trois.

17.02.09.01 Utilisation des boulons

17.02.09.01.00 Généralités

Ce paragraphe se rapporte aux boulons constitués de vis, d'écrous et de rondelles (le cas échéant) appariés.

Il doit être spécifié si, en plus du serrage, d'autres mesures ou moyens seront utilisés pour immobiliser les écrous.

Les assemblages boulonnés présentant de faibles longueurs de serrage utilisés dans des éléments de faible épaisseur soumis à des vibrations importantes, par exemple râteliers de stockage, doivent utiliser un dispositif d'immobilisation.

[A1] Sauf spécification contraire, les boulons précontraints ne doivent pas être utilisés avec des dispositifs d'immobilisation supplémentaires.]A1]

Sauf spécification contraire, les vis et écrous ne doivent pas être soudés.

17.02.09.01.01 Vis

Le diamètre nominal des fixations utilisées pour le boulonnage des éléments structuraux doit être au moins M12, sauf spécification contraire comprenant les exigences associées. Pour les plaques et éléments minces, le diamètre minimal doit être spécifié pour chaque type de fixation.

La longueur des vis doit être choisie de manière à satisfaire, après serrage, aux exigences suivantes concernant le dépassement de l'extrémité de la vis au-delà de la face de l'écrou et la longueur du filetage.

La longueur de dépassement doit être au moins égale à la longueur d'un pas de filetage mesurée entre la face extérieure de l'écrou et [A1] extrémité de la vis pour des assemblages précontraints et non précontraints.]A1]

S'il est prévu que l'assemblage utilise la capacité de résistance au cisaillement de la partie lisse des vis, les dimensions des vis doivent être spécifiées pour tenir compte des tolérances relatives à la longueur de la partie non filetée.

Pour les boulons non précontraints, au moins un filet complet (autre l'amorce de filetage) doit rester libre entre la surface portante de l'écrou et la partie lisse de la tige.

Pour les boulons précontraints selon l'[A1] EN 14399-3, EN 14399-7 et EN 14399-10,]A1] au moins quatre filets complets (autre l'amorce de filetage) doivent rester libres entre la surface portante de l'écrou et la partie lisse de la tige.

Pour les boulons précontraints selon l'EN 14399-4 et l'EN 14399-8, les longueurs de serrage doivent être conformes à celles spécifiées dans le Tableau A.1 de l'EN 14399-4.

17.02.09.01.02 Ecrous

Les écrous doivent tourner librement sur leurs vis associées, ce qui est facile à vérifier au moment du montage manuel. Tout boulon dont l'écrou ne tourne pas librement doit être mis au rebut. Si un outil électrique est utilisé, l'un ou l'autre des deux contrôles suivants peut être utilisé :

- a. pour chaque nouveau lot d'écrous ou de vis, leur compatibilité peut être vérifiée par un assemblage à la main avant l'installation ;
- b. pour les boulons montés, mais avant le serrage, il est permis de vérifier manuellement sur un échantillonnage d'écrous la libre rotation après desserrage initial.

Les écrous doivent être montés de telle sorte que leurs repères de désignation soient visibles en vue d'un contrôle après montage.

17.02.09.01.03 Rondelles

En général, l'usage des rondelles n'est pas indispensable avec des boulons non précontraints utilisés dans des trous ronds normaux. Si elles sont requises, il doit être spécifié si les rondelles doivent être placées sous la tête de vis ou l'écrou, selon celui qui tourne au serrage, ou sous les deux. Pour les assemblages à recouvrement ne comportant qu'une seule rangée de boulons, des rondelles doivent être placées à la fois sous la tête de vis et sous l'écrou.

Les rondelles utilisées sous les têtes de vis précontraintes doivent être chanfreinées conformément à l'EN 14399-6 et positionnées avec le chanfrein orienté vers la tête de la vis. Les rondelles conformes à l'EN 14399-5 ne doivent être utilisées que sous les écrous.

Des rondelles plates (ou, si nécessaire, des rondelles biaises trempées) doivent être utilisées pour les boulons précontraints, de la manière suivante :

- a. pour les boulons 8.8, une rondelle doit être placée sous l'élément qui tourne au serrage, tête de vis ou écrou ;
- b. pour les boulons 10.9, des rondelles doivent être placées à la fois sous la tête de la vis et sous l'écrou.

Des rondelles en plat doivent être utilisées pour des assemblages avec les trous [A1] oblongs [A1] et les trous surdimensionnés. [A1] Pour ajuster la longueur de serrage des boulons, il est permis d'utiliser une rondelle en plat supplémentaire ou jusqu'à trois rondelles supplémentaires avec une épaisseur combinée maximale de 12 mm. [A1] [A1] Pour les boulons précontraints serrés par la méthode de contrôle du couple (y compris un système HRC), une seule rondelle plate supplémentaire peut être utilisée du côté qui tourne au serrage, ou bien une rondelle plate supplémentaire ou des rondelles supplémentaires peuvent être placées du côté qui ne tourne pas au serrage. Dans les autres cas d'applications précontraintes et non précontraintes, une rondelle plate supplémentaire ou des rondelles supplémentaires peuvent être placées soit du côté qui tourne au serrage soit du côté qui ne tourne pas au serrage. [A1]

Les dimensions et les nuances d'acier des rondelles en plat doivent être spécifiées. L'épaisseur des rondelles en plat ne doit pas être inférieure à 4 mm.

Des rondelles biaises doivent être utilisées si la surface du produit constitutif est inclinée par rapport à un plan perpendiculaire à l'axe de la vis d'un angle de plus de :

- a. 1/20 (3°) pour les vis avec $d \leq 20$ mm,
- b. 1/30 (2°) pour les vis avec $d > 20$ mm,

Les dimensions et les nuances d'acier des rondelles biaises doivent être spécifiées.

17.02.09.02 Serrage des boulons non précontraints

Les éléments assemblés doivent être rapprochés de manière à obtenir un contact ferme. Des fourrures peuvent être utilisées pour ajuster l'assemblage. Pour un élément épais avec $t \geq 4$ mm pour les plaques et tôles et $t \geq 8$ mm pour les profils, à moins qu'un appui par contact direct n'ait été spécifié, des jeux résiduels n'excédant pas 4 mm peuvent être laissés en rive à condition que le contact soit assuré dans la partie centrale de l'assemblage.

Chaque boulon doit être au moins serré jusqu'au refus, en veillant spécialement à éviter tout sur-serrage des boulons particulièrement courts et les M12. Le serrage doit être effectué boulon par boulon dans un groupe, en commençant par la partie la plus rigide de l'assemblage et en se déplaçant progressivement vers la partie la moins rigide. Pour obtenir un serrage uniforme jusqu'au refus des boulons, plusieurs cycles de serrage peuvent s'avérer nécessaires.

17.02.09.03 Préparation des surfaces de contact dans les assemblages résistant au glissement

Le présent article n'est pas applicable aux aciers inoxydables pour lesquels les exigences éventuelles concernant les surfaces de contact doivent être spécifiées.

L'aire des surfaces de contact dans des assemblages précontraints doit être spécifiée.

Les surfaces de contact doivent être préparées de manière à produire le coefficient de frottement requis qui doit en général être déterminé par des essais.

Les précautions suivantes doivent être prises avant assemblage :

- a. les surfaces de contact doivent être exemptes de toute souillure, par exemple, huile, saleté ou peinture ; les bavures susceptibles d'empêcher l'accostage précis des parties assemblées doivent être éliminées ;
- b. les surfaces non revêtues doivent être débarrassées de rouille ou d'autre matériau non adhérent. On doit veiller à ne pas endommager ou polir la surface rugueuse. Les zones non traitées autour du périmètre de l'assemblage serré ne doivent pas être traitées avant la fin du contrôle de l'assemblage.

Le Tableau 18 donne les traitements de surfaces qui peuvent être considérés comme fournissant le coefficient de frottement minimal selon la classe spécifiée de surface de frottement, sans essai.

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

Tableau 18 Classifications pouvant être envisagées pour les surfaces de frottement

Ces exigences s'appliquent aussi aux fourrures placées pour compenser les différences d'épaisseur.

17.02.09.04 Boulons ajustés

Les boulons ajustés peuvent être utilisés dans des applications précontraintes ou non précontraintes..

Il convient que la longueur de la portion filetée de la tige du boulon ajusté (y compris l'amorce de filetage) incluse dans la longueur d'appui ne dépasse pas le 1/3 de l'épaisseur de la plaque sauf spécification contraire

Les boulons ajustés doivent être mis en place sans appliquer un effort excessif, et de telle façon que leurs filetages ne soient pas endommagés.

17.02.09.05 Rivetage à chaud

17.02.09.05.00 Rivets

Chaque rivet doit avoir une longueur suffisante pour obtenir une tête de dimensions uniformes, un remplissage intégral du trou et pour éviter l'empreinte superficielle de la bouterolle sur les faces extérieures des éléments.

17.02.09.05.01 Mise en œuvre des rivets

Les éléments assemblés doivent être rapprochés de manière à être maintenus fermement en contact pendant le rivetage.

L'excentricité maximale entre les trous relatifs à un même rivet dans un assemblage ne doit pas être supérieure à 1 mm. Pour répondre à cette exigence, un alésage est autorisé. Après alésage, il peut être nécessaire de mettre en place un rivet de plus grand diamètre.

Pour les assemblages à plusieurs rivets, un boulon provisoire doit être mis en place et serré dans au moins un trou sur quatre avant le rivetage qui doit débiter au centre du groupe de rivets. Des mesures particulières doivent être prises pour maintenir des éléments assemblés avec un seul rivet (par exemple serrage).

Chaque fois que cela est possible, le rivetage doit être effectué à l'aide de machines de type à pression constante. Une fois le refoulement terminé, la pression de pose doit être maintenue sur le rivet pendant un court instant, de façon qu'au dégagement de la machine, la tête soit noire.

Chaque rivet doit être chauffé uniformément sur toute sa longueur, sans brûlure ni calaminage excessif. Il doit être porté au rouge vif de la tête à la pointe au moment de son insertion, et refoulé sur la totalité de sa longueur tant qu'il est brûlant, de façon à remplir complètement le trou. Un soin particulier doit être apporté à la chauffe et à la pose des rivets longs.

Chaque rivet doit être débarrassé de sa calamine en le frappant alors qu'il est brûlant contre une surface dure, après la chauffe et avant l'insertion dans le trou.

Un rivet brûlé ne doit pas être utilisé. Un rivet chauffé qui n'est pas utilisé immédiatement ne doit pas être réchauffé en vue d'une utilisation ultérieure.

Lorsqu'une surface affleurante est spécifiée pour des rivets à tête fraisée, toute partie de métal saillante doit être burinée ou meulée.

17.02.09.05.02 Critères d'acceptation

Les têtes de rivets doivent être centrées. Le décentrage de la tête par rapport à l'axe de la tige ne doit pas être supérieur à $0,15 d_0$, où d_0 est le diamètre du trou.

Les têtes de rivets doivent être bien formées et ne doivent présenter ni gerçures, ni cratères.

Les rivets doivent présenter un contact satisfaisant avec les pièces assemblées, aussi bien au niveau de la face extérieure des pièces que dans le trou. Il ne doit être détecté ni mouvement ni vibration lorsque la tête du rivet est tapotée légèrement à l'aide d'un marteau.

Une légère collerette régulière et bien centrée ne peut être acceptée que si un nombre restreint de rivets du groupe est concerné.

Les faces extérieures des pièces qui ne doivent pas présenter de marque causée par la bouterolle peuvent être spécifiées.

Lorsque des rivets à tête fraisée sont exigés, les têtes doivent remplir complètement les fraisures après rivetage. En cas de manque de matière, le rivet doit être remplacé.

Tout rivet ne répondant pas aux critères d'acceptation doit être ôté et remplacé par un rivet neuf.

17.02.09.06 Fixation des éléments minces

17.02.09.06.00 Généralités

Le présent paragraphe s'applique aux éléments minces ayant une épaisseur de 4 mm au maximum.

Le comportement des éléments de fixation dépendra de la méthodologie de chantier qui peut être déterminée par essais de mode opératoire. Les essais de mode opératoire peuvent être utilisés pour démontrer que les assemblages requis peuvent être réalisés dans les conditions du chantier. Il convient de tenir compte des aspects suivants :

- a. aptitude à réaliser des trous de dimensions correctes pour les vis autotaraudeuses et les rivets ;
- b. aptitude à régler correctement les visseuses aux valeurs correctes de couple de serrage/niveau d'enfoncement ;
- c. aptitude à poser les vis autotaraudeuses perpendiculairement à la surface assemblée et à poser les rondelles d'étanchéité à la compression correcte dans les limites recommandées par le fabricant de rondelles ;
- d. aptitude à choisir et utiliser des goujons pour pistoscellement par charge explosive ;
- e. aptitude à former un assemblage structural acceptable et à reconnaître un assemblage inacceptable.

Les éléments de fixation doivent être utilisés conformément aux recommandations du fabricant du produit.

L'utilisation d'éléments de fixation spéciaux et de méthodes particulières de fixation est traitée au paragraphe ci-dessous Utilisation d'éléments de fixation particuliers et de méthodes de fixation particulières.

17.02.09.06.01 Utilisation de vis autotaraudeuses et autoperceuses

La longueur et la forme du filetage des vis doivent être choisies en fonction de l'application spécifique et de l'épaisseur du matériau à fixer. La longueur effective du filetage doit être telle que la partie filetée s'engage dans l'élément support.

Pour certaines applications, les vis nécessitent un filetage interrompu. Lorsqu'une rondelle d'étanchéité est utilisée, il convient que l'épaisseur de la rondelle soit prise en compte pour le calcul de la longueur de filetage.

Les éléments de fixation doivent être positionnés en creux d'onde, sauf spécification contraire.

Lorsque des vis sont fixées en sommet d'onde d'une plaque de couverture, il faut prendre soin d'éviter tout enfoncement dans la tôle au niveau du point de pénétration.

Les outils électriques employés pour poser des vis doivent posséder un dispositif de contrôle de profondeur et/ou de limitation du couple qui doit être réglé conformément aux recommandations du fabricant de l'équipement. Si des visseuses électriques sont utilisées, les vitesses de perçage et de vissage (nombre de tours par minute) doivent être conformes aux recommandations du fabricant d'éléments de fixation.

Lorsque des rondelles d'étanchéité sont utilisées, les vis doivent être mises en oeuvre de manière à obtenir la compression appropriée, comme illustré dans la Figure 5.

La jauge de profondeur d'une visseuse électrique doit être réglée de manière à comprimer la rondelle en élastomère dans les limites fixées par le fabricant du produit.

Les vis sans rondelles d'étanchéité doivent être posées à l'aide d'un dispositif approprié de contrôle de couple ou de profondeur pour éviter le surserpage.

Le limiteur de couple doit être réglé de manière à ce que le couple de taraudage soit obtenu sans dépasser le couple de cisaillement de la tête, ni le couple d'arrachement du filet.

17.02.09.06.02 Utilisation de rivets aveugles

Le choix de la longueur du rivet aveugle doit être fait en fonction de l'épaisseur totale à assembler.

La mise en oeuvre doit être réalisée conformément aux recommandations du fabricant du produit.

Après pose, les fûts de tiges rompus et éjectés doivent être collectés et enlevés des surfaces de travail extérieures afin de prévenir toute corrosion ultérieure.

17.02.09.06.03 Fixation aux recouvrements

Les fixations entre panneaux (recouvrements latéraux) et avec les éléments tels que les solins et accessoires doivent être adaptées pour resserrer les tôles entre elles.

Il convient de fixer les recouvrements latéraux des plaques nervurées de la face exposée d'une toiture conformément aux recommandations du fabricant du produit. Il convient que le diamètre minimal de ces fixations soit de 4,8 mm pour les vis autotaraudeuses et autoperceuses et de 4,0 mm pour les rivets aveugles.

S'il y a collaboration des parois, les exigences concernant les fixations des recouvrements latéraux en tant que liaisons structurales doivent être spécifiées.

17.02.09.07 Utilisation d'éléments de fixation particuliers et de méthodes de fixation particulières

Les éléments de fixation particuliers et les méthodes de fixation particulières doivent être utilisés conformément aux recommandations du fabricant du produit et aux dispositions appropriées des paragraphes précédents. Ceci s'applique également aux boulons de liaison de la structure en acier à d'autres matériaux de construction, y compris les boulons de scellement à ancrage chimique.

Ces méthodes ne doivent être utilisées que lorsqu'elles sont spécifiées. Tous les essais de mode opératoire exigés en vue de l'utilisation d'éléments de fixation particuliers et des méthodes de fixation particulières dans des applications précontraintes ou non précontraintes, doivent être spécifiés. Des essais différents de ceux spécifiés pour les boulons peuvent se révéler nécessaires. Des essais de mode opératoire peuvent être évités si des informations suffisantes concernant les essais antérieurs sont fournies.

Des trous spécialement taraudés ou des goujons filetés peuvent être utilisés comme équivalent à l'utilisation d'un boulon conforme, à condition que les matériaux, les formes de filetage et la tolérance du filetage soient en conformité avec la norme de produit appropriée.

Les exigences relatives à l'utilisation de boulons hexagonaux injectés doivent être spécifiées.

17.02.09.08 Grippage et arrachement superficiel des aciers inoxydables

Le grippage peut résulter d'une adhérence locale suivie de rupture de surfaces soumises à une charge et en mouvement relatif pendant l'opération de vissage. Dans certains cas, il peut s'ensuivre un collage.

Les méthodes suivantes peuvent être employées pour éviter les problèmes de grippage avec arrachement superficiel :

- a. il est possible d'utiliser des nuances normalisées différentes d'acier inoxydable qui varient par leur composition, leur taux d'écrouissage et leur dureté (par exemple, combinaison vis-écrou de nuances A2-C4, A4-C4 ou A2-A4 selon l'EN ISO 3506-1 et l'EN ISO 3506-2) ;
- b. dans les cas sévères, un alliage spécial d'acier inoxydable avec taux d'écrouissage élevé peut être utilisé pour un élément ou des revêtements de surface durs peuvent être appliqués, par exemple nitruration ou chromage dur ;
- c. des agents anti-grippage, tels que pulvérisation d'une pellicule à sec de PTFE.

Lorsque des métaux ou revêtements différents sont utilisés, il est nécessaire de s'assurer que la résistance à la corrosion requise est obtenue.

17.02.10 Montage

17.02.10.00 Généralités

Le présent article expose les exigences concernant le montage et autres travaux entrepris sur le chantier, y compris le scellement au droit des appuis, ainsi que les exigences concernant l'adéquation du chantier en termes de sécurité du montage et de préparation correcte des appuis.

Un travail entrepris sur chantier comportant la préparation, le soudage, l'assemblage à l'aide de fixations mécaniques et le traitement des surfaces doit respecter les clauses respectives des articles précédents.

Le contrôle et la réception de la structure doivent être effectués conformément aux exigences spécifiées ci+avant.

17.02.10.01 Conditions de chantier

Le montage ne doit pas commencer avant que le site prévu pour la construction soit conforme aux exigences techniques en matière de sécurité des travaux, qui doivent tenir compte des éléments suivants, selon le cas :

- a. aménagement et entretien des circulations en dur destinées aux engins de levage et au matériel d'accès ;
- b. accès au chantier et à l'intérieur de celui-ci ;
- c. état du sol en rapport avec la sécurité de fonctionnement des installations ;
- d. tassement éventuel des appuis de la structure en cours de montage ;
- e. détails des réseaux souterrains, câbles aériens, ou obstacles sur chantier ;
- f. limitations de dimensions ou de poids des éléments pouvant être livrés sur chantier ;
- g. conditions environnementales et climatiques particulières sur le chantier et aux environs ;
- h. détails des structures adjacentes affectant ou affectées par les travaux.

Il convient d'indiquer les itinéraires d'accès au chantier et à l'intérieur du chantier sur un plan montrant les dimensions et hauteurs de passage des itinéraires d'accès, le niveau de l'aire de travail préparée pour la circulation des engins et les installations, ainsi que les zones disponibles pour le stockage.

Lorsque les travaux conjugués avec ceux d'autres corps de métier, la cohérence des exigences techniques relatives à la sécurité des travaux avec les autres opérations de la construction doit être contrôlée. Ce contrôle doit tenir compte des points suivants, selon les cas :

- a. procédures de coopération convenues au préalable avec d'autres entrepreneurs ;
- b. disponibilités des services sur chantier ;
- c. valeurs maximales des charges de construction et de stockage autorisées sur la structure en acier ;
- d. contrôle de la mise en place du béton pour la réalisation d'une construction mixte.

17.02.10.02 Méthode de montage

02.03.10.02.00 Méthode de montage servant de base au projet

Si le principe de stabilité de la structure dans un état partiellement monté n'est pas évident, une méthode de montage sûre sur laquelle le calcul a été basé doit être fournie. Cette méthode de montage de base du projet doit tenir compte des points suivants :

- a. les emplacements et les types d'assemblages sur chantier ;
- b. les valeurs maximales de dimensions, poids et position des éléments ;
- c. la séquence de montage ;
- d. l'hypothèse de stabilité de la structure partiellement montée, y compris les exigences éventuelles de contreventement ou d'êtayage provisoire ;
- e. l'êtayage ou autres mesures pour l'exécution du bétonnage par phases des structures mixtes ;
- f. les conditions de dépose des contreventements ou étayages provisoires, ou les exigences éventuelles concernant le détensionnement ou la mise en charge de la structure ;

- g. les conditions susceptibles de d'engendrer un risque pour la sécurité au cours de la construction
- h. la planification et la méthode de réglage puis de scellement des plaques d'assise ou appareils d'appui sur fondations ;
- i. les contreflèches et préréglages requis par rapport à aux valeurs vérifiées lors de la fabrication ;
- j. l'utilisation de tôles d'acier nervurées pour assurer la stabilité ;
- k. l'utilisation de tôles d'acier nervurées pour procurer un maintien latéral ;
- l. le transport d'éléments, y compris les accessoires de fixation pour le levage, le retournement ou le tirage ;
- m. les positions et conditions des appuis et de mise sur vérins ;
- n. les hypothèses de stabilité des appareils d'appui ;
- o. les déformations de la structure partiellement montée ;
- p. les tassements d'appuis attendus ;
- q. les positions et charges particulières engendrées par les engins de levage, les matériels stockés, contrepoids, etc., pendant les diverses phases de construction ;
- r. les instructions relatives à la livraison, au stockage, au levage, à la fixation et à la mise en tension des haubans ;
- s. les détails relatifs à tous les ouvrages et fixations provisoires sur les ouvrages permanents, associés à des instructions de dépose.

17.02.10.02.01 Méthode de montage du constructeur

Un descriptif de la méthode de montage du constructeur doit être préparé et vérifié conformément aux règles de calcul, notamment en ce qui concerne la résistance de la structure partiellement montée aux charges de montage et autres charges.

Le descriptif de la méthode de montage du constructeur peut différer de la méthode de montage servant de base au projet, à condition qu'elle en constitue une alternative sûre.

Les correctifs apportés au descriptif de la méthode de montage, y compris ceux imposés par les conditions de chantier, doivent être vérifiés et étudiés conformément aux exigences spécifiées ci-dessus.

Le descriptif de la méthode de montage doit présenter les modes opératoires à utiliser pour monter la structure en acier en toute sécurité et doit tenir compte des exigences techniques liées à la sécurité des travaux.

Il convient que les modes opératoires soient reliés à des instructions de travail spécifiques.

Le descriptif de la méthode de montage doit aborder tous les points pertinents et doit en outre tenir compte des points suivants, selon les cas :

- a. l'expérience tirée de tout montage à blanc éventuel réalisé ;
- b. les bridages nécessaires pour assurer la stabilité avant le soudage et pour empêcher tout déplacement local de l'assemblage ;
- c. les moyens de levage nécessaires ;
- d. la nécessité de marquer les poids et/ou centres de gravité sur les pièces de grandes dimensions ou de formes irrégulières ;
- e. la relation existant entre les poids à lever et le rayon d'action lorsque des grues doivent être utilisées ;
- f. l'identification des efforts de souplesse latérale, particulièrement ceux dues aux conditions de vent prévisibles sur le chantier pendant le montage, et les méthodes exactes de maintien d'une résistance appropriée à cette souplesse latérale ;
- g. les mesures pour faire face aux risques pour la sécurité ;
- h. la mise en place de postes de travail et de moyens d'accès avec les sécurités nécessaires.

En complément, les dispositions suivantes s'appliquent aux structures mixtes acier-béton :

- L'ordre de fixation des tôles d'acier nervurées destinées aux dalles mixtes doit être planifié de manière à s'assurer que les tôles sont convenablement supportées par les poutres porteuses avant leur fixation, et qu'elles sont solidement fixées avant de les utiliser pour accéder aux postes de travail suivants ;

- il convient d'éviter l'utilisation de tôles d'acier nervurées pour l'accès lors du soudage des connecteurs de cisaillement, sauf si ces tôles sont déjà solidement fixées par des éléments de fixation conformément au point précédent) ;
- la séquence de mise en place et la méthode d'arrimage et de blocage des coffrages permanents pour s'assurer qu'ils sont sécurisés avant d'être utilisés comme accès pour les opérations de construction suivantes et pour supporter le ferrailage des dalles et le béton du tablier.

Il convient de considérer les facteurs pertinents associés à l'exécution des ouvrages en béton, tels que la séquence de coulage du béton, la précontrainte, et la différence de température entre l'acier et le béton frais, le vérinage et les appuis.

17.02.11 Levé

17.02.11.00 Système de référence

Les mesures de l'ouvrage sur chantier doivent être effectuées par rapport au système établi pour l'implantation et les mesures de la construction conformément à l'ISO 4463-1.

Un relevé d'un quadrillage secondaire doit être préparé et utilisé comme système de référence pour l'implantation de la structure en acier et la détermination des écarts des appuis. Les coordonnées du quadrillage secondaire indiquées dans cette étude doivent être acceptées comme exactes si elles respectent les critères d'acceptation indiqués dans l'ISO 4463-1.

La température de référence pour l'implantation et les mesures de la structure en acier doit être spécifiée.

17.02.11.01 Points de repère

Les points de repère qui indiquent l'emplacement prévu pour le montage d'éléments particuliers doivent être conformes à l'ISO 4463-1.

17.02.12 Appuis, ancrages et appareils d'appui

17.02.12.00 Contrôle des appuis

L'état et la position des appuis doivent être contrôlés à l'aide de moyens visuels et de mesure appropriés avant de commencer le montage.

Si les appuis sont inadaptés pour le montage, ils doivent être corrigés avant de commencer celui-ci. Les non-conformités doivent être consignées.

17.02.12.01 Implantation et adéquation des appuis

Toutes les fondations, tiges d'ancrage et autres appuis prévus pour la construction métallique doivent être convenablement préparés pour recevoir la structure en acier. La mise en oeuvre d'appareils d'appui structuraux doit être conforme aux prescriptions de l'EN 1337-11.

Le montage ne doit pas commencer tant que la position et le niveau des appuis, ancrages ou appareils d'appui ne sont pas conformes aux critères d'acceptation, ou tant qu'une modification appropriée des exigences spécifiées n'a pas été établie.

L'étude de conformité utilisée pour vérifier l'implantation des appuis doit être consignée.

Lorsque des tiges d'ancrage doivent être précontraintes, des dispositions doivent être prises pour que leurs parties supérieures sur 100 mm, au minimum, n'adhèrent pas au béton.

Il convient que les tiges d'ancrage devant bouger dans des fourreaux soient munies de fourreaux d'un diamètre égal à trois fois le diamètre du boulon, avec un diamètre minimal de 75 mm.

17.02.12.02 Maintien de l'adéquation des appuis

Au cours du montage, les appuis destinés à la structure en acier doivent être conservés dans un état équivalent à l'état dans lequel ils étaient au début du montage.

Sauf spécification contraire, une compensation du tassement des appuis peut être acceptée. Elle doit être réalisée par scellement ou calage entre la structure en acier et l'appui.

17.02.12.03 Calages provisoires

Les fourreaux et autres dispositifs d'appui utilisés comme calages provisoires sous les plaques d'appui doivent présenter une surface plane côté plaque, et être de dimensions, résistance et rigidité appropriées afin d'éviter l'écrasement local du béton de l'infrastructure ou de la maçonnerie.

Si des calages sont destinés à être scellés ultérieurement, ils doivent être positionnés de telle façon que le produit de scellement les englobe entièrement et les recouvre d'au moins 25 mm, sauf spécification contraire.

Les calages des appareils d'appui pour les ponts ne doivent pas être laissés en place, sauf spécification contraire.

Lorsque des calages sont laissés en place après scellement, ils doivent être constitués de matériaux possédant la même durabilité que celle de la structure.

Lorsque la mise à niveau de la base est obtenue à l'aide d'écrous de réglage installés sur les tiges d'ancrage sous la plaque d'appui, ces écrous peuvent être laissés en place, sauf spécification contraire. Les écrous doivent être choisis de manière à s'assurer qu'ils sont aptes à maintenir la stabilité de la structure partiellement montée, sans compromettre les performances de la tige d'ancrage en service.

17.02.12.04 Scellement et remplissage

Si les espaces libres sous les plaques d'appui doivent être scellés, le matériau doit être utilisé conformément au paragraphe sur les matériaux de scellement.

Le matériau de remplissage doit être utilisé de la manière suivante :

- a. le matériau doit être gâché et utilisé conformément aux recommandations du fabricant du produit, notamment en ce qui concerne sa consistance lors de sa mise en œuvre ; le matériau ne doit pas être gâché ni utilisé à une température inférieure à 0 °C, sauf si les instructions du fabricant l'autorisent ;
- b. le matériau doit être injecté sous une pression adéquate pour remplir totalement l'espace libre ;
- c. un bourrage et un damage contre des parois prévues à cet effet doivent être effectués si spécifié et/ou recommandé par le fabricant du produit de scellement ;
- d. des trous d'évent autant que nécessaire doivent être prévus.

Immédiatement avant le remplissage, l'espace libre sous la plaque d'appui en acier doit être exempt de liquides, glace, gravats et autres souillures.

Les réservations pour poteaux à scellement direct doivent être remplies de béton compact présentant une résistance à la compression caractéristique au moins égale à celle du béton de fondation environnant.

Pour les réservations de poteaux à scellement direct, la partie scellée du poteau doit, dans un premier temps, être noyée dans le béton sur une longueur suffisante pour assurer la stabilité dans l'état provisoire et, dans un second temps, maintenue sans déplacement pendant un laps de temps suffisant pour lui permettre d'acquérir au moins la moitié de sa résistance caractéristique à la compression, avant enlèvement des étais et cales provisoires éventuels.

Si un traitement de la structure en acier, des appareils d'appui et des surfaces en béton est nécessaire avant scellement, il doit être spécifié.

On doit veiller à ce que la forme extérieure du remplissage permette à l'eau de s'évacuer du voisinage des éléments structuraux.

S'il existe un risque de rétention d'eau ou de liquide corrosif en service, le coulis autour des plaques d'appui ne doit pas être rechargé pour ne pas être au-dessus de la surface la plus basse de la plaque d'appui et la géométrie du coulis de béton doit former un angle avec la plaque d'appui.

Si le remplissage n'est pas nécessaire et si les bords de la plaque d'appui doivent être jointoyés par un cordon d'étanchéité, la méthode doit être spécifiée

17.02.12.05 Ancrage

Les dispositifs d'ancrage dans les parties en béton de la structure ou dans des structures adjacentes doivent être mis en place conformément à leur spécification. Des mesures appropriées doivent être prises pour éviter toute dégradation du béton afin d'obtenir la force d'ancrage nécessaire.

17.02.13 Montage et travaux sur site

17.02.13.00 Plans de montage

Des plans de montage ou instructions équivalentes doivent être fourni(e)s et être partie intégrante du descriptif de la méthode de montage.

Des plans doivent être préparés avec des vues en plan et en élévation réalisées à une échelle permettant l'inscription lisible des repères de montage pour tous les éléments.

Les plans doivent faire apparaître les emplacements des trames, les positions des appareils d'appui et l'assemblage des éléments ainsi que les exigences de tolérances.

Les plans d'implantation doivent faire apparaître l'implantation et l'orientation de la structure en acier, tous les autres éléments en contact direct avec les fondations, leur implantation et niveau, le niveau prévu des appareils d'appui ainsi que le niveau de référence. Les fondations doivent inclure les appuis de pieds de poteaux et autres appuis de la structure.

Les élévations doivent montrer les niveaux requis pour les planchers et/ou la structure.

Les plans doivent faire apparaître les détails nécessaires à la liaison des pièces en acier ou tiges d'ancrage aux fondations, la méthode de réglage par calage et bourrage et les exigences relatives au scellement ainsi qu'à la liaison de la structure en acier et des appareils d'appui sur leurs appuis.

Les plans doivent montrer les détails et la disposition de tout élément métallique ou autres constructions provisoires nécessaires au montage, afin de garantir la stabilité de l'ouvrage et la sécurité du personnel.

Les plans doivent mentionner le poids de tous les éléments ou ensembles de plus de cinq tonnes ainsi que le centre de gravité de toutes les pièces irrégulières de grandes dimensions.

Des plans sont requis pour la mise en œuvre des éléments minces. Ils doivent préciser, au minimum et selon les cas :

- a. le type, l'épaisseur, le matériau, la longueur et la désignation des tôles ;
- b. le type de fixation et l'ordre (séquence) de fixation, y compris les informations de mise en œuvre spécifiques au type d'éléments de fixation (par exemple, diamètre de perçage et couple minimal) ;
- c. le système structural relatif aux tôles ;
- d. les joints longitudinaux et transversaux, associés à la spécification du type de fixations et de rondelles ainsi que l'ordre de pose ;
- e. les exigences relatives à la fabrication sur site ;
- f. les positions de tous les assemblages sur chantier n'utilisant pas de trous pré-perçés ;
- g. le type et les détails se rapportant aux sous-ensembles des tôles, tels que matériau, distances entre axes, création d'appuis, pente et détails des égouts et rives ;
- h. les joints de dilatation ;
- i. les ouvertures et encadrements associés (par exemple, dôme d'éclairage, installations de ventilation de chauffage et d'extraction de fumées et d'évacuation des toitures) ;
- j. les supports et fixations (par exemple, pour les gaines, chemins de câbles et faux-plafonds) ;
- k. les limitations de déplacement des personnels pendant l'installation et les exigences relatives aux dispositifs de répartition des charges.

17.02.13.01 Marquage

Les éléments assemblés ou montés individuellement sur le chantier doivent recevoir un repère de montage.

Un élément doit comporter le repère d'orientation de son montage si cette orientation ne peut être clairement déduite de sa forme.

Les méthodes de marquage doivent respecter les prescriptions.

17.02.13.02 Manutention et stockage sur chantier

La manutention et le stockage sur chantier doivent respecter les prescriptions ainsi que celles indiquées ci-après.

Les éléments doivent être manipulés et empilés afin de minimiser les risques de dégradation. Une attention particulière doit être portée aux méthodes d'élingage afin d'éviter d'endommager la structure en acier et le traitement protecteur.

Tout élément métallique endommagé au cours du déchargement, du transport, du stockage ou du montage doit être remis en conformité.

Le mode opératoire de la restauration doit être défini avant d'entreprendre la réparation. Pour les classes d'exécution EXC2, EXC 3 et EXC 4, le mode opératoire doit également être consigné.

Les éléments de fixation stockés sur chantier doivent être conservés au sec avant leur utilisation et doivent être convenablement emballés et identifiables. Les éléments de fixation doivent être manipulés et utilisés conformément aux recommandations du fabricant.

Toutes les petites plaques et autres accessoires doivent être convenablement emballés et identifiés.

17.02.13.03 Montage à blanc

Tout montage à blanc sur chantier doit être réalisé conformément aux prescriptions.

Il convient d'envisager un montage à blanc dans les cas suivants :

- a. pour confirmer l'ajustage entre éléments ;
- b. pour valider une méthodologie lorsque la séquence de montage destinée à garantir la stabilité en cours d'opération nécessite une évaluation préalable ;
- c. pour vérifier la durée des opérations lorsque les conditions de chantier imposent une limitation du temps d'intervention.

17.02.13.04 Méthodes de montage

Généralités

Le montage de la construction doit être effectué conformément au descriptif de la méthode de montage et de telle sorte que sa stabilité soit assurée à tout moment.

Les tiges d'ancrages ne doivent pas être utilisées pour empêcher le renversement des poteaux non haubanés, sauf si elles ont été vérifiées pour ce type d'utilisation.

Pendant toute la durée du montage de la structure, l'ouvrage doit être en sécurité vis-à-vis des charges de chantier temporaires, y compris celles exercées par le matériel de montage ou son fonctionnement, ainsi que contre les effets du vent sur la structure non terminée.

Pour les bâtiments, il convient de mettre en place au moins un tiers des boulons permanents de chaque assemblage avant de pouvoir considérer que ledit assemblage contribue à la stabilité de la structure partiellement terminée.

Travaux provisoires

Tous les contreventements et maintiens provisoires doivent être laissés en place jusqu'à ce que l'état d'avancement du montage permette de les retirer en toute sécurité.

S'il est exigé que les contreventements des bâtiments de grande hauteur soient détensionnés au fur et à mesure du montage afin de les soulager des efforts induits par les charges verticales, cette opération doit être effectuée progressivement, étage par étage. Pendant ce détensionnement, un contreventement résiduel suffisant doit rester en place pour assurer la stabilité. Si nécessaire, un contreventement supplémentaire doit être ajouté provisoirement à cet effet.

Tous les assemblages des éléments provisoires servant au montage doivent être réalisés conformément aux exigences de la présente Norme européenne et de manière à ne pas affaiblir la structure permanente ni compromettre son aptitude au service.

Si des supports envers et des clames sont utilisées pour supporter la structure pendant le soudage, il faut s'assurer qu'ils présentent une résistance suffisante et que leurs soudures d'attache sont adaptées aux conditions de charge de montage.

Lorsque la procédure de montage prévoit le ripage ou autre déplacement de la totalité ou d'une partie de la structure jusqu'à sa position définitive après assemblage, des mesures appropriées doivent être prises pour contrôler le freinage de la masse en mouvement. Une disposition pour inverser le sens du mouvement peut être envisagée.

Tous les dispositifs d'ancrage provisoires doivent être protégés contre une libération involontaire.

Seuls les vérins qui peuvent être verrouillés en charge en toutes positions doivent être utilisés, à moins de prendre d'autres mesures de sécurité.

Ajustement et alignement

Il faut porter attention au fait qu'aucune partie de la structure ne soit déformée de façon permanente ou surchargée par l'empilage d'éléments de structure ou par des charges temporaires au cours des opérations de montage.

Chaque partie de la structure doit être réglée dès que possible après montage, et l'assemblage final réalisé dès que possible.

Aucun assemblage permanent entre éléments ne doit être réalisé avant qu'une partie suffisante de la structure n'ait été alignée, mise de niveau, mise d'aplomb et assemblée provisoirement pour

garantir les éléments contre tout déplacement au cours du montage ou de l'alignement ultérieur du reste de la structure.

L'alignement de la structure et les défauts d'accostage au sein des assemblages peuvent être réglés au moyen de cales. Celles-ci doivent être fixées lorsqu'elles risquent de se détacher. Pour les classes d'exécution EXC3 et EXC4, la fixation des cales par soudage est soumise aux prescriptions précédentes.

Sauf spécification contraire, les cales doivent être en acier plat. Les cales doivent présenter une durabilité identique à celle de la structure. Pour les structures en acier inoxydable, elles doivent être en acier inoxydable et avoir une épaisseur d'au moins 2 mm en usage extérieur.

Lorsque des cales sont utilisées pour aligner des structures réalisées dans un matériau revêtu, elles doivent être protégées de la même manière afin de présenter la durabilité requise, à moins que les cales ne doivent satisfaire à une classification de frottement spécifiée.

Les jeux résiduels dans les assemblages avec boulons non précontraints ou boulons précontraints avant application de la précontrainte, doivent respecter les prescriptions des serrages de boulons.

Lorsqu'un défaut d'accostage entre éléments montés ne peut être corrigé au moyen de cales, les éléments de la structure doivent être modifiés localement conformément aux méthodes spécifiées dans la présente Norme européenne. Les modifications ne doivent pas compromettre les performances de la structure dans l'état provisoire ou permanent. Ces travaux peuvent être réalisés sur chantier. Dans le cas de structures réalisées à partir d'éléments en treillis soudé et de structures tridimensionnelles, on doit veiller à s'assurer qu'elles ne sont pas soumises à des efforts excessifs lors des tentatives d'accostage forcé contrariant leur rigidité intrinsèque.

Sauf interdiction contraire, le brochage peut être utilisé pour aligner les assemblages. Les trous destinés aux boulons utilisés pour la transmission des efforts ne doivent pas être ovalisés au-delà des valeurs données.

En cas d'alignement défectueux de trous destinés à des boulons, la conformité de la méthode de correction aux prescriptions de l'article 03.09.00 doit être vérifiée.

La conformité des trous réalignés aux exigences concernant les trous oblongs ou surdimensionnés mentionnés au [A1[[6.6](#)]A1] peut être admise à condition qu'une vérification de la transmission des efforts ait été réalisée.

La correction d'un alignement défectueux par alésage ou fraisage est préférable, mais lorsque l'utilisation d'autres méthodes de coupe est inévitable, la conformité aux prescriptions pour la finition interne de tous les trous réalisés par ces autres méthodes doit être spécifiquement vérifiée.

Les assemblages terminés réalisés sur chantier doivent être contrôlés.

17.02.14 Traitement des surfaces**17.02.14.00 Généralités**

Cet article spécifie les exigences pour rendre les surfaces en acier présentant des imperfections, y compris les surfaces soudées et usinées, aptes à l'application de peintures et produits assimilés. Les exigences pour tenir compte d'un système de revêtement particulier à appliquer doivent être spécifiées.

Le présent article ne couvre pas les exigences détaillées relatives aux systèmes de protection contre la corrosion qui sont spécifiées dans les références suivantes devant être appliquées, selon les cas :

- a. surfaces devant être peintes : normes de la série EN ISO 12944 et Annexe K de la norme NF EN 1090-2+A1
- b. surfaces devant être revêtues d'un métal par projection thermique : EN 14616, EN 15311, et Annexe F de la norme NF EN 1090-2+A1
- c. surfaces devant être revêtues d'un métal par galvanisation : EN ISO 1461, EN ISO 14713-1, EN ISO 14713-2 et Annexe F de la norme NF EN 1090-2+A1

Pour des raisons de résistance mécanique et de stabilité, aucune protection contre la corrosion n'est nécessaire si la structure doit être utilisée pendant une durée de vie courte ou dans un environnement présentant une corrosivité négligeable (par exemple, catégorie C1 ou peinture à des fins esthétiques uniquement) ou si la structure a été dimensionnée de façon à tenir compte de la corrosion.

Lorsque l'application de peinture est spécifiée pour des raisons esthétiques, le Tableau 22 conjointement avec l'Annexe F sont applicables.

Si une protection contre la corrosion avec une protection contre l'incendie sont spécifiées, leur compatibilité doit être prouvée

17.02.14.01 Préparation des subjectiles d'acier pour peintures et produits assimilés

Ces exigences ne s'appliquent pas aux aciers inoxydables. Lorsque des exigences sont applicables à la propreté des surfaces en acier inoxydable, elles doivent être spécifiées.

Toutes les surfaces auxquelles doivent être appliqués des peintures et produits doivent être préparées de manière à satisfaire aux critères de l'ISO 8501. Le degré de préparation selon l'ISO 8501-3 doit être spécifié.

Si la durée de vie prévue de la protection contre la corrosion et la catégorie de corrosivité sont spécifiées, le degré de préparation doit être conforme au Tableau 22. Sauf spécification contraire, P1 doit s'appliquer pour les classes d'exécution EXC2, EXC3 et EXC4.]A1]

Durée de vie prévue de la protection contre la corrosion ^{a)}	Catégorie de corrosivité ^{b)}	Degré de préparation
> 15 ans	C1	P1
	C2 à C3	P2
	Au-dessus de C3	P2 ou P3 tel que spécifié
5 ans à 15 ans	C1 à C3	P1
	Au-dessus de C3	P2
< 5 ans	C1 à C4	P1
	C5 — Im	P2
a), b) La durée de vie prévue de la protection contre la corrosion et la catégorie de corrosivité sont référencées dans l'EN ISO 12944 et l'EN ISO 14713 selon le cas.		

Tableau 22 Degré de préparation

Les surfaces et chants coupés thermiquement ainsi que les soudures doivent être suffisamment lisses et en mesure d'obtenir la rugosité spécifiée après des préparations de surface ultérieures (voir [Annexe F](#) de la norme NF EN 1090-2+A1).

17.02.14.02 Aciers de construction à résistance améliorée à la corrosion atmosphérique

Si nécessaire, les modes opératoires permettant de garantir un aspect visuel acceptable de la surface des aciers de construction à résistance améliorée à la corrosion atmosphérique non revêtus après vieillissement doivent être spécifiés avec les modes opératoires permettant de prévenir toute contamination (par exemple, par l'huile, la graisse, la peinture, le béton ou l'asphalte).

Le traitement nécessaire pour les surfaces des autres types d'aciers lorsque ceux-ci sont en contact avec des aciers de construction à résistance améliorée à la corrosion atmosphérique non revêtus doit être spécifié.

17.02.14.03 Compatibilité galvanique

Tout contact intempestif entre des produits métalliques différents, par exemple entre aciers inoxydables et aluminium ou acier de construction, doit être évité. Lorsqu'un acier inoxydable doit être soudé sur un acier de construction, la protection contre la corrosion de la structure en acier doit s'étendre sur au moins 20 mm à partir de la soudure sur l'acier inoxydable,

17.02.14.04 Galvanisation

Lorsqu'un décapage chimique à l'acide doit être effectué avant la galvanisation, tous les interstices des soudures doivent être rendus étanches avant ce décapage de manière à empêcher la pénétration d'acide, à moins que cela ne soit en contradiction avec les considérations exposées au paragraphe 03.07.06 ci-après.

Si l'élément fabriqué comporte des espaces clos, des trous d'évent et d'écoulement doivent être prévus. L'espace clos doit généralement être galvanisé intérieurement et, si ce n'est pas le cas, il doit être spécifié si ces espaces clos doivent être obturés après galvanisation et, dans l'affirmative, par quel moyen.

17.02.14.05 Etanchéité des espaces clos

Si les espaces clos doivent être obturés par soudage ou s'ils doivent recevoir un traitement de protection interne, le système de traitement interne doit être spécifié.

Lorsque des espaces doivent être entièrement fermés par soudage, il doit être spécifié si les imperfections de soudures autorisées par les [A1] le descriptif du mode opératoire de soudage [A1] nécessitent un colmatage par application d'un produit approprié afin de prévenir la pénétration d'humidité. Si des soudures sont uniquement destinées à assurer l'étanchéité, ces soudures doivent être contrôlées visuellement. Si requis, un contrôle plus approfondi doit être spécifié.

17.02.14.06 Etanchéité des espaces clos

Si les espaces clos doivent être obturés par soudage ou s'ils doivent recevoir un traitement de protection interne, le système de traitement interne doit être spécifié.

Lorsque des espaces doivent être entièrement fermés par soudage, il doit être spécifié si les imperfections de soudures autorisées par les [A1] le descriptif du mode opératoire de soudage [A1] nécessitent un colmatage par application d'un produit approprié afin de prévenir la pénétration d'humidité. Si des soudures sont uniquement destinées à assurer l'étanchéité, ces soudures doivent être contrôlées visuellement. Si requis, un contrôle plus approfondi doit être spécifié.

Lorsque des profils fermés doivent être galvanisés, ils ne doivent pas être obturés avant la galvanisation. Dans le cas des surfaces de recouvrement avec des soudures continues, une aération adéquate doit être prévue, à moins que la zone de recouvrement ne soit si petite que le risque d'explosion des gaz piégés au cours de la galvanisation ne soit estimé non significatif.

Lorsque des fixations mécaniques traversent la paroi d'espaces clos étanches, la méthode à utiliser pour assurer l'étanchéité de l'interface doit être spécifiée.

17.02.14.07 Surfaces en contact avec du béton

Les surfaces destinées à être en contact avec du béton, y compris les sous-faces des plaques d'appui, doivent être revêtues d'un traitement protecteur appliqué à la structure d'acier, à l'exclusion de toute couche esthétique de finition, sur au moins les premiers 50 mm de la partie noyée, sauf spécification contraire, et les surfaces restantes ne doivent pas être revêtues sauf spécification contraire. Lorsqu'elles sont dépourvues de tout revêtement, ces surfaces doivent être sablées ou brossées à la brosse métallique pour éliminer la calamine non adhérente, et nettoyées pour éliminer la poussière, l'huile et la graisse. Immédiatement avant le bétonnage, la rouille non adhérente, la poussière et les autres débris non adhérents doivent être éliminés par nettoyage.

17.02.14.08 Surfaces inaccessibles

Il convient de traiter, avant assemblage, les zones et surfaces difficilement accessibles après assemblage.

Dans les assemblages résistant au glissement, les surfaces de contact doivent satisfaire aux exigences nécessaires pour développer le frottement correspondant au traitement de surface spécifié. Les autres assemblages ne doivent pas être réalisés avec un excès de peinture sur les surfaces de contact. Au maximum, les surfaces de contact et les surfaces sous les rondelles doivent être traitées avec une couche primaire et une sous-couche, sauf spécification contraire.

Sauf spécification contraire, les assemblages boulonnés, y compris la périphérie de ces assemblages, doivent être traités avec le système de protection complet contre la corrosion spécifié pour le reste de la structure en acier.

17.02.14.09 Réparations après coupage ou soudage

Il doit être spécifié si une réparation, ou un traitement de protection supplémentaire, est requise après coupage pour les chants coupés et surfaces adjacentes.

Lorsque des éléments prérevêtus doivent être soudés, les méthodes et l'étendue de la réparation devant être appliquée au revêtement, doivent être spécifiées.

Lorsque des surfaces galvanisées ont été éliminées ou endommagées par le soudage, elles doivent être nettoyées, préparées et traitées à l'aide d'un primaire riche en zinc et d'un système de peinture offrant un niveau de protection contre la corrosion similaire à celui de la galvanisation pour la même catégorie de corrosivité (voir EN ISO 1461 pour des indications supplémentaires).

17.02.15 Nettoyage après montage

17.02.15.00 Nettoyage des éléments minces

La structure doit être nettoyée quotidiennement afin d'éliminer les tiges des rivets aveugles, les copeaux de forage, etc., pour éviter toute détérioration par corrosion.

17.02.15.01 Nettoyage des éléments en aciers inoxydables

Les modes opératoires de nettoyage doivent être adaptés à la nuance du matériau, à la finition de surface, à la fonction de l'élément et au risque de corrosion. La méthode, le niveau et l'ampleur du nettoyage doivent être spécifiés.

Les solutions fortement acides parfois utilisées pour nettoyer la maçonnerie et le carrelage des bâtiments ne doivent pas entrer en contact avec l'acier de construction, y compris l'acier inoxydable. Lorsqu'une contamination de ce type se produit, les solutions acides doivent être immédiatement et largement rincées à l'eau claire.

17.02.16 Tolérances géométriques

17.02.16.00 Types de tolérances

Le présent article définit les types d'écarts géométriques et donne des valeurs quantitatives pour deux types d'écarts autorisés :

- a. ceux applicables à un ensemble de critères qui sont essentiels pour la résistance mécanique et la stabilité de la structure terminée, appelés tolérances essentielles ;
- b. ceux requis pour répondre à d'autres critères, tels que bonne concordance d'assemblage ou aspect, appelés tolérances fonctionnelles.

Les tolérances essentielles et les tolérances fonctionnelles sont normatives.

Les écarts admissibles donnés n'incluent pas les déformations élastiques induites par le poids propre des éléments.

En outre, des tolérances particulières peuvent être spécifiées pour des écarts géométriques déjà définis par des valeurs quantifiées ou pour d'autres types d'écarts géométriques. Lorsque des tolérances particulières sont requises, les informations suivantes doivent être fournies selon le cas :

- les valeurs modifiées pour les tolérances fonctionnelles déjà définies ;
- les paramètres définis et les valeurs permises pour les écarts géométriques devant être contrôlés ;
- si des tolérances particulières s'appliquent à la totalité des éléments concernés ou seulement à des éléments particuliers dûment spécifiés.

Dans chaque cas, les exigences concernent les essais d'acceptation finale. Lorsque des éléments fabriqués font partie d'une structure à monter sur chantier, les tolérances spécifiées pour le contrôle final de la structure montée doivent être respectées en plus de celles concernant les éléments fabriqués.

17.02.16.01 Tolérances essentielles

17.02.16.01.00 Généralités

Les tolérances essentielles doivent être conformes à D.1 de la norme NF EN 1090-2+A1

Les valeurs spécifiées sont des écarts autorisés. Lorsque l'écart réel dépasse la valeur autorisée, la valeur mesurée doit être traitée comme une non-conformité conformément à l'article 03.09.00.

Dans certains cas, il est possible que l'écart non conforme à une tolérance essentielle puisse être justifié comme conforme au calcul de la structure, si l'écart excessif est explicitement inclus dans un nouveau calcul. Sinon, la non-conformité doit être corrigée.

17.02.16.01.01 Tolérances de fabrication

Profilés laminés

Les produits structuraux laminés à chaud, finis à chaud ou formés à froid doivent être conformes aux écarts autorisés spécifiés par la norme de produit concernée. Ces écarts autorisés continuent de s'appliquer aux éléments fabriqués à partir de tels produits, excepté lorsqu'ils sont remplacés par d'autres critères plus sévères spécifiés en D.1 de la norme NF EN 1090-2+A1

Profilés soudés

Les éléments soudés fabriqués à partir de plaques doivent être conformes aux écarts autorisés dans le [Tableau D.1.1](#) et les Tableaux [D.1.3 à D. 1.6](#) de la norme NF EN 1090-2+A1.

Profilés formés à froid

Les éléments obtenus par pliage à froid doivent être conformes aux écarts autorisés indiqués dans le [Tableau D.1.2](#) de la norme NF EN 1090-2+A1. Pour les éléments fabriqués à partir de profilés formés à froid, voir Profilés laminés.

Plaques raidies

Les plaques raidies doivent être conformes aux écarts autorisés indiqués dans le Tableau D.1.6 de la norme NF EN 1090-2+A1.

Tôles profilées

Les tôles profilées utilisées comme éléments structuraux doivent être conformes aux écarts autorisés spécifiés dans les [EN 508-1](#) et [EN 508-3](#) et à ceux indiqués au [Tableau D.1.7](#) de la norme NF EN 1090-2+A1.

Coques

Les écarts des structures en coque doivent être conformes aux écarts autorisés indiqués au [Tableau D.1.9](#) de la norme NF EN 1090-2+A1, dans lequel le choix de la classe appropriée doit être basé sur l'[EN 1993-1-6](#).

17.02.16.01.02 Tolérances de montage

Système de référence

Les écarts des éléments montés doivent être mesurés par rapport à leurs points de repère (voir l'ISO 4463). En l'absence d'un point de repère établi, les écarts doivent être mesurés par rapport au système secondaire.

Tiges d'ancrage et autres appuis

La position des points centraux d'un groupe de tiges d'ancrage ou autre appui ne doit pas s'écarter de plus de ± 6 mm de la position exigée par rapport au système secondaire.

Il convient de choisir une position moyenne judicieuse pour vérifier un groupe de tiges d'ancrage réglables.

Assises des poteaux

Il convient de dimensionner les trous utilisés dans les plaques d'assises et autres plaques utilisées pour la fixation sur les appuis de manière à ménager des jeux permettant aux écarts autorisés pour les appuis de correspondre à ceux autorisés pour la structure. Ceci peut nécessiter l'utilisation de rondelles de grandes dimensions entre les écrous des tiges d'ancrage et le dessus de la plaque d'assise.

Poteaux

Les écarts des poteaux montés doivent être conformes aux écarts autorisés indiqués dans les Tableaux [D.1.11](#) à [D.1.12](#) de la norme NF EN 1090-2+A1

Les écarts autorisés de groupes de poteaux adjacents (autres que ceux de portiques avec ou sans pont roulant) portant des charges verticales similaires, doivent être comme suit :

- a. la moyenne arithmétique de l'écart dans le plan pour toute inclinaison d'un groupe de six poteaux adjacents liaisonnés entre eux doit respecter les écarts autorisés indiqués dans les Tableaux [A1] [D.1.11](#) à [D.1.12](#) [A1] ; de la norme NF EN 1090-2+A1
- b. les écarts autorisés pour l'inclinaison d'un poteau pris séparément au sein de ce groupe, entre niveaux de plancher adjacents peuvent alors être élargis à $\Delta = \pm h/100$.

Appui par contact direct

Lorsqu'un appui par contact direct est spécifié, l'ajustage des surfaces des éléments montés doit être conforme après alignement au Tableau [A1] [D.1.13](#) [A1]. de la norme NF EN 1090-2+A1

Pour les assemblages boulonnés, si le jeu est supérieur aux limites spécifiées, des fourrures peuvent être utilisées pour le ramener dans les limites d'écart autorisé, sauf indication contraire dans le cahier des charges d'exécution. [A1] Les fourrures peuvent être constituées de plats en acier doux d'une épaisseur maximale de 3 mm [A1]. En aucun point on ne doit utiliser plus de trois fourrures. Si nécessaire, les fourrures peuvent être maintenues en place par soudure d'angle ou soudure bout à bout à pénétration partielle s'étendant sur la longueur des cales.

17.02.16.01.03 Tolérances fonctionnelles

Généralités

Les tolérances fonctionnelles en termes de déviations géométriques acceptables doivent être conformes à l'une des deux options suivantes :

- a. les valeurs tabulées décrites ci-dessous, ou
- b. les critères alternatifs définis ci-dessous

Si aucune option n'est spécifiée, les valeurs tabulées s'appliquent.

Valeurs tabulées

Les valeurs tabulées pour les tolérances fonctionnelles sont données au [D.2](#) de la norme NF EN 1090-2+A1_. En général, des valeurs pour deux classes sont données. Le choix d'une classe de tolérance peut être appliqué à des éléments particuliers ou à des parties spécifiques d'une structure montée.

Lorsque [D.2](#) est utilisé et que le choix de la classe n'est pas spécifié, la classe de tolérance 1 s'applique.

Lorsque le [Tableau D.2.20](#) de la norme NF EN 1090-2+A1 est utilisé, il convient que la longueur saillante d'une tige d'ancrage verticale (dans sa position réglée au mieux s'il s'agit d'une tige réglable) respecte une tolérance de verticalité de 1 mm sur 20 mm. Une exigence identique s'applique à des tiges placées horizontalement ou selon toute autre inclinaison.

Critères alternatifs

Si spécifié les critères alternatifs suivants peuvent être appliqués :

- a. pour les structures soudées, les classes suivantes selon l'EN ISO 13920 s'appliquent :
 1. classe C pour la longueur et les dimensions angulaires ;
 2. classe G pour la rectitude, la planéité et le parallélisme.
- b. pour les éléments non soudés, les mêmes critères que pour (a) ;
- c. dans les autres cas, pour une dimension d , un écart $\pm \Delta$ égal à la valeur la plus grande de $d/500$ ou 5 mm est autorisé.

17.02.17 Contrôles, essais et réparations

17.02.17.00 Généralités

Le présent article spécifie les exigences relatives aux contrôles et essais en rapport avec les exigences de qualité incluses dans le dossier qualité ou le plan qualité selon le cas.

Les contrôles, les essais et les réparations doivent être réalisés sur les ouvrages par rapport aux exigences requises et dans le cadre des exigences de qualité exposées dans la présente Norme européenne.

Tous les contrôles et essais doivent être entrepris par rapport à un plan prédéterminé avec des modes opératoires documentés. Les contrôles et essais spécifiques ainsi que les réparations associées doivent être consignés.

17.02.17.01 Produits constitutifs et éléments

17.02.17.01.00 Produits constitutifs

Les documents fournis avec les produits constitutifs conformément aux prescriptions doivent être vérifiés pour s'assurer que les informations relatives aux produits fournis correspondent bien aux produits commandés.

Le contrôle de la surface d'un produit en vue de détecter des défauts révélés pendant la préparation de surface doit être inclus dans le programme de contrôle et d'essais.

Lorsque des défauts superficiels des produits en acier révélés pendant la préparation de surface sont réparés en utilisant des méthodes conformes à la présente Norme européenne, le produit réparé peut être utilisé, à condition qu'il soit conforme aux caractéristiques nominales spécifiées pour le produit d'origine.

Sauf spécification contraire, aucune exigence n'est formulée pour des essais spécifiques des produits.

17.02.17.01.01 Eléments

Les documents fournis avec les éléments doivent être vérifiés pour s'assurer que les informations relatives aux éléments fournis correspondent bien aux éléments commandés.

17.02.17.01.02 Produits non conformes

Lorsque le dossier soumis ne comporte pas de déclaration du fournisseur stipulant que les produits sont bien conformes aux spécifications, ces produits doivent être considérés comme étant des produits non conformes jusqu'à ce qu'il puisse être démontré qu'ils respectent les exigences du programme de contrôles et d'essais.

Lorsque des produits ont tout d'abord été déclarés non conformes et que leur conformité est démontrée ultérieurement par essais ou contre-essais, les essais doivent être consignés.

17.02.17.02 Fabrication : dimensions géométriques des éléments fabriqués

Le programme de contrôles doit tenir compte des exigences et des vérifications requises sur les produits constitutifs en acier préparés ainsi que sur les éléments fabriqués.

Le contrôle dimensionnel des éléments doit toujours être effectué. Les méthodes et les instruments utilisés doivent être choisis, selon le cas, parmi ceux énumérés dans les ISO 7976-1 et ISO 7976-2. La précision doit être évaluée selon la partie appropriée de l'ISO 17123.

L'emplacement et la fréquence des mesures doivent être précisés dans le programme de contrôles.

Les critères d'acceptation doivent être conformes au 03.08.02. Les écarts doivent être mesurés en tenant compte de toute contreflèche ou préréglage spécifiés.

Lorsque le contrôle d'acceptation aboutit à l'identification d'une non-conformité, le traitement de cette non-conformité doit être le suivant :

- a. dans la mesure du possible, la non-conformité doit être corrigée en utilisant des méthodes conformes à la présente Norme européenne, puis soumise à un nouveau contrôle ;

- b. lorsque la correction n'est pas réalisable, des modifications peuvent être apportées à la structure en acier afin de compenser la non-conformité, à condition que ces modifications soient conformes à un mode opératoire traitant les non-conformités.

Les détériorations résultant d'enfoncements localisés de la surface des profils creux doivent être évaluées. La méthode représentée dans la Figure 8 peut être utilisée.

Lorsque le jeu est supérieur à l'écart admissible, des réparations peuvent être réalisées par soudure complète de couvre-joints locaux de même épaisseur que le produit d'origine sauf spécification contraire.

17.02.17.03 Soudage

17.02.17.03.00 Contrôles avant et pendant le soudage

Les contrôles effectués avant et pendant le soudage doivent figurer dans le programme de contrôles conformément aux exigences données dans la partie concernée de l'EN ISO 3834.

Les méthodes de contrôles non destructifs (CND) doivent être choisies conformément à l'EN 12062 [A1] *[texte supprimé]* [A1]. En général, le contrôle par ultrasons ou par radiographie s'applique aux soudures bout à bout et le contrôle par ressuage ou par magnétoscopie s'applique aux soudures d'angle.

Les CND, à l'exception du contrôle visuel, doivent être réalisés par un personnel qualifié de Niveau 2 tel que défini dans l'EN 473.

Lorsque le programme de contrôles exige une vérification de l'ajustage avant le soudage de profils creux préparés en vue du soudage des noeuds, les emplacements suivants doivent faire l'objet d'une attention particulière :

- pour les profilés circulaires : mi-pointe, mi-talon et deux positions à mi-flanc ;
- pour les profilés carrés ou rectangulaires : les quatre coins.

17.02.17.03.01 Contrôle après soudage

Délais

En général, les CND supplémentaires d'une soudure ne doivent pas être effectués tant qu'un délai minimal après soudage indiqué au Tableau 23 ne s'est pas écoulé.

Dimension de la soudure (mm) ^{a)}	Energie de soudage Q (kJ/mm) ^{b)}	Délai (heures) ^{c)}	
		S235 à [A1] S460 [A1]	[A1] supérieur à S460 [A1]
a ou $s \leq 6$	Toutes	Temps de refroidissement seulement	24
$6 < a$ ou $s \leq 12$	≤ 3	8	24
	> 3	16	40
a ou $s > 12$	≤ 3	16	40
	[A1] > 3	24	48 [A1]

a) La dimension s'applique à l'épaisseur de gorge nominale a d'une soudure d'angle ou à l'épaisseur nominale du matériau s d'une soudure à pleine pénétration. Pour les soudures en bout à pénétration partielle prises séparément, le critère déterminant est la hauteur nominale de soudure a , mais pour les paires de soudures en bout à pénétration partielle soudées simultanément, il s'agit de la somme des gorges de soudure a .

b) Énergie de soudage Q devant être calculée conformément à l'article 19 de l'EN 1011-1:1998.

c) Le délai entre l'achèvement de la soudure et le début du CND doit être mentionné dans le rapport de CND. Dans le cas de «temps de refroidissement seulement», le CND ne commence que lorsque la soudure est suffisamment refroidie.

Tableau 23 Délais minimaux

Pour les soudures nécessitant un préchauffage, ces périodes peuvent être raccourcies si l'ensemble soudé est soumis à un post-chauffage pendant une certaine durée après achèvement du soudage conformément à l'Annexe C de l'EN 1011-2:2001.

Lorsqu'une soudure devient inaccessible en raison de travaux ultérieurs, elle doit être contrôlée préalablement à l'exécution de ces travaux.

Toute soudure située dans une zone où une déformation inacceptable a été réparée doit faire l'objet d'un nouveau contrôle.

Etendue du contrôle

Toutes les soudures doivent être contrôlées visuellement sur la totalité de leur longueur. Lorsque des défauts superficiels sont détectés, un contrôle par ressuage ou magnétoscopie doit être effectué sur la soudure contrôlée.

Sauf spécification contraire, aucun CND supplémentaire n'est exigé pour les soudures EXC1. Pour les soudures EXC2, EXC3 ou EXC4, l'étendue des CND supplémentaires est celle spécifiée ci-après.

L'étendue des CND couvre aussi bien le contrôle des défauts superficiels que celui des défauts internes, selon le cas.

Pour les cinq premiers assemblages réalisés conformément à un même nouveau DMOS, les exigences suivantes doivent être satisfaites :

- a. le niveau de qualité B est requis pour la démonstration du DMOS dans les conditions de production ;
- b. le pourcentage à vérifier doit être le double des valeurs consignées dans le Tableau 24 [A1] (min. 5 %, max. 100 %) [A1] ;
- c. la longueur minimale à contrôler est de 900 mm.

Si le contrôle donne des résultats non conformes, une investigation doit être réalisée afin d'en trouver la raison et un nouveau jeu de cinq assemblages doit être contrôlé. Il convient de suivre les lignes directrices données dans l'Annexe C de l'EN 12062:1997.

Une fois qu'il a été établi que le soudage en production conforme à un DMOS satisfait aux exigences de qualité, l'étendue requise des CND doit être conforme au Tableau 24, les assemblages supplémentaires soudés conformément au même DMOS étant traités comme un seul lot de contrôle continu. Les pourcentages s'appliquent à l'étendue des CND supplémentaires traitée comme la quantité cumulée au sein de chaque lot de contrôle.

Les assemblages à contrôler selon le Tableau 24 doivent être sélectionnés en se basant sur l'Annexe C de l'EN 12062:1997, avec une longueur totale minimale pour un lot de contrôle x de 900 mm, en s'assurant que l'échantillonnage couvre aussi largement que possible les variables suivantes : type d'assemblage, nuance et qualité des produits constitutifs, matériel de soudage et soudeurs. Le cahier des charges d'exécution peut identifier des assemblages spécifiques à contrôler ainsi que l'étendue et la méthode des essais.

Si le contrôle révèle, dans une zone, des défauts de soudures supérieurs aux exigences spécifiées dans les critères d'acceptation, les contrôles doivent être effectués sur deux longueurs, en amont et en aval de la zone présentant le défaut. Si le contrôle sur l'un ou l'autre côté donne des résultats non conformes, une investigation doit être réalisée pour en trouver la raison.

Type de soudure	Soudures d'atelier et de chantier		
	EXC2	EXC3	EXC4
Soudures transversales bout à bout et soudures à pénétration partielle dans les assemblages bout à bout soumis à une contrainte de traction :			
$U \geq 0,5$	10 %	20 %	100 %
$U < 0,5$	0 %	10 %	50 %
Soudures transversales bout à bout et soudures à pénétration partielle :			
dans les assemblages en croix	10 %	20 %	100 %
dans les assemblages en T	5 %	10 %	50 %
Soudures d'angle transversales en traction ou en cisaillement :			
avec $a > 12$ mm ou $t > 20$ mm	5 %	10 %	20 %
avec $a \leq 12$ mm et $t \leq 20$ mm	0 %	5 %	10 %
⁽¹⁾ Soudures longitudinales à pleine pénétration entre l'âme et la semelle supérieure des poutres de ponts roulants	10 %	20 %	100 %
Autres soudures longitudinales et soudures de raidisseurs	0 %	5 %	10 % ⁽²⁾
NOTE 1 Les soudures longitudinales sont celles réalisées parallèlement à l'axe de l'élément. Toutes les autres sont considérées comme des soudures transversales.			
NOTE 2 U = degré d'utilisation des soudures pour des actions quasi statiques. $U = E_d/R_d$, où E_d est l'effet d'action le plus grand de la soudure et R_d est la résistance de la soudure dans l'état limite ultime.			
NOTE 3 Les termes a et t se rapportent respectivement à l'épaisseur de gorge et au matériau le plus épais en cours d'assemblage.			

Tableau 24 Etendue des CND supplémentaires

Contrôle visuel des soudures

Le contrôle visuel doit être effectué après achèvement du soudage dans une zone donnée, et avant tout autre CND.

Le contrôle visuel doit comprendre :

- la vérification de l'existence et de l'emplacement de toutes les soudures ;
- le contrôle des soudures conformément à l'EN 970 ;
- la détection des amorçages intempestifs et des projections de soudure.

Le contrôle des surfaces et de la forme des soudures de nœuds soudés en profils creux doit porter particulièrement sur les endroits suivants :

- pour les profilés circulaires : mi-pointe, mi-talon et deux positions à mi-flanc ;
- pour les profilés carrés ou rectangulaires : les quatre angles.

Méthodes supplémentaires de CND

Les méthodes suivantes de CND doivent être employées conformément aux principes généraux indiqués dans l'EN 12062 et aux exigences de la norme applicable à chaque méthode :

- contrôle par ressuage (PT) selon l'EN 571-1 ;
- contrôle par magnétoscopie (MT) selon l'EN 1290 ;
- contrôle par ultrasons ((UT) selon les EN 1714, EN 1713 ;
- contrôle par radiographie (RT) selon l'EN 1435 ;

Le champ d'application des méthodes de CND est spécifié dans leurs normes respectives.

Réparation des soudures

Pour les classes d'exécution EXC2, EXC3 et EXC4, les réparations par soudage doivent être effectuées conformément à des modes opératoires de soudage qualifiés.

Les réparations de soudures doivent être contrôlées et doivent satisfaire aux mêmes exigences que les soudures initiales.

17.02.17.03.02 Contrôle et essais des goujons connecteurs soudés pour les structures mixtes acier-béton

Le contrôle et les essais des goujons connecteurs soudés pour les structures mixtes acier-béton doivent être effectués conformément aux prescriptions de l'EN ISO 14555.

Ce contrôle comprend une vérification de la longueur des goujons après soudage.

Les goujons non conformes doivent être remplacés. Il est recommandé que les goujons de remplacement soient soudés sur un nouvel emplacement voisin.

Il est recommandé de contrôler à nouveau le bon fonctionnement du matériel de soudage utilisé sur le chantier après l'avoir déplacé ainsi qu'à chaque changement d'équipe ou au début de toute autre période de travail, en effectuant des essais sur les goujons soudés au moyen de cet équipement conformément aux prescriptions de l'EN ISO 14555.

17.02.17.03.03 Essais de production relatifs au soudage

Lorsque spécifiés pour les classes d'exécution EXC3 et EXC4, des essais de production doivent être effectués comme suit :

- a. la qualification de chaque mode opératoire de soudage utilisé pour souder des nuances d'acier supérieures à S460 doit être vérifiée en production. Les essais comprennent un contrôle visuel, un contrôle par ressuage ou un contrôle par magnétoscopie ; un contrôle par ultrasons ou un contrôle par radiographie (pour les soudures bout à bout), un essai de dureté et un examen macroscopique. Les essais et résultats doivent être conformes à la norme applicable à l'essai de qualification du mode opératoire de soudage.
- b. lorsqu'un procédé de soudage à forte pénétration est utilisé pour des soudures d'angle, la pénétration des soudures doit être vérifiée. Les résultats en termes de pénétration réelle doivent être consignés.
- c. pour les tôles d'acier des tabliers orthotropes de ponts :
 1. les assemblages raidisseur-tablier soudés par un procédé de soudage entièrement mécanisé doivent être vérifiés par un essai de production pour chaque longueur de pont de 120 m, avec au moins un essai de production par pont, et doivent être contrôlés par un examen macroscopique. Les examens macroscopiques de sections doivent être préparés au départ ou à l'arrêt et au milieu de la soudure
 2. Les assemblages de raidisseurs par couvre-joints doivent être vérifiés par un essai de production.

17.02.17.04. Fixations mécaniques

17.02.17.04.00 Contrôle des assemblages boulonnés non précontraints

Tous les assemblages comportant des éléments de fixation mécanique non précontraints doivent être contrôlés visuellement après boulonnage complet et alignement local de la structure.

Si, au cours des vérifications de détails, des assemblages sont identifiés comme ne possédant pas la totalité de leurs boulons, la concordance de ces assemblages doit être contrôlée après mise en place des boulons manquants.

Les critères d'acceptation et les corrections des non-conformités doivent être conformes.

Si la non-conformité est due à des différences d'épaisseurs de matériau dépassant les critères l'assemblage doit être repris. Dans les autres cas, les non-conformités peuvent être corrigées, dans la mesure du possible, en réalisant l'alignement local de l'élément défectueux.

Les assemblages corrigés doivent être à nouveau contrôlés après réfection.

Lorsqu'un système d'isolement est requis au contact entre acier inoxydable et autres métaux, les exigences relatives à la vérification de son installation doivent également être spécifiées.

17.02.17.04.01 Contrôle et essais des assemblages boulonnés précontraints

Contrôle des surfaces de frottement

Si les assemblages nécessitent des surfaces de frottement, ces surfaces doivent être contrôlées visuellement immédiatement avant assemblage. Les critères d'acceptation doivent être conformes. Les non-conformités doivent être corrigées.

Lorsque des boulons précontraints sont utilisés pour des assemblages en aciers inoxydables, les exigences relatives au contrôle et aux essais doivent être spécifiées.

Contrôle avant serrage

Tous les assemblages comportant des boulons précontraints doivent être contrôlés visuellement après leur boulonnage initial complet et l'alignement local de la structure, et avant l'application de la précontrainte. Les critères d'acceptation doivent être conformes.

Si la non-conformité est due à des différences d'épaisseurs de matériau dépassant les critères, l'assemblage doit être refait. Dans les autres cas, les non-conformités peuvent être corrigées, dans la mesure du possible, en réglant l'alignement local de l'élément défectueux.

Si des rondelles chanfreinées sont mises en place, elles doivent être contrôlées visuellement afin de s'assurer que l'assemblage est conforme.

Les assemblages corrigés doivent être contrôlés à nouveau après réfection.

Pour les classes d'exécution EXC2, EXC3 et EXC4, le mode opératoire de serrage doit être vérifié. Lorsque le serrage est effectué par la méthode du couple ou la méthode combinée, les certificats d'étalonnage des clés dynamométriques doivent être contrôlés pour vérifier la précision.

Contrôle pendant et après serrage

En plus des exigences générales suivantes, relatives aux contrôles, qui s'appliquent à toutes les méthodes excepté à la méthode HRC, des exigences particulières pour différentes méthodes de serrage sont données dans les paragraphes méthode du couple à méthode de serrage avec indicateur direct de précontrainte. Pour les classes d'exécution EXC2, EXC3 et EXC4, le contrôle pendant et après serrage doit être réalisé comme suit :

- a. le contrôle des éléments de fixation mis en place et/ou des méthodes de pose doit être effectué selon la méthode de serrage utilisée. Les emplacements doivent être choisis de manière aléatoire afin de s'assurer que l'échantillonnage couvre les variables suivantes, selon le cas — type d'assemblage ; groupe de boulons, lot, type et dimensions des éléments de fixation ; outillage utilisé et opérateurs.
- b. en vue du contrôle, un groupe de boulons s'entend comme des boulons de même origine employés dans des assemblages similaires, les boulons étant de mêmes dimensions et de même classe. Un groupe comportant de nombreux boulons peut être subdivisé en plusieurs sous-groupes à des fins de contrôle.
- c. le nombre de boulons contrôlés globalement dans une structure doit être le suivant :
 - EXC2 : 5 % pour la seconde phase de la méthode du couple et de la méthode combinée, et pour la méthode DTI ;
 - EXC3 et EXC4 :
 - I. 5 % pour la première phase et 10 % pour la seconde phase de la méthode combinée.
 - II. 10 % pour la seconde phase de la méthode du couple et pour la méthode DTI.
- d. sauf spécification contraire, le contrôle doit être réalisé en utilisant un plan d'échantillonnage progressif conforme à l'Annexe M de la norme NF EN 1090-2+A1 pour un nombre suffisant de boulons jusqu'à ce que les conditions d'acceptation ou de rejet (ou tous les assemblages aient été testés) pour le type séquentiel applicable soient satisfaites pour les critères applicables. Les types séquentiels doivent être les suivants :
 - EXC2 et EXC3 : type séquentiel A ;
 - EXC4 : type séquentiel B.
- e. le premier serrage doit être vérifié par contrôle visuel des assemblages pour s'assurer qu'ils plaquent complètement.
- f. pour le contrôle du serrage final, le même boulon doit être utilisé pour vérifier un sous-serrage et, si spécifié, un surserrage.
- g. pour le contrôle de la première étape, seul le critère de sous-serrage doit être vérifié.
- h. les critères définissant une non-conformité et les exigences relatives aux actions correctives sont spécifiés ci-dessous pour chaque méthode de serrage.
- i. lorsque le contrôle se traduit par un rejet, tous les boulons du sous-groupe de boulons doivent être vérifiés et des mesures correctives doivent être prises. Si le résultat du contrôle, en cas d'utilisation du type séquentiel A, est négatif, il est possible d'étendre le contrôle au type séquentiel B.
- j. après achèvement, un nouveau contrôle est requis.

Si les éléments de fixation ne sont pas installés conformément à la méthode définie, le retrait et le remplacement de l'ensemble du groupe de boulons doivent être effectués devant témoin.

Méthode du couple

Le contrôle d'un boulon doit être effectué, suivant le [Tableau 25](#), par l'application d'un couple à l'écrou (ou à la tête de la vis, si cela est spécifié) en utilisant une clé dynamométrique étalonnée. L'objectif est de vérifier que la valeur du couple nécessaire pour déclencher la rotation est au moins égale à $[A1[1,05$ fois la valeur de couple de précontrainte $M_{r,i}$ ($M_{r,2}$ ou $M_{r,test}$). Des précautions doivent être prises pour maintenir la rotation à un strict minimum. Les conditions suivantes s'appliquent :

- la clé dynamométrique utilisée pour les contrôles doit être correctement étalonnée et présenter une précision de $\pm 4 \%$;
- le contrôle doit être effectué entre 12 h et 72 h après achèvement du serrage du sous-groupe de boulons concerné.
- si le résultat est un rejet, la précision de la clé dynamométrique utilisée pour le serrage doit être vérifiée.

Classe d'exécution	Au commencement du serrage	Après le serrage
EXC2	— Identification des emplacements de lots de boulons	Contrôle de la seconde phase de serrage
EXC3 et EXC4	— Identification des emplacements de lots de boulons — Vérification du mode opératoire de serrage des boulons pour chaque groupe de boulons.	Contrôle de la seconde phase de serrage
NOTE Pour la définition de lot de boulons, voir l'EN 14399-1.		

Tableau 25 Contrôle du serrage par la méthode du couple

Un boulon pour lequel l'écrou tourne de plus de 15° sous l'application du couple de contrôle est jugé sous serré ($< 100 \%$) et doit être resserré jusqu'à 100% du couple requis.

Méthode combinée

Pour les classes d'exécution EXC3 et EXC4, la première phase doit être $[A1[$ vérifiée $]A1]$, avant marquage, en utilisant les mêmes conditions de couple que celles utilisées pour atteindre l'état 75% . Un boulon qui tourne de plus de 15° sous l'application du couple de contrôle est jugé défectueux et doit être resserré.

Si les assemblages ne plaquent pas totalement, l'étalonnage des clés dynamométriques utilisées par rapport aux charges appliquées doit être contrôlé par des essais supplémentaires afin d'obtenir l'effort de préserrage approprié. Si nécessaire, la première phase doit être répétée avec les valeurs de couple corrigées.

Lorsque les assemblages restent non plaqués, l'épaisseur et le défaut de planéité des éléments assemblés doivent être contrôlés et corrigés.

Avant que ne commence la seconde phase, les repères de tous les écrous par rapport aux filetages des vis doivent être contrôlés visuellement. Tout repère manquant doit être corrigé.

Après la seconde phase, les repères doivent être contrôlés avec les exigences suivantes :

- si l'angle de rotation est inférieur de plus de 15° à la valeur spécifiée, cet angle doit être corrigé ;
- si l'angle de rotation est supérieur de plus de 30° à la valeur spécifiée ou si la vis ou l'écrou a cédé, le boulon doit être remplacé par un boulon neuf.

Méthode de précontrainte des boulons HRC

$[A1[$ Pour les classes d'exécution EXC2, EXC3 et EXC4, la première étape de serrage doit être vérifiée par contrôle visuel des assemblages pour s'assurer qu'ils plaquent complètement.

Le contrôle doit être réalisé sur 100% des boulons par un contrôle visuel. Les boulons complètement serrés sont identifiés comme étant ceux dont l'extrémité cannelée est cisailée. Un boulon pour lequel l'extrémité cannelée subsiste est jugé sous serré.

Si le serrage des boulons HRC est achevé en utilisant la méthode du couple ou à la méthode pour DTI ces boulons doivent être contrôlés conformément à la méthode du couple [javascript:void\(0\)](#) ou avec la méthode de serrage avec indicateur direct de précontrainte selon le cas.

Méthode de serrage avec indicateur direct de précontrainte

Après la première étape, les assemblages doivent être contrôlés afin de s'assurer qu'ils plaquent correctement. L'alignement local des assemblages non conformes doit être corrigé avant de commencer le serrage.

Après serrage final, les boulons choisis pour un contrôle conformément avec le contrôle pendant et après le serrage doivent être vérifiés afin d'établir que les écrasements finals des indicateurs sont conformes aux exigences de l'Annexe J de la norme NF EN 1090-2+A1. Le contrôle visuel doit inclure une vérification afin d'identifier tout indicateur qui présente une compression totale de l'indicateur. Pas plus de 10 % des indicateurs dans un même groupe de boulons d'assemblage ne doivent présenter une compression totale de l'indicateur.

Si les éléments de fixation ne sont pas installés conformément à l'[Annexe J](#) de la norme NF EN 1090-2+A1 ou si l'écrasement final de l'indicateur ne se situe pas dans les limites prescrites, le contrôleur doit assister au retrait et au remplacement des boulons non conformes, et la totalité du groupe de boulons doit être contrôlée. Si l'indicateur direct de précontrainte n'a pas été serré aux limites prescrites, le boulon peut être serré davantage jusqu'à ce que la limite soit atteinte.

17.02.17.04.02 Contrôles, essais et réparations des rivets à chaud

Contrôle

Le nombre de rivets contrôlés globalement dans une structure doit être d'au moins 5 %, avec un nombre minimal de 5.

Les têtes des rivets doivent être contrôlées visuellement et doivent répondre aux critères d'acceptation.

Le contrôle du contact satisfaisant doit être réalisé au moyen d'un marteau de 0,5 kg en sonnant légèrement la tête du rivet. Le contrôle est effectué en utilisant un plan d'échantillonnage séquentiel conformément à l'[Annexe M](#) la norme NF EN 1090-2+A1 sur un nombre suffisant de rivets jusqu'à ce que les conditions d'acceptation ou de rejet relatives au type séquentiel applicable soient satisfaites pour les critères applicables. Les types séquentiels sont les suivants :

- EXC2 et EXC3 : type séquentiel A
- EXC4 : type séquentiel B.

Lorsque le contrôle se traduit par un rejet, tous les rivets doivent être vérifiés et des mesures correctives doivent être prises.

Réparations

S'il est nécessaire de remplacer un rivet défectueux, le remplacement doit être effectué avant la mise en charge de la structure. L'enlèvement doit être réalisé au moyen d'un burin ou par coupage.

Après le retrait d'un rivet, les bords du trou du rivet doivent être soigneusement contrôlés. En cas de fissures, cratères ou déformation du trou, le trou doit être réalésé. Si nécessaire, le rivet de remplacement doit avoir un diamètre supérieur au rivet retiré.

17.02.17.04.03 Contrôle de la fixation des éléments et plaques formés à froid

Vis autotaraudeuses et vis autoperceuses

Lorsque des vis autotaraudeuses sont utilisées, des trous témoins doivent être mesurés périodiquement par des vérifications ponctuelles sur chantier afin de s'assurer de leur conformité aux recommandations du fabricant.

Lorsque des vis autotaraudeuses et des vis autoperceuses sont utilisées sur chantier, des vis témoins doivent faire l'objet de vérifications ponctuelles périodiques afin de s'assurer de l'intégrité des filetages après mise en place. Cette méthode est recommandée pour chaque application différente. Les éléments de fixation qui présentent une déformation du filetage dépassant les limites indiquées par le fabricant des fixations, doivent être jugés non conformes et être remplacés par de nouvelles fixations.

Rivets aveugles

Des trous témoins doivent être mesurés périodiquement par des vérifications ponctuelles sur chantier afin de s'assurer de leur conformité aux recommandations du fabricant du produit.

Les trous présentant des bavures susceptibles de gêner le rapprochement des pièces assemblées doivent être jugés non conformes jusqu'à ce qu'ils soient rectifiés.

Les assemblages réalisés à l'aide de rivets aveugles doivent être contrôlés afin de s'assurer que l'extrémité aveugle du rivet n'est pas formée entre les tôles se recouvrant. De tels assemblages doivent être traités comme non conformes. Le rivet défectueux doit être retiré et remplacé.

Si le rivet défectueux est ôté à l'aide d'un foret de diamètre supérieur à celui utilisé pour former le trou d'origine, le rivet de remplacement doit être adapté au nouveau diamètre du trou.

17.02.17.04.04 Eléments de fixation particuliers et méthodes de fixation particulières

Généralités

Les exigences relatives au contrôle des assemblages utilisant des éléments de fixation particuliers ou des méthodes de fixation particulières, doivent être spécifiées.

Si des trous taraudés sont utilisés dans des matériaux moulés, le CND autour des trous taraudés doit être effectué pour s'assurer de l'homogénéité de la matière.

Clous pour pistoscellement par charge explosive et air comprimé

Un contrôle doit être effectué pour s'assurer que les assemblages réalisés à l'aide de clous pour pistoscellement par charge explosive et air comprimé ne pénètrent pas de façon excessive ou insuffisante.

La marque d'identification du fabricant sur le clou doit demeurer reconnaissable après pose de la fixation.

Autres éléments de fixation mécanique

Le contrôle des assemblages employant d'autres fixations mécaniques (par exemple, crochets, éléments de fixation spéciaux) doit être effectué conformément aux normes de produit / recommandations nationales ou instructions des fabricants ou conformément aux méthodes spécifiées.

17.02.17.05 Traitement des surfaces et protection contre la corrosion

Si la structure doit être protégée contre la corrosion, un contrôle de la structure avant mise en œuvre de la protection contre la corrosion doit être effectué en regard des prescriptions de l'article Traitement des surfaces.

Toutes les surfaces, soudures et rives doivent être faire l'objet d'un examen visuel. Les critères d'acceptation doivent satisfaire aux exigences de l'EN ISO8501.

Les éléments non conformes doivent faire l'objet d'un nouveau traitement, de nouveaux essais, puis d'un nouveau contrôle.

Le contrôle de la protection contre la corrosion doit être effectué conformément à [l'Annexe F de la norme NF EN 1090-2+A1](#).

17.02.17.06 Montage

17.02.17.06.00 Contrôle du montage à blanc

Les exigences relatives au contrôle de tout montage à blanc doivent être spécifiées.

17.02.17.06.01 Contrôle de la structure montée

L'état de la structure montée doit être contrôlé pour repérer les éléments ayant subi une déformation ou des efforts excessifs, et pour s'assurer que toutes les fixations provisoires éventuelles ont été ôtées de façon satisfaisante ou sont conformes aux exigences spécifiées.

17.02.17.06.02 Levé de la position géométrique des nœuds d'assemblage

Méthodes et précision des levés

Un levé de la structure achevée doit être effectué. Ce levé doit être établi par rapport au quadrillage secondaire. Pour les classes d'exécution EXC3 et EXC4, ce levé doit faire l'objet d'un enregistrement ; si un enregistrement des vérifications des dimensions est exigé à la réception de la structure, il doit être spécifié.

Les méthodes et les instruments utilisés doivent être choisis parmi ceux énumérés dans les ISO 7976-1 et ISO 7976-2. Ce choix doit tenir compte de la validité de la méthode de levé en termes de précision par rapport aux critères d'acceptation. Le cas échéant, le levé doit être corrigé

en fonction des effets de la température, et la précision des mesures doit être estimée selon les parties appropriées de l'ISO 17123.

[A1[*texte supprimé*]A1] de la norme NF EN1090-2+A1.

Système de mesure

Le système d'écarts autorisés est élaboré à partir de points de repère au niveau de base, d'une enveloppe pour la verticalité des poteaux, et d'une série de niveaux intermédiaires et de toiture appliqués aux niveaux de planchers tels que construits.

Chaque valeur isolée doit être conforme aux valeurs des figures et des tableaux. La somme algébrique des valeurs discrètes ne doit pas être supérieure aux écarts autorisés pour la totalité de la structure.

Le système doit imposer des exigences pour les positions des assemblages. Entre ces positions, les tolérances de fabrication définissent des écarts autorisés.

Le système n'impose pas d'exigences explicites pour les éléments de structure secondaires tels les potelets et pannes.

Une attention particulière doit être portée à la détermination des files et des niveaux dans le cas d'un raccordement à une construction existante.

Niveaux et points de référence

Les tolérances de montage doivent normalement être spécifiées par rapport aux points de référence suivants sur chaque élément :

- a. pour les éléments situés dans une limite de 10° par rapport à la verticale : le centre de l'élément à chaque extrémité ;
- b. pour les éléments situés dans une limite de 45° par rapport à l'horizontale (y compris les sommets de fermes en treillis) : le centre de la face supérieure à chaque extrémité ;
- c. pour les éléments internes dans les fermes et poutres à treillis reconstituées : le centre de l'élément à chaque extrémité ;
- d. pour les autres éléments : les plans de montage doivent indiquer les points de référence qui doivent en général être les faces supérieures ou extérieures des éléments principalement soumis à flexion, et les axes des éléments principalement soumis à compression ou traction directe.

D'autres points de référence peuvent être substitués à ces points pour des raisons de commodité, à condition que ceux-ci aient des effets similaires à ceux spécifiés ci-dessus.

Emplacement et fréquence

Sauf spécification contraire, les mesures de la position des éléments adjacents aux nœuds d'assemblages sur chantier ne doivent être effectuées que de la façon indiquée ci-dessous. L'emplacement et la fréquence des mesures doivent être précisés dans le programme de contrôles.

Il convient de mesurer la précision de position de la structure en acier montée sous l'effet du poids propre uniquement, sauf spécification contraire. Les conditions dans lesquelles cette mesure doit être effectuée doivent être spécifiées ainsi que les écarts et déplacements dus aux surcharges, autres que ceux dus au poids propre de la structure en acier, lorsque ces écarts et déplacements sont susceptibles d'affecter les vérifications de dimensions.

Critères d'acceptation

Les critères d'acceptation sont indiqués aux articles précédents

Définition d'une non-conformité

L'évaluation de l'existence d'une non-conformité doit tenir compte de l'inévitable variabilité des méthodes de mesure calculées conformément au 03.09.07.02 Méthodes et précision des levées.

La précision de construction doit être interprétée par rapport aux prévisions de flèches, contreflèches, préréglages, déplacements élastiques et dilatation thermique des éléments.

Si un déplacement important d'une structure susceptible d'affecter les vérifications de dimensions (par exemple, pour les structures tendues) est prévu, une enveloppe de positions admissibles doit être spécifiée.

Traitement d'une non-conformité

Le traitement d'une non-conformité doit être effectué conformément au 03.09.03. Les corrections doivent être réalisées en utilisant des méthodes conformes à la présente Norme européenne.

Lorsqu'une structure en acier est livrée avec des non-conformités en attente de correction, ces non-conformités doivent faire l'objet d'une liste récapitulative.

17.02.17.06.03 Autres essais d'acceptation

Lorsque les éléments d'une structure doivent être montés en fonction d'une charge spécifique plutôt que d'une position, les exigences détaillées, y compris la plage de tolérances concernant la charge, doivent être spécifiées.

17.03 PRESCRIPTIONS TECHNIQUES PARTICULIERES Bardages

17.03.01 Spécifications techniques des matériaux et composants

17.03.01.00 Spécifications techniques des tôles en acier

Les tôles d'acier utilisées pour la fabrication des éléments des parements doivent répondre aux normes données ci-avant.

L'acier inoxydable est choisi parmi les nuances du groupe « 18/8 et 18/10 » ou « 17/12/2 ».

A Caractéristiques des profils et des plateaux

1- Formes courantes

Les éléments constituant les parements des bardages en acier sont généralement des profilés nervurés, des plaques ondulées ou sinusoïdales et des plateaux, formés à froid sur machines à galets ou à la presse. Les plateaux ou les plaques nervurées ou ondulées constituant la peau intérieure peuvent posséder des plages perforées ou crevées à améliorer la correction acoustique.

Côté extérieur, les plateaux agencés côte à côte présentent des lèvres constituant des appuis d'épaisseur totale cumulée de 1,5 mm au moins pour la fixation de la peau extérieure ou des écarteurs. Les lèvres des plateaux ont un retour de largeur au minimum de 20mm.

Les rayons de profilage des bobines non revêtues (galvanisées) doivent être choisis conformément à la norme P 34-310 et à son guide d'application GA-A 36-335.

Les rayons de profilage des bobines revêtues (galvanisées prélaquées) doivent être choisis conformément aux spécifications figurant dans la norme XP P34-301, et figurant dans les fiches techniques des fabricants de bobines prélaquées.

2- Epaisseurs nominales minimales de fabrication

Les éléments des parements de bardages en acier doivent être fabriqués à partir de matériaux de base dont l'épaisseur nominale, en mm, ne sera pas inférieure à celle définie dans le tableau suivant :

Matériau de base	Destination de l'élément			
	Bardage simple peau	Bardage double Peau		
		Peau Extérieure	Peau Intérieure	
			Ne supportant pas la peau extérieure (plaque nervurée)	Supportant la peau extérieure (plateau)
Tôle d'acier revêtue (+)	63/100, pose verticale 75/100, pose horizontale et oblique	63/100, pose verticale 75/100, pose horizontale et oblique	63/100	75/100
Tôle d'acier inoxydable	63/100	63/100	63/100	(++)

(+) La tôle revêtue peut être : galvanisée, galvanisée prélaquée, galvanisée plastifiée, aluminée, etc..

(++) Les présentes Recommandations Professionnelles n'envisagent pas le cas où la peau intérieure d'un bardage double peau supportant la peau extérieure est réalisée dans ces matériaux.

Les éléments de finitions ont une épaisseur au minimum de 0,63 mm en acier inoxydable.

3- Retour minimal des nervures emboîtées des plaques nervurées

Pour les bardages de hauteur de nervure supérieure à 18 mm, les nervures emboîtées des plaques nervurées constituant la peau extérieure doivent comporter un retour minimal de 15mm.

Pour les bardages de hauteur de nervure de 7 à 18 mm, il n'y a pas d'exigence sur la valeur minimale du retour. Dans ce cas, la pose est faite avec double recouvrement de nervures.

Par ailleurs, la nervure emboîtante doit avoir un plat minimum de 15 mm.

4- Retour minimal des nervures emboîtées des plaques ondulées

Pour les plaques ondulées de hauteur de nervure $h < 25$ mm, le recouvrement minimal est de $3b_R/2$ d'onde minimum avec double recouvrement des ondulations (b_R).

Pour les plaques ondulées de hauteur 18 mm et de 76 mm de b_R , le recouvrement minimal est de $11b_R/8$.

Pour les plaques ondulées de hauteur de nervure $h \geq 25$ mm, le recouvrement minimal est de b_R d'onde minimum.

5- Caractéristiques mécaniques

- Les limites élastiques, résistances à la rupture, allongement minimum sont donnés dans les normes matériaux et produits.
- La nuance d'élasticité minimale des tôles profilées est de S280 GD.
- La nuance d'élasticité minimale des tôles ondulées est de D280 GD.
- La nuance d'élasticité minimale des plateaux est de S320 GD.
- La nuance d'élasticité des écarteurs est de S220 GD (S280 GD dans les B et C des dispositions constructives en zone sismique 2,3 et 4).
- La nuance d'élasticité pour les façonnés de finition est de S280 GD.
- La limite d'élasticité pour les profilés en acier inoxydable selon la NF EN 10088-2 est de 280 MPa minimum.

B Tolérances de fabrication

Les tolérances données ci-dessous s'appliquent. Elles complètent et/ou remplacent les tolérances sur le même sujet données dans la norme NF EN 508-1.

1- Tolérances sur épaisseur

Les tolérances sont celles correspondant aux spécifications du métal utilisé pour les plaques de bardage telles que désignées dans la fiche technique.

Les plateaux de bardage sont en tolérances spéciales ou normales au sens de la norme NF EN 10143 ou décalées ou normales au sens de la norme P 34-310.

2- Tolérances sur largeur utile des plaques nervurées ou ondulées et plateaux

Elles sont définies dans le tableau ci-dessous :

Largeur Utile l	Tolérances
$l \leq 600$ mm	± 3 mm
$l > 600$ mm	$\pm 0,5 \%$ si $e \leq 0,75$ mm $\pm 1 \%$ si $e > 0,75$ mm

Avec e épaisseur du profil

3- Tolérances sur largeur de module des plaques nervurées ou ondulées ou plateaux

Elles sont définies dans le tableau ci-dessous

Largeur Utile b_R	Tolérances
$b_R \leq 200 \text{ mm}$	$\pm 1 \text{ mm}$
$b_R > 200 \text{ mm}$	$\pm 0,5 \%$

4- Tolérances sur la hauteur des nervures

La tolérance sur la hauteur est de + 0, -1 mm.

5- Tolérances sur la longueur des profils

Elles sont définies dans le tableau ci-dessous

Longueur L	Tolérances
$L \leq 2000 \text{ mm}$	+ 8 mm -0
$2000 \text{ mm} < L \leq 6000 \text{ mm}$	+ 0,4 % -0
$L > 6000 \text{ mm}$	+ 25 mm -0

6- Plateaux

La tolérance sur la longueur des plateaux est de +0, -10 mm.

C Protection contre la corrosion

Tous les éléments en acier apparents ou non, doivent recevoir un revêtement de protection contre la corrosion et avoir subi les traitements spécifiés dans les documents du marché.

Le choix du revêtement adapté à l'exposition des ouvrages est détaillé ci-dessous :

La durabilité de la protection contre la corrosion est liée à l'entretien des façades.

Dans le cas d'un post laquage, il convient de respecter les prescriptions de la NF P 24 351.

1. Choix des revêtements

Revêtements métalliques :

Pour les tôles d'acier avec revêtement métallique on trouve ci-après dans les tableaux ci-dessous un guide de choix des revêtements en fonction de la destination des produits.

Le guide d'application GA A 36-335 permet d'établir la corrélation entre les performances des tôles d'acier galvanisées établies selon la norme NF EN 10346 et les catégories de performances établies dans la norme P 34-310.

Dans le cas de bâtiment ouvert ou dont les parois intérieures peuvent être soumises à l'atmosphère extérieure du site, la peau intérieure et/ou la face envers des plateaux perforés devra être prévue avec un revêtement identique à la peau extérieure.

Tableau 1 - Choix des revêtements de la face extérieure de la peau extérieure de bardage

Métallique	Atmosphère Extérieure								
	Rural non polluée	Urbaine ou Industrielle		Marine				Spéciale	
		Normale	Sévère	20 à 10 km	10 à 3 km	Bord de mer (<3km) (**)	Mixte	Fort U.V	Particulière
Z350	OUI	○	-	○	-	-	-	-	-
Z450 (a)	OUI	OUI	○	OUI	○	○	○	-	○
AZ185 (*)	OUI	OUI	○	OUI	OUI	OUI	○	-	○
ZA255	OUI	OUI	○	OUI	OUI	OUI	○	-	○
AL230	OUI	OUI	○	OUI	○	○	○	-	○
ETPM (*)	○	○	○	○	○	○	○	-	○

(*) ETPM : Evaluation Technique Préalable Matériaux : Disponible sur le site du fabricant

(**) A l'exception du front de mer et des expositions aux embruns marins

Oui : Revêtement adapté

- : Revêtement non adapté

○ : Cas pour lequel l'application définitive ou le choix d'un revêtement plus performant ou la définition de dispositions particulières doit être arrêté après consultation et accord du fabricant de bobines galvanisées

(a) : Produit non courant, disponible sur demande et sur la base d'une grande quantité

Tableau 2 - Choix des revêtements de la face intérieure du plateau (bâtiment fermé)

Métallique	Ambiance intérieure du bâtiment	
	Ambiances saines (non agressive)	
	Hygrométrie Faible	Hygrométrie Moyenne
Z180	OUI	○
Z200	OUI	○
Z225	OUI	○
Z275	OUI	OUI
AZ185 (*)	OUI	OUI
ZA255	OUI	OUI
AL195	OUI	OUI
AL230	OUI	OUI
ETPM (*)	○	○

(*) ETPM : Evaluation Technique Préalable Matériaux : disponible sur le site du fabricant

Revêtements prélaqués :

Pour les tôles d'acier galvanisées prélaquées ou non, on trouve ci-après les tableaux ci-dessous, un guide de choix des revêtements en fonction de la destination des produits.

Les guides d'application GA A 36-351 ET GA A 36-355 permettent d'établir la corrélation entre les performances des tôles d'acier galvanisées prélaquées établies selon la norme NF EN 10169 et les catégories de performances établies sans la norme XP P 34-301.

Dans le cas de bâtiment ouvert ou dont les parois intérieures peuvent être soumises à l'atmosphère extérieure du site, la peau intérieure et/ou la face envers des plateaux perforés devra être prévue avec un revêtement identique à la peau extérieure.

Lorsque la peau extérieure est perforée (mise en œuvre sur mur en maçonnerie enduite par l'extérieur ou en béton et non isolé par l'extérieur, le revêtement de la face intérieure est identique à celui de la face extérieure.

Tableau 3 - Choix des revêtements de la face extérieure de la peau extérieure

Métallique	Catégorie de revêtement selon norme XP P 34-301 face exposée	Atmosphère extérieure								
		Rurale non polluée	Urbaine ou Industrielle		Marine				Spéciale	
			Normale	Sévère	20 à 10 km	10 à 3km	Bord de mer (<3km) (**) _r	Mixte	Fort UV	Particulière
Z 225 ou AL 195 ou ZA 200	III	OUI	OUI	○	OUI	-	-	○		○
	IV	OUI	OUI	○	OUI	OUI	-	○		○
	V	OUI	OUI	○	OUI	OUI	OUI	○		○
	VI	OUI	OUI	○	OUI	OUI	OUI	○	OUI	○
ETPM (*)	ETPM (*)	○	○	○	○	○	○	○	○	○
AZ 185	ETPM (*)	○	○	○	○	○	○	○	○	○

(*) ETPM : Evaluation Technique Préalable Matériaux : Disponible sur les sites des fabricants

(**) A l'exception du front de mer et des expositions aux embruns marins

Oui : Revêtement adapté

- : Revêtement non adapté

○ : Cas pour lequel l'application définitive ou le choix d'un revêtement plus performant ou la définition de dispositions particulières doit être arrêté après consultation et accord du fabricant de bobines galvanisées

Tableau 4 -Choix des revêtements de la face intérieure des plateaux en bâtiment fermé

Métallique	Catégorie de revêtement selon norme XP P 34-301 face exposée	Ambiance intérieure saine du bâtiment	
		Hygrométrie faible non agressive	Hygrométrie moyenne non agressive
Z100 (**)	I	OUI	-
	II	OUI	OUI
Z 225	I	OUI	-
	II	OUI	OUI
	IIIa	OUI	OUI
	IV b	OUI	OUI
	IV c	OUI	OUI
AZ 185 (*)	IV b	OUI	OUI
ZA 255 (*)	IV b	OUI	OUI
AL 195		OUI	OUI
AL 230		OUI	OUI
ETPM (*)	ETPM (*)	○	○

(*) ETPM : Evaluation Technique Préalable Matériaux : Disponible sur les sites des fabricants

(**) Z100 uniquement pour les plateaux

Oui : Revêtement adapté

- : Revêtement non adapté

○ : Cas pour lequel l'application définitive ou le choix d'un revêtement plus performant ou la définition de dispositions particulières doit être arrêté après consultation et accord du fabricant de bobines galvanisées

Catégories de performances établies dans les normes XP P 34-301.**Tableau 5 - Choix des revêtements de la face envers des profils de bardages prélaqués en double peau (contact avec la lame d'air)**

Métallique	Catégorie de revêtement selon norme XP P 34-301 face exposée	Atmosphère extérieure								
		Rurale non polluée	Urbaine ou Industrielle		Marine				Spéciale	
			Normale	Sévère	20 à 10 km	10 à 3km	Bord de mer (<3km) (**) _r	Mixte	Fort UV	Particulière
Z 225	I	OUI	OUI	o	OUI	OUI	-	o	-	o
	IV	OUI	OUI	o	OUI	OUI	-	o		o
AZ 185 (*)	VI	OUI	OUI	o	OUI	OUI	OUI	o	-	o
ZA 255	V	OUI	OUI	o	OUI	OUI	OUI	o	-I	o
AL 230		OUI	o	-	o	-	-	-	o	o
ETPM (*)	ETPM (*)	o	o	o	o	o	o	o	-	o

(*) ETPM : Evaluation Technique Préalable Matériaux : Disponible sur les sites des fabricants

(**) A l'exception du front de mer et des expositions aux embruns marins

Oui : Revêtement adapté

- : Revêtement non adapté

o : Cas pour lequel l'application définitive ou le choix d'un revêtement plus performant ou la définition de dispositions particulières doit être arrêté après consultation et accord du fabricant de bobines galvanisées

Catégories de performances établies dans les normes XP P 34-301.**Tableau 6 - Choix de la face envers des plateaux pleins (côté isolation)**

Métallique	Catégorie de revêtement selon norme XP P 34-301 face exposée	Ambiance intérieure saine du bâtiment	
		Hygrométrie faible non agressive	Hygrométrie moyenne non agressive
Z100 (**)	I	OUI	-
	II	OUI	OUI
Z 225	I	OUI	-
	II	OUI	OUI
	IIIa	OUI	OUI
	IV b	OUI	OUI
	IV c	OUI	OUI
AZ 185 (*)	IV b	OUI	OUI
ZA 255	IV b	OUI	OUI
AL 195		OUI	OUI
AL 230		OUI	OUI
ETPM (*)	ETPM (*)	○	○

(*) ETPM : Evaluation Technique Préalable Matériaux : Disponible sur les sites des fabricants

(**) Z100 uniquement pour les plateaux

Oui : Revêtement adapté

- : Revêtement non adapté

○ : Cas pour lequel l'application définitive ou le choix d'un revêtement plus performant ou la définition de dispositions particulières doit être arrêté après consultation et accord du fabricant de bobines galvanisées

Catégories de performances établies dans les normes XP P 34-301.**Tableau 7 - Choix de la face envers des plateaux perforés (côté isolation) pour bâtiment fermé**

Métallique	Catégorie de revêtement selon norme XP P 34-301 face exposée	Ambiance intérieure saine du bâtiment	
		Hygrométrie faible non agressive	Hygrométrie moyenne non agressive
Z100 (**)	I	OUI	-
	II	OUI	OUI
Z 225	I	OUI	-
	II	OUI	OUI
	IIIa	OUI	OUI
	IV b	OUI	OUI
	IV c	OUI	OUI
AZ 185 (*)	IV b	OUI	OUI
ZA 255	IV b	OUI	OUI
AL 195		OUI	OUI
AL 230		OUI	OUI
ETPM (*)	ETPM (*)	○	○

(*) ETPM : Evaluation Technique Préalable Matériaux : Disponible sur les sites des fabricants

(**) Z100 uniquement pour les plateaux

Oui : Revêtement adapté

- : Revêtement non adapté

○ : Cas pour lequel l'application définitive ou le choix d'un revêtement plus performant ou la définition de dispositions particulières doit être arrêté après consultation et accord du fabricant de bobines galvanisées

Cas particulier des écarteurs :**Tableau 8 - Choix des revêtements pour les écarteurs**

Atmosphère extérieure (1)								
Rurale non polluée	Urbaine ou Industrielle		Marine				Spéciale	
	Normale	Sévère	20 à 10 km	10 à 3 km	Bord de mer (<3km)	Mixte	Fort UV	Particulière
Z275 ou AL 195	Z275 ou AL 195	Z350 ou AL 230	Z275 ou AL 195	Z350 ou AL 230	Z350 ou AL 230	Z350 ou AL 230	-	○

○ : Cas pour lequel l'application définitive ou le choix d'un revêtement plus performant ou la définition de dispositions particulières doit être arrêté après consultation et accord du fabricant de bobines galvanisées

(1) Les écarteurs ne sont pas exposés au ruissellement direct. Dans le cas de tôles perforées sur béton ou maçonneries non isolées par l'extérieur, le revêtement métallique des écarteurs est AL230 ou inox ou prélaqué maçonneries non isolées par l'extérieur, le revêtement métallique de écarteurs est AL230 ou inox ou prélaqué (revêtement prélaqué identique à celui du parement métallique).

Cas des bardages avec parois multiples :

La peau intermédiaire sera en Z275 mini pour les atmosphères rurales non polluées, urbaines normales ou industrielles normales.

Pour les autres cas d'atmosphère, le revêtement sera :

- Côté intérieur, au moins le même que l'envers de bande du plateau.
- Côté extérieur, au moins le même que l'envers de bande de la peau extérieure.

Cas des barges en inox :

Toutes les ambiances intérieures sont admises pour les nuances X5CrNi 18-10 et X2CrNiMo 17-12-2.

Pour les atmosphères extérieures, le tableau suivant s'applique :

Tableau 9 - Choix des revêtements pour l'inox

Type d'acier inoxydable	Rurale non polluée	Urbaine ou Industrielle		Marine				Spéciale	
		Normale	Sévère	20 à 10 km	10 à 3 km	Bord de mer (<3km)	Mixte	Fort U.V	Particulières
X5CrNi 18-10	Oui	○	-	○	-	-	-	-	-
X2CrNiMo 17-12-2	Oui	Oui	○	Oui	Oui	○	○	○	○

○ : Cas pour lequel l'application définitive ou le choix d'un revêtement plus performant ou la définition de dispositions particulières doit être arrêté après consultation et accord du fabricant de bobines galvanisées

2. Aspect

L'apparition d'efflorescences (rouille blanche) sur des tôles non prélaquées, due à la formation d'une couche d'oxyde de zinc hydraté, hydrocarbonate de zinc ou oxychlorure de zinc n'est pas de nature à modifier les propriétés mécaniques et/ou la durabilité des profils.

3. La durabilité de la protection contre la corrosion est liée à l'entretien des façades.

Généralités :

La condition de durabilité ne peut être pleinement satisfaite que si ces ouvrages sont entretenus et que si leur usage est conforme à leur destination.

Entretien :

L'entretien est à la charge du maître d'ouvrage ou de ses ayants-droit après la réception de l'ouvrage. Il comporte des visites périodiques de surveillance des ouvrages au moins une fois par an.

Le maître d'ouvrage ou ses ayants-droit consignera les visites dans un carnet d'entretien.

Les travaux sont de la compétence des différents corps d'état.

Opérations à effectuer lors d'un entretien :**Entretien extérieur :**

L'entretien normal comporte notamment :

- L'enlèvement périodique des herbes, mousses et autres dépôts ou objets étrangers.
- Le maintien en bon état des descentes d'eaux pluviales.
- La réparation du revêtement de protection :
 - En cas de dégradation localisée accidentelle,

- En cas d'amorce localisée de corrosion.

L'application des peintures, vernis ou résines diverses, après lessivage ou préparation ad hoc du bardage en acier est un moyen de réparation.

- Le maintien en bon état des ouvrages qui contribuent à l'étanchéité du bardage (entourage de baies, jonctions transversales, angles...).
- Pour les surfaces non soumises au lavage naturel assuré par les précipitations atmosphériques, un nettoyage régulier suivi, le cas échéant, d'un traitement systématique et immédiat des parties présentant des amorces de corrosion.
- L'identification de matériaux et produits ayant subi des altérations dues au vieillissement.
- Contrôle visuel des éléments de fixation.

Entretien intérieur :

L'usager a habituellement la charge de l'entretien de l'intérieur des locaux qu'il occupe avec des produits non agressifs.

Retouches :

Sur les parties des façades en tôle d'acier galvanisée

Les retouches des protections détériorées sont effectuées, après nettoyage des surfaces, par application d'une peinture riche en zinc, assurant une protection équivalente.

Sur les parties des façades protégées par peinture

Les retouches sont faites comme précédemment en utilisant la même peinture que celle de protection initiale ou, à défaut, une peinture assurant une protection équivalente.

4. Les différents types de protections

- Tôles d'acier galvanisées :

Les tôles d'acier galvanisées seront conformes aux tableaux ci-dessus en fonction de l'atmosphère extérieure (pour les tôles nervurées ou ondulées) ou de l'ambiance intérieure (pour les plateaux).

- Eléments en acier galvanisé au trempé

Les pièces galvanisées au trempé doivent respecter la norme NF EN ISO 1461 (Remplace la norme NF A 91-121) et la masse de revêtement doit être au minimum de 300g/m² en moyenne par face.

- Tôles d'acier aluminées

Les tôles d'acier aluminées sont obtenues par l'immersion dans un bain d'aluminium pur d'une bande d'acier ayant reçu divers traitements thermiques et traitements de surface.

La masse du revêtement d'aluminium pour déposé est au minimum de 230g/m² double face (essais en trois points) ce qui correspond à une épaisseur d'environ 45 microns par face (NF A 36-345).

- Tôles d'acier galvanisées prélaquées et plastifiées

Les spécifications des tôles d'acier galvanisées prélaquées ou avec film plastifié et les différentes méthodes d'essais de revêtements organiques sont définies dans les normes NF EN 10169, XP P 34-301 et le guide des choix (voir tableau ci-dessus).

En règle générale, les tôles d'acier galvanisées prélaquées ou avec film plastifié sont livrées avec une face revêtue d'un primaire sur la face envers et l'autre face revêtue, en plus, de la laque de finition.

L'épaisseur minimale de zinc est Z225 pour les plaques nervurées et Z225 ou Z100 pour les plateaux conformément à la norme NF EN 10346.

Le choix de la nature et de l'épaisseur du revêtement organique (laque ou avec film plastifié) doit être déterminé en fonction de l'environnement conformément aux tableaux ci-dessus.

- Tableau d'utilisation en fonction des atmosphères extérieures et ambiances intérieures (Voir tableau ci-dessus).
- Façonnés de finition

Protection contre la corrosion identique pour les faces envers et endroit à celle du profil de bardage.

17.03.01.01 Ecarteurs

A Généralités

Il appartient à l'entreprise de pose de déterminer les écarteurs adaptés au projet pour recevoir la peau extérieure de bardage.

Dans le cas de bardage double peau avec la peau intérieure constituée par des plateaux, les écarteurs sont constitués généralement par des Zed, ou des Oméga, ou des U emboîtés, fixés directement aux plateaux sur chacune des lèvres.

Ces écarteurs sont généralement perpendiculaires aux plateaux mais peuvent être disposés suivant des lignes inclinées par rapport à la verticale avec un angle compris entre 0° et 60°.

Les écarteurs peuvent être simples, emboîtés ou reconstitués.

Les écarteurs fixés à travers une peau intermédiaire sont toujours positionnés en creux de nervures pour être en contact avec les lèvres de plateaux.

Les fixations provisoires de la peau intermédiaire sont de type et de diamètres identiques à celles de la peau extérieure.

B Dispositions constructives géométriques

1. Forme des écarteurs

Les écarteurs peuvent présenter les formes suivantes, selon les cas du tableau ci-dessous (dispositions constructives en zones sismiques) :

Dans le cas A du tableau ci-dessous :

- Oméga ou Z
- U emboîtés ou Z reconstitué ou Oméga reconstitué

Ils présentent un recouvrement de $h/2 + 20$ mm minimum (avec la hauteur d'écarteur en mm),

Ils sont assemblés par des vis de diamètre 5,5 mm minimum tous les 500mm sur chaque recouvrement.

Dans les cas B et C du tableau ci-dessous :

- Oméga ou Z
- U emboîtés ou Oméga reconstitué

Ils présentent un recouvrement de $h/2 + 20$ mm minimum (avec la hauteur d'écarteur en mm),

Ils sont assemblés par des vis de diamètre 5,5 mm minimum tous les 500mm en quinconce sur chaque recouvrement.

Tableau 10 - des dispositions constructives en fonction des zones de sismicité et des catégories d'importance

Zones de sismicité	Catégories d'importance			
	I	II	III	IV
1	Cas A	Cas A	Cas A	Cas A
2	Cas A	Cas A	Cas B Cas C	Cas C (1)
3	Cas A	Cas B Cas C	Cas B Cas C	Cas C (1)
4	Cas A	Cas C	Cas C	Cas C (1)

2. Largeur minimale des semelles

La largeur minimale L des semelles des écarteurs est de 40 mm

3. Epaisseur minimale des écarteurs

L'épaisseur minimale des écarteurs est de 1.5 mm.

4. Limite d'élasticité des écarteurs

Selon les cas du tableau ci-dessus (dispositions constructives en zones de sismiques)

- Dans le cas A : l'acier est en S220 GD minimum
- Dans le cas B : l'acier est en S280 GD minimum
- Dans le C : Selon rapport d'essai sismique complet ou note de calculs complétée par les rapports d'essais.

5. Protection contre la corrosion des écarteurs

La protection contre la corrosion est définie dans le tableau 8 vu précédemment, issu du cahier du CSTB 3194 en considérant l'écarteur en atmosphère extérieure protégée et ventilée.

6. Hauteur h des écarteurs

La hauteur h des écarteurs sera déterminée en respectant :

- Les critères de protection contre le risque sismique (voir tableau 10)
- Les caractéristiques mécaniques requises,
- 200 mm maximum en écarteur de types Zed,
- 300 mm maximum en écarteur de types Oméga ou U,

Dans le cas où une lame d'air continue (ventilée ou non) sur la hauteur est requise, la hauteur minimale des écarteurs est augmentée de 20 mm par rapport à la face extérieure du plan d'isolation.

7. Longueur et aboutage des écarteurs

La longueur des écarteurs en acier est limitée à 6 m.

Les tronçons sont aboutés indifféremment par simple recouvrement ou éclissage.

Lorsque l'aboutage est réalisé par éclissage, le porte-à-faux ne doit pas excéder 300 mm.

La longueur minimale d'éclisse est de 100 mm. Son épaisseur minimale est de 15/10^e en acier identique à celui de l'ossature (nuance et protection contre la corrosion).

8. Espacement des écarteurs

Les tableaux charges/portées des plateaux en charges réparties peuvent être utilisés avec les charges linéaires des écarteurs dans les conditions suivantes :

- La répartition des écarteurs est réalisée de façon à avoir un écarteur au droit de chaque appui de plateau complété par des écarteurs intermédiaires dont l'entraxe n'excède pas :
 - 2 m sur une même lèvre de plateau (ou nervure), en partie courant e,
 - 1,5 m en zone de majoration des effets de succion du vent (c'est-à-dire les arêtes verticales (1/10^e de la largeur de bâtiment dans le cas des Règles NV 65 modifiées 2009 et selon la zone A dans le cas de la NF EN 1991-4) en fonction du référentiel définis dans les DPM.
- L'écarteur à la jonction de 2 plateaux est solidarisé aux 2 plateaux via un Oméga ou un Zed à largeur adaptée à la largeur d'appui,
- La répartition des Zed avec des ailes alternées entre 2 lignes d'écarteurs successifs est recommandée. La répartition des Zed avec des ailes on alternées reste possible.

Dans tous les cas, le positionnement de écarteurs au droit des structures et leur répartition entre éléments de structure permet de ne pas surcharger les plateaux et de tendre vers des sollicitations proches de celles obtenues avec des charges uniformément réparties.

9. Fixation des écarteurs

Les écarteurs en Zed ou en U sont fixés à toutes les lèvres des plateaux.

Les écarteurs Oméga sont fixés à toutes les lèvres des plateaux :

- Soit avec une fixation par aile sur chaque lèvre de plateau,
- Soit avec une fixation sur une seule aile avec une répartition en quinconce entre lèvres de plateaux successives

Le nombre et le diamètre de fixations dépendent des effort de vent, éventuellement du poids propre à reprendre, et des dispositions constructives en zones sismiques dans le C du tableau 10.

10. Particularité des écarteurs obliques

Lorsque les écarteurs sont obliques, une lisse horizontale est fixée sur une lèvre de plateau au droit de chaque recouvrement transversal des plaques nervurées ou ondulées et aux droits des ouvertures.

Chaque écarteur est relié à la lisse horizontale par un pliage en acier galvanisé Z275 minimum d'épaisseur 15/10^e minimum avec des fixations de diamètre 5,5 mm minimum.

Les écarteurs sont fixés à toutes les lèvres de plateaux dans les conditions du paragraphe précédent. La largeur minimale de ces écarteurs est de 40 mm.

17.03.01.02 Ossatures rapportées – cas du bardage rapporté

Les dispositions du cahier du CSTB 3194 s'appliquent.

Les justifications des ossatures rapportées doivent prendre en compte un critère de flèche L/200 pour un vent normal au sens des NV 65 modifiées 2009 et L/150 pour un vent Eurocode (vérifications aux ELS).

La déformation de la patte équerre sous charge de poids propre est de 3 mm au maximum.

Les ossatures support de bardage rapporté sont en « atmosphère extérieure protégée et ventilée » sauf dans le cas de parement extérieur perforé pour lequel elles sont en « atmosphère extérieure directe ».

17.03.01.03 Spécifications technique des isolants

Les matériaux utilisés traditionnellement pour l'isolation thermique des bardages double peau sont les laines minérales conformes à la norme NF EN 13162, sous forme de panneaux ou rouleaux.

La norme NF EN 13162 fixe l'ensemble des caractéristiques essentielles ainsi que les méthodes d'essais les concernant.

L'usage de tout autre matériau isolant doit faire l'objet d'une évaluation justifiant que ses caractéristiques intrinsèques sont compatibles avec l'emploi dans le système de bardage. Ces matériaux peuvent être :

- Des plaques de polystyrène expansé conformes à la norme NF EN 13163.
- Des plaques de polystyrène extrudé conformes à la norme NF EN 13164.
- Des plaques de polyuréthane rigide conformes à la norme NF EN 13165.
- Des isolants en verre cellulaire conformes à la norme NF EN 13167.

En usage de bardage, les caractéristiques suivantes doivent être fournies :

- Classe de réaction au feu (Euroclasse),
- Conductivité thermique ou résistance thermique,
- Classe de tolérance d'épaisseur T2,
- Longueur, largeur, équerrage,
- Absorption d'eau à court terme WS ($\leq 1\text{kg/m}^2$),
- Résistance au passage de l'air, dans le cas d'exigences acoustiques,
- Stabilité dimensionnelle,
- Etiquetage sanitaire (cas de plateaux perforés).

Les matériaux utilisés pour l'isolation thermique sous bardage rapporté sont des panneaux ou des rouleaux en laine minérale (sans pare-vapeur). Des isolants de synthèse (isolants en plaques rigides tels que panneaux de polystyrène expansé, panneaux de polystyrène extrudé, panneaux de polyuréthane) conformes aux NF EN (voir ci-dessus) les concernant, peuvent être employés à condition que :

- La planéité du support soit bonne et que les éventuelles lames d'air parasites ne communiquent pas avec l'extérieur,
- La conception de l'ossature et des fixations le permette, compte tenu de la rigidité des panneaux.

Les spécifications des isolants sous bardage rapporté sont données dans le cahier du CSTB 3586-V2.

17.03.01.04 Spécifications des fixations

Les fixations des bardages sur le support s'effectuent par l'intermédiaire de dispositifs de liaison comportant un ou plusieurs éléments.

Les fixations doivent être choisies, conformément à ce qui suit :

A Principe

Les systèmes de fixation doivent être choisis de façon à permettre une tenue à la corrosion du bardage égale ou supérieure à celle des éléments qu'ils assemblent. Ils doivent être compatibles avec les matériaux utilisés pour la fabrication de ces éléments.

Les fixations doivent être :

- En matériaux inoxydables ou protégés contre la corrosion, conçus de manière qu'aucun couple électrolytique incompatible ne puisse prendre naissance entre les éléments à assembler (fixation, bardage, ossature),
- Choisies en fonction de l'élément à maintenir (conception géométrique de la fixation afin d'éviter le déboutonnage du bardage),
- Munies d'un dispositif d'étanchéité ou être étanches par elles-mêmes de façon à assurer l'étanchéité de l'assemblage de la peau extérieure.

Ceci s'applique à la pose des fixations en creux d'onde. Pour la pose en sommet d'onde, les fixations doivent être conformes à la NF P 34-205-1 (DTU 40.35).

B Système de fixation

On trouve comme fixation des

- Tirefond à boucher
- Tirefond à visser
- Vis autoperceuse
- Vis autotaraudeuse
- Boulons crochet
- Tige filleté

Tableau 11 Choix des matières et des revêtements anti-corrosion des fixations en fonction des atmosphères extérieures pour la fixation des peaux extérieures

Nature des matières et revêtement (a)	Type de fixation	Atmosphère extérieure								Mixte	Particulière
		Rural non pollué	Urbaine industrielle		Marine						
			Normale	Sévère	10km à 20 km	3 km à 20 km	Bord de mer <3km	Front de Mer			
Galvanisé à chaud en continu tZn 150g/m² minimum avec surprotection partie fileté et cisaillée	Boulon-crochet Attache spéciale	Oui	Oui	○	Oui	Oui	X	X	X	○	
Galvanisation à chaud au trempé tZn 450g/m² minimum	Tirefond à bourrer Tirefond à visser	Oui	Oui	○	Oui	Oui	X	X	X	○	
Acier de cémentation protégé 12 cycles Kesternich mini	Vis	Oui	Oui	○	Oui	Oui	○	X	○	○	
Acier inoxydable austénitique A2 minimum	Tirefond à bourrer Tirefond à visser Boulon-crochet Vis Attache spéciale	Oui	Oui	○	Oui	Oui	Oui	○	○	○	

Oui : Matériau adapté à l'exposition

○ : Matériau dont le choix définitif ainsi que les caractéristiques particulières doivent être arrêtés après consultation et accord du fabricant de fixation.

X : Matériau non adapté

(a) : Les nuances des matières spécifiées dans ce tableau sont des nuances de caractéristiques minimales (mécanique et corrosion). Le choix des matières et revêtements des fixations doit être impérativement lié aux caractéristiques des fixations données dans les tableaux suivants.

Tableau 12 Caractéristiques des fixations des peaux extérieures

Support	Fixation	Elément	Dimensions et caractéristiques	Matériaux (1) et protection contre la corrosion (2)
Ossature et ossature rapportée Bois	Tirefond à bourrer	Tige et tête de tirefond	Diamètre extérieur minimal et filetage : 6mm Longueur telle que la profondeur d'ancrage soit d'au moins 40mm.	Acier inoxydable austénitique A2 selon NF EN ISO 3506-1 à 4. Acier C8C selon NF EN 10263-2 Protection : galvanisation à chaud au trempé selon NF EN ISO 10684, masse de zinc de 450g/m ² au minimum
	Tirefond à Visser	Tige de Vis	Diamètre extérieur minimal et filetage : 6mm Longueur telle que la profondeur d'ancrage soit d'au moins 30mm.	Acier inoxydable austénitique A2 selon NF EN ISO 3506-1 à 4. Acier de cémentation selon la NF EN 10263-3. Protection revêtement métallique + revêtement superficiel complémentaire permettant d'obtenir une résistance à la corrosion ≥ 12 cycles Kesternich selon NF EN ISO 3231 (à 2 litres de SO ₂ sans apparition de rouille rouge).
	Vis auto-perceuse à Bois	Tête de Vis	La zone d'appui rigide est constituée (3) : Soit de l'embase des têtes surmoulées polyamide ou métalliques, de diamètre ≥ 14mm, Soit de la partie métallique de la rondelle d'étanchéité, de diamètre ≥ 14mm (4) Soit de l'embase des têtes surmoulées polyamide, de diamètre ≥ 14mm munies en sous-face d'au moins une lèvre souple afin d'assurer l'étanchéité.	Acier inoxydable austénitique A2 selon NF EN ISO 3506-1 à 4. Alliage d'aluminium (AGS 6060) selon NF EN 1301-1 Acier de cémentation selon la NF EN 10263-3. Protection revêtement métallique + revêtement superficiel complémentaire permettant d'obtenir une résistance à la corrosion ≥ 12 cycles Kesternich selon NF EN ISO 3231 (à 2 litres de SO ₂ sans apparition de rouille rouge), avec en plus : - surmoulage en polyamide 6, 11, PA 6-6, résistant aux UV (5), ou - moulage en alliage d'aluminium Zamak selon NF EN 1774 et NF en 12844, ou - sertissage d'une feuille en acier inoxydable austénitique (X5CrNi18-10) selon NF EN 10088-2.
	Vis autotaraudeuse	Rondelle d'étanchéité	Epaisseur minimale : 2mm Diamètre du trou de passage au plus égal au diamètre de tige (partie lisse) de fixation Diamètre extérieur ≥ 10mm	Elastomère selon NF P 85-301 de dureté de 55 à 65 D.I.D.C selon NF ISO 48

Tableau 12 (suite) Caractéristiques des fixations des peaux extérieures

Ossature et ossature rapportée en Acier ou écarteur	Boulon Crochet	Tige fileté	Diamètre extérieur minimal de filetage : 7mm	Acier inoxydable austénitique A2 selon NF EN ISO 3506-1 à 4.
		Crochet	Longueur du crochet en fonction de la tôle et du support à assembler.	Acier de limite élastique minimal de 500 N/mm².
		Etrier	Crochet et étrier de forme adaptée au support.	Protection : galvanisation à chaud au trempé selon NF EN ISO 10684, masse de zinc de 150g/m² au minimum, avec surprotection du filetage et de extrémités (peinture riche en zinc).
		Ecrou	Normal	Acier inoxydable austénitique A2 selon NF EN ISO 3506-2 à 4.
	Vis autoperceuse	Rondelle	Voir tableau 15	Acier (C8C) selon NF EN 10263-2.
				Protection : galvanisation à chaud au trempé selon NF EN ISO 10684, masse de zinc de 450g/m² au minimum.
Vis autoraudeuse	Tige de vis	Vis autoperceuse : Diamètre extérieur minimal de filetage : - 4,8 mm pour pose sur support d'épaisseur ≥ 0,75 mm et ≤ 2mm, - 5,5 mm pour pose sur support d'épaisseur >2 mm Longueur telle que les filets de la vis dépassent sous le support après pose.		Acier inoxydable austénitique A2 selon NF EN ISO 3506-1 à 4.
		Vis autotaraudeuse : Diamètre extérieur minimal de filetage : 6,3 mm. Longueur telle que le dépassement sous le support après pose soit au moins égal au diamètre de la vis.		Acier de cémentation selon la NF EN 10263-3. Protection revêtement métallique + revêtement superficiel complémentaire permettant d'obtenir une résistance à la corrosion ≥ 12 cycles Kesternich selon NF EN ISO 3231 (à 2 litres de SO ₂ sans apparition de rouille rouge)
	Tête de vis	La zone d'appui rigide est constituée (3) : -Soit de l'embase des têtes surmoulées polyamide ou métalliques, de diamètre ≥ 14mm (4). -Soit de l'embase des têtes surmoulées polyamide, de diamètre ≥ 14mm, munies en sous-face d'au moins une lèvre souple afin d'assurer l'étanchéité.		Acier inoxydable austénitique A2 selon NF EN ISO 3506-1 à 4.
				Alliage d'aluminium (AGS 6060) selon NF EN 1301-1. Acier de cémentation selon la NF EN 10263-3. Protection revêtement métallique + revêtement superficiel complémentaire permettant d'obtenir une résistance à la corrosion ≥ 12 cycles Kesternich selon NF EN ISO 3231 (à 2 litres de SO ₂ sans apparition de rouille rouge), avec en plus : -surmoulage en polyamide 6,11, PA 6-6, résistant aux UV (5), ou -moulage en alliage d'aluminium Zamak selon NF EN 1774 et NF EN 12844, ou -sertissage d'une feuille en acier inoxydable austénitique (X5CrNi18-10) selon NF EN 10088-2.
	Rondelle d'étanchéité	Epaisseur minimale: 2mm		Elastomère selon NF P 85-301 de dureté de 55 à 65 D.I.D.C selon NF ISO 48
		Diamètre du trou de passage au plus égal au diamètre de la tige (partie lisse) Diamètre extérieur ≥ 10mm.		

(1) Les nuances spécifiées sont des nuances minimales

(2) La protection contre la corrosion est réalisée à la fabrication des fixations

(3) Pour les plaques d'éclaircissement, le diamètre minimal de la zone d'appui rigide est de 19mm.

(4) Les dimensions et caractéristiques ainsi que les matériaux et protection contre la corrosion sont données au tableau 15

(5) La résistance aux UV est donnée par la présence au minimum d'un stabilisant anti-UV.

Tableau 13 Caractéristiques des fixations des peaux extérieures – Attache spéciale

Support	Fixation	Elément	Dimensions et caractéristiques	Matériaux (1) et protection contre la corrosion (2)
Ossature et ossature rapportée en Acier ou écarteur	Attache spéciale	Tige fileté	Diamètre extérieur minimal et filetage : 7mm Longueur du crochet en fonction de la tôle et du support à assembler	Acier inoxydable austénitique A2 selon NF EN ISO 3506-1 à 4. Acier de limite élastique minimale de 500N/mm². Protection : galvanisation à chaud au trempé selon NF EN ISO 10684, masse de zinc de 150g/m² au minimum, avec surprotection du filetage et des extrémités (peinture riche en zinc).
		Attache spéciale	Spécifique à chaque type. A rabattre. Largeur minimal : 28mm Epaisseur minimale : - 1,5 mm pour les ailes ≤ 65mm - 2 mm pour les ailes > 65mm	Acier inoxydable austénitique (X5CrNi1810) selon NF EN 10088-2. Acier galvanisé (Z275) selon NF EN 10142
		Ecrou	Borgne	Acier inoxydable austénitique A2 selon NF EN ISO 3506-2 à 4. Alliage d'aluminium (AGS 6060) selon NF EN 1301-1.
		Rondelle d'étanchéité	Epaisseur minimale : 2mm Diamètre du trou de passage au plus égal au diamètre de la tige (partie lisse) de la fixation. Diamètre extérieur ≥ 10mm.	Elastomère selon NF P 85-301 de dureté de 55 à 65 D.I.D.C selon NF ISO 48

(1) Les nuances spécifiées sont des nuances minimales

(2) La protection contre la corrosion est réalisée à la fabrication des fixations

Tableau 14 Caractéristiques des vis utilisées pour la fixation des plateaux de bardages

Support	Fixation	Élément	Dimensions et caractéristiques	Matériaux (1) et protection contre la corrosion (2)
Bois	Vis autoperceuse à bois	Tige et tête de vis	Diamètre extérieur minimal et filetage : 6,3mm	Acier inoxydable austénitique A2 selon NF EN ISO 3506-1 à 4.
	Vis autotaraudeuse à bois		Longueur telle que la profondeur d'ancrage soit d'au moins 50mm. Collerette sous tête : -Diamètre extérieur minimal : 15 mm, -Epaisseur minimum 1,5mm sur diamètre moyen	Acier de cémentation selon la NF EN 10263-3. Protection revêtement métallique + revêtement superficiel complémentaire permettant d'obtenir une résistance à la corrosion ≥ 12 cycles Kesternich selon NF EN ISO 3231 (à 2 litres de SO ₂ sans apparition de rouille rouge)
Acier ou béton avec insert	Vis autoperceuse	Tige et tête de vis	Diamètre extérieur minimal et filetage : 5,5mm	Acier inoxydable austénitique A2 selon NF EN ISO 3506-1 à 4.
			Acier de cémentation selon la NF EN 10263-3. Protection revêtement métallique + revêtement superficiel complémentaire permettant d'obtenir une résistance à la corrosion ≥ 12 cycles Kesternich selon NF EN ISO 3231 (à 2 litres de SO ₂ sans apparition de rouille rouge)	
	Vis autotaraudeuse	Collerette sous tête : -Diamètre extérieur minimal : 15 mm, -Epaisseur minimum 1,5 mm sur diamètre moyen		
Clou à scellement selon avis technique				
(1) Les nuances spécifiées sont des nuances minimales (2) La protection contre la corrosion est réalisée à la fabrication des fixations				

Tableau 15 Accessoires pour tirefonds et boulons crochet en peau extérieure

Type	Elément	Dimensions	Matériaux (1)
Rondelle d'appui (2) + Rondelle d'étanchéité	Rondelle d'appui plate ou conique	Epaisseur minimale : - Acier : 0,75 mm, - Alliage d'aluminium : 1,0 mm Diamètre extérieur minimal : 14mm	Acier inoxydable austénitique (X5CrNi1810) selon NF EN 10088-2. Alliage d'aluminium (3003) selon NF EN 546-1. Acier galvanisé prélaqué selon XP P 34-301. Acier galvanisé (Z350) selon NF EN 10142.
	Rondelle d'étanchéité	Epaisseur minimale : 2mm Diamètre du trou de passage au plus égal au diamètre de tige (partie lisse) de la fixation. Diamètre extérieur minimal : 12mm.	Elastomère selon NF P 85-301 de dureté de 55 0 65 D.I.D.C selon NF T 46-003.
Rondelle vulcanisée monobloc (2) (étanchéité rendue solidaire par vulcanisation sur une rondelle d'appui conique)	Rondelle d'appui conique	Epaisseur minimale : - Acier : 0,75 mm, - Alliage d'aluminium : 1,0 mm Diamètre extérieur minimal : 14mm	Acier inoxydable austénitique (X5CrNi1810) selon NF EN 10088-2. Alliage d'aluminium (3003) selon NF EN 546-1. Acier galvanisé (Z350) selon NF EN 10142
	Rondelle d'étanchéité	Epaisseur minimale : 2mm Diamètre du trou de passage au plus égal au diamètre de tige (partie lisse) de la fixation. Diamètre extérieur minimal : 12mm.	Elastomère selon NF P 85-301 de dureté de 55 0 65 D.I.D.C selon NF T 46-003.
(1) Les nuances spécifiées sont des nuances minimales			
(2) La protection contre la corrosion est réalisée à la fabrication des fixations			

Tableau 16 Fixations de couture de peau extérieure

Fixation	Elément	Dimensions et caractéristiques	Matériaux (1) et protection contre la corrosion (2)
Vis autoperceuse	Tige de vis	<p>Diamètre extérieur de filetage : 4.8 mm</p> <p>Longueur minimale 19 mm et :</p> <ul style="list-style-type: none"> - vis autoperceuse avec pointe foret réduite, de longueur telle que le filetage de la vis soit visible sous la tôle après pose. - vis autotaraudeuse de longueur telle que le dépassement sous le support après pose soit au moins égal au diamètre de la vis. 	<p>Acier inoxydable austénitique A2 selon NF EN ISO 3506-1.</p> <p>Acier de cémentation selon NF EN 10084.</p> <p>Protection : revêtement métallique + revêtement superficiel complémentaire permettant d'obtenir une résistance à la corrosion ≥ 12 cycles Kesternich selon NF EN ISO 3231 (à 2 litres de de SO₂ sans apparition de rouille rouge)</p>
	Tête de vis	<p>La zone d'appui rigide est constituée :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Soit de l'embase des têtes surmoulées polyamide ou métalliques, de diamètre ≥ 14mm, - Soit de la partie métallique de la rondelle d'étanchéité, de diamètre ≥ 14mm (3), - Soit de l'embase des têtes surmoulées polyamide, de diamètre ≥ 14mm, munies en sous-face d'au moins une lèvres souple afin d'assurer l'étanchéité. 	<p>Acier inoxydable austénitique A2 selon NF EN ISO 3506-1.</p> <p>Alliage d'aluminium (AGS 6060) selon NF EN 1301-1.</p> <p>Acier de cémentation selon NF EN 10084.</p> <p>Protection : revêtement métallique + revêtement superficiel complémentaire permettant d'obtenir une résistance à la corrosion ≥ 12 cycles Kesternich selon NF EN ISO 3231 (à 2 litres de de SO₂ sans apparition de rouille rouge), avec en plus :</p> <ul style="list-style-type: none"> - surmoulage en polyamide 6, 11, PA 6-6, résistant aux UV, ou - moulage en alliage d'aluminium Zamak selon NF EN 1774 et NF EN 12844, ou - Sertissage d'une feuille en acier inoxydable austénitique (X9CrNi18-8) selon NF EN 10088-2.
	Rondelle d'étanchéité	<p>Epaisseur minimale : 2mm</p> <p>Diamètre du trou de passage au plus égal au diamètre de tige (partie lisse) de la fixation.</p> <p>Diamètre ≥ 8mm.</p>	Elastomère selon NF P 85-301 de dureté de 55 à 65 D.I.D.C. selon NF t 46-003.
Rivet étanche	Corps de rivet	<p>Diamètre minimal du corps : 4,8 mm</p> <p>Diamètre minimal de la tête : 8 mm</p> <p>Epaisseur de la tête : 1,2 mm</p> <p>Longueur minimale du rivet : 12mm</p>	Corps en alliage d'aluminium 1200 selon NF EN 1301-1.
	Mandrin	-	<p>Pour les tôles en acier : mandrin en acier inoxydable austénitique A2 (Z6CN18-09) selon NF A 35-575.</p> <p>Pour toutes les tôles en aluminium :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mandrin en alliage d'aluminium 1200 selon NF EN 1301-1, ou - Mandrin en acier inoxydable austénitique A2 (Z6CN18-09) selon NF A 35-575.
(1) Les nuances spécifiées sont des nuances minimales			
(2) La protection contre la corrosion est réalisée à la fabrication des fixations			

Tableau 17 Caractéristiques des vis utilisées pour la pose des écarteurs sur les lèvres des plateaux

Ecarteur	Fixation	Elément	Dimensions et caractéristiques	Matériaux (1) et protection contre la corrosion (2)
Acier	Vis autoperceuse	Tige et tête de vis	Diamètre extérieur minimal et filetage : 5,5mm Résistance caractéristique à l'arrachement selon NF P 30-310 : $P_k \geq 150$ daN.	Acier inoxydable austénitique A2 selon NF EN ISO 3506-1. Acier de cémentation selon la NF EN 10084. Protection revêtement métallique + revêtement superficiel complémentaire permettant d'obtenir une résistance à la corrosion ≥ 12 cycles Kesternich selon NF EN ISO 3231 (à 2 litres de SO ₂ sans apparition de rouille rouge)
(1) Les nuances spécifiées sont des nuances minimales (2) La protection contre la corrosion est réalisée à la fabrication des fixations				

Tableau 18 Sollicitations maximale compte tenu de la résistance au déboutonnage des assemblages

Accessoire d'appui	Peau extérieure en appui sur l'écarteur			Sollicitation maximale de déboutonnage (N) sous vent normal NV 65 modifiées 2009	Sollicitation maximale de déboutonnage (N) à l'ELU au sens de l'Eurocode 1 partie 1.4	Pk mini au déboutonnage (N) (1)
	Nature	Limite d'élasticité (N/mm²)	Epaisseur nominale (mm)			
Rondelles ou collerette métallique diamètre 14 mm	Acier	≥ S280GD (fu 360MPa)	0,63	900	1 575	2 127
			0,75	1 300	2 275	3 072
			0,88	1 600	2 800	3 780
			1,00	19 00	3 325	4 490
(1) Le calcul des résistances caractéristiques Pk mini intègre un coefficient gamma m égal à 1,35 Pk est obtenu par essais suivant la NF P 30-314. Le nombre de vis par m² considéré pour ce calcul est : xx vis/m².						

17.03.01.05 Spécifications des éléments complémentaires

A Plaques translucides

Les conditions d'aptitude à l'emploi des plaques translucides sont définies dans les Avis Techniques pour une utilisation en bardage.

B Complément d'étanchéité à l'eau

Les compléments d'étanchéité à l'eau relèvent des normes suivantes :

NF P 30-305 : Couverture de bâtiment – Compléments d'étanchéité préformés pour couverture métallique – spécifications – essais.

NF EN ISO 11600 : Construction immobilière – Produits pour joints - Classification et exigences pour les mastics.

NF EN ISO 11600/A1 : Construction immobilière – Produits pour joints – Classification et exigences pour les mastics.

NF P 85-301 : Profilés pour joints dans les façades légères – Matériaux à base de caoutchouc.

NF DTU 44.1 : Travaux de bâtiment – Etanchéité des joints de façade par mise en œuvre de mastics.

17.03.01.06 Ouvertures

Un chevêtre doit être prévu au droit des ouvertures.

Les fenêtres métalliques, susceptibles d'équiper une façade industrielle, doivent être conformes aux normes NF P 24-301 ET NF P 24-351.

Deux approches existent pour exécuter les encadrements de baie :

- Faite à façon sur site,

- Utilisation de précadre

Par ailleurs, différentes techniques de pose existent :

- En tunnel,
- En applique extérieure,
- En fond de tableau

17.02.01.07 Façonnés et autres accessoires pliés

Les divers accessoires formés à partir de tôles doivent respecter les spécifications des paragraphes : Protection contre la corrosion C 4 (Eléments en acier galvanisé au trempé), les tableaux 1 à 9, et (Façonnés de finitions), concernant les matériaux de base et la protection contre la corrosion.

17.03.02 Mise en œuvre

Les spécifications décrites dans ce chapitre ont pour but de définir les conditions d'approvisionnement, de stockage et de mise en œuvre des bardages en acier.

17.03.02.00 Approvisionnement et stockage

Le déchargement et la manutention doivent s'effectuer sans entraîner :

- De déformation permanente (absence de défauts de forme) ;
- De dégradation risquant d'affecter la résistance à la corrosion des matériaux et l'esthétique de la façade.

Les colis de tôles d'acier nervurées sont stockés sur un calage incliné sur l'horizontal tout en ménageant un espace avec le sol et en évitant tous risques de déformation permanente des plaques.

Précautions :

- Eviter les chocs mécaniques ;
- Respecter l'espacement des points de levage lors des déplacements des fardeaux.

17.03.02.01 Conditions préalables requises pour la pose

La pose des façades ne peut être entreprise que si les conditions ci-après sont toutes satisfaites, notamment :

- Vérification de l'état du gros œuvre,
- Vérification des tracés,
- Vérification des tolérances admissibles du support,
- Vérification de la flèche des lisses perpendiculairement à leur plan (L/150 au maximum à respecter) en cas de pose verticale des plateaux. Les lisses doivent être dimensionnées conformément à l'Eurocode structure qui les concerne :
 - ✓ NF EN 1993-1-1 et son annexe nationale pour les lisses en laminés marchant ou PRS, et NF EN 1993-1-3 et son annexe nationale pour les lisses en éléments minces,
 - ✓ NF EN 1992-1 et son annexe nationale pour les lisses en béton avec insert acier,
 - ✓ NF EN 1995-1 et son annexe nationale pour les lisses en bois

A Etat du gros-œuvre

Les travaux du gros œuvre doivent être achevés pour qu'il n'y ait pas, par la suite, risque de détérioration ou de dérèglement du bardage en acier, et pour permettre à l'entrepreneur une continuité de travail.

La présence des lisses de couronnement sur l'ossature porteuse des acrotères doit être vérifiée. Il est nécessaire d'effectuer le montage de la façade lorsque les ensembles et sous-ensembles de la structure sont entièrement terminés et réglés.

Les abords du bâtiment et l'aplomb de la structure porteuse sont dégagés et ne présente pas d'accidents gênants (tranchées, remblais, etc...) pour la mise en place des échafaudages ou la circulation des nacelles (chemin de roulement).

Les remblais sont suffisamment compactés pour permettre la circulation de nacelles ou la mise en place d'échafaudages.

Les réservations dans les poteaux, rive de planchers, acrotères, appuis et seuils sont exécutés conformément au descriptif et aux plans remis au « bardeur ».

Les feuillures et les trous ainsi que les engravures pour bavettes, larmiers, etc..., doivent être nettoyés.

B Les tracés

Les tracés dans les trois dimensions sont exécutés par le gros œuvre : niveaux au pourtour des poteaux et coffrages perdus, axes verticaux, nus finis extérieurs et intérieurs.

La tolérance de traçage des niveaux doit s'inscrire dans le cadre des tolérances définies ci-après.

Le tracé peut éventuellement être modifié en accord avec les parties.

C Tolérances admissibles de la structure porteuse

La conception même des bardages en acier et leur application directe contre la structure porteuse font que les différences de cotes réelles de la structure porteuse se retrouvent nécessairement dans l'aspect final de la façade.

Les tolérances d'implantation des supports (poteaux, lisses ou toutes autres pièces), sur lesquelles viennent se fixer les éléments de bardage sont :

- **Pour les ossatures acier conformes à la norme NF EN 1090-2**

Pour les exigences particulières d'aspect, il est recommandé d'utiliser des ossatures réglables.

- **Pour les ossatures béton conformes à la norme NF EN 13670 et au NF DTU 21.**
- **Pour les ossatures en bois conformes à la NF DTU 31-1.**

D Prescriptions dans le cas de réalisation de bardage sur existant

Il convient d'effectuer une étude préalable de la stabilité de l'ossature et des éléments porteurs du bardage.

La stabilité des ouvrages est à vérifier. Les études préalables de stabilité sont à la charge du Maître d'ouvrage. Elles ne sont pas de la compétence de l'entreprise de bardage.

Ces études ont pour objet de vérifier, avant l'intervention de l'entreprise de bardage, que la structure ou l'ossature du bâtiment ainsi que les éléments porteurs du bardage éventuellement conservés ont la stabilité requise compte tenu de leur état actuel, de la destination du bâtiment, des charges permanentes, des charges d'exploitation et accidentelles.

Les travaux de réfection peuvent entraîner la modification des charges permanentes du bardage (augmentation ou diminution).

Les études préalables comportent également le contrôle de la planimétrie. Elles peuvent entraîner la nécessité de travaux confortatifs ou modificatifs de la structure ou des éléments porteurs (par exemple complément d'isolation thermique, etc).

L'hygrométrie des locaux peut avoir ou avoir eu des conséquences sur l'ensemble des dispositions constructives : stabilité, corrosion, condensation, performances thermiques, etc ; les études préalables doivent en tenir compte.

Les plateaux et leurs fixations sont conformes aux règles de bardage de 1981 ou aux présentes Recommandations Professionnelles.

17.03.02.02 Prescriptions relatives aux fixations sur le gros œuvre

A- Fixation sur béton ou maçonnerie par incorporation d'inserts lors du coulage et ancrage de dispositifs appropriés

Pour les bardages double peau, les inserts sont continus et en acier protégé et doivent résister aux efforts transmis par le bardage.

Pour les bardages rapportés il convient de se reporter au cahier du CSTB 3194.

La protection de l'acier est assurée par galvanisation conformément à la NF EN 10346 si l'insert est un profil mince, et la NF A35-503 dans les autres cas.

La surface d'appui au niveau des inserts est située au dessus de la surface du béton.

La surface d'appui des inserts doit être plane et avoir une largeur minimum de :

- 90 mm à la jonction transversale en about de plateaux,
- 60 mm aux appuis intermédiaires ou d'extrémité.

B- Fixation des bardages sur charpente en acier

La fixation peut être effectuée par vissage ou clouage, selon les dispositions définies dans les tableaux précédents.

Les surfaces d'appui des profilés de l'ossature sur lesquelles sont posés et fixés les bardages doivent être planes et respecter les largeurs mini définies ci-après :

- L'épaisseur de supports en acier doit être supérieure ou égale à 1,5mm,
- Dans le cas d'un assemblage par clou à percussion, l'épaisseur du support est de 6mm minimum,
- Les dispositions technologiques doivent être respectées.
- Les pinces sont d'au moins 20mm et 3 fois le diamètre des fixations.

La surface d'appui doit avoir une largeur minimum de :

- 90 mm à la jonction transversale en about de plateau,
- 60 mm aux appuis intermédiaires ou d'extrémité.

C- Fixation des bardages sur charpente Bois

Elle s'effectue par vis à bois ou tirefond, selon les dispositions définies dans les tableaux précédents.

L'épaisseur minimum des supports en bois est de 80mm.

Les dispositions technologiques doivent être respectées.

La pince entre axes de fixations et bord de l'appui est d'au moins 4x le diamètre de la fixation (mini 30mm).

La pince entre axes de fixations et extrémité de plateaux est d'au moins 20mm.

La surface d'appui doit avoir une largeur minimum de :

- 120 mm aux jonctions transversales en about de plateau,
- 60 mm aux appuis intermédiaires ou d'extrémité.

17.03.02.03 Mise en œuvre des bardages en acier

Le « bardeur » détermine par lui-même, sauf précisions spécifiques du marché, le mode de fixation de sa fourniture. Les différents systèmes de fixation doivent être dimensionnés pour supporter les efforts qui les sollicitent ; ils doivent également être traités contre la corrosion en fonction des ambiances.

Les assemblages utilisant d'autres types de fixation doivent faire l'objet d'un DTA ou AT concernant leurs résistances et leurs comportements dans le temps.

A- Surface d'appui

La surface d'appui doit être lisse.

La nature et les caractéristiques des éléments de fixation utilisés doivent être compatibles avec la nature et l'épaisseur des appuis.

B- Types, répartition et densité des fixations

Les types de fixation doivent être adaptés à l'assemblage à réaliser.

- **Fixation des plateaux sur les supports :**

Trois fixations minimum par plateau et par appui doivent être mises en œuvre.

Dans le cas de plateaux perforés, les clous ne sont pas admis.

Les fixations doivent également satisfaire les tableaux précédents du n°11 au n°18 du présent document.

Vis-à-vis des efforts de dépression, il convient de vérifier les expressions suivantes

$\frac{0,5 \times (1,5 \times W_k) \times L \times b_u}{n} \leq \frac{P_k}{\gamma_M}$	En pose sur 2 appuis
$\frac{1,25 \times (1,5 \times W_k) \times L \times b_u}{n} \leq \frac{P_k}{\gamma_M}$	En pose sur 3 appuis ou plus et sur appui central
$\frac{0,375 \times (1,5 \times W_k) \times L \times b_u}{n} \leq \frac{P_k}{\gamma_M}$	En pose sur 3 appuis ou plus et sur appui de rive

Avec :

L : portée du plateau (m)

b_u : largeur de plateau (m)

W_k : charge caractéristique en dépression (daN/m²)

P_k : valeur de la résistance caractéristique à l'arrachement et au déboutonnage de la fixation obtenue suivant la norme NF P 30-314 (daN).

n : nombre de fixations sur appui ($n \geq 3$)

γ_M : coefficient de sécurité

- $\gamma_M = 1.35$ pour des épaisseurs d'acier supérieures ou égale à 1,5mm et inférieures à 3mm ainsi que pour le bois ;
- $\gamma_M = 1.15$ pour des épaisseurs d'acier supérieures ou égale à 3 mm

La charge caractéristique de vent W_k vaut pour une justification aux ELU :

$W_k = 1,2$ fois le vent normal des Règles NV 65 modifiées 2009

$W_k = W_{50}$ lorsque le vent conforme à la NF EN 1991-1-4 est utilisé.

Le coefficient 1,5 dans les équations, correspond à la pondération ELU.

• Fixations de couture des plateaux :

Un couturage des lèvres de plateaux est à assurer systématiquement par des vis de 4,8mm avec un espacement maximal de 1m.

Les vis de couture sont positionnées le long de la hauteur h des lèvres de plateau.

(Les fixations des écarteurs ou des plaques nervurées (plateaux sans écarteurs) joue le rôle de vis de couture directement.

• Fixations des écarteurs sur les plateaux :

Elle est à assurer sur chacune des lèvres de plateau :

- Pour les écarteurs en Z fixés à chaque aile de plateau ou en Ω fixés en quinconces sur chaque aile de plateau, on doit vérifier que la fixation satisfait l'expression suivante :

$$\frac{2,2 \times (1,5 \times W_k) \times b_u \times E}{\gamma_M} \leq P_k$$

- Pour les écarteurs en Ω fixés par 2 fixations sur chaque aile de plateau, on doit vérifier que la fixation satisfait l'expression suivante :

$$\frac{0,5 \times 1,1 \times (1,5 \times W_k) \times b_u \times E}{\gamma_M} \leq P_k$$

Avec :

W_k : charge caractéristique en dépression due au vent (daN/m²)

b_u : largeur de plateau (m)

E : espacement entre les fixations de 2 écarteurs successifs (m),

P_k : valeur de la résistance caractéristique à l'arrachement et au déboutonnage de la fixation obtenue suivant la norme NF P 30-314 (daN).

γ_M : 1,5 (dans deux lèvres de plateaux de 0,75mm mini).

• Fixations des peaux extérieures – cas des bardages simple peau

Densité minimal de fixation

Aux extrémités des plaques et aux recouvrements transversaux, la densité de fixations est à assurer selon les modes de pose définis dans le tableau ci-dessous.

Les nervures aux recouvrements longitudinaux sont à fixer sur tous les supports.

Une fixation réduite sur appuis intermédiaires est admise avec une densité minimale de 2 fixations par mètre linéaire.

Au niveau de la nervure de recouvrement, conformément au DTU 40-35, excepté en arête verticale de bardage, où il faut effectivement deux fixations par nervure, une à gauche et une à droite, une fixation par pied de nervure, disposée en quinconce selon les appuis, est suffisante si la plage a une largeur inférieure à 250 mm. Au-delà de cette valeur, alors, une fixation à gauche de la nervure et une fixation à droite sont nécessaires.

Mode de pose et position de la fixation associée aux extrémités des plaques et aux recouvrements transversaux	
Plage saillante	Une fixation est mise en œuvre à chaque creux de nervure
Nervure saillante	Sommet de nervure : une fixation est mise en œuvre à chaque sommet de nervure à l'aide d'un cavalier conforme au DTU 40.35
	Pied de nervure : une fixation est mise en œuvre dans chaque plage

Vérification de la tenue des fixations

En complément des prescriptions du paragraphe précédent, les vérifications suivantes doivent être menées :

- Plaque seule posée sur 2 appuis :

$$0,5 \times (1,5 \times W_k) \times L \times E \leq \frac{P_k}{\gamma_M}$$

Avec :

L : portée du plateau (m)

E : espacement des vis (m)

W_k : charge de vent caractéristique en dépression due au vent (daN/m²)

P_k : valeur de la résistance caractéristique à l'arrachement et au déboutonnage de la fixation obtenue suivant la norme NF P 30-314 (daN).

γ_M : coefficient de sécurité

- $\gamma_M = 1.35$ pour des épaisseurs d'acier supérieures ou égale à 1,5mm et inférieures à 3mm ainsi que pour le bois ;
- $\gamma_M = 1.15$ pour des épaisseurs d'acier supérieures ou égale à 3 mm

La charge caractéristique de vent W_k vaut pour une justification aux ELU :

$W_k = 1,2$ fois le vent normal des Règles NV 65 modifiées 2009

$W_k = W_{50}$ lorsque le vent conforme à la NF EN 1991-1-4 est utilisé.

- Plaque posée sur 2 appuis avec recouvrement transversal :

$$(1,5 \times W_k) \times L \times E \leq \frac{P_k}{\gamma_M}$$

Avec :

L : portée du plateau (m)

E : espacement des vis (m)

W_k : charge de vent caractéristique en dépression due au vent (daN/m²)

P_k : valeur de la résistance caractéristique à l'arrachement et au déboutonnage de la fixation obtenue suivant la norme NF P 30-314 (daN).

γ_M : coefficient de sécurité

- $\gamma_M = 1.35$ pour des épaisseurs d'acier supérieures ou égale à 1,5mm et inférieures à 3mm ainsi que pour le bois ;
- $\gamma_M = 1.15$ pour des épaisseurs d'acier supérieures ou égale à 3 mm

La charge caractéristique de vent W_k vaut pour une justification aux ELU :

$W_k = 1,2$ fois le vent normal des Règles NV 65 modifiées 2009

$W_k = W_{50}$ lorsque le vent conforme à la NF EN 1991-1-4 est utilisé.

- Plaque posée sur plusieurs appuis (3 appuis ou plus) :

$$1.25 \times (1,5 \times W_k) \times L \times E \leq \frac{P_k}{\gamma_M}$$

Avec :

L : portée du plateau (m)

E : espacement des vis (m)

W_k : charge de vent caractéristique en dépression due au vent (daN/m²)

P_k : valeur de la résistance caractéristique à l'arrachement et au déboutonnage de la fixation obtenue suivant la norme NF P 30-314 (daN).

γ_M : coefficient de sécurité

- $\gamma_M = 1.35$ pour des épaisseurs d'acier supérieures ou égale à 1,5mm et inférieures à 3mm ainsi que pour le bois ;
- $\gamma_M = 1.15$ pour des épaisseurs d'acier supérieures ou égale à 3 mm

La charge caractéristique de vent W_k vaut pour une justification aux ELU :

$W_k = 1,2$ fois le vent normal des Règles NV 65 modifiées 2009

$W_k = W_{50}$ lorsque le vent conforme à la NF EN 1991-1-4 est utilisé.

- **Fixations de couture des bardages simple peau**

Le couturage est à assurer dans le cas des nervures saillantes par des vis de 4,8mm minimum avec un espacement maximal de 1m.

Les fixations aux supports jouent le rôle de coutures.

- **Fixations des peaux extérieures sur les plateaux**

Aux extrémités recouvertes ou non des plaques, la densité de fixations est à assurer selon les modes de pose définis dans le tableau ci-dessous.

La nervure de rive parallèle à un angle ou à une ouverture est à fixer sur chaque lèvre de plateau.

Au niveau de la nervure de recouvrement, conformément au DTU 40-35, excepté en arête verticale de bardage, où il faut effectivement deux fixations par nervure, une à gauche et une à droite, une fixation par pied de nervure, disposée en quinconce selon les appuis,

est suffisante si la plage a une largeur inférieure à 250mm. Au-delà de cette valeur, alors, une fixation à gauche de la nervure et une fixation à droite sont nécessaires.

Mode de pose et position de la fixation associée aux extrémités, recouvertes ou non, des plaques	
Plage saillante	Une fixation est mise en œuvre à chaque creux de nervure
Nervure saillante	Sommet de nervure : une fixation est mise en œuvre à chaque sommet de nervure à l'aide d'un cavalier conforme au DTU 40.35
	Pied de nervure : une fixation est mise en œuvre dans chaque plage

En partie courante, les fixations sont disposées le long des diagonales. La distance entre fixations le long d'une même nervure de plaque ne doit pas excéder 1,6m. La distance entre lignes de fixations ne doit pas excéder une largeur de plateau.

On respectera une densité minimale, n_{fix} , de 2,5 fixations au m^2 en partie courante. On tiendra compte qu'en rive de bâtiments, W_k est majorée en fonction du référentiel (Règles NV 65 modifiées 2009 ou Zone A au sens des normes NF EN 1991-1-4 et NF EN 1991-1-4/AN).

On vérifie que :

$$1.25 \times \left(\frac{1.5 \times W_k}{n_{fix}} \right) \leq \frac{P_k}{\gamma_M}$$

Les fixations doivent en outre satisfaire aux vérifications suivantes :

$$E1 \leq \frac{P_k}{1.25 \times (1.5 \times W_k) \times L \times \gamma_M \times b_R}$$

$$E2 \leq \frac{P_k}{1.25 \times (1.5 \times W_k) \times L \times \gamma_M \times b_R}$$

Avec :

$E1$: largeur du plateau (m)

$E2$: 1,6m maximum,

b_R : pas d'onde (m)

W_k : charge de vent caractéristique en dépression due au vent (daN/m²)

P_k : valeur de la résistance caractéristique à l'arrachement et au déboutonnage de la fixation obtenue suivant la norme NF P 30-314 (daN).

γ_M : coefficient de sécurité ($\gamma_M = 1,5$).

La charge caractéristique de vent W_k vaut pour une justification aux ELU :

$W_k = 1,2$ fois le vent normal des Règles NV 65 modifiées 2009

$W_k = W_{50}$ lorsque le vent conforme à la NF EN 1991-1-4 est utilisé.

• Fixations des peaux extérieures sur les écarteurs

Aux extrémités recouvertes ou non des plaques, pour chacune des nervures sur chacun des écarteurs et sur les lisses périphériques, la densité de fixations est à assurer selon les modes de pose définis dans le tableau ci-dessous.

En fonction de la densité de fixations, on vérifiera la résistance des assemblages en fonction du tableau 18 du présent document.

Au niveau de la nervure de recouvrement, conformément au DTU 40-35, excepté en arête verticale de bardage, où il faut effectivement deux fixations par nervure, une ç

gauche et une à droite, une fixation par pied de nervure, disposée en quinconce selon les appuis, est suffisante si la plage a une largeur inférieure à 250mm. Au-delà de cette valeur, alors, une fixation à gauche de la nervure et une fixation à droite sont nécessaires.

Mode de pose et position de la fixation associée aux extrémités, recouvertes ou non, des plaques	
Plage saillante	Une fixation est mise en œuvre à chaque creux de nervure
Nervure saillante	Sommet de nervure : une fixation est mise en œuvre à chaque sommet de nervure à l'aide d'un cavalier conforme au DTU 40.35
	Pied de nervure : une fixation est mise en œuvre dans chaque plage

Les vérifications suivantes doivent être menées

- Plaque unique posée sur 2 appuis :

$$0,5 \times (1,5 \times W_k) \times L \times E \leq \frac{P_k}{\gamma_M}$$

- Plaque posée sur 2 appuis avec recouvrement transversal :

$$1,0 \times (1,5 \times W_k) \times L \times E \leq \frac{P_k}{\gamma_M}$$

- Plaque posée en continuité sur plusieurs appuis (3 appuis ou plus) :

$$1,25 \times (1,5 \times W_k) \times L \times E \leq \frac{P_k}{\gamma_M}$$

Avec :

L : portée du plateau (m)

E : espacement des vis (m)

W_k : charge de vent caractéristique en dépression due au vent (daN/m²)

P_k : valeur de la résistance caractéristique à l'arrachement et au déboutonnage de la fixation obtenue suivant la norme NF P 30-314 (daN).

γ_M : coefficient de sécurité

- γ_M = coefficient de sécurité ($\gamma_M = 1.35$ pour des épaisseurs d'acier supérieures ou égales à 1,5mm et inférieures à 3mm ainsi que pour le bois)

La charge caractéristique de vent W_k vaut pour une justification aux ELU :

$W_k = 1,2$ fois le vent normal des Règles NV 65 modifiées 2009

$W_k = W_{50}$ lorsque le vent conforme à la NF EN 1991-1-4 est utilisé.

- **Fixations de couture des peaux extérieures**

- ✓ Lorsque les peaux sont fixées sur écarteurs, l'espacement maximal des fixations de couture de 4,8mm de diamètre minimum est de 1 mètre.
- ✓ Lorsque les peaux sont fixées directement sur les plateaux (fixation en quinconce), la couture des plaques entre elles doit être réalisée avec un espacement de 1 mètre.

C- Pare-vapeur

Le pare-vapeur est mise en œuvre :

- Soit en fond de plateau
- Soit déroulé verticalement devant les lèbres des plateaux

D- Pare-Pluie

Les bardages en profilés acier nervurés ou ondulés visée par le présent document ne nécessitent pas la mise en œuvre d'un pare-pluie.

E- Conditions de pose des bardages en acier

Prescriptions communes

Les fixations et leur mise en œuvre doivent répondre aux conditions minimales définies ci-avant.

Les clous à pisto-scellement ne sont pas admis sur les plateaux perforés.

Porte-à-faux des plateaux

- Cas de la pose horizontale :

Le porte-à-faux est limité à L/10 et 400mm sans dispositions particulières. L désigne la portée adjacente au porte-à-faux.

Il peut être porté à 800mm en respectant les dispositions constructives de la (cornière U en acier galvanisé 15/10).

- Cas de la pose verticale :

Le porte-à-faux est limité à L/10 et 400mm excepté en acrotère où il est limité à 200mm.

- Les plateaux et la peau de bardage ne peuvent servir de support à aucun élément étranger au bardage (exemple : garde-coprs, enseigne, etc).

Porte-à-faux des bardages

- Cas de la pose horizontale :

Le porte-à-faux est limité à 400mm sans dispositions particulières.

- Cas de la pose verticale :

Le porte-à-faux est limité à L/10 et 400mm, excepté en acrotère où il est limité à 200mm.

Plateaux avec nombre impair de travées

Les plateaux sont dimensionnés et positionnés en quinconce en alternant la pose sur 2 appuis et la pose sur 3 appuis.

F- Tolérances de pose des bardages en acier et conditions de réception

Tolérances de pose

Les tolérances du gros œuvre ne peuvent être ni rattrapés, ni compensées par un bardage en acier en appui direct sur l'ossature porteuse.

En revanche, les tolérances propres de pose des bardages s'appliquent aux points suivants définis ci-dessous :

Tolérances de pose des bardages simple peau et double peau en acier

	Verticalité des ondes (peau extérieure en partie courante)*	Horizontalité des ondes (peau extérieure en partie courante)*	En angle, tolérance de parallélisme entre le couvre-joint et la dernière onde (peau extérieure *)	Alignement horizontal des façonnés
Bardage double Peau	± 15 mm/10 m	± 15 mm/10 m	± 10 mm/10 m	Sans objet
Bardage : Simple Peau Bardage Rapporté	± 15 mm/10 m	± 15 mm/10 m	± 10 mm/10 m	Sans objet
En bavette	Sans objet	Sans objet	Sans objet	± 10 mm par rapport à une ligne idéale de 10 m
Couronnement d'acrotère	Sans objet	Sans objet	Sans objet	± 10 mm par rapport à une ligne idéale de 10 m
* ces tolérances sont cumulatives				

G- Joints de dilatation et joints de fractionnement sismique

Les éléments de bardage doivent être interrompus aux droits des joints de dilatation. Des profilés complémentaires assurent la continuité du plan d'étanchéité à l'eau.

Les joints de fractionnement sismique sont traités sur le même principe. La largeur du joint dans le parement extérieur est au moins égale à celle du joint de séparation au niveau de la structure.

H- Mise en œuvre de l'isolation dans le cas de la laine minérale

La mise en œuvre de l'isolation peut être un lit, deux lits ou trois.

La pose d'isolant en lit en fond de plateaux ne permet pas de traiter les ponts thermiques intégrés au système.

La pose d'un feutre isolant en un seul lit déroulé devant les plateaux est réservée aux seuls locaux ou bâtiments non chauffés au sens des RT (température opérative inférieure à 12 °C). Cette isolation a pour objet unique de réduire les phénomènes de condensation de la paroi.

Pose en 2 lits :

La mise en œuvre de l'isolation doit être effectuée conformément aux descriptions données dans le tableau ci-dessous :

Lit d'isolant	Type de pose	Epaisseur maximale de l'isolant	Type d'isolant	Description de la pose
1^{er} Lit	En fond de plateaux	Hauteur d'un plateau	Panneaux ou rouleau en laine minérale	Isolant inséré dans les plateaux
2^{ème} Lit	Entre les écarteurs	<p>Dans le cas d'une pose horizontale ou oblique du bardage : hauteur d'écarteur avec déduction des 20 mm de la lame d'air.</p> <p>Dans le cas d'une pose verticale avec lame d'air ventilée : dito ci-dessus.</p> <p>Dans le cas d'une pose verticale du bardage (sans lame d'air) : hauteur de l'écarteur.</p>	Rouleau en laine minérale semi-rigide	<p>Depuis le haut de la façade.</p> <p>Fixation sur les lèvres de plateaux par des vis de 4,8 mm mini avec plaquettes de diamètre 40mm mini et d'épaisseur 75/100° mini :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 fixations en partie haute • 1 fixation tous les 2m² mini, pour le reste
			Panneaux en laine minérale semi-rigide	<p>Depuis le haut de la façade.</p> <p>Fixation sur les lèvres de plateaux par des vis de 4,8 mm mini avec plaquettes de diamètre 40mm mini et d'épaisseur 75/100° mini : 2 fixations mini par panneau</p>
	Sous les écarteurs	80 mm	Rouleau en laine minérale	<p>Depuis le haut de la façade.</p> <p>Fixation sur les lèvres de plateaux par des vis de 4,8 mm mini avec plaquettes de diamètre 40mm mini et d'épaisseur 75/100° mini :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 fixations en partie haute • 1 fixation tous les 2m² mini, pour le reste

Pose en 3 lits :

La mise en œuvre de l'isolation doit être effectuée conformément aux descriptions données dans le tableau ci-dessous :

Lit d'isolant	Type de pose	Epaisseur maximale de l'isolant	Type d'isolant	Description de la pose
1^{er} Lit	En fond de plateaux	Hauteur d'un plateau	Panneaux ou rouleau en laine minérale	Isolant inséré dans les plateaux
2^{ème} Lit	Sous les écarteurs	80 mm	Rouleau en laine minérale	Depuis le haut de la façade. Fixation sur les lèvres de plateaux par des vis de 4,8 mm mini avec plaquettes de diamètre 40mm mini et d'épaisseur 75/100 ^e mini : <ul style="list-style-type: none"> • 2 fixations en partie haute • 1 fixation tous les 2m² mini, pour le reste
3^{ème} Lit	Entre les écarteurs	Dans le cas d'une pose horizontale ou oblique du bardage : hauteur d'écarteur avec déduction des 20 mm de la lame d'air. Dans le cas d'une pose verticale avec lame d'air ventilée : dito ci-dessus. Dans le cas d'une pose verticale du bardage (sans lame d'air) : hauteur de l'écarteur avec déduction de l'épaisseur de 2 ^{ème} Lit.	Rouleau en laine minérale semi-rigide	Depuis le haut de la façade. Fixation sur les lèvres de plateaux par des vis de 4,8 mm mini avec plaquettes de diamètre 40mm mini et d'épaisseur 75/100 ^e mini : <ul style="list-style-type: none"> • 2 fixations en partie haute • 1 fixation tous les 2m² mini, pour le reste

I- Etanchéité à l'eau des bardages en acier

Les façonnés doivent présenter un recouvrement de 120mm minimum avec la peau extérieure et entre eux.

Les couronnements d'acrotère, larmier, bavette, etc, doivent comporter une pente de 5% pour interdire la stagnation de l'eau et en assurer l'évacuation.

Le raccordement vertical du bardage avec un mur en béton ou ne maçonnerie est traité avec un joint de fractionnement d'une façon identique au joint de dilatation.

J- Perméabilité à l'air

Cas du calfeutrement des joints entre plateaux :

- Les joints sont garnis d'une bande de calfeutrement continue et positionnée de façon à être comprimée entre les lèvres des plateaux.
- Ces bandes sont complétées par d'autres bandes comprimées entre extrémités de plateaux et appuis de structure.

Cas de la membrane pare-air :

- Les différents lés de membranes sont liaisonnés entre eux en continu, par soudage ou adhésivage (simple ou double).
- Une attention particulière doit être portée au niveau des points singuliers (longrine, acrotère, tour de baie, etc.)

K- Recouvrement des plaques nervurées ou ondulées (sinusoïdales) verticales

Les recouvrements transversaux s'effectuent toujours au droit d'un appui (lèvre de plateau, écarteur, ossature rapportée ou lisse).

Quel que soit le type d'écarteur, le recouvrement normal transversal Lr des plaques nervurées ou ondulées est de 70mm minimum. Une pince minimum de 20mm est à respecter.

17.03.02.04 Spécificités des bardages à plaques nervurées ou ondulées en pose horizontal

A- Spécifications techniques spécifiques pour les matériaux et composants

Plaques nervurées ou ondulées ou sinusoïdales

Elles ont une épaisseur minimale de 0,75 mm.

Pièces de finition

L'épaisseur minimale des pièces de finition est de 0,75 mm en acier S280 Gd minimum de même nuance que celui utilisé pour les profils de bardage et de même nuance que celui utilisé pour les profils de bardage et de même protection que celles utilisées pour les profils de bardages.

B- Prescriptions complémentaires de mise en œuvre

Mise en œuvre de plaques nervurées ou ondulées

- Sens de pose :

La pose des plaques nervurées ou ondulées s'effectue de préférence de bas en haut en progressant dans le sens inverse des vents de puis dominants, lorsque les raccordements transversaux sont effectués par recouvrement.

- Recouvrements longitudinaux :

Ils sont réalisés par simple ou double recouvrement de nervures selon la hauteur de nervuration. La plaque du dessus venant en recouvrement de la plaque de dessous.

Raccordements transversaux

Les raccordements transversaux des plaques peuvent être réalisés en continu par recouvrement ou en discontinu avec des dispositions spécifiques.

- **Recouvrements transversaux continus**

Quel que soit le type d'appui (ossature secondaire, lèvre, écarteur), le recouvrement normal transversal L_r des plaques nervurées ou ondulées est de 100mm minimum pour des hauteurs de bâtiment inférieures à 50m.

- **Recouvrements transversaux discontinus avec closoirs non métalliques**

Lorsqu'aucun dispositif de drainage n'est prévu en extrémité de plaque nervurée non recouverte, il y a lieu de pincer un closoir de forme entre l'appui d'extrémité et la plaque.

Les closoirs sont en matériaux conformes aux normes NF P 85-570 et NF P 85-571 d'épaisseur 15mm minimum et de profil adapté à la géométrie de la plaque.

Ces dispositions sont valables pour une hauteur de bâtiment inférieure ou égale à 20m.

- **Recouvrements transversaux discontinus avec profilés munis de pliage drainant**

La jonction entre plaques de bardages peut s'effectuer via des aiguilles ou Oméga comportant un pliage formant un drainage vertical des eaux d'infiltration.

A la jonction de continuité entre deux aiguilles, le recouvrement est assuré par un pliage et un emboîtement des 2 profils l'un dans l'autre.

- **Recouvrements transversaux discontinus avec éclissage**

Ce type de jonction implique la mise en œuvre d'une éclisse extraite d'une tôle de bardage, d'une largeur minimale de 250 mm.

Le recouvrement de l'éclisse est décalé par rapport au recouvrement longitudinal du bardage d'au moins une nervure.

Les tôles sont aboutées sur l'éclisse d'environ 100mm chacune. Les plaques nervurées sont vissées sur l'écarteur à travers l'éclisse. Les pinces entre le bord de l'éclisse et la plaque sont de 20 mm minimum.

Les pinces entre les fixations et les bords de l'écarteur sont de 20mm minimum. La largeur d'appui de l'écarteur doit être adaptée (Oméga inversé).

Dispositions complémentaires relatives à la fixation des plaques sur les écarteurs

En partie courante et autour des ouvertures du plan de façade :

- Toutes les nervures doivent être fixées sur les écarteurs. Pour les plaques qui présentent plus de 5 nervures par mètre, on se limite à 5 fixations par mètre.
- Les fixations doivent également être justifiées par calculs conformément au paragraphe (B- Types, répartition et densité des fixations) et être uniformément réparties.

Dispositions complémentaires relatives au couturage dans le cas des nervures saillantes

Densité : une fixation de 4,8 mm minimum avec rondelle d'étanchéité tous les 1 m maximum.

Les fixations des plaques nervurées sont considérées comme des fixations de couture.

Précautions de pose

Afin d'obtenir une pose satisfaisante, les premières plaques profilées doivent être mises à l'horizontal à l'aide d'un moyen approprié.

Une vérification visuelle de l'horizontalité et de l'alignement des nervures, à partir de l'extrémité du bâtiment, sera réalisée de façon régulière à l'avancement de la pose.

Complément d'étanchéité à l'eau

Compléments d'étanchéité éventuels, ils s'utilisent, notamment en pose horizontale, pour obturer l'espace entre deux parements nervurés ou ondulés. Il peut s'agir de bandes en mousse compressible ou de cordons préformés malléables.

Dans le cas des bardages simple peau, au droit des recouvrements transversaux, des compléments d'étanchéité sont nécessaires à partir de 20m de hauteur. Le recouvrement L_r est au minimum de 150mm.

C- Dispositions complémentaires générales

Entretien :

Compte tenu de la position horizontale des nervures ou des ondes, des risques d'accumulation de poussières, mousses, etc. sont à craindre si le bardage ne fait pas l'objet d'une visite d'entretien annuelle.

Les dispositions suivantes doivent être respectées :

- **Généralités** : La condition de durabilité ne peut être pleinement satisfaite que si ces ouvrages sont entretenus et que si leur usage est conforme à leur destination.
- **Entretien** : L'entretien est à la charge du maître d'ouvrage ou de ses ayants-droit après la réception de l'ouvrage. Il comporte des visites périodiques de surveillance des ouvrages au moins une fois par an.
Les travaux sont de la compétence des différents corps d'état.
- Opération à effectuer lors d'un entretien

Entretien Extérieur : l'entretien normal comporte notamment :

1. L'enlèvement périodique des herbes, mousses et autres dépôts ou objets étrangers.
2. Le maintien en bon état des descentes d'eaux pluviales
3. La réparation du revêtement de protection :
 - a. En cas de dégradation localisée accidentelle,
 - b. En cas d'amorce localisée de corrosion

L'application des peintures, vernis ou résines diverses, après lessivage ou préparation ad hoc du bardage en acier est un moyen de réparation.

4. Le maintien en bon état des ouvrages qui contribuent à l'étanchéité du bardage (entourage de baies, jonctions transversales, angles...)
5. Pour les surfaces non soumises au lavage naturel assuré par les précipitations atmosphériques, un nettoyage régulier suivi, le cas échéant, d'un traitement systématique et immédiat des parties présentant des amorces de corrosion.
6. L'identification de matériaux et produits ayant subi des altérations dues au vieillissement.
7. Contrôle visuel des éléments de fixations.

Entretien Intérieur

L'usager a habituellement la charge de l'entretien de l'intérieur des locaux qu'il occupe avec des produits non agressifs.

Retouches

Sur les parties des façades en tôle d'acier galvanisée

Les retouches des protections détériorées sont effectuées, après nettoyage des surfaces, par application d'une peinture riche en zinc, assurant une protection équivalente.

Sur les parties des façades protégées par peinture

Les retouches sont faites comme précédemment en utilisant la même peinture que celle de protection initiale ou, à défaut, une peinture assurant une protection équivalente.

Aspect :

Le bardage horizontal, du fait des lignes horizontales, est plus sensible à l'aspect de vague que le bardage vertical.

Des finitions avec des joints creux permettent de soigner l'esthétique de ce type de bardage.

17.03.02.05 Spécificités des bardages à plaques nervurées ou ondulées obliques

Une lame d'air de 20mm, ventilée ou non, doit être prévue.

Des profils à recouvrement doivent être systématiquement utilisés.

Un traitement particulier des rives est à prévoir, soit par closoir (hateur de bardage de 6m maximum) soit par pliage drainant.

17.03.02.06 Ouvrages particuliers

A- Généralités

On entend par ouvrages particuliers :

- Les hauts de façade (acrotère) ;
- Les habillages d'ouverture ;
- Les pieds de façade ;
- Les raccords d'angle ;
- Les raccords d'auvent ;
- Les aboutages

Ces détails de construction sont vus chantier par chantier et font l'objet de plans d'exécution.

Il est rappelé que ces pièces ont une épaisseur minimale de 0,63 mm, en acier S280 GD protégé contre la corrosion comme les profils de bardage.

B- Acrotères

La couvertine doit déborder de 30 mm du nu de la façade et de la face extérieure de l'ouvrage placé côté couverture ou toiture. Elle comporte des retombées qui recouvrent de 30 mm le parement extérieur côté façade et de 30 mm également l'ouvrage placé côté toiture ou couverture, pour empêcher la pénétration d'eau derrière ces ouvrages. La couvertine doit être étanche à l'eau. La pente minimum de la couvertine est de 5%.

La charpente doit comporter une ossature filante en partie haute (support de couvertine, dispositifs de sécurité, supports de contre-bardage,...).

C- Habillage des ouvertures

Pour la réalisation de baies dans un bardage inférieur ou égale à 20 m.

La pente de la tôle d'appui ou bavette est de 5 % minimum.

La tôle d'appui comporte un pli de 30 mm minimum derrière le jambage.

Un rejingot minimum de 10 mm selon le NF DTU 36-5 est nécessaire.

17.04 DESCRIPTION DES OUVRAGES

17.04.00 Structure Métallique

Il sera prévu par l'entreprise les calculs de structure et de sécurité à mettre en œuvre. Ceux-ci seront fournis et posés le présent lot.

17.04.00.00 Plan de fabrication de charpente métallique

L'entrepreneur devra l'établissement des documents nécessaires à la réalisation des ouvrages (plans d'exécution, notes de calculs, étude de détails) et cela à sa charge, qui seront soumis à l'approbation du Maître d'œuvre et le Bureau de Contrôle.

17.04.00.01 Structure en Acier

Fourniture et réalisation de la structure métallique porteuse en acier galvanisé à chaud, les matériaux recevront en atelier une couche primaire antirouille avec une finition par peinture polymère et tous accessoires de pose de fixation, gousset, boulons, calages, tiges et barres d'ancrage et toutes sujétions suivant plans.

Fourniture et réalisation de la structure métallique avec des profilés en acier qui sont assemblés afin de réaliser la structure porteuse du bâtiment. La structure porteuse sera de type structure en portiques. Les profilés seront déterminés par des notes de calculs et pré-dimensionnés par le présent lot. Les profilés seront selon le choix du présent lot et des notes de calcul des profilés à larges ailes de type (HEA, HEB, HEM) ou des profilés normaux de type (INP, UNP) ou des profilés avec ailes parallèles de type (IPE, UPE, IPET).

Les profils creux seront de type (carrés, rectangulaires et ronds).

Les poteaux seront fixés dans les fondations réalisées préalablement.

Les traverses seront assemblées aux poteaux par le biais de boulons, rivets ou soudage. Les traverses et les pannes formeront la toiture avec une pente de 10%.

Afin de stabiliser la structure de la couverture, des contreventements seront réalisés entre les pannes par des diagonales de versant.

Afin de stabiliser la structure porteuse en poteaux, des croix de Saint André seront réalisées. Des jarrets aideront à la stabilité entre les poteaux et les traverses de la couverture.

Des lisses de bardage seront fixées entre les poteaux de la structure métallique, et accueilleront le bardage métallique.

Un acrotère sera réalisé avec des lisses filantes, baïonnettes qui viendront se fixer au-dessus des poteaux, en périphérie de la couverture métallique.

Fourniture de tous éléments nécessaires à la stabilité de la structure métallique en portiques.

Tous les ouvrages métalliques, compris pièces de fixation seront galvanisés à chaud, et recevront en atelier une couche primaire antirouille et une finition par peinture polymère, avec couleur au choix de l'architecte.

Localisation : Suivant plans Architecte et plans structure

17.04.01 Bardage métallique horizontal simple peau

Réalisation d'un bardage simple peau de type de type Hairplan 300 de chez Arval.

Ossature métallique : Fourniture et pose de lisses verticales à dimensionner par le présent lot.

Isolation : Fourniture et pose d'isolant de type Cladipan 32 d'épaisseur 150mm (panneau semi-rigide), épaisseur, selon la transmission thermique à atteindre : **Up : 0,21 W/m²K. ou R : 4.70 m².K/W (Résistance thermique de l'isolant).**

Bardage et fixations : Fourniture et pose de bardage de type Hairplan 300 de chez Arval.

Le bardage devra satisfaire aux exigences de :

Pression de 61 daN/m² et de

Dépression en partie courante de 45 daN/m² et arêtes verticales de 72 daN/m².

Couleur : RAL selon le choix de l'architecte, avec système double face HAIRULTRA 35/35

Points singuliers :

Angles sortants : Fourniture et pose pour les angles sortants de cornières d'angle AF ARS 1

Angles rentrants : Fourniture et pose d'une cornière pliée sur mesure par le présent lot.

Pied de façade : Fourniture et pose pour pied de façade d'une bavette basse AF BD 1 ou AF LD 1 (sur pièce de départ).

Haut de façade : Fourniture et pose pour haut de façade d'une bavette AF CA5, largeur suivant nécessité de la couverture.

Jonction transversale: Fourniture et d'une bavette AF JC 2 avec joints d'étanchéité.

Habillage de tous les murs en élévation, des tableaux des ouvertures, au droit des stores, linteaux, appuis de fenêtre et tous accessoires de finitions.

Membrane d'étanchéité à l'air de type Sopratec III ou équivalent.

La membrane sera fixée sur l'isolant, les lés sont déroulés verticalement de haut en bas avec un recouvrement d'au moins 6cm.

Ils sont fixés temporairement aux lèvres des plateaux tous les 0,80m (Patch Sopratec + rondelle Ø40mm + vis).

Les recouvrements seront soudés à l'air chaud.

La fixation sera réalisée avec des profilés dans les lèvres des plateaux, avec vis autoforeuse à double filet de Ø 6,3 mm.

Jointoiement pas mastic en pied de l'ouvrage ou raccordement des menuiseries.

Localisation : Local Technique en Toiture Terrasse

17.04.02 Couverture métallique simple peau

Pente de la couverture : 10%

Réalisation d'une couverture sèche simple peau de type Coveo de chez BACACIER, ou équivalent, comprenant :

Ossature métallique secondaire : Fourniture et pose de lisses horizontales à dimensionner par le présent lot.

Couverture : Le COVEO 3.45 est une plaque nervurée de la gamme profils de couverture traditionnelle Bacacier By Kingspan destinée à la réalisation de couvertures sèches, ou équivalent

Fourniture et mise en œuvre de chéneaux encaissés

Couleur : RAL selon le choix de l'architecte

Fixations :

Les plaques doivent être percées en sommet d'onde à une distance d'au moins 50 mm des bords transversaux

Pontet obligatoire à chaque fixation

Fixation du bardage se fait par Vis auto-perceuses sur support acier pour assemblage et Vis de couturage

Points singuliers à traiter :

Faitage : Fourniture et pose pour le faitage de bandes de faitage

Rives : Fourniture et pose pour les rives de bandes de rives

Localisation : Local Technique en Toiture Terrasse

17.04.03 Descentes EP

Fourniture et pose de tuyaux de descentes d'eaux pluviales, en tôle acier aluminium laqué RAL teintes au choix de l'architecte dans la gamme du fabricant, de sections ronde ou rectangulaire, à adapter suivant calculs à réaliser par l'entreprise, pour évacuation des eaux pluviales, y compris tous façonnages et accessoires, coudes, contre coudes, colliers de fixations, éléments spéciaux pour raccordements, etc...

Dimensionnement des descentes d'eaux pluviales suivant calculs à la charge de l'entreprise conformément à la NF P 84.206.

Raccordements sur boîtes à eaux en parties hautes et sur regards en parties basses.

Localisation : Suivant plan Architectes et BET

17.04.04 Boîtes à eau

Fourniture et mise en œuvre de boîtes à eaux en acier galvanisé laqué RAL 200x200 minimum, teintes au choix de l'architecte, y compris moignons et tous accessoires, raccordements des moignons aux entrées d'eaux.

Localisation : Terrasse en bac acier sec non accessibles, suivant plans Architecte et BET.

17.04.05 Couvertines en pied de bardage

Fourniture et pose de couvertines en tôle galvanisée à chaud et thermo laquée, RAL selon choix Architecte, goutte d'eau incorporée avec retombée intérieure d'une hauteur de 10cm et retombée en façade extérieure de 10cm, raccordement entre éléments par éclisses, fixation mécanique sur acrotères et relevés béton, et complément d'étanchéité par joint mastic. (Recouvrement suffisant afin de garantir la protection du relevé d'étanchéité).

Recouvrement des pattes de fixation des garde-corps métalliques
Sur tous les acrotères.

Localisation : En pied de bardage. Voir plan de repérage Architecte

17.04.06 Couvertines sur relevé béton

Fourniture et pose de couvertines en tôle galvanisée à chaud et thermo laquée, RAL selon choix Architecte, goutte d'eau incorporée avec retombée intérieure d'une hauteur de 10cm et retombée en façade extérieure de 5cm, raccordement entre éléments par éclisses, fixation mécanique sur acrotères et complément d'étanchéité par joint mastic. (Recouvrement suffisant afin de garantir la protection du relevé d'étanchéité).

Recouvrement des pattes de fixation des garde-corps métalliques
Sur tous les acrotères.

Localisation : Sur relevé béton en périphérie du local technique. Voir plan de repérage Architecte

17.04.07 Grille de ventilation – Finition thermo laquée

Fourniture et pose de grilles de ventilations de type PANOL ou équivalent en acier laqué à lames horizontales pare-pluie en profils rigides montées sur cadre périphérique formant recouvrement. Pose par pattes à sceller ou à cheviller.

Finition : Thermo laqué, teinte au choix de l'Architecte

Dimensions : Suivant plans Architecte

Localisation : En façade du local technique. Suivant Plans architectes

17.04.08 Souche de ventilation en toiture

Au titre de cette prestation, l'entrepreneur doit :

- Sortie de toit TD ventilation de chez Poujoulat ou équivalent
- Finition couleur blanc
- Chapeau de couverture France classique
- Diamètre suivant conduit de sortie de ventilation
- Etanchéité réalisée par une embase en usine
- Dépassement de la sortie du faîtage à + 40cm



Localisation : En toiture. Suivant Plans architectes

17.04.09 Lanterneau accès toiture

Le présent lot devra la fourniture et la mise en œuvre d'un lanterneau accès toiture conforme à la norme EN1873, de type ROOFTRAP de chez Skydome ou équivalent.

RAL selon choix Architecte.

Comprenant :

Remplissage PCA 10 OPALE, R_w : 19dB

Costière : Embase de polyester avec trémie isolé biseau hauteur 310mm

Commande : Ouverture par ressort à gaz, fermeture grâce à une poignée

Compris :

- Barreaudage ouvrant 16x16, 1200 joules galvanisé
- Barre accroche échelle BAE
- Crosse de maintien escamotable
- Echelle pour accès toiture

Localisation : En toiture. Suivant Plans architectes

17.04.10 Garde-corps sur toiture métallique

Le présent lot devra la fourniture et la pose de garde-corps pour toiture métallique.

Les garde-corps seront de type KEEGUARD Topshield ou similaire, pour des toitures bac acier ou à joint debout. La platine spécialement conçue avec des trous de fixation multiples, permet de se fixer sur la majorité des toitures métalliques.

Les platines sont fixées par crapauds spéciaux sur les toitures à joints debout.

Pour les toitures en bac acier, elles sont fixées par rivets étanches et isolant Butyl.

Les gardes corps seront en acier galvanisé. L'espacement entre les montants est de 2,50 mètres maximums.

Le système est conforme aux normes NF EN ISO 14122-3 & EN 13374 Classe A.

Localisation : En périphérie de la couverture métallique

PRESTATIONS SUPPLEMENTAIRES EVENTUELLES :

Prestation Supplémentaire Eventuelle 13.14 Isolation acoustique local technique

17.04.11. Bardage métallique Vertical double peau sur façades de l'ossature métallique

Réalisation d'un bardage double peau de type Globalwall CN 121 Rockbardage de chez ArcelorMittal, ou similaire,

CN 121 Rockbardage est un système de bardage thermo-acoustique, double peau sur plateau perforé. Il apporte une correction acoustique.

Le système comprend comprenant :

Plateau de bardage intérieur : Fourniture et pose de plateau Perforé pour bardage double peau de type HACIERBA 1.500.90 SRP (perforé P) , épaisseur 0,75mm (sous réserve de vérification mécanique), fixation sur 2 appuis.

Le plateau de bardage devra satisfaire aux exigences de :

Pression de 122 daN/m² et de

Dépression de 88 daN/m².

Pare-vapeur : Fourniture et pose d'un pare vapeur de type Rocksourdine ou équivalent. Voile de verre de 235 g/m² noir tissé revêtu d'un pare-vapeur aluminium de 40 microns. Réaction au feu : Euroclasse A2-s1, d0 (PV CSTB RA21-0281)

Isolation : Fourniture et pose d'isolant de type Rockbardage ou équivalent d'épaisseur 130mm (panneau semi-rigide), à l'intérieur des caissons. Pose horizontale. Panneau isolant nu en laine de roche.

Epaisseur, du complexe isolant (13 cm) selon l'affaiblissement acoustique à atteindre : **Rw : 35 dB, résistance Thermique R : 3.90 (m².K/W)**

Ecartement intermédiaire : Fourniture et pose de la structure intermédiaire réglable, positionner les écarteurs au droit de chaque poteau d'ossature primaire. Les écarteurs seront fixés sur les caissons.

Bardage Extérieur et fixations : Fourniture et pose de bardage de gamme Trapéza, modèle platine Trapézoïdal 5.183.39

Couvertine en tête de bardage acrotère. Tôle laquée RAL en périphérie du local technique.

Couleur : RAL selon le choix de l'architecte

Points singuliers :

Angles : Fourniture et pose pour les angles sortants de cornières d'angle AF ARS 1

Pied de façade : Fourniture et pose pour pied de façade d'une bavette basse AF BD 1 ou AF LD 1 (sur pièce de départ)..

Haut de façade : Fourniture et pose pour haute de façade d'une bavette AF CA5

Jonction transversale : Fourniture et d'une bavette AF JC 2 avec joints d'étanchéité.

Localisation : Local Technique en Toiture Terrasse

OBSERVATION IMPORTANTE

Les travaux du présent lot comportant, outre ceux décrits ci-avant, toutes les prestations accessoires nécessaires au parfait achèvement des ouvrages.

Les soumissionnaires reconnaissent avoir pris connaissance des C.C.T.P. des autres corps d'état et être parfaitement au courant du programme général des constructions projetées.