

Sur le procédé

Assemblage de poutres préfabriquées NPS® Basic / Cls et poteaux préfabriqués NPS® Slim conçu pour les portiques parasismiques

Famille de produit/Procédé : Gros-œuvre à structure béton

Titulaire(s) : Société TECNOSTRUTTURE SRL

AVANT-PROPOS

Les avis techniques et les documents techniques d'application, désignés ci-après indifféremment par Avis Techniques, sont destinés à mettre à disposition des acteurs de la construction **des éléments d'appréciation sur l'aptitude à l'emploi des produits ou procédés** dont la constitution ou l'emploi ne relève pas des savoir-faire et pratiques traditionnels.

Le présent document qui en résulte doit être pris comme tel et n'est donc **pas un document de conformité ou à la réglementation ou à un référentiel d'une « marque de qualité »**. Sa validité est décidée indépendamment de celle des pièces justificatives du dossier technique (en particulier les éventuelles attestations réglementaires).

L'Avis Technique est une démarche volontaire du demandeur, qui ne change en rien la répartition des responsabilités des acteurs de la construction. Indépendamment de l'existence ou non de cet Avis Technique, pour chaque ouvrage, les acteurs doivent fournir ou demander, en fonction de leurs rôles, les justificatifs requis.

L'Avis Technique s'adressant à des acteurs réputés connaître les règles de l'art, il n'a pas vocation à contenir d'autres informations que celles relevant du caractère non traditionnel de la technique. Ainsi, pour les aspects du procédé conformes à des règles de l'art reconnues de mise en œuvre ou de dimensionnement, un renvoi à ces règles suffit.

Groupe Spécialisé n° 3.3 - Structures tridimensionnelles, ouvrages de fondation et d'infrastructure

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V1	Première version examinée par le GS n°3.3 le 12 mars 2026.	PAYET Loïc	BERNARDIN-EZRAN Roseline

Descripteur :

Procédé d'Assemblage poutres préfabriquées NPS® Basic / Cls et poteaux préfabriqués NPS® Slim conçu pour les portiques parasismiques.

Le procédé est un système constructif autoportant, composé de poutres constituées de treillis raidisseurs en acier soudé, de poteaux en acier avec un ferrailage interne préassemblé et d'assemblages poteau-poutre.

Table des matières

1.	Avis du Groupe Spécialisé.....	4
1.1.	Domaine d'emploi accepté	4
1.1.1.	Zone géographique	4
1.1.2.	Ouvrages visés	4
1.2.	Appréciation.....	4
1.2.1.	Aptitude à l'emploi du procédé.....	4
1.2.2.	Durabilité.....	5
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé.....	5
2.	Dossier Technique	6
2.1.	Mode de commercialisation	6
2.1.1.	Coordonnées	6
2.1.2.	Mise sur le marché	6
2.1.3.	Identification	6
2.2.	Description	7
2.2.1.	Principe	7
2.2.2.	Caractéristiques des composants.....	7
2.3.	Dispositions de conception	13
2.3.1.	Stabilité en phase travaux	14
2.3.2.	Capacité de charge durant la première phase	14
2.3.3.	Résistance en deuxième phase.....	17
2.3.4.	Particularités du procédé par rapport à l'Eurocode 8.....	20
2.3.5.	Conception pour la résistance au feu.....	20
2.4.	Dispositions de mise en œuvre.....	21
2.4.1.	Séquence de montage (pas-à-pas)	21
2.4.2.	Installation du poteau NPS® Slim.....	22
2.4.3.	Installation des poutres NPS®	22
2.4.4.	Assemblage NPS®	22
2.4.5.	Dalles préfabriquées (ne faisant pas l'objet de cet Avis Technique)	23
2.4.6.	Coulage du béton	25
2.5.	Maintien en service du produit ou procédé.....	25
2.6.	Traitement en fin de vie	25
2.7.	Assistance technique	25
2.8.	Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication	25
2.8.1.	Matériaux et produits à usage structural.....	26
2.8.2.	Procédé de soudage.....	26
2.8.3.	Assemblages soudés.....	28
2.8.4.	Tolérance et inspections finales du produit fini.....	29
2.9.	Mention des justificatifs	31
2.9.1.	Résultats expérimentaux	31
2.9.2.	Références chantiers	32
2.10.	Annexe du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre	32
	Annexe 1 – Plan de production et d'assurance qualité	33
	Annexe 2 – Plan d'assurance qualité chantier.....	35
	Annexe 3 – Détails constructifs des poteaux	40
	Annexe 4 – Détails constructifs des poutres	43
	Annexe 5 – Détails constructifs	46

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le procédé décrit au chapitre 2 « Dossier Technique » ci-après a été examiné par le Groupe Spécialisé qui a conclu favorablement à son aptitude à l'emploi dans les conditions définies ci-après :

1.1. Domaine d'emploi accepté

1.1.1. Zone géographique

Cet Avis est formulé pour les utilisations en France Métropolitaine.

L'utilisation du procédé dans des bâtiments nécessitant des dispositions parasismiques au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié (zones sismiques de 1 à 4) est visée. Le procédé participe au contreventement des bâtiments.

1.1.2. Ouvrages visés

Les types de bâtiments visés sont principalement les bâtiments d'habitation, les établissements recevant du public, les bâtiments industriels et agricoles, commerces et parkings.

Le procédé de poutres/poteaux préfabriqués NPS® peut être associés aux planchers à prédalles, à dalles alvéolées ou à bacs aciers collaborants.

Les limitations du domaine d'emploi résultent du respect de la réglementation en vigueur applicable aux bâtiments.

Les éléments de levage ne sont pas visés par cet Avis Technique.

1.2. Appréciation

1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé

1.2.1.1. Stabilité

La résistance et la stabilité du procédé sont normalement assurées dans le domaine d'emploi accepté sous réserve du respect des dispositions de conception et de mise en œuvre données au Dossier Technique.

En phase provisoire

Les vérifications de la résistance des poteaux au flambement, de la résistance de l'appui de la poutre, de la résistance de l'ancrage à la fondation et de la connexion entre les niveaux sont effectuées suivant la norme NF EN 1993-1-1 et son Annexe Nationale.

La vérification de la poutre vis-à-vis de la flexion, du cisaillement et de la flèche est menée suivant la NF EN 1993-1-1 et son Annexe Nationale. La vérification de la contrainte locale dans la tôle de base en acier est effectuée conformément à la NF EN 1993-1-1 et son Annexe Nationale. Pour les poutres équipées d'un socle en béton (NPS® Cls), la vérification de la base en béton en porte-à-faux contre la dalle est menée suivant la NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale.

En phase définitive

La vérification des poteaux, sous forme de tube en acier rempli de béton, est menée suivant la NF EN 1994-1-1 et son Annexe Nationale. La vérification des plats de base et boulons d'ancrage des fondations ainsi que de la connexion entre les niveaux est effectuée conformément à la NF EN 1993-1-1 et son Annexe Nationale.

La vérification de la poutre vis-à-vis de la flexion, du cisaillement et de la flèche est menée suivant la NF EN 1994-1-1 et son Annexe Nationale. Pour les poutres avec un socle inférieur en béton, l'ouverture de la largeur de la fissure est vérifiée comme il est recommandé dans la NF EN 1994-1-1 et son Annexe Nationale, qui renvoie à la norme NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale. L'applicabilité de cette évaluation aux poutres NPS® Cls a été vérifiée expérimentalement.

1.2.1.2. Sécurité en cas d'incendie

La résistance au feu du poteau est évaluée par la méthode décrite dans la norme NF EN 1994-1-2 et son Annexe Nationale.

Les ancrages de base qui sont hors de la finition du plancher et les supports en acier des poutres qui restent à l'extérieur de la coulée de béton doivent être protégés de manière adéquate.

La résistance au feu de la poutre est calculée analytiquement suivant la norme NF EN 1992-1-2 et son Annexe Nationale pour les poutres avec socle en béton, et suivant la norme NF EN 1994-1-2 et son Annexe Nationale pour celles sans socle en béton.

La résistance du béton des poteaux, des poutres ainsi que le béton coulé en place est limitée à C40/50 conformément à la norme NF EN 1998-1 et son Annexe Nationale.

1.2.1.3. Sécurité en cas de séisme

Le procédé peut être utilisé dans des bâtiments nécessitant des dispositions parasismiques au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié (zones sismiques de 1 à 4). Le procédé peut être utilisé en classe de ductilité limité (DCL) et moyenne (DCM). La conception et la vérification des poutres, des poteaux et de la jonction poteau-poutre sous sollicitations sismiques doivent être conformes aux dispositions constructives de la norme NF EN 1998-1 et son Annexe Nationale.

1.2.1.4. Prévention des accidents lors de la mise en œuvre ou de l'entretien

Le procédé n'induit pas de risques particuliers et ne s'oppose pas à l'application des règles de sécurité, à condition que soient respectées les dispositions de mise en œuvre prévues dans le Dossier Technique.

1.2.1.5. Données environnementales

Le procédé « Assemblage poutres préfabriquées NPS® Basic / Cls et poteaux préfabriqués NPS® Slim conçu pour les portiques parasismiques » ne dispose d'aucune Déclaration Environnementale (DE) et ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière.

Il est rappelé que les DE n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

1.2.1.6. Aspects sanitaires

Le présent Avis est formulé au regard de l'engagement écrit du titulaire de respecter la réglementation, et notamment l'ensemble des obligations réglementaires relatives aux produits pouvant contenir des substances dangereuses, pour leur fabrication, leur intégration dans les ouvrages du domaine d'emploi accepté et l'exploitation de ceux-ci. Le contrôle des informations et déclarations délivrées en application des réglementations en vigueur n'entre pas dans le champ du présent Avis. Le titulaire du présent Avis conserve l'entière responsabilité de ces informations et déclarations.

1.2.1.7. Fabrication et contrôle

La fabrication des produits en acier est effectuée dans l'usine du titulaire située à Noventa di Piave en Italie. Le site de fabrication bénéficie d'un certificat de conformité du contrôle de la production en usine.

1.2.1.8. Mise en œuvre

La mise en œuvre ne pose pas de problème particulier. Elle est effectuée par le titulaire du système ou toute entreprise spécialisée dont les compétences couvrent à la fois le domaine de la structure métallique et de la structure béton avec l'assistance technique du titulaire de cet Avis Technique.

Compte-tenu de la taille des éléments et de l'importance du phasage de construction, il est indispensable que Tecnostrutture produise des plans de pose complets faisant apparaître : les phases successives de construction et détaillant plus particulièrement les nœuds où l'intégration des armatures est complexe.

1.2.2. Durabilité

Les matériaux doivent être choisis de façon à garantir la pérennité de l'ouvrage pendant la durée de vie escomptée. On se référera à la section 4 des normes NF EN 1992-1-1, NF EN 1994-1-1 et NF EN 1993-1-1 et leurs Annexes Nationales.

Moyennant le respect de ces prescriptions, la durabilité d'ensemble des poutres, poteaux et de leurs assemblages peut être considérée comme équivalente à celle des ossatures traditionnelles en béton ou mixtes acier-béton.

La présence de soudures entre différentes nuances d'acier ne crée pas de phénomènes électriques qui compromettent la durabilité. De tels phénomènes sont en fait caractéristiques des aciers de différentes qualités selon la norme ISO/TR 15608. Dans le cas du système décrit dans ce dossier, tous les aciers sont du groupe 1 selon ISO/TR 15608, et ont donc une composition chimique compatible.

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Le procédé de poutres préfabriquées NPS® Basic / Cls et poteaux préfabriqués NPS® Slim conçu pour les portiques parasismiques peut nécessiter l'adjonction d'éléments de contreventement autres que ceux décrits dans le présent Avis Technique.

2. Dossier Technique

Issu des éléments fournis par le titulaire et des prescriptions du Groupe Spécialisé acceptées par le titulaire

2.1. Mode de commercialisation

2.1.1. Coordonnées

Le procédé est commercialisé par le titulaire :

Titulaire : Société TECNOSTRUTTURE SRL
Via Meucci 26
30020 Noventa di Piave (VE)
Italy

2.1.2. Mise sur le marché

Les composants du système sont marqués CE et mis sur le marché conformément aux normes européennes harmonisées suivantes :

Poutres NPS® Basic, poutres NPS® CIs : EN 1090-1

Poteaux NPS® Slim : EN 1090-1

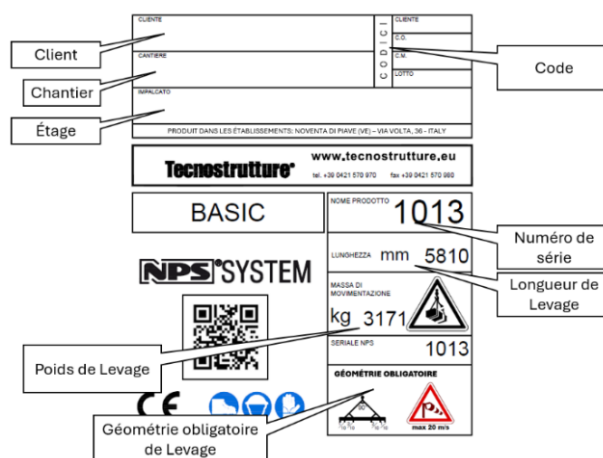
Les produits de Tecnostrutture srl sont mis sur le marché européen (tous les pays faisant partie de l'EEE – Espace Économique Européen) avec un marquage CE Système 2+ selon le Règlement EU sur le produit pour les constructions (CPR). Cela signifie que les calculs de conception structurale du composant industrialisé sont à la charge du producteur (Tecnostrutture srl) ; le projet exécutif est réalisé sur la base de l'exigence d'utiliser le modèle structural de conception fourni par l'ingénieur en chef du projet ou le concepteur général, ou l'hypothèse de conception du fabricant pour satisfaire la commande du maître d'ouvrage. Si les produits du système NPS® sont utilisés individuellement, la vérification de la compatibilité avec d'autres structures (conformément aux réglementations techniques applicables) relève de la responsabilité du bureau d'études structure ou de l'ingénieur structure responsable du projet.

Les produits décrits dans ce dossier peuvent être vendus en kit ou individuellement, selon les besoins du chantier. La flexibilité du système NPS® est l'une de ses forces et permet de répondre aux exigences même lorsque d'autres types et formes de structures sont présents en même temps (toujours dans le respect des Eurocodes).

Tecnostrutture srl possède les compétences techniques et opérationnelles pour prendre en charge la conception, la réalisation et l'installation éventuelle de ses produits dans tous les domaines de la construction civile et industrielle.

2.1.3. Identification

Le marquage CE et l'identification des composants pour le chantier de construction sont réalisés à l'aide d'étiquettes adhésives placées près de l'extrémité des éléments. Ces étiquettes contiennent les informations suivantes : numéro de série de la pièce, nom du fabricant, poids et longueur de manutention, schéma de levage, nom du client et du chantier et marquage avec numéro de certificat de référence.



2.2. Description

2.2.1. Principe

Le système structural, ou les différents éléments du système, NPS® décrit dans les pages suivantes est un système constructif autoportant, composé de poutres, de poteaux et d'assemblages poteau-poutre. Le système est caractérisé par des éléments préfabriqués noyés dans du béton coulé sur place. Les éléments préfabriqués peuvent soutenir leur propre poids et le poids des dalles sans aucun support provisoire pendant la phase de durcissement du béton (première phase) et ils collaborent avec la post-crétion du béton coulé sur place (deuxième phase).

Le système structural est utilisé comme structure porteuse résistant aux charges de gravité et latérales dans les bâtiments et infrastructures civils et industriels.

Les typologies de structures les plus courantes qui peuvent être réalisées sont :

Type de bâtiment	Catégorie (§6.3 NF EN 1991-1-1 et son AN)	Configuration géographique
Construction résidentielle de 3 à 50 étages	A, B	Tout type
Structures de vente au détail	C, D	Tout type
Hôpitaux et structures publiques	C	Tout type
Hôtels de 3 à 50 étages	B, C	Tout type
Bâtiments pour l'industrie et l'agroalimentaire	B, E, F, FL	Tout type
Stations de métro	C, F, G	Tout type
Parking	F, G	Tout type

Il peut être conçu pour supporter des forces statiques ou dynamiques en fonction de la zone sismique et des contraintes de charge identifiées dans la réglementation locale. En référence aux normes continentales françaises, les structures peuvent être conçues dans le cadre d'interventions provenant de toutes les zones sismiques (de 1 à 4 ; la zone 5 restant exclues).

2.2.2. Caractéristiques des composants

2.2.2.1. Les poteaux

Les poteaux, portant le nom commercial de **NPS® Slim**, sont composées de (voir Figure 1) :

N°	Description de la pièce	Normes de référence pour les matériaux (liste non exhaustive*)
1	Éléments creux extérieurs en acier, de section carrée (Figure 1a) ou rectangulaire (d'autres formes de profilés peuvent être réalisées avec des sections commerciales ou soudées).	NF EN 10210-2 NF EN 10219-2 NF EN 10305-3 NF EN 10305-5
2	Renforts/Raidisseurs supplémentaires en acier soudé à l'extérieur de l'élément creux en acier.	NF EN 10025-1
3	Platines d'about inférieure et supérieure en acier (soudées aux autres parties), fournies afin de relier le poteau aux fondations avec des tiges d'ancrage, ou à d'autres éléments de la poutre ou du poteau avec des connexions boulonnées.	NF EN 10025-1 NF EN ISO 898-1
4	Cage d'armature interne en barres d'acier à haute adhérence.	NF EN 10080
5	Platines d'acier soudées pour le coulage du béton.	NF EN 10025-1

Le poteau individuel peut être préfabriqué sur un ou plusieurs niveaux selon les limites de transport et il est complété par une coulée de béton sur place à l'intérieur de la section creuse. La hauteur de chaque niveau peut être choisie en fonction de la destination de l'étage : par exemple, un sous-sol peut avoir un poteau d'1,5 m de long et un hall peut avoir un poteau de 13 m à un seul niveau. Pour les étages inférieurs ou intermédiaires, plusieurs poteaux peuvent être imbriqués dans les limites décrites ci-dessous.

Les limites de section pour le poteau dépendent des coffrages qui peuvent être utilisés.

Les tuyaux les plus couramment utilisés pour les piliers NPS® Slim sont les suivants (liste non exhaustive) :

- Section carrée 400x400 mm, épaisseur de 5 à 18 [mm] ;
- Section rectangulaire 300x400 mm, épaisseur de 5 à 18 [mm] ;

La nuance d'acier des tuyaux est généralement de type S275 ou supérieure, avec une limite maximale de S460.

Cage de renfort interne réalisée avec des barres d'armature longitudinale d'un diamètre de 8 à 32 mm, et des cadres et des étriers d'un diamètre de 8 à 16 mm. Le pourcentage géométrique d'armature est compris entre 0,2 % et 4 %, à l'exception des zones de recouvrement où il peut être de 8 %, conformément aux normes NF EN 1992-1-1 et NF EN 1994-1-1 et leurs

Annexes Nationales. La couche de béton d'une épaisseur minimale de 15 mm. La nuance des armatures est de type B500A ou B500B.

Les poteaux à plusieurs niveaux sont généralement réalisés pour optimiser le temps et la main-d'œuvre sur le chantier.

Un poteau d'un seul niveau peut être conçu et produit en fonction des besoins spécifiques du projet.

La connexion au niveau des fondations est réalisée par des platines d'about en acier de nuance minimale S275, et des tiges d'ancrage d'un diamètre de M16 à M30 de classe minimale pour la boulonnerie égale à Cl.8.8 ou supérieure. Le poteau est aussi relié par des attentes qui seront activés lors du durcissement du béton. La nuance des attentes est la même de cage de renfort interne.

Après l'installation des éléments ou du système, le poteau est complété par du béton coulé sur place. Les caractéristiques minimales du béton complémentaire de remplissage sont données au paragraphe 2.2.2.4.

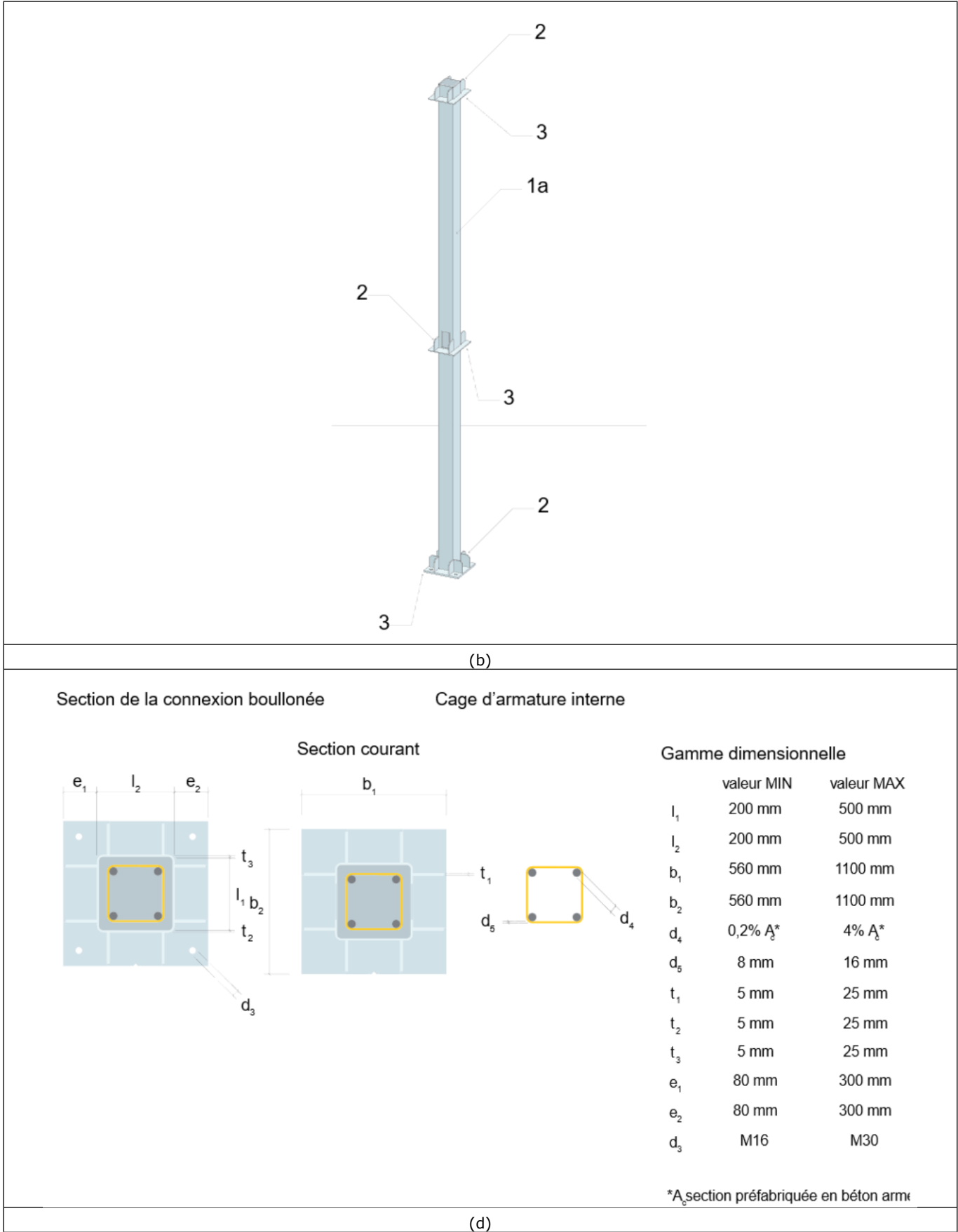


Figure 1. Les poteaux Slim® typiques, plancher à plusieurs étages (b), sont de section rectangulaire (d).

2.2.2.2. Les poutres

Les poutres, désignées par le nom commercial de Basic ou Cls, sont constituées d'un ou plusieurs treillis en acier soudés entre eux de manière continue selon le procédé défini dans la norme NF EN ISO 4063. Les treillis sont composés de (Voir Figure 2) :

N°	Description de la pièce	Normes de référence pour les matériaux (liste non exhaustive*)
1	La membrure inférieure des éléments du treillis peut être constituée d'une tôle d'acier plane ou pliée à froid (Figure 2b) ; pour des applications spécifiques, ces structures peuvent être incorporées dans une base en béton armé préfabriquée (Figure 2a).	NF EN 10025-1 NF EN 10080 NF EN 206+A2/CN
2	La membrure supérieure des éléments du treillis peut être constituée d'une tôle d'acier plane ou pliée à froid (Figure 2b).	NF EN 10025-1
3	Éléments diagonaux de l'âme.	NF EN 10025-1
4	Plaques d'acier soudées pour le coulage du béton.	NF EN 10025-1

Dans la deuxième phase, les poutres sont complétées par du béton coulé sur place. L'acier utilisé pour les poutres est conforme à la norme NF EN 10025-1. Si la poutre est composée uniquement de pièces en acier, elle est appelée **poutre NPS® Basic** ; si la membrure inférieure est complétée par le socle en béton, la poutre est appelée **poutre NPS® Cls**.

La géométrie de la poutre est adaptée aux besoins du projet. Dans une première phase, les poutres sont appuyées sur les éléments verticaux de support, tels que les poteaux ou les voiles, sur des profilés en acier ou sur des plaques en acier soudées aux éléments de la membrure inférieure. Dans certains cas spécifiques, il est possible d'équiper les poutres d'extrémités boulonnées ou de réaliser des charnières internes de type système Gerber.

Le béton utilisé pour la base éventuelle de la poutre et le coulage complémentaire sur le site doit être conforme à la norme NF EN 206+A2/CN. Le béton pour la base éventuelle est normalement de classe C35/45 autoplaçant avec un diamètre maximal des agrégats ne devant pas excéder 16 mm. Les caractéristiques minimales du béton complémentaire de remplissage sont données au paragraphe 2.2.2.4.

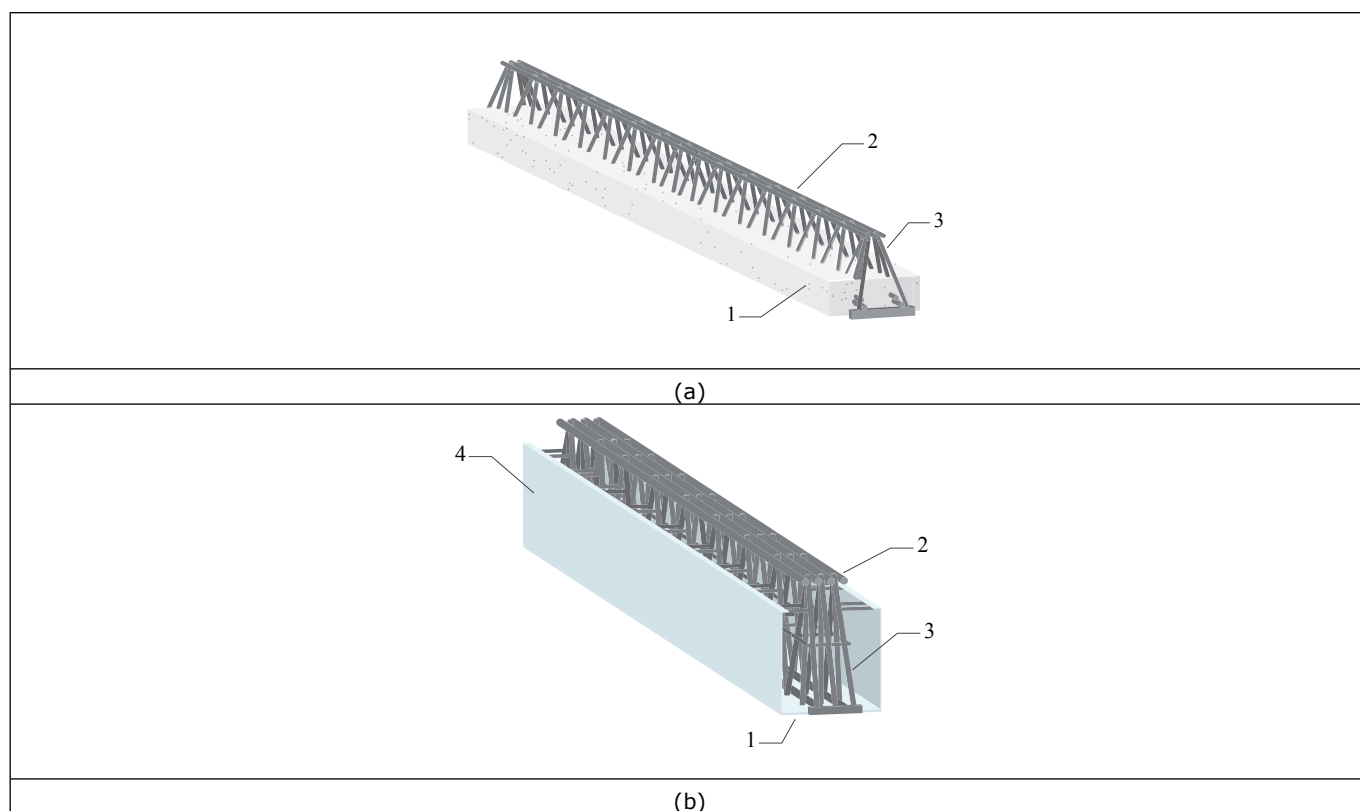


Figure 2. Poutres : (a) éléments de treillis avec base en béton armé et (b) éléments de treillis avec tôle d'acier de coffrage.

Géométrie typologique des poutres NPS® (liste non exhaustive)

Éléments	Dimension	Valeur
Poutre	Largeur	De 250 à 700 mm
	Hauteur	De 150 à 1 050 mm
	Retombée	De 50 à 750 mm
Élément de treillis rond ou carré	Ø	Jusqu'à 62 mm
	Section carrée BxB	Jusqu'à 50 mm
Membrure inférieure préfabriquée	Largeur	De 300 à 700 mm
	Hauteur	De 100 à 500 mm
Membrure inférieure en tôle d'acier	Épaisseur	Jusqu'à 50 mm
Barres d'armature additionnelles	Ø	Jusqu'à 32 mm

La nuance des profils d'acier pour la membrure supérieure, la membrure inférieure, et pour les éléments diagonaux de l'âme est généralement S355 ou S460. La tôle inférieure des poutres NPS® Basic est normalement de nuance S355 ou supérieure. La nuance des barres d'armature additionnelles est de type B500A ou B500B.

2.2.2.3. Solution d'assemblage

Pour l'assemblage des poutres et des poteaux, des renforts supplémentaires sont disposés afin d'assurer la continuité des poutres et le transfert des forces internes entre les éléments adjacents. La solution technique se compose de barres d'armature additionnelles comme dans la Figure 3. Pour cette solution, l'acier doit être conforme à la norme NF EN 10080. Des barres d'armature additionnelles supplémentaires peuvent également être placées à mi-portée pour augmenter la résistance à la flexion. La position des barres doit respecter l'enrobage minimal, les espacements minimaux et les règles de détail (recouvrements, ancrages, disposition des ferrailages) conformément à la NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale. Le béton de remplissage utilisé assure les prescriptions selon NF EN 206+A2/CN. La nuance des barres d'armature additionnelles est de type B500B.

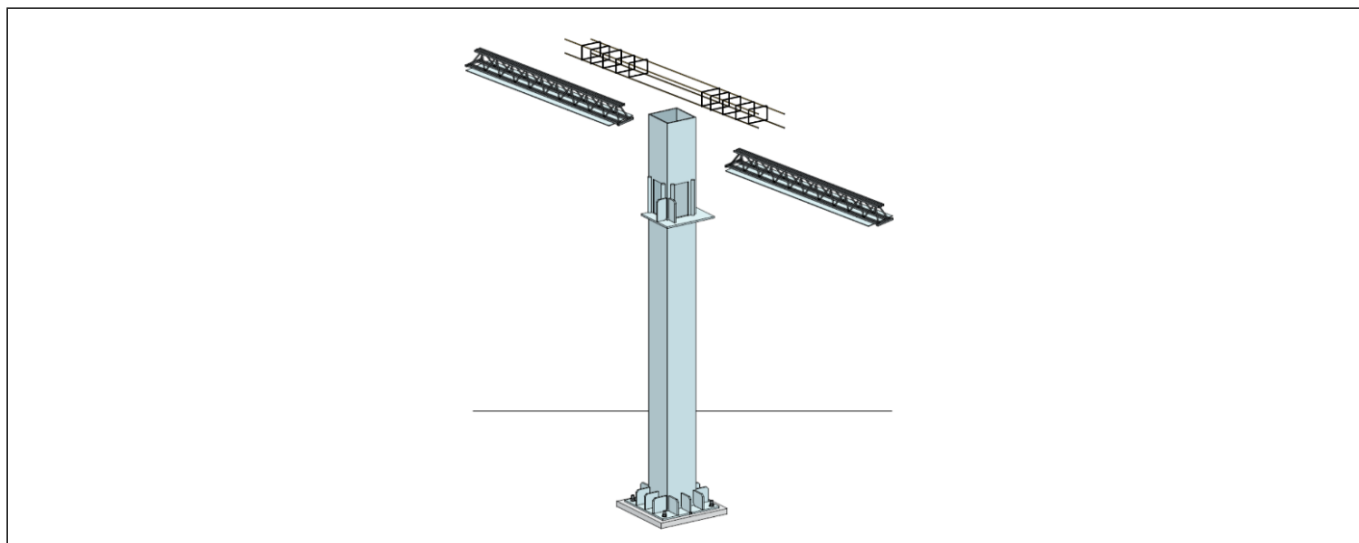


Figure 3. Solution d'assemblage avec des armatures supplémentaires.

Pour les structures antisismiques, qui requièrent une grande ductilité, l'utilisation de barres libres à travers la continuité de l'assemblage doit se faire avec un confinement obligatoire spécifique tel que des cadres ou des étriers (ou une forme particulière de poutre NPS®) placés dans la zone de continuité de l'assemblage (zones dissipatives des poutres) et sur la longueur d'adhérence des barres. Ces armatures de confinement sont intégrées en usine pour les poutres NPS® CIs, et fournies à monter sur le chantier conformément aux plans de projet pour les poutres NPS® Basic. La nuance des barres d'armature pour les cadres et les étriers est de type B500B.

Il est ainsi possible d'assurer la ductilité aux extrémités de la poutre et un comportement sismique adéquat (voir Figure 4) en considérant une extension des zones de ductilité conforme à la norme NF EN 1998-1 et sons Annexe Nationale, § 5.4.3.1.2, comme le montrent les essais cycliques expérimentaux de l'université de Padoue et de l'université de Washington (voir § 2.9.1).

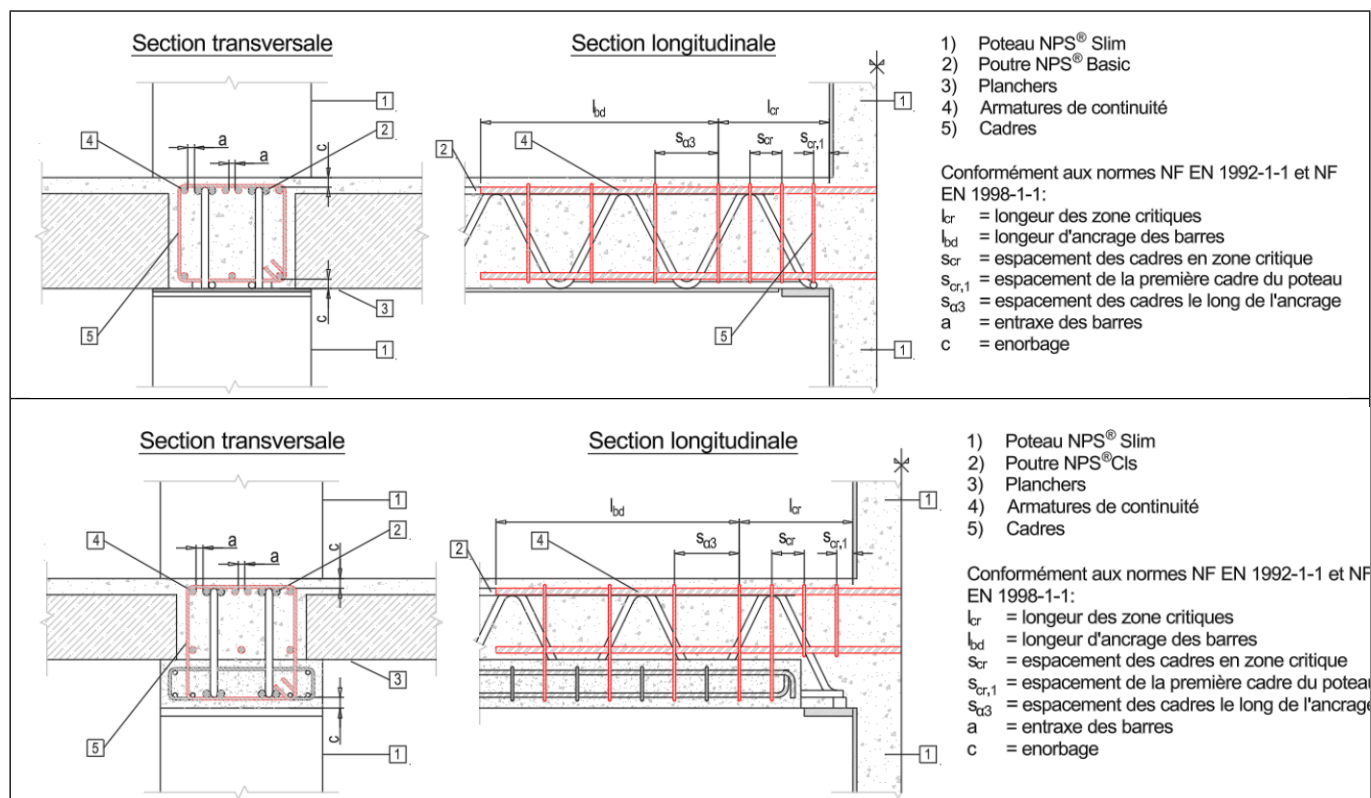
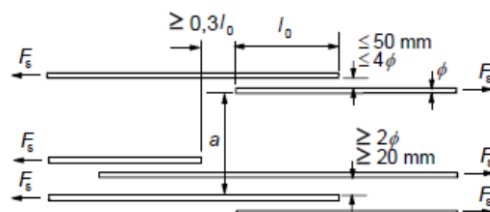


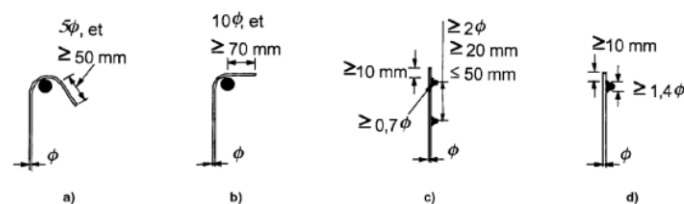
Figure 4. Confinement de la zone de continuité de l'assemblage (les armatures additionnelles et les cadres sont en rouge).

La longueur de l'élément supplémentaire traversant la jonction est déterminée sur la base du moment de flexion et des forces de cisaillement agissant sur la poutre.

Le recouvrement (1), l'ancrage (2) et la longueur nominale de calcul (3) de l'armature libre sont définis respectivement en fonction de :



(1) §8.7.2 NF EN 1992-1-1 et son AN



NOTE Pour c) et d), il convient que l'enrobage ne soit ni inférieur à 3ϕ , ni à 50 mm si cette valeur est plus faible.

(2) §8.5 NF EN 1992-1-1 et son AN

8.4.4 Longueur d'ancrage de calcul

(1) La longueur d'ancrage de calcul l_{bd} vaut :

$$l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,rd} \geq l_{b,min} \quad \dots (8.4)$$

où α_1 , α_2 , α_3 , α_4 et α_5 sont des coefficients donnés dans le Tableau 8.2 :

α_1 tient compte de l'effet de la forme des barres, l'enrobage étant supposé correct (voir Figure 8.1)

α_2 tient compte de l'effet de l'enrobage minimal (voir Figure 8.3)

(3) §8.4.4 NF EN 1992-1-1 et son AN

Dans les nœuds poutre-poteau dont le confinement n'est pas entièrement assuré par le profil creux du poteau, des armatures transversales de confinement sont prévues conformément au §5.4.3.3 de la NF EN 1998-1-1 pour les structures de classe DCM.

L'assemblage est complété par du béton coulé sur le site de construction. Le béton utilisé pour le remplissage des assemblages poteau-poutre doit être conforme à la norme NF EN 206+A2/CN. Les caractéristiques sont données au paragraphe 2.2.2.4.

2.2.2.4. Béton coulé sur place

L'assemblage poutres préfabriquées NPS® Basic / Cls et poteaux préfabriqués Slim est complété par du béton coulé sur place utilisé pour le remplissage des poteaux, des poutres et des nœuds poteau-poutre.

Le béton doit présenter une classe de résistance entre C25/30 et C40/50, une classe de consistance minimale de S5 pour les poteaux et S4 pour les poutres, les planchers et l'assemblage. Le diamètre minimal des agrégats recommandé est de 16 mm, le diamètre maximal ne doit pas excéder 32 mm. La fluidité du béton et le diamètre minimal des agrégats peuvent être adaptés en fonction de la géométrie effective des composants en acier et des armatures complémentaires.

2.3. Dispositions de conception

Comme le prévoit la norme NF EN 1994-1 et son Annexe Nationale §5.4.2.4, les étapes et la séquence de construction doivent être prises en compte dans le calcul des éléments structuraux du système NPS®.

Dans la première phase (phase provisoire), le treillis et le poteau tubulaire soudé constituent une structure à eux seuls et ils supportent toutes les charges appliquées avant le durcissement du béton, sans aucun support provisoire (ils sont autoportants). Les structures en acier soudées sont conçues conformément à la norme NF EN 1993 et son Annexe Nationale et fabriquées conformément à la norme NF EN 1090-1. Dans cette étape, chaque poutre peut être schématisée comme simplement appuyée au niveau des poteaux, ou comme poutre appuyée si le treillis est continu sur les poteaux (voir Figure 5).

Dans la deuxième phase (phase définitive), le béton durci devient partie intégrante de la structure (conçue conformément à la norme NF EN 1994 et son Annexe Nationale). Les conditions limites des poutres changent après le durcissement du béton : une poutre à simple appui devient une poutre continue à travers le poteau (grâce aux renforts supplémentaires et au béton coulé dans le nœud entre la poutre et le poteau). Dans cette étape, le dimensionnement des poutres est effectué soit comme poutres à simple appui, ou soit comme poutres continues pour les charges gravitaires, conformément aux dispositions des normes NF EN 1992-1-1 et NF EN 1994-1-1 et leurs Annexes Nationales, plus les sollicitations résultant d'un modèle global à portique pour l'action sismique (voir Figure 5). Le schéma statique du poteau change car il devient partie intégrante d'un portique parasismique résistant au moment. Dans un modèle de calcul globale, les poteaux et les poutres sont schématisés comme des barres connectées par des nœuds rigides (voir Figure 6).

Pendant la phase provisoire, les cas de charge sont calculés selon la NF EN 1991-1-6 et son Annexe Nationale.

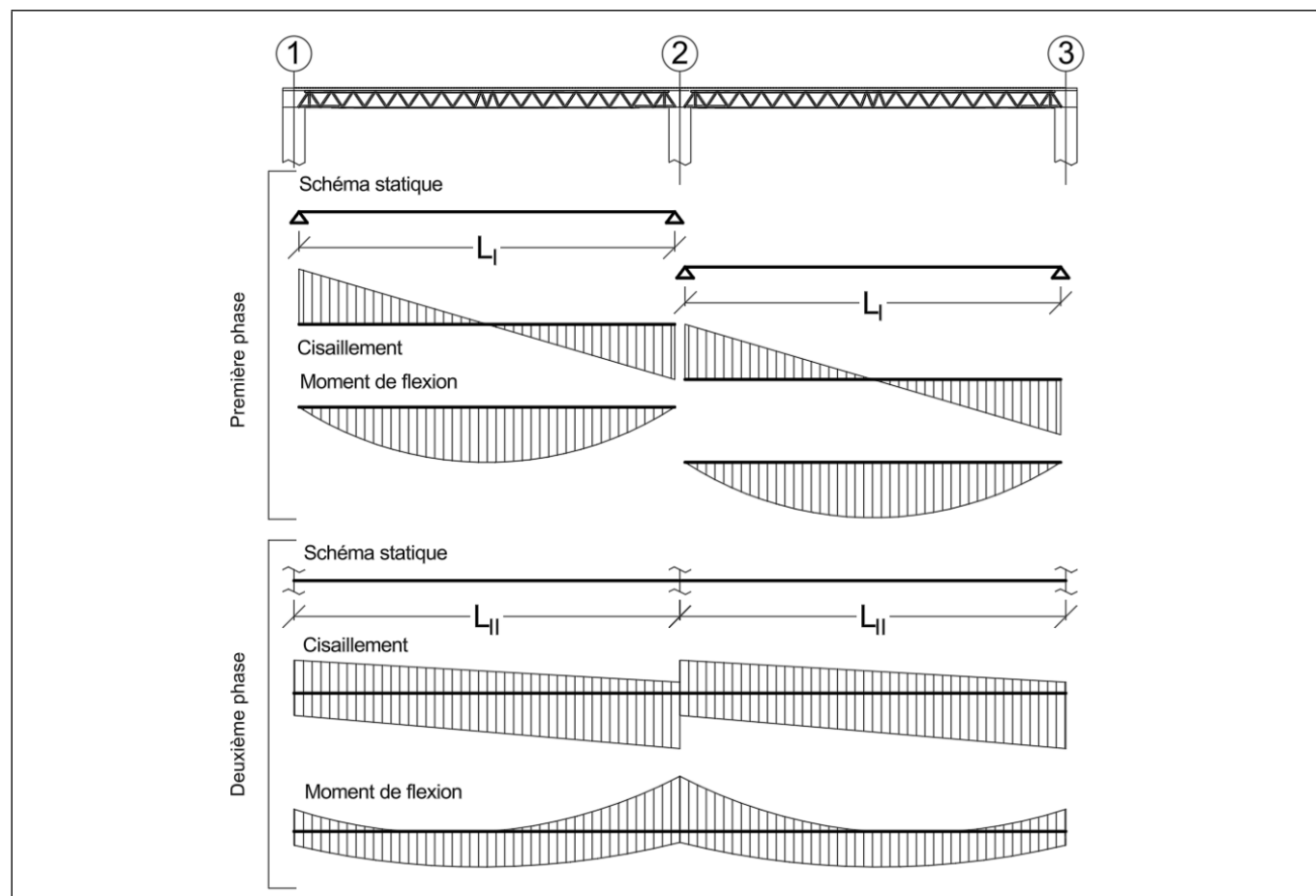


Figure 5. Schéma statique pour les poutres NPS® : exemple pour une travée à deux poutres simplement appuyées en première phase et continue en deuxième phase.

La structure finale est conçue comme un ensemble de plusieurs étages supportant toutes les charges, y compris éventuellement les charges sismiques selon la norme NF EN 1998-1 et son Annexe Nationale.

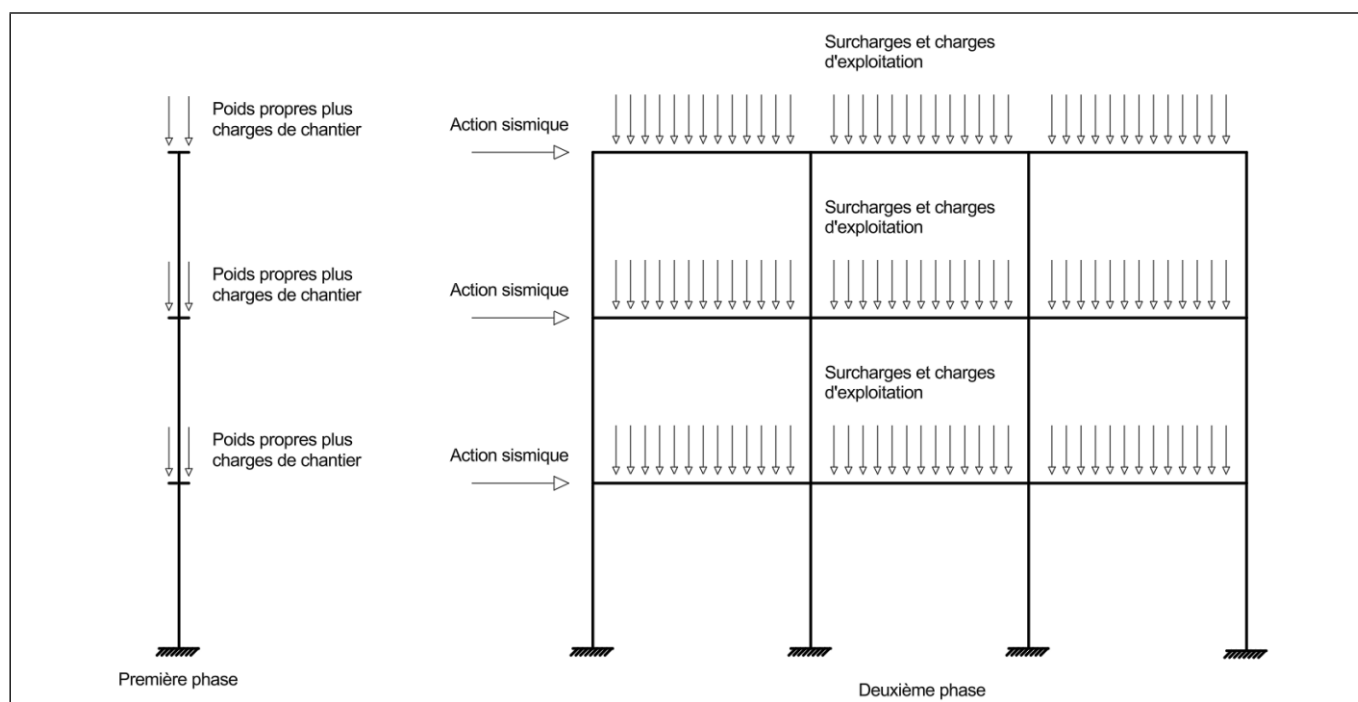


Figure 6. Schéma statique pour les poteaux NPS® : exemple pour un poteau assemblé à plusieurs niveaux.

La procédure de vérification du système structural est détaillée dans le paragraphe suivant.

Toutes les méthodes de vérification sont issues des codes existants et appliquées aux formes et aux caractéristiques NPS®.

La sécurité de la méthode de calcul a été validée au fil des ans par des essais expérimentaux et en laboratoire dans des instituts universitaires et des centres de recherche (voir §2.9.1).

2.3.1. Stabilité en phase travaux

La stabilité des éléments du système NPS® pendant les phases de montage est assurée par les dispositions suivantes :

- Mise en place des poteaux : la stabilité est garantie par les tiges d'ancrage sur les fondations, ou par les connexions boulonnées en élévation ; ces connexions assurent le maintien contre tout déplacement de type corps rigide.
- Mise en place des poutres, qui reposent sur des dispositifs d'appui aux têtes des poteaux. Leur stabilité est vérifiée comme corps rigide (vérification selon la norme NF EN 1990 et son Annexe Nationale), en tenant compte des tolérances de montage.
- Mise en place des planchers : les poutres sont vérifiées à l'état de corps rigide sous l'effet des charges de chantier. Les planchers traditionnels sont mis en œuvre conformément aux DTU ou aux règles PACTE dont ils relèvent, comme précisé au § 2.4.5.

Les actions à prendre en compte pendant la phase travaux sont celles définies par la norme NF EN 1991-1-6 et son Annexe Nationale, y compris les charges de chantier et les actions du vent.

2.3.2. Capacité de charge durant la première phase

Au cours de la première phase, le treillis métallique supporte généralement des charges permanentes et des charges de construction variables produisant des sollicitations globales en flexion et en cisaillement à travers des forces internes agissant le long de ses éléments constitutifs (membrane supérieure, membrane inférieure et barres diagonales).

En ce qui concerne le treillis en acier, la membrane supérieure est généralement composée de deux ou plusieurs barres d'acier qui peuvent être rondes ou carrées. Par conséquent, la section transversale typique relève de la classe 1 selon la norme NF EN 1993-1-1 et son Annexe Nationale. En cas de coulage en séquence du béton pendant la phase de montage, même la contribution du béton à la résistance peut être utilisée après un temps de durcissement de 28 jours.

2.3.2.1. Charge ultime de l'élément en treillis dans la première phase (poutre)

Le but du calcul est le calcul de la charge finale, $N_{b,1}$, de l'élément de la poutre au cours de la première phase.

Lors de la première phase du processus de construction, la poutre peut être considérée comme une poutre en treillis métallique simplement soutenue par les poteaux (voir Figure 7). À ce stade, les charges auxquelles la poutre est soumise sont :

- Poids des éléments de treillis (poids propre de la poutre) ;
- Poids du béton coulé ;
- Poids de la dalle horizontale (le cas échéant) ;
- Éventuelles charges locales ou distribuées ;
- Charges résultant des travaux et de l'accumulation de béton selon la norme NF EN 12812.

Lorsqu'il est soumis aux charges mentionnées ci-dessus, l'élément de treillis présente les états limites suivants :

- a. Instabilité globale de l'élément (flambement et déversement de la poutre) ;

- b. Flambement de la membrure supérieure ;
- c. Flambement des diagonales comprimées de l'âme ;
- d. Résistance de la membrure inférieure ;
- e. Rupture de la soudure.

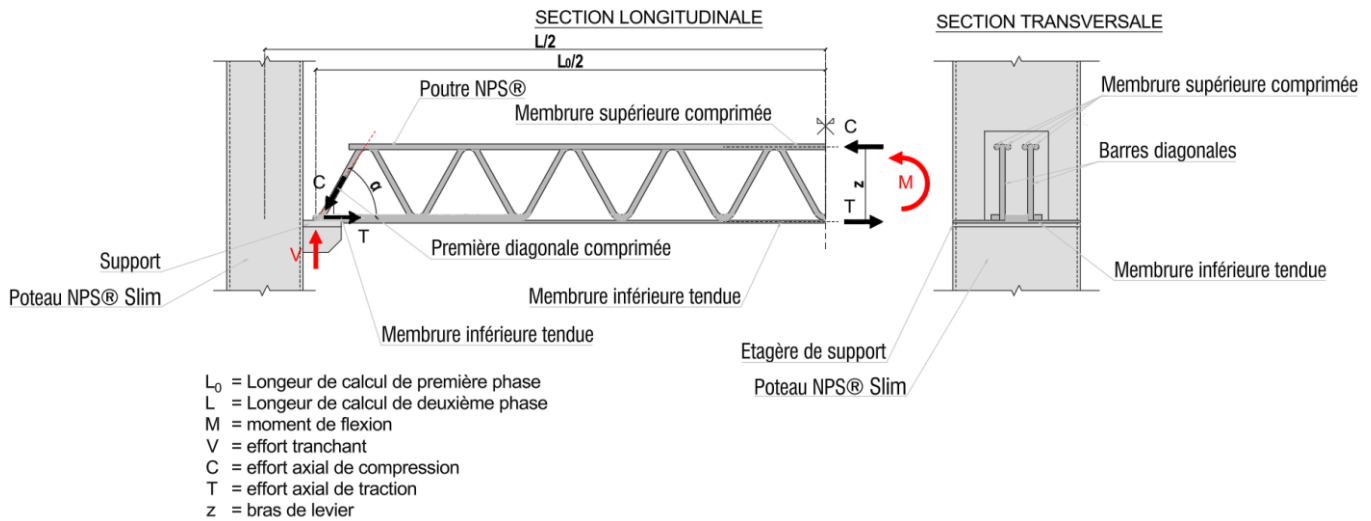


Figure 7. Schéma de l'élément de la poutre durant la première phase.

Instabilité globale de l'élément

La valeur de charge maximale conduisant à l'instabilité de l'ensemble de l'élément M_e peut être calculée selon la procédure incluse dans la norme NF EN 1993-1-1 et son Annexe Nationale au § 6.3.2 (Résistance au flambement des éléments – éléments uniformes en flexion) :

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

où :

- f_y est la limite d'élasticité de l'acier
- χ_{LT} est le facteur de réduction du déversement
- $W_y = W_{pl,y}$ est le module de section
- γ_{M1} est le coefficient partiel général

Le facteur de réduction peut être calculé selon l'équation des sections soudées équivalentes :

$$\chi_{LT} = \min \left(\frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \lambda_{LT}^{-2}}}, \frac{1}{\lambda_{LT}}, \frac{1}{1} \right)$$

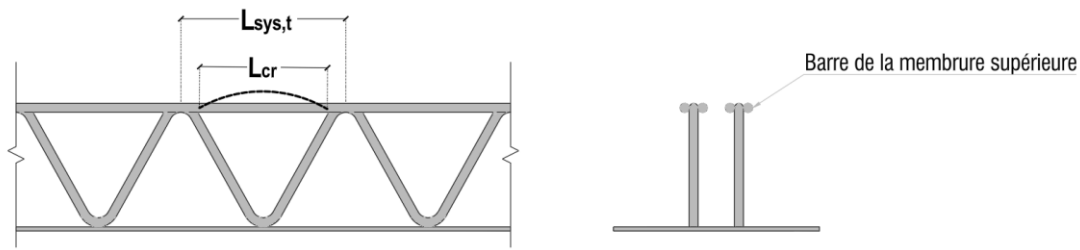
où :

- $\Phi_{LT} = 0.5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \bar{\lambda}_{LT}^{-2} \right]$
- $\alpha_{LT} = 0.49$ est le facteur d'imperfection pour la section solide
- $\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}}$
- M_{cr} est le moment élastique critique pour le déversement.

Instabilité de la membrure supérieure

La valeur de charge maximale conduisant à l'instabilité de la membrure supérieure, N_p , peut être calculée selon la procédure incluse dans la norme NF EN 1993-1-1 et son Annexe Nationale au § 6.3.1 (Résistance au flambement des éléments – élément uniforme en compression). La longueur de flambement est définie à la Figure 8.

$$N_p = N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_m}$$



$$L_{cr} = \beta_t \cdot L_{sys,t}$$

Où :

$L_{sys,t}$ = longueur géométrique, telle que la distance entre les sommets des barres diagonales

L_{cr} = longueur critique de flambement

β_t = coefficient de flambement compris entre (0,5 et 1,0)

Figure 8. Longueur de flambement de la membrure comprimée.

Instabilité des diagonales comprimées

La valeur de charge maximale conduisant à l'instabilité du support incliné, N_t , peut être calculée selon la procédure incluse dans la norme NF EN 1993-1-1 et son Annexe Nationale au § 6.3.1 (Résistance au flambement des éléments – élément uniforme en compression), comme expliqué ci-dessus, en remplaçant les caractéristiques de la membrure comprimée par les caractéristiques du support incliné et en considérant comme longueur de flambement, $L_{sys,t}$, la longueur de l'élément incliné, comme indiqué à la Figure 9.

$$N_t = N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_m}$$

où :

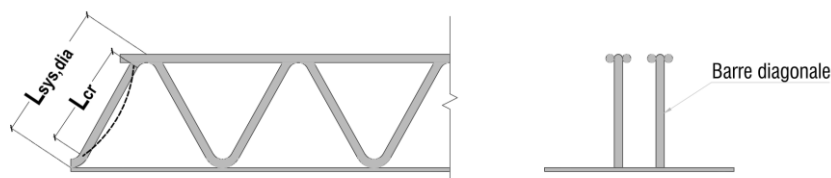
- χ est le facteur de réduction pour le mode de flambement considéré
- A est la surface de la section transversale de l'élément de la plaque supérieure
- f_y est la limite d'élasticité de l'acier
- γ_m est le coefficient partiel général

Le facteur de réduction peut être calculé selon l'équation :

$$\chi = \min \left\{ \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda}}, \frac{1}{\phi - \sqrt{\phi^2 - \lambda}} \right\}$$

où :

- $\phi = 0.5 \left[1 + \alpha (\lambda - 0.2) + \lambda \right]$
- $\alpha = 0.49$ est le facteur d'imperfection pour la section solide
- $\lambda = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \cdot \frac{1}{\lambda_1}$
- $L_{sys,t}$ est la longueur de flambement, calculée comme $L_{cr} = \beta_{dia} (L_{sys,t})$.
- $i = \sqrt{\frac{J}{A}}$ est le rayon de giration autour de l'axe concerné, avec J comme inertie de la section transversale et A comme surface de la section transversale de la plaque supérieure.
- $\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93.9 \cdot \varepsilon = 93.9 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}} (f_y) \text{ en } \left(\frac{N}{mm^2} \right)$



$$L_{cr} = \beta_{dia} \cdot L_{sys,t}$$

Où :

$L_{sys,dia}$ = longueur géométrique, telle que la distance entre les deux membrures

L_{cr} = longueur critique de flambement

β_{dia} = coefficient de flambement compris entre (0,5 et 1,0)

Figure 9. Longueur de flambement des diagonales comprimées.

La méthode de vérification mentionnée ci-dessus peut être appliquée efficacement si le calcul de la résistance de l'assemblage de soudure est effectué conformément à la norme NF EN 1993 et son Annexe Nationale et à la procédure de soudage prévue dans la norme NF EN 1090-2.

Résistance de la membrure inférieure

La membrure inférieure des poutres, précisément des barres courantes pour la poutre NPS® Cls ou la tôle en acier pour la poutre NPS® Basic, est vérifiée par rapport à la *limite élastique ultime des éléments*, $N_{pl,Rd}$, et peut être calculée selon les procédures prévues par la norme NF EN 1993-1-1 et son Annexe Nationale au § 6.2.3 (Résistance des sections – élément uniforme en traction).

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

La membrure inférieure des poutres est également vérifiée par rapport au charge transférée des planchers.

La *résistance ultime du socle en béton* de la poutre NPS® Cls est vérifiée par un mécanisme bielle-tirant conformément à la section §6.5 de la norme NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale.

La *résistance ultime de la tôle en acier* de la poutre NPS® Basic est vérifiée selon les critères de Von Mises conformément à la section §6.2.1 (5) de la norme NF EN 1993-1-1 et son Annexe Nationale.

Rupture de la soudure

La *résistance ultime du soudage*, R_w , peut être calculée selon les procédures appropriées prévues dans la norme NF EN 1993-1-8 et son Annexe Nationale section 4 (Conception des assemblages – assemblages soudés). Une conception de capacité garantissant que la surrésistance des soudures respecte les éléments connectés est généralement appliquée.

2.3.2.2. Résistance de l'élément de poteaux aux forces axiales combinées aux moments de flexion dans la première phase

L'objectif des méthodes de calcul décrites ici est le calcul de la force axiale combinée – résistance au moment de flexion, dans la première phase du processus de construction du poteau Slim NPS®.

Le calcul de la résistance du poteau aux forces axiales combinées aux moments de flexion dans la première phase peut être effectué :

- conformément à la méthode prévue par la norme NF EN 1993-1-1 et son Annexe Nationale, section 6.3.3 (résistance au flambement des éléments – éléments uniformes en flexion et en compression axiale), car le poteau dans la première phase est un élément creux en acier avec un renfort soudé ;
- La résistance ultime du soudage, R_w , peut être calculée selon les procédures appropriées prévues dans la norme NF EN 1993-1-8 et son Annexe Nationale section 4 (Conception des assemblages soudés). Une conception de capacité garantissant que la sur-résistance du soudage respecte les éléments connectés est normalement appliquée ;
- la capacité de l'assemblage boulonné à la base du poteau contre les sollicitations de cisaillement (provenant des charges de vent ou d'un montage excentrique) est évaluée conformément à la norme NF EN 1090-2 et à la norme NF EN 1993-1-8 et son Annexe Nationale ;
- la vérification de la résistance de la soudure est effectuée conformément à la norme NF EN 1993-1-8 et son Annexe Nationale et à la procédure de soudage prévue dans la norme NF EN 1090-2.

Le contrôle de la résistance de l'assemblage soudé est effectué conformément à la norme NF EN 1993 et son Annexe Nationale et l'assemblage soudé est réalisé conformément à la norme EN 1090-2.

2.3.2.3. Résistance de l'assemblage poteau-poutre ou voile-poutre dans la première phase

Après la mise en place, les poutres reposent sur la tête des poteaux ou des voiles (voir §2.4.1).

La *résistance ultime de l'assemblage* peut être vérifiée :

- pour les efforts de flexion et de cisaillement qui agissent sur les étagères des support soudées aux poteaux NPS® Slim selon les critères de Von Mises conformément à la section §6.2.1 (5) de la norme NF EN 1993-1-1 et son Annexe Nationale.

En limitant les pressions locales de contact selon la norme NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale au §6.7 pour l'appui sur éléments en béton, ou selon la norme NF EN 1996-1-1 et son Annexe Nationale au §6.1.3 pour l'appui sur voiles en maçonnerie.

2.3.3. Résistance en deuxième phase

L'objectif de la méthode de calcul présentée ici est le calcul de la *résistance à la flexion*, $M_{b,2}$, de l'élément de poutre alors que, après le durcissement du béton, il est rigidement relié aux poteaux adjacents.

2.3.3.1. Résistance à la flexion de la poutre mixte acier-béton dans la deuxième phase

Dans la deuxième phase, la section résistante à la flexion est considérée comme mixte acier-béton grâce à la connexion créée par les nœuds du treillis qui remplacent les connecteurs classiques. Les vérifications expérimentales ont systématiquement démontré la surrésistance et la ductilité de cette connexion au niveau de la membrure comprimée comme aussi au niveau de la membrure tendue (voir §2.9.1, rapport de recherche par l'université de Padoue sur la résistance à la flexion et rapport de recherche par Eucentre sur les essais de push-out).

En ce qui concerne l'état limite ultime de flexion positive (qui tend les fibres inférieures), il est maintenant pris en compte. D'après la norme NF EN 1994-1-1 et son Annexe Nationale, la résistance de conception à la flexion doit être déterminée par modèle rigide-plastique uniquement si la section transversale mixte acier-béton est de classe 1 ou de classe 2.

Une poutre NPS®, soumise à une flexion positive, est généralement de classe 1, car le profilé en acier comprimé appartient à la classe 1. Selon la norme NF EN 1994-1-1 et son Annexe Nationale, la résistance à la traction du béton est négligeable. Le

moment de résistance plastique de la section transversale mixte acier-béton peut être établi en émettant les hypothèses suivantes :

- interaction totale entre le treillis en acier et le béton ;
- la zone de la membrure du treillis en acier est soumise à une contrainte correspondant à sa limite d'élasticité nominale en traction ou en compression ;
- la zone efficace du béton en compression résiste à une contrainte correspondant à 85 % de sa constante de résistance nominale à la compression du cylindre sur toute la profondeur entre l'axe neutre et la fibre de béton la plus comprimée (voir Figure 10).

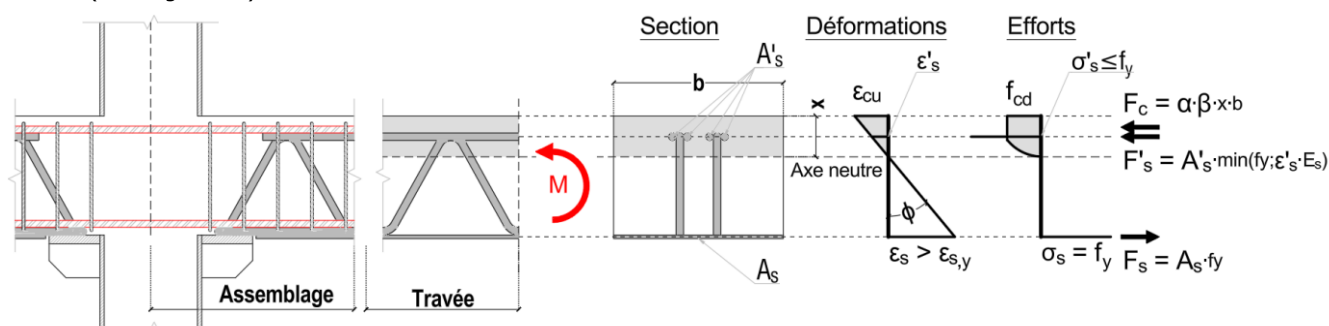


Figure 10. Hypothèse de calcul pour les poutres NPS®

2.3.3.2. Résistance à la flexion des nœuds poteaux-poutre dans la deuxième phase

Les solutions d'assemblage du procédé garantissent une raideur, une résistance et une ductilité comparables à celles des nœuds en béton armé. Cela comporte une modification du schéma statique avec un moment de flexion de conception négatif ou positif en fonction de la réponse du portique parasismique. Les essais expérimentaux cycliques sur des nœuds poteau-poutre à échelle 1/1 ont montré des valeurs des déplacements latéraux à la rupture égales ou supérieures à 4 % avec une dégradation négligeable de la raideur, et une ductilité globale égale ou supérieure à celle des portiques en béton (voir au §2.9.1 le rapport d'essai de l'Université de Padoue, la thèse de doctorat de Tesser et les rapports de recherche de l'Université de Washington). Ainsi, les capacités de rotation des poutres au niveau de l'encastrement avec les poteaux sont largement supérieures aux rotations requises par la norme NF EN 1994-1-1 et son Annexe Nationale afin d'atteindre le niveau de redistribution des moments défini dans la même norme.

La résistance à la flexion de la poutre au niveau des appuis, $M_{b,2}$, peut être calculée selon la procédure prévue par la norme NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale, au § 6.1 (État limite ultime – Résistance à la flexion avec ou sans force axiale) (Figures 11 – 3) avec les contraintes géométriques prévues par le §5.4.1.2.1 de la norme NF EN 1998-1-1 et son Annexe Nationale. Le cas échéant, ces armatures peuvent être dimensionnées pour des sollicitations obtenues avec une redistribution limitée, conformément au § 5.5 de la norme NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale.

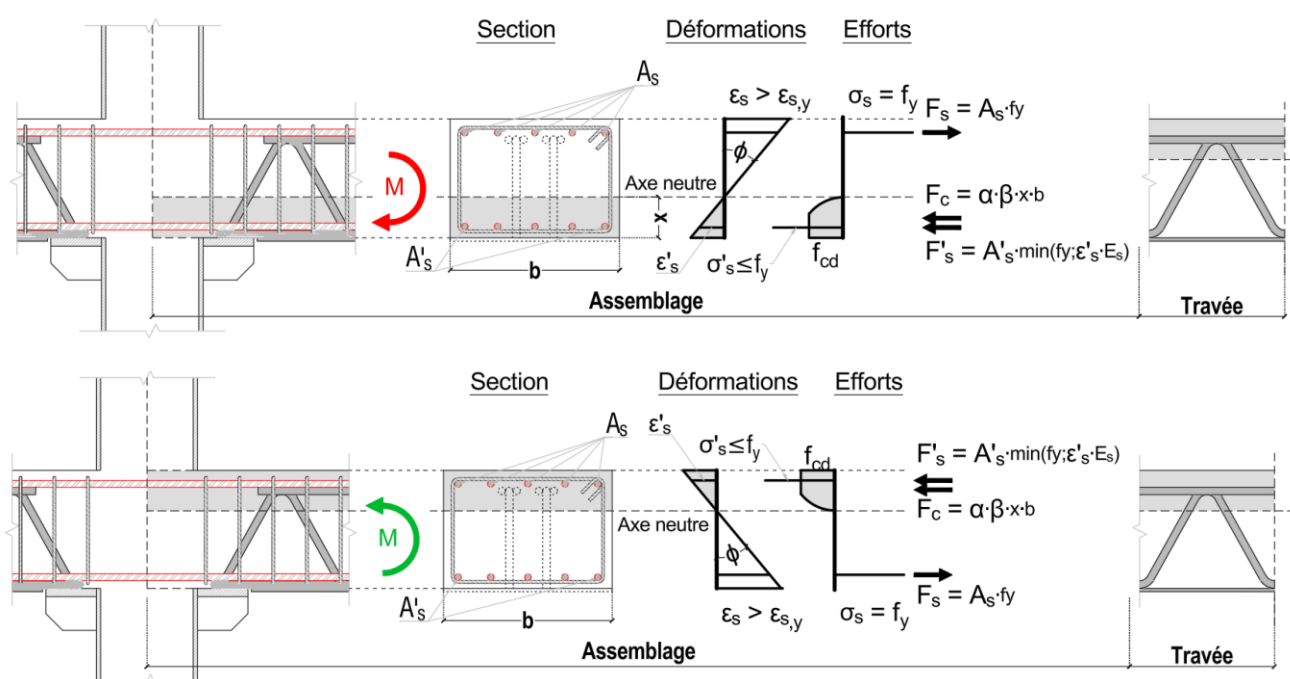


Figure 11. Continuité au niveau des appuis grâce à des barres d'armature additionnelles.

De plus, les caractéristiques des nœuds permettent d'appliquer pour les charges de gravité, le cas échéant, une analyse élastique avec redistribution limitée pour les bâtiments conformément aux prescriptions du § 5.5 de la NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale en contrôlant le taux de redistribution, et en tenant compte également des dispositions techniques à garantir

une transmission correcte des efforts entre les treillis en acier et le béton. En particulier, les treillis supplémentaires ne doivent pas interrompre les armatures longitudinales des poteaux et doivent avoir un recouvrement minimal en béton afin d'éviter toute instabilité locale des barres.

2.3.3.3. Résistance au cisaillement de la poutre mixte acier-béton dans la deuxième phase

L'objectif des méthodes de calcul présentées ici est le calcul de la *résistance au cisaillement*, $V_{b,2}$, de la poutre dans la deuxième phase.

La résistance au cisaillement de la poutre peut être calculée selon la procédure prévue dans la norme NF EN 1993-1-1 et son Annexe Nationale, au § 6.2.3 pour les diagonales de tension et au § 6.2.4 pour les diagonales de compression, car le déversement est empêché par la présence du béton durci.

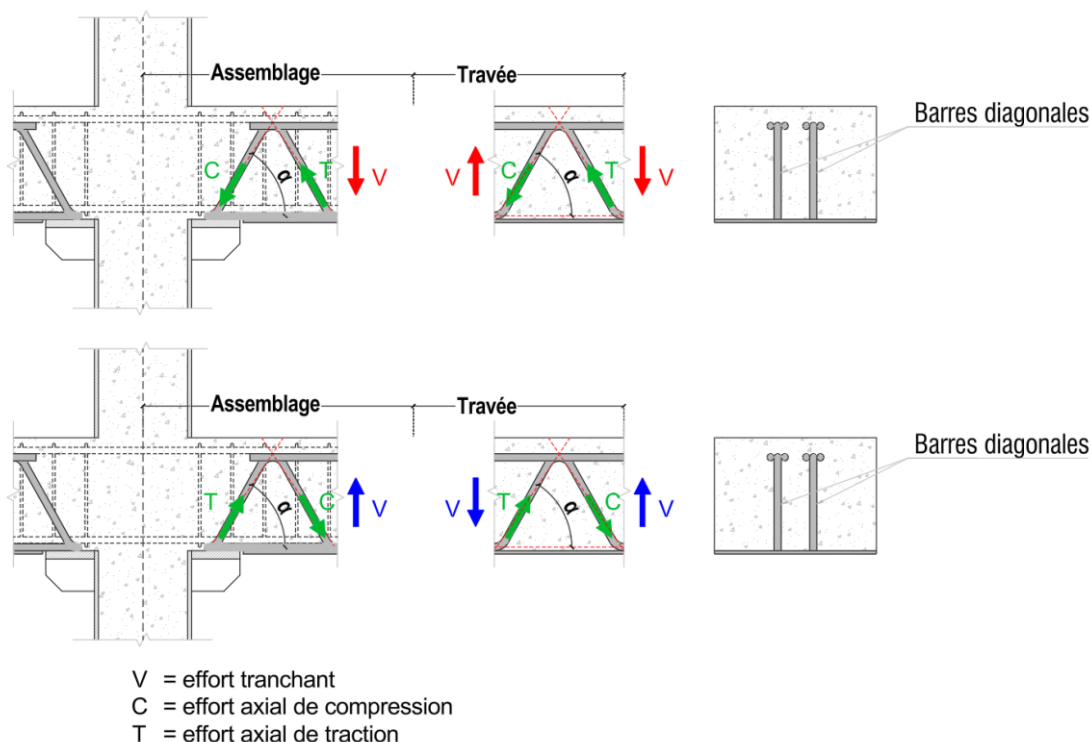


Figure 12. Modèle de résistance au cisaillement de poutre NPS® en deuxième phase

2.3.3.4. Ductilité des poutres

L'objectif des méthodes de calcul présentées ici est le calcul de la *ductilité*, $\mu_{b,2}$, d'une poutre dans la deuxième phase. Ce paramètre est essentiel pour les bâtiments situés dans des zones sismiques.

Dans les régions critiques des poutres, également définies comme zones dissipatives, la ductilité de la poutre peut être calculée en termes de *facteur de ductilité de courbure* conformément à la norme NF EN 1998-1 et son Annexe Nationale section 5.2.3.4 (Condition de ductilité locale). La formule suivante peut être utilisée :

$$\mu_{b,2} = \frac{\chi_u}{\chi_e}$$

où :

- χ_u est la courbure ultime de la section transversale de la poutre dans la région critique et peut être calculée comme :

$$\chi_u = \frac{\varepsilon_{cu}}{x_u}$$

avec :

- $\varepsilon_{cu} = 3,5\text{‰}$
- x_u axe neutre correspondant à la déformation maximale autorisée pour le béton

- χ_e est la courbure plastique de la section transversale de la poutre dans la région critique et peut être calculée comme :

$$\chi_e = \frac{\varepsilon_{sy}}{(d - x_e)}$$

avec :

- $\varepsilon_{sy} = 1,86\text{‰}$
- d profondeur effective de la section de la poutre
- x_e axe neutre correspondant à une déformation de l'acier $\varepsilon = \varepsilon_{sy}$

2.3.3.5. Résistance des poteaux aux forces axiales combinées aux moments de flexion dans la deuxième phase

L'objectif des méthodes de calcul décrites ici est le calcul de la force axiale *combinée* – *résistance au moment de flexion des poteaux*, dans la deuxième phase du processus de construction.

La résistance d'un poteau à la force axiale et au moment de flexion peut être calculée :

- selon la procédure prévue par la norme NF EN 1994-1-1 et son Annexe Nationale, au point 6.7.3.6 (Poteaux composites et éléments mixtes acier-béton de compression – Résistance des éléments en compression combinée et en flexion uniaxiale), étant donné que le poteau est considéré comme un élément mixte acier-béton, avec les règles prévues aux § 7.6.1 et § 7.6.6 de la norme NF EN 1998-1-1 et son Annexe Nationale.

2.3.3.6. Résistance au cisaillement des poteaux

L'objectif des méthodes de calcul reportées ici est le calcul de la *résistance au cisaillement*, $V_{c,2}$, des poteaux dans la deuxième phase du processus de construction.

La résistance au cisaillement d'un poteau dans la deuxième phase peut être calculée :

- Dans le cas général, conformément à la norme NF EN 1994-1-1 et son Annexe Nationale, au § 6.7.3.2 (4) (Poteaux composites et éléments de compression composites – Résistance des sections transversales). Dans l'hypothèse simplifiée où l'on suppose que le cisaillement agit sur la seule section structurale en acier, tel que prévu au § 7.6.6 de la norme NF EN 1998-1-1 et son Annexe Nationale, l'évaluation de la résistance au cisaillement de l'élément peut être conduite selon la procédure prévue par la norme NF EN 1993-1-1 et son Annexe Nationale, au § 6.2.6 (Résistance des sections – Cisaillement), quand le poteau dans la deuxième phase est un élément mixte acier-béton.

2.3.3.7. Ductilité des éléments de poteaux

L'objectif des méthodes présentées ici est le calcul de la *ductilité*, $\mu_{c,2}$, d'un pilier dans la deuxième phase. Ces valeurs ont été vérifiées expérimentalement afin de valider la méthode de calcul pour différentes configurations de produits.

Dans la région critique d'un poteau, également définie comme zone dissipative, la ductilité du poteau peut être calculée en termes de *facteur de ductilité de courbure* conformément à :

- La NF EN 1998-1 et son Annexe Nationale aux § 7.5.2 (Structures composites – critères de conception des structures dissipatives) et § 7.6.6 (Structures mixtes – poteaux remplis), étant donné que le poteau, dans la deuxième phase, est un élément mixte acier-béton et que les règles générales de la section 7.6.1 (Structures mixte – règles générales) sont respectées.

2.3.4. Particularités du procédé par rapport à l'Eurocode 8

Le procédé peut être utilisée pour des ossatures dans la classe de ductilité suivantes :

- Structure faiblement dissipative, ou de classe de ductilité limitée (DCL) ;
- Structure à comportement dissipatif, jusqu'à la classe de ductilité moyenne (DCM).

La référence de base est le § 7 de la norme NF EN 1998-1-1 et son Annexe Nationale où, pour le premier cas (structure DCL), le point (3) du § 7.1.2 précise que les vérifications de résistance doivent être effectuées conformément à la norme NF EN 1994-1-1, sans exigence supplémentaire. La même recommandation figure au § 5.2.1 (2)P de la norme NF EN 1998-1-1, applicable aux assemblages poteau-poutre. Par conséquent, ils peuvent être vérifiés conformément à la norme NF EN 1992-1-1 et à son Annexe Nationale, sans exigence supplémentaire.

Dans le cas de structure de ductilité moyenne (DCM), Les dispositions de la norme NF EN 1998-1-1 doivent être appliquées comme suit :

- Coefficient de comportement (q) :
- Le bâtiment peut être classifié comme « ossatures mixtes en portique », ou type a) selon le § 7.3.1 de la norme NF EN 1998-1-1 et son Annexe Nationale. Toutefois, la dissipation dans les portiques a lieu dans les zones d'extrémité des poutres renforcées par les armatures supplémentaires. Par conséquent, la référence est le § 5.2.2.2 relatifs aux structures en béton armé.
- Méthode de dimensionnement en capacité :
 - Les poutres NPS® sont dimensionnées par rapport aux moments fléchissant de l'analyse structurale, et pour les efforts tranchants dus à la capacité de flexion, selon le § 5.4.2.2 de la norme NF EN 1998-1-1 et son Annexe Nationale ;
 - Les poteaux NPS® Slim sont dimensionnés pour toutes les combinaisons d'effort axial et de moment de flexion dans les deux directions principales, conformément au principe défini au § 4.3.5.1 de la norme NF EN 1998-1-1 et son Annexe Nationale. Les zones dissipatives sont localisées aux extrémités des poutres, qui sont armées d'armature additionnelles. Par conséquent, le calcul s'effectue en appliquant les règles du § 5.4.2.3 ;
 - Les poteaux sont vérifiés par rapport au cisaillement selon le § 7.7.3 et le § 6.6.3 de la norme NF EN 1998-1-1 et son Annexe Nationale ;
 - Les assemblages poteau-poutre sont conçus conformément aux prescriptions du § 5.4.3.3 de la norme NF EN 1998-1-1 et son Annexe Nationale ;
 - Le respect des dispositions constructives définies aux § 5 et § 7 de la norme NF EN 1998-1-1 et son Annexe Nationale est vérifié afin de garantir la ductilité locale des éléments structuraux.

2.3.5. Conception pour la résistance au feu

Les modèles de calcul décrits ci-dessous ont été validés à travers des travaux de recherche (voir §2.9.1).

2.3.5.1. Résistance au feu de la poutre

L'objectif des méthodes de calcul présentées ici est le calcul de la résistance au feu de la poutre dans la deuxième phase.

La résistance au feu est facile à calculer sur la base de la section 5.6 de la norme NF EN 1992-1-2 et son Annexe Nationale pour la poutre avec un socle en béton, et sur la base de la section 4 de la norme NF EN 1994-1-2 et son Annexe Nationale pour la poutre avec la tôle inférieure en acier.

En fait, les poutres NPS® Cls peuvent être assimilées à une structure en béton armé puisque la section en béton couvre toute la charpente métallique et la cage d'armature standard pour la résistance au feu. La charpente métallique et la cage d'armature se comportent de manière similaire dans la section en béton.

La poutre NPS® Basic peut être assimilée à une structure mixte acier-béton puisque le plat d'acier inférieur est extérieur comme dans le cas d'une section mixte typique et que l'autre partie de la poutre est noyée dans le béton comme les connecteurs des structures mixtes typiques. Dans ce cas, la référence normative appropriée est la norme NF EN 1994-1-2 et son Annexe Nationale, section 4.2.2.

2.3.5.2. Résistance au feu du poteau

L'objectif des méthodes de calcul présentées ici est le calcul de la résistance au feu du poteau dans la deuxième phase.

La résistance au feu du poteau est calculée sur la base de :

- NF EN 1994-1-2 et son Annexe Nationale, au § 4.2.3, étant donné que le poteau, dans la deuxième phase, est considéré comme un élément mixte acier-béton

Ce type de poteaux est inclus dans les sections typiques des structures mixtes acier-béton et le calcul de la résistance au feu peut suivre les mêmes dispositions.

2.4. Dispositions de mise en œuvre

Le montage des éléments préfabriqués sur le site de construction est effectué :

1. directement par Tecnostrutture ;

ou

2. par une autre entreprise spécialisée dans le montage de travaux de charpente et/ou de réalisations en béton armé.

Dans le deuxième cas, la mise en œuvre du procédé ne présente pas de difficultés particulières, car Tecnostrutture fournit toujours à l'entreprise le projet de montage, le cahier des charges, la position exacte et la séquence de pose des éléments. Sur demande, l'entreprise peut également bénéficier d'une formation pour ses équipes. Tecnostrutture assure aussi l'assistance technique pour la pose et la présence de techniciens sur le chantier lors de la première installation des éléments.

Le montage des éléments préfabriqués sur le site de construction est effectué :

1. Pour l'ensemble du système

ou

2. pour les poutres et les éléments de connexion

En ce qui concerne l'emballage, le transport, le stockage, l'entretien, le remplacement et la réparation des produits, il est de la responsabilité du fabricant de prendre les mesures qu'il juge nécessaires et de conseiller le maître d'ouvrages sur le transport, le stockage, l'entretien, le remplacement et la réparation du produit.

Chaque installation doit être planifiée par un ingénieur de Tecnostrutture srl, et les éléments doivent être livrés avec le manuel d'instructions de montage, de manutention, de pose et de réglage fourni par le producteur.

Toutes les connexions entre les éléments sur le chantier, pour le système NPS®, sont réalisées avec des fixations mécaniques ; aucune connexion soudée n'est autorisée hors du site de préfabrication de Tecnostrutture.

Il est nécessaire de vérifier si le produit est installé conformément aux instructions du fabricant.

Les instructions pour l'installation des éléments structuraux NPS® sont décrites dans les paragraphes suivants.

2.4.1. Séquence de montage (pas-à-pas)

La mise en œuvre du procédé suit une séquence de montage standardisée garantissant une stabilité progressive de la structure et facilitant le respect des tolérances. Les différentes étapes sont décrites plus en détail dans les paragraphes spécifiques du présent Dossier Technique :

- Mise en place et fixation des poteaux sur les fondations (voir le § 2.4.2). Les poteaux NPS® Slim sont dressés et ancrés mécaniquement aux fondations, ou en tête des poteaux inférieurs. En cas de fourniture limitée aux seules poutres, cette étape est remplacée par la réalisation ou l'installation de poteaux réalisés avec d'autres technologies (hors système NPS®) ou la réalisation des voiles.
- Montage des poutres NPS® en tête des poteaux (voir § 2.4.3), ou d'autres éléments verticaux.
- Pose des planchers préfabriqués (voir § 2.4.5).
- Mise en place des renforts supplémentaire au droit des nœuds poteau-poutre (voir § 2.4.4).
- Coulage du béton des poteaux, de continuité des poutres et du plancher collaborant (voir § 2.4.6).

Cette séquence doit être respectée, sauf indication contraire figurant sur le plan de pose établi pour le projet.

2.4.2. Installation du poteau NPS® Slim

Les poteaux NPS® Slim arrivent sur le site de constructions prêtes pour être dressés. La fondation et les **tiges d'ancrage**¹ devraient être déjà en place. Les poteaux sont dressés dans la bonne position et boulonnés à la structure (fondation ou niveau supérieur de la structure inférieure). En attendant le coulage du béton à l'intérieur du pilier, la fixation structurale pour la phase provisoire est assurée par la fixation mécanique ; la conformation des structures métalliques pour la première phase permet la construction de plusieurs niveaux avant le coulage de béton sur le site. À l'intérieur du poteau, les connexions par adhérence des barres d'armature créeront la continuité entre la structure composite et les autres éléments.

Chaque élément à monter est expédié avec une étiquette fournissant toutes les informations utiles pour la manutention (voir figure 13).

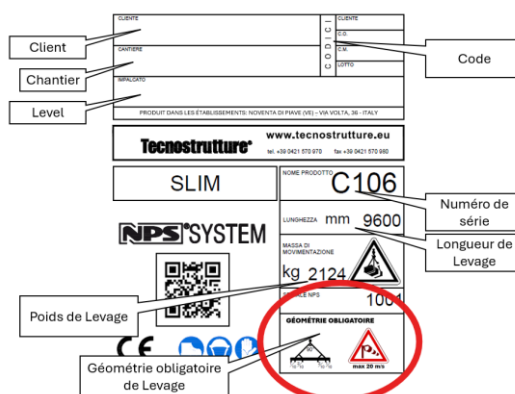


Figure13. Étiquette d'information d'un poteau NPS® Slim

2.4.3. Installation des poutres NPS®

Les poutres (et les poteaux) NPS® peuvent supporter leur propre poids et les charges qui sont liées à la première phase sans soutien provisoire. L'élément, de type NPS® Basic et NPS® Cls, doit être dressé conformément à l'illustration/au dessin de l'étiquette. Les extrémités de la poutre doivent reposer sur la platine d'about soudée au sommet ou à la hauteur de l'élément de poteau. La dimension minimale de l'appui est de 10 cm.

Chaque élément à monter est expédié avec une étiquette fournissant toutes les informations utiles pour la manutention (voir Figure 14). Des accessoires peuvent être installés pour protéger contre les chutes de hauteur après l'assemblage du plancher (voir photo) avant de positionner la poutre.

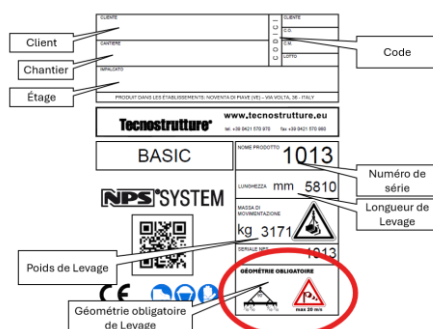


Figure14. Étiquette d'information d'une poutre NPS®.

2.4.4. Assemblage NPS®

Après la mise en place des poutres et des poteaux du système NPS®, le plancher est complété par les panneaux de dalles préfabriquées (qui ne font pas l'objet de ce document) et les renforts supplémentaires pour créer la continuité structurale. Les renforts supplémentaires sont des barres d'armature additionnelles (Figure 15). Ces éléments passent à travers les poteaux et créent la connexion entre les poutres adjacentes.

Tecnostrutture réalise l'optimisation des éléments en acier passant au travers de la zone de continuité de l'assemblage et la vérification de l'interférence des barres d'armature pendant la phase de conception.

¹ Les tiges d'ancrage sortant des fondations doivent être placées conformément aux plans exécutifs de Tecnostrutture ; généralement, des barres pleines uniques, certifiées conformes à la norme EN 898-1, sont encastrées dans les fondations.

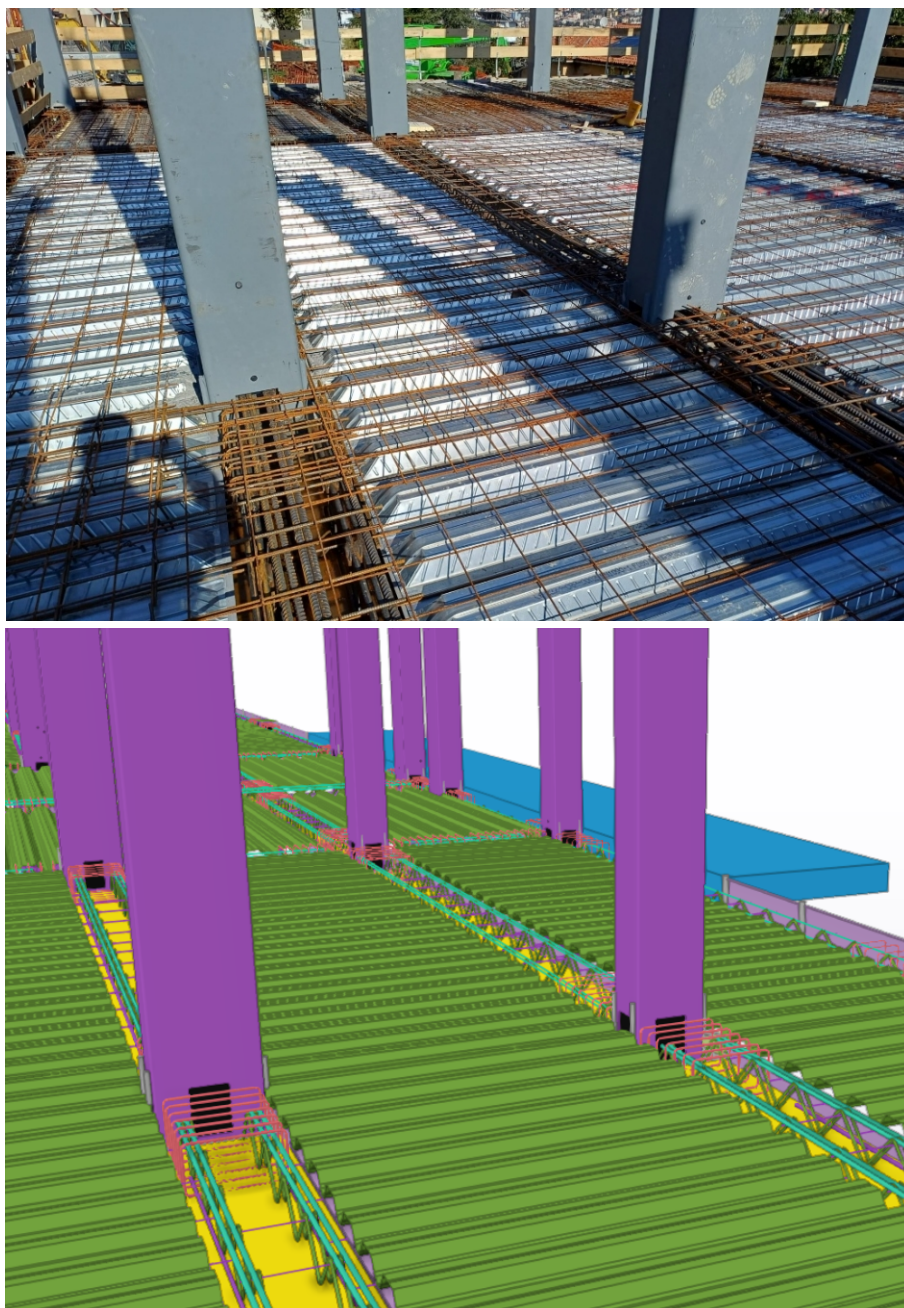


Figure15. Renfort supplémentaire

2.4.5. Dalles préfabriquées (ne faisant pas l'objet de cet Avis Technique)

Les poutres NPS® Basic / Cls et les poteaux NPS®Slim peuvent être utilisés avec plusieurs types de dalles préfabriquées afin de couvrir la surface du bâtiment. Les dalles autoportantes permettent d'obtenir les meilleures performances en matière d'efficacité des sections et de productivité de la construction. Les poutres Cls et Basic NPS® sont toutes deux conçues pour supporter les éléments de la dalle. Les types de dalles préfabriquées les plus courants sont présentés ci-dessous :

Produits préfabriqués en béton – Dalles alvéolées selon la norme EN 1168

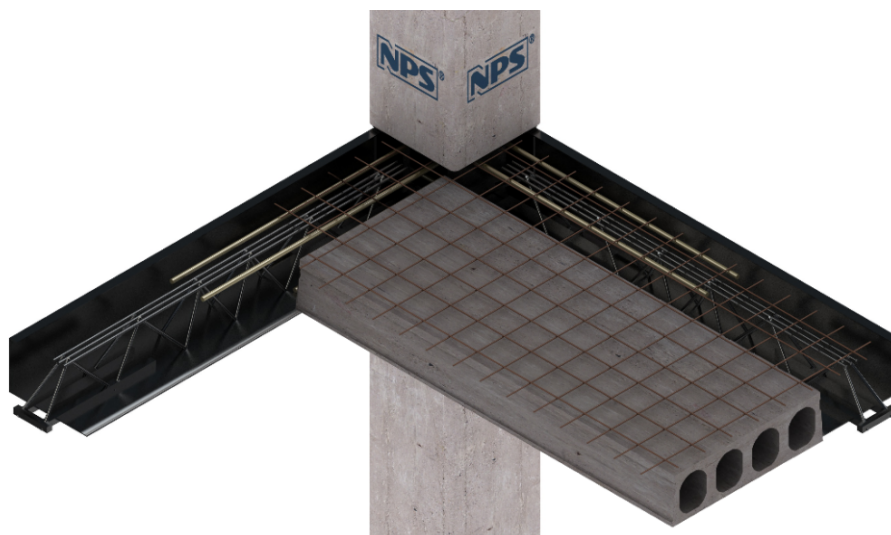


Figure 16. Dalle alvéolée associée au système NPS®

La mise en œuvre des planchers à dalles alvéolées préfabriquées en béton doit être conforme au NF DTU 23.2.

Produits préfabriqués en béton – Prédalles pour systèmes de plancher selon la norme NF EN 13747

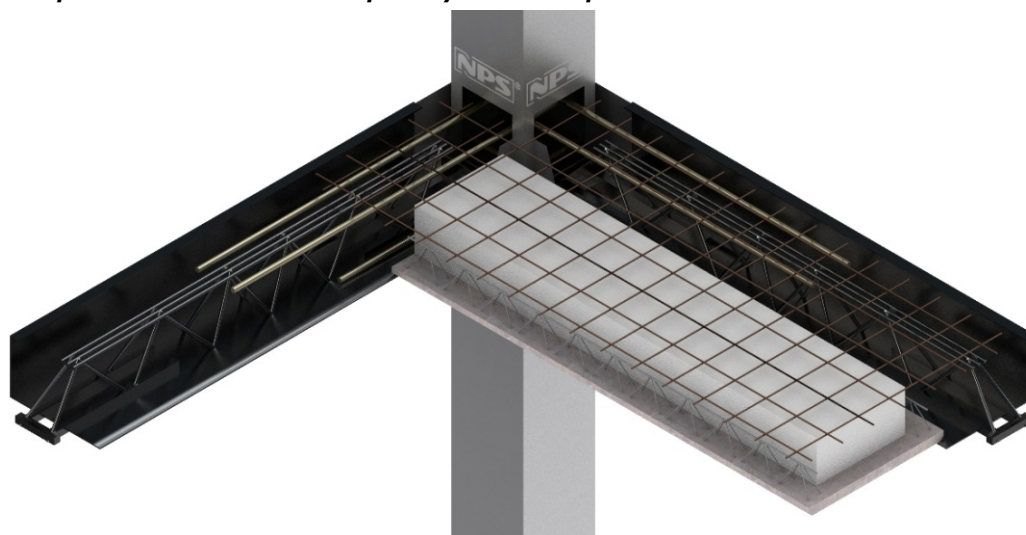


Figure 17. Prédalles associés au système NPS®

La mise en œuvre des planchers à prédalles en béton doit être conforme au NF DTU 23.4.

Dalles composites : Bac acier pour plancher collaborant

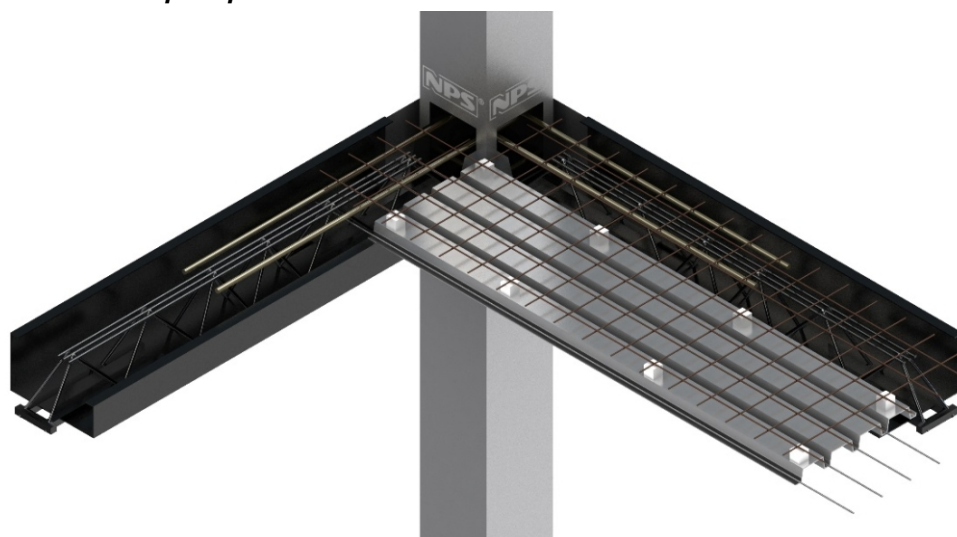


Figure 18. Bacs acier

La mise en œuvre des planchers à bac aciers collaborant doit être conforme aux recommandations professionnelles pour la conception et la réalisation de planchers collaborants acier béton.

2.4.6. Coulage du béton

Une fois la mise en place de la structure préfabriquée terminée, le béton coulé sur place qui participe à la construction avec les structures préfabriquées en acier remplit les structures.

Les premiers éléments structuraux remplis de béton sont les poteaux, l'un après l'autre, puis les poutres et enfin les dalles ; si l'ordre change, il doit être précisé par le chef de projet ou le concepteur dans le cadre du projet d'installation.

Afin d'augmenter la capacité portante des poutres, il est possible de ne remplir au début que les poutres et de ne compléter le coulage du niveau qu'après le durcissement partiel du premier coulage. De cette façon, il est possible de prendre en compte la contribution du béton à la résistance après un durcissement de 28 jours.

2.5. Maintien en service du produit ou procédé

Dans le cadre des exigences les plus strictes imposées par les fabricants en ce qui concerne les types de matériaux et les modes de transport spécifiques, les exigences standards suivantes doivent toujours être fournies aux transporteurs.

Les poutres doivent être manipulées avec précaution, en évitant toujours tout impact soudain.

- Lors du chargement des poutres sur les équipements de transport, elles doivent toujours être positionnées et fixées solidement afin d'éviter tout mouvement pendant le transport.
- Lors du déchargement des poutres du camion, celles-ci doivent être soulevées avec précaution.
- Les composants du système NPS® ne doivent pas glisser en basculant du plancher du camion.

Chaque livraison doit être conforme au manuel d'instructions de montage, de manutention, de pose et de réglage fourni par Tecnostrutture srl.

2.6. Traitement en fin de vie

L'impact environnemental des produits décrits dans le document (y compris la fin de vie) est publié dans les EPD des produits qui peuvent être trouvés mis à jour sur le site web de Tecnostrutture srl.

2.7. Assistance technique

Tecnostrutture conçoit, produit et peut livrer son système structural (ou des parties de celui-ci) assemblé sur place. Dans le cadre du contrat, elle fournit systématiquement une assistance technique au client dans toutes les phases du projet.

Phase de projet :

- Assistance au concepteur de l'architecture ou des systèmes pour évaluer les interférences éventuelles avec d'autres parties du bâtiment ;
- Assistance et vérification de la compatibilité avec toutes les autres parties du bâtiment (si elles ne sont pas fournies par le client, par exemple les fondations, les planchers, les murs en béton armé, les façades et les équipements) ;
- Réalisation de la conception exécutive des structures préfabriquées sur la base de ses propres tableaux de calcul, en incorporant les hypothèses présentées à la section 2.3 et/ou les spécifications fournies par le client ;
- Réalisation du projet d'assemblage ;
- Réalisation du projet d'assemblage ; Produit le modèle FEM des éléments fournis ;
- Production du modèle BIM des éléments fournis.

Phase de production :

- Contrôle des tolérances en cours de production ;
- Mise en place de cycles de peinture ou de galvanisation à la demande du client ;
- Préfabrication en béton des éléments selon la conception du client ;
- Fourniture d'accessoires dans le cadre de leurs produits.

Phase de montage :

- Gestion de la logistique et du transport pour les éléments non fournis par Tecnostrutture ;
- Réalisation de l'ouvrage tel qu'il a été construit ;
- Contrôle de la pose des éléments à l'aide d'une station trigonométrique numérique ;
- Vérification de la position des éléments de fondation ou des prédispositions pour le montage du système NPS® ;
- Assistance continue sur place, pendant toutes les phases de l'assemblage à sec du système, par un chef de chantier expérimenté de Tecnostrutture (dans le cas d'un assemblage assisté par le client) ;
- Assistance initiale sur site, pour la formation et l'explication des principales phases, par un responsable de site Tecnostrutture expérimenté (dans le cas d'un montage payé par le client) ;

2.8. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

La procédure toute entière ainsi que la séquence de fabrication sont incluses dans le plan de fabrication et de contrôle.

Les produits décrits sont fabriqués sur le site de construction suivant :

Adresse	Cert. N°	Norme	Phase de Construction
Via Volta 36, 30020 Noventa di Piave (VE) Italie	1370-CPR-0415 0474-CPR-0876	EN 1090-1 EN 13225	Assemblage et soudage de la partie en acier Production de béton préfabriqué

2.8.1. Matériaux et produits à usage structural

2.8.1.1. Approvisionnement en matières premières de base

Achat de matériaux de base et acceptation des produits :

Les commandes de matériaux utilisés pour la fabrication des poutres NPS® et des poteaux Slim sont effectuées auprès de fournisseurs ayant une expertise technologique éprouvée et capables de fournir des matériaux conformes aux normes applicables et au marquage CE conformément au règlement UE pour les produits de construction (RPC). Une copie du certificat de qualification du Service Technique Central du Conseil Supérieur Italien des Travaux Publics doit accompagner toutes les fournitures d'acier, pour lesquelles il n'existe pas d'obligation de marquage CE. Le certificat peut être utilisé sans limite de temps. La référence à ce certificat doit être indiquée sur le document de transport. Les livraisons effectuées par un intermédiaire doivent être accompagnées d'une copie des documents délivrés par le constructeur et complétées par la référence au document de transport de l'intermédiaire.

Inspection à la réception des matières premières :

Les essais à la réception des matériels mentionnés ci-dessus doivent être effectués conformément à un « Plan d'inspection à l'acceptation » (Mod. 08.04.02) qui exige des actions, des responsabilités et des fréquences spécifiques afin de vérifier si les matières premières acceptées sont conformes aux exigences prédéfinies selon la norme NF EN 1090-2.

2.8.1.2. Acier pour structures métalliques et mixtes

Lors de la fabrication des poutres, on utilise de l'acier de construction laminé à chaud identifié selon la norme NF EN 10025.

Chaque fourniture est accompagnée de la documentation requise, qui se compose du certificat d'essai selon les normes EN 10204 et de la déclaration de qualification du produit avec indication des détails de la marque et du dernier certificat délivré par le laboratoire.

Les caractéristiques mécaniques des aciers de construction utilisés doivent correspondre à celles indiquées dans les normes harmonisées EN 10025 (pour les laminés), EN 10210 (pour les tubes sans soudure) et EN 10219-1 (pour les tubes soudés) ; d'autres normes de matériaux peuvent être appliquées selon le §2.1 EN 1090-2.

L'acier de construction utilisé doit être muni de marques identifiant le type d'acier et son degré de qualité. Il doit porter le marquage CE auquel s'applique le système de certification de conformité 2+.

Les contrôles statistiques sont obligatoires et doivent être effectués par le Directeur Technique de l'atelier conformément au Contrôle de la Production en Usine (Mod. 08.01.02). Le Directeur Technique de l'atelier s'occupe de l'enregistrement de tous les résultats des essais d'inspection internes dans un registre approprié, qui doit être visible par les personnes qualifiées pour le contrôler.

Les aciers destinés à être soudés selon la méthode MIG (Metal-arc Inert Gas) ou MAG (Metal-arc Active Gas) doivent présenter une composition chimique se rapportant au produit fini et correspondant aux limites indiquées par la norme pertinente en fonction du type d'acier utilisé.

L'insensibilité de l'acier aux ruptures fragiles doit être évaluée sur la base de la température T à laquelle, pour cet acier, une résilience KV de 27 J peut être atteinte. La température T doit être celle du niveau de service minimum.

2.8.1.3. Béton pour bases préfabriquées en béton armé (uniquement pour les poutres NPS® Cls)

Une fois la charpente métallique soudée terminée, il est nécessaire de couler la base préfabriquée pour la poutre NPS® Cls.

Il faut donc ajouter les trois phases suivantes au processus de fabrication standard :

- Assemblage des armatures pour la partie en béton tout au long du treillis soudé ; des étriers profilés à froid en acier selon la norme EN 10080 sont encastrés dans la structure en acier existante conformément aux plans d'exécution.
- Préparation des supports de coulée, avec des éléments spécifiques aux extrémités afin de maintenir la structure assemblée levée aussi haute que l'enrobage de béton nécessaire ; la valeur minimale de l'enrobage de béton des poutres NPS® Cls est de 15 mm nets ; pour une application spécifique, cette valeur peut être augmentée en fonction du projet d'exécution.
- Coulage de béton (propriétés conformes à la norme NF EN 206+A2/CN) à l'intérieur des coffrages supports. La classe minimale de béton utilisée pour ce type d'opération est : C35/45 Béton autoplaçant XC3 D16. La classe de résistance du béton ne doit être supérieure à C40/50 conformément à la norme NF EN 1998-1 et son Annexe Nationale.

2.8.2. Procédé de soudage

2.8.2.1. Informations générales

Le soudage des aciers s'effectue par l'un des procédés à l'arc électrique régis par la norme EN ISO 4063. Le procédé standard de Tecnostruttura est le 135. L'utilisation de procédés différents est autorisée à condition qu'elle soit justifiée par une documentation théorique et expérimentale appropriée.

Les soudeurs travaillant selon des procédés semi-automatiques et manuels sont qualifiés en vertu de la norme EN 9606-1 par une tierce partie. En cas de dérogation aux exigences de la norme EN 9606-1, les soudeurs qui effectuent des assemblages en T par soudage d'angle doivent être spécifiquement qualifiés et ne peuvent pas être simplement qualifiés pour des assemblages bout à bout.

La dureté réalisée sur les macrographies ne dépasse pas la limite exposée par la norme EN 1090-2.

Les essais de qualification des soudeurs, des opérateurs et des procédures sont effectués par une tierce partie. En l'absence d'exigences à cet égard, la tierce partie est choisie par le fabricant selon des critères de compétence et d'indépendance.

Les caractéristiques de ductilité, de limite d'élasticité, de résistance et de ténacité dans la zone thermique de fusion et alternée ne doivent pas être inférieures à celles du matériau de base.

Lors du soudage, les parties 1 et 2 de la norme EN 1011 pour les aciers ferritiques et la partie 3 pour l'acier inoxydable doivent être respectées. La norme EN ISO 9692-1 doit être appliquée lors de la préparation des bords, sauf cas particuliers.

Les soudures sont soumises à des essais finaux non destructifs afin de vérifier si elles répondent aux niveaux de qualité fixés par le concepteur sur la base des normes appliquées pour la conception (voir ci-dessous).

Les niveaux prévus par la norme EN ISO 5817 doivent être choisis conformément à la norme EN 1090-2, Type de classe d'exécution.

L'étendue et le type de ces contrôles destructifs et non destructifs, en plus du contrôle visuel à 100 %, sont définis conformément à la norme EN 1090-2. Pour les soudures d'angle ou les assemblages à pénétration partielle, il faut utiliser des méthodes de surface (par exemple des liquides pénétrants ou des poudres magnétiques), tandis que pour les assemblages à pénétration totale, outre les méthodes susmentionnées, il faut utiliser des méthodes volumétriques, c'est-à-dire des rayons X ou gamma ou des ultrasons pour les assemblages bout à bout et uniquement des ultrasons pour les assemblages en T à pénétration totale.

Tous les opérateurs qui effectueront les tests doivent être qualifiés conformément à la norme EN ISO 9712 et être au moins au deuxième niveau.

En ce qui concerne le type de produits créés avec des assemblages soudés, le fabricant doit être certifié conformément à la norme EN ISO 3834 parties 2 et 4. Le niveau de connaissances techniques du personnel de coordination du soudage doit être conforme aux exigences des normes dont la validité a été établie.

La certification de l'entreprise et du personnel est délivrée par RINA Services Spa ou équivalent, choisi, en l'absence d'exigences particulières, par le fabricant sur la base de critères d'indépendance et de compétence.

2.8.2.2. Caractéristiques du matériau de remplissage

Le soudage à l'arc sous protection gazeuse (qui, dans la terminologie AWS, est indiqué par GMAW – Gas Metal Arc Welding) qui est effectué avec une procédure de fil continu peut être MIG (Metal-arc Inert Gas – codé sous le n° 131 selon ISO 857-1) ou MAG (Gas Metal Arc Welding – codé sous le n° 135 selon ISO 857-1).

Seuls les fils correspondant à la classification EN ISO 14341, adaptés au type d'acier et de gaz (ou mélanges) utilisés, doivent être utilisés dans les procédures de soudage MIG / MAG.

Le calibre du fil de remplissage pour le soudage sous gaz de protection doit être défini en fonction de l'épaisseur, du type d'assemblage et de la position de passage de l'assemblage.

Les fils utilisés doivent avoir une composition chimique correspondant aux indications du point 3.2 pour les classes identifiées dans la norme EN ISO 14341 – 79, avec S * 0,03 % et P * 0,03 % dans toutes les classes et avec une teneur en Cu dans le fil ne dépassant pas 0,3 %.

2.8.2.3. Qualification du procédé de soudage

Tecnostuttura peut mettre en œuvre des méthodes de soudage autres que celles mentionnées ci-dessous, dont la validité a été dûment vérifiée au moyen d'essais de qualification des procédures, après autorisation écrite.

Les éléments constituant le système peuvent être soudés par soudage automatique ou semi-automatique sous protection de gaz inerte, de gaz CO₂ pur ou avec mélange de gaz non inertes.

La qualification des procédés de soudage doit être effectuée conformément aux exigences de la norme EN ISO 15614-1. Il faut tout d'abord définir les **spécifications du procédé de soudage (WPS)**, car tous les paramètres de soudage requis pour la qualification de l'assemblage soudé sont énumérés dans ce document appelé WPS (Welding Procedure Specification), publié conformément aux exigences du règlement. Le WPS atteste tous les paramètres impliqués dans le processus de soudage et est l'outil essentiel pour enregistrer les données utilisées pour la procédure et/ou la qualification du soudeur. Ces paramètres sont ensuite ceux qui servent à la production proprement dite d'assemblages soudés :

- paramètres de soudage
- matériaux de base
- matériaux de remplissage
- gaz de protection
- technique de soudage

Tous les procédés de soudage doivent être qualifiés avant de commencer à souder en production.

Les procédés de soudage doivent être qualifiés sur la base d'essais en laboratoire.

Un procédé de soudage est considéré comme qualifié si les imperfections de l'essai se situent dans les limites spécifiées dans la norme EN 25817.

La qualification du procédé de soudage, en référence aux paramètres spécifiés dans le WPS, a une plage de validité clairement définie.

Les variables essentielles de la qualification sont identifiées en fonction de la réglementation appliquée, auxquelles la plage de validité doit être associée. Ces variables sont :

- le type de procédé de soudage (MAG, MIG, TIG, électrode enrobée, arc submergé, etc.) ;
- le métal de base à souder (acier au carbone, acier inoxydable, etc.) ;
- le type de composants à souder (tuyaux, tôles, etc.) ;

- le type d'assemblage et sa préparation (bout à bout, assemblage en V, assemblage en X, etc.) ;
- le soudage d'un seul côté, avec ou sans support, et des deux côtés ;
- le diamètre et l'épaisseur des tuyaux et des tôles ;
- la classification des matériaux d'apport (fils GMAW, métaux fourrés, électrodes enrobées, gaz de protection, etc.) ;
- les paramètres électriques, tels que la vitesse de soudage, l'apport de chaleur, la tension, l'intensité du courant, etc. ;
- la répétition du processus de qualification.

Les essais préliminaires sont effectués avec la même technique d'exécution et les mêmes fils et gaz de protection qui seront utilisés dans la fabrication des poutres et des poteaux.

Les mêmes essais préliminaires sont répétés, jusqu'à obtention de résultats positifs, pour toute modification envisagée concernant le type de gaz de protection et/ou de fils à utiliser.

2.8.2.4. Inspections du procédé de soudage

Pour le soudage, une inspection visuelle à 100 % par les opérateurs est requise.

Des contrôles non destructifs des soudures (avec des liquides pénétrants ou magnétoscopiques) doivent être effectués par un personnel qualifié, sur un échantillon sur chaque commande en cours tous les 50 000 kg de produits en fabrication (en moyenne 2 contrôles hebdomadaires), conformément à la norme prévue au chap. § 12.4.2 d'EN 1090-2 et au tableau 24 de la même norme.

Ces inspections doivent être consignées sur un document spécifique (Mod. 08.01.08 « Registre de soudage »), sous la responsabilité du directeur technique du Centre de traitement, et l'organisme qui les a effectuées doit délivrer un certificat spécifique (s'il n'est pas interne).

Des contrôles non destructifs sur les soudures (ultrasons) doivent être effectués par un organisme extérieur si le contrat de vente ou le concepteur l'exige.

Ces essais doivent être consignés sur un document spécifique (Mod. 08.01.08 « Registre de soudage »), sous la responsabilité du directeur technique du Centre de traitement, et l'organisme qui les a effectuées doit délivrer un certificat spécifique.

Pour la mise en œuvre des tests et les niveaux d'acceptabilité, on peut se référer aux exigences de la norme EN ISO 17635.

Étendue des contrôles non destructifs supplémentaires

TYPE DE SOUDAGE	LABORATOIRE ET SITE DE SOUDAGE		
	EXC2*	EXC3*	EXC4*
Soudage bout à bout et pénétration partielle dans les assemblages soumis à une contrainte axiale U ≥ 0,5 U ≤ 0,5	10 % 0 %	20 % 10 %	100 % 50 %
Soudage bout à bout et soudage par pénétration partielle Assemblages croisés Assemblages en T	10 % 5 %	20 % 10 %	100 % 50 %
Arête d'angle soumise à une coupe ou à une contrainte axiale a > 12 mm ou s > 20 mm a > 12 mm ou s ≤ 20 mm	5 % 0 %	10 % 5 %	20 % 10 %
Poutre en fer à âme pleine à pénétration longitudinale (grues ou engins de levage)	10 %	20 %	100 %
Autres soudures longitudinales et soudures de renfort	0 %	5 %	10 %
REMARQUE 1 : Les soudures longitudinales sont celles qui s'effectuent parallèlement à l'axe du composant. Toutes les autres sont considérées comme des soudures transversales.			
REMARQUE 2 : U= Degré d'utilisabilité en fonction de l'état limite de service des soudures dans les combinaisons semi-permanentes. U= Ed/Rd où Ed est la plus grande action générée sur la soudure et Rd est la résistance de la soudure à l'état limite ultime.			
REMARQUE 3 : Les termes a et s désignent respectivement l'épaisseur de la gorge de la soudure et la plus grande épaisseur des composants assemblés.			
(*) Classe d'exécution des travaux à effectuer définie selon la norme EN 1090-2, § 4.1.2.			

Librement traduit de : Tableau 24, EN 1090-2:2018

Pour des indications supplémentaires concernant les inspections sur le soudage, se référer au chap. 12.4 d'EN 1090 -2.

2.8.3. Assemblages soudés

Les assemblages réalisés doivent répondre aux exigences d'acceptabilité requises par des normes spécifiques, en fonction du type d'inspection à effectuer, comme par exemple :

EN ISO 17637 : « Contrôle non destructif des assemblages soudés – Contrôle visuel des assemblages soudés par fusion »

EN ISO 10675-1 : « Contrôle non destructif des assemblages soudés – Niveaux d'acceptation pour évaluation par radiographie – Partie 1 : acier, nickel, titane et leurs alliages »

EN ISO 23278 : « Contrôle non destructif des assemblages soudés – Contrôle par magnétoscopie – Niveaux d'acceptation »

EN ISO 23277 : « Contrôle non destructif des assemblages soudés – Contrôle par ressuage – Niveaux d'acceptation »

EN ISO 11666 : « Contrôle non destructif des assemblages soudés – Contrôle par ressuage – Niveaux d'acceptation »

Voici les assemblages soudés typiques du système NPS® tirés du « Welding Book » Mod. 08.01.07) ; *Tecnostrutture a tabulé* tous les assemblages à l'intérieur du treillis de manière à simplifier le calcul et la production des éléments ; ces informations techniques font partie de son savoir-faire confidentiel.

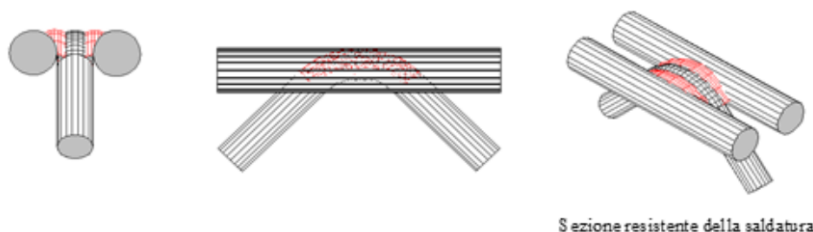


Figure 20. Soudure entre les membrures et les renforts de l'âme pour poutre NPS®

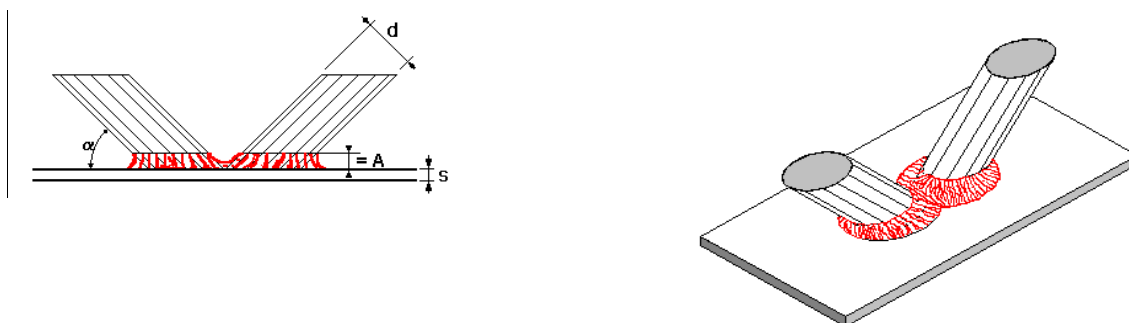


Figure 21. Soudure entre les renforts de l'âme et la plaque de fixation inférieure pour poutre NPS®

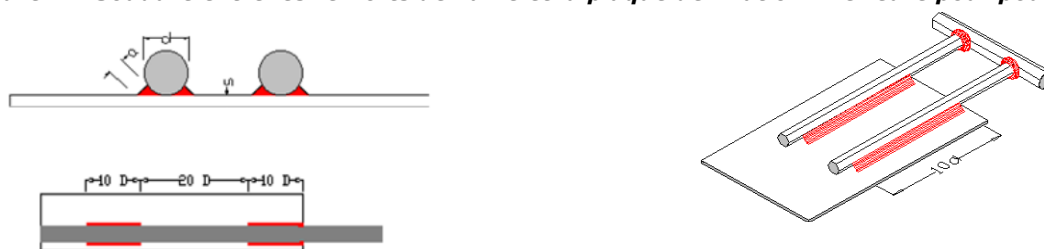


Figure 22. Soudure entre les renforts inférieurs et l'élément d'appui pour poutre NPS®

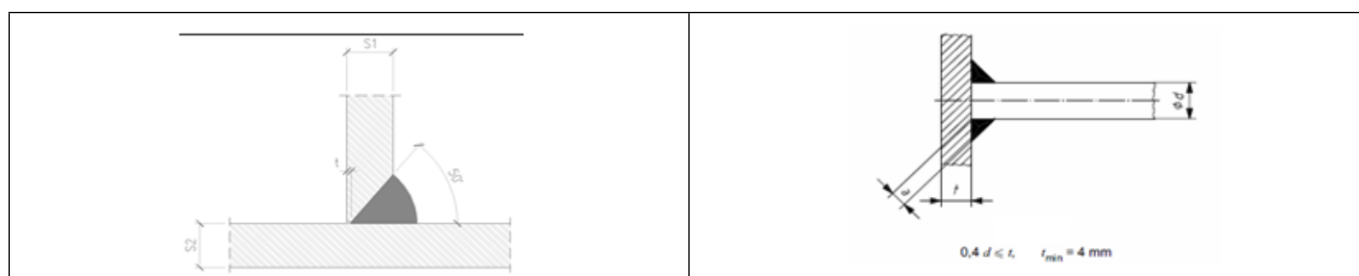


Figure 23. Soudure entre le tuyau et les plaques pour poteau NPS® Slim

2.8.4. Tolérance et inspections finales du produit fini

2.8.4.1. Inspections du produit fini

Avant la livraison, les produits sont soumis aux inspections et contrôles suivants de la part du fabricant :

- contrôle dimensionnel des formes, avec des tolérances conformes à la norme EN 1090-2 ;
- contrôles du soudage (conformément aux exigences précédentes) ;
- contrôle de la documentation ;
- contrôle des références et reconnaissance des produits ;

Tolérance

Le tableau suivant présente les tolérances dimensionnelles d'acceptation pour les différents composants de la poutre (conformément à la norme UNI EN 1090-2). Le niveau d'acceptation en termes de tolérance est appelé « Essentiel » selon la définition de la norme EN 1090-2 Appendix b.

Si l'indication de l'élément ne relève pas des registres prévus par le règlement de référence, il convient de mentionner le règlement le plus proche.

PLAT INFÉRIEUR (bxsp)xL	LONGUEUR	Voir dessin en perspective 1 par. 4.1 UNI EN ISO 13920 (CL C)
	FIXATIONS	$\Delta = \pm L/500$ avec $ \Delta I \geq 12$ mm
	LARGEUR	$\Delta = -b/100$
	ÉPAISSEUR	Conformément au dessin technique
	DÉF. LOCALE	$\Delta = \pm b/100$
	ONDULATIONS	$\Delta = \pm b/100$
	ÉPAISSEUR	$\Delta = \pm L/750$
BARRES SUPÉRIEURES	LONGUEUR	Voir dessin en perspective 1 par. 4.1 UNI EN ISO 13920 (CL C)
	DIMENSION	Conformément au dessin technique
BARRES INFÉRIEURES	LONGUEUR	Voir dessin en perspective 1 par. 4.1 UNI EN ISO 13920 (CL C)
	DIMENSION	Conformément au dessin technique
DISPOSITIFS DE SUPPORT	LONGUEUR	$\Delta = \pm 3$ mm
	DIMENSION	Conformément au dessin technique
	PROTRUSION Rh	$\Delta = \pm 3$ mm
	PROTRUSION Lh	$\Delta = \pm 3$ mm
POUTRES COURTES	LONGUEUR	Voir dessin en perspective 1 par. 4.1 UNI EN ISO 13920 (CL C)
	DIMENSION	Conformément au dessin technique
ÂMES	HAUTEURS DES ÂMES	$\Delta = \pm L/750$
	PAS DES ÂMES	Voir dessin en perspective 1 par. 4.1 UNI EN ISO 13920 (CL C)
	DIMENSIONS mm	Conformément au dessin technique
CONTRAINTES	DIMENSIONS	Conformément au dessin technique
TIGES	DIMENSIONS	Conformément au dessin technique
POUTRE	HAUTEUR	$\Delta = -h/50$
	ORTHOGONALITÉ	$\Delta = \pm h/200$ avec $ \Delta I \geq Tw$ (Sp)
	LONGUEUR	Voir dessin en perspective 1 par. 4.1 UNI EN ISO 13920 (CL C)
HALFEN ET ACCESSOIRES	POSITIONNEMENT mm	+/- 5
CÔTÉS	HAUTEUR	$\Delta = -h/50$
	LONGUEUR	Voir dessin en perspective 1 par. 4.1 UNI EN ISO 13920 (CL C)
TROUS, COUPES	POSITION mm	+/- 5
TUYAUX POUR PARAPETS	POSITION mm	+/- 5

Avant la livraison, les fabricants doivent demander au personnel technique autorisé de vérifier que la documentation relative à la poutre est complète et conforme aux exigences inhérentes aux présentes INSTRUCTIONS DE PRODUCTION du Système NPS® et aux réglementations techniques et juridiques en vigueur.

Les éléments NPS® doivent être clairement et visiblement identifiés au moyen de signes fournis par Tecnostrutture. L'étiquette contient des informations relatives au produit individuel.

2.9. Mention des justificatifs

2.9.1. Résultats expérimentaux

Internal Report about the Research activity carried out between 2005 and 2009 on: "The constructive technique based on composite steel truss and concrete beams", Prof. Eng. Roberto Scotta, University of PADUA, December 2010

- **Objectif** : Étudier le comportement structural des poutres composites en acier et béton.
- **Contexte** : Recherche menée entre 2005 et 2009 par l'Université de Padoue.
- **Essais expérimentaux** :
 - **Flexion et cisaillement** : Tests sur poutres traditionnelles Composite Steel and Truss Concrete et poutres avec base en béton préfabriqué.
- **Conclusions**
 - **Fiabilité** : Les poutres CSTC montrent une grande fiabilité et une bonne collaboration entre l'acier et le béton.
 - **Recommandations** : Utilisation des méthodes de calcul standard pour les structures en acier et béton.

Internal Report on the investigation on "Hysteretic behavior of beam column assemblies with steel truss and concrete composite beams for seismic resistant frames", Prof. Eng. Roberto Scotta, University of PADUA, May 2011

- **Objectif** : Étudier le comportement hystérétique des assemblages poteau-poutre utilisant des poutres mixtes en acier et béton pour les portiques résistants aux séismes.
- **Conclusions** :
 - Les assemblages étudiés ont montré une ductilité et une résistance adéquates comparables aux assemblages en béton armé standard.

Composite steel truss and concrete beams and beam-column joints for seismic resistant frames, Leopoldo TESSER, University of PADUA, February 2009

- **Objectif** : Étudier les poutres mixtes en treillis d'acier et béton et les jonctions poteau-poutre pour structures parasismiques.
- **Essais expérimentaux** : Réalisation de tests sur différents types de poutres mixtes acier-béton pour vérifier les modèles théoriques
- **Analyses Numériques** : Utilisation de modèles 2D et 3D pour évaluer les performances des nœuds poteau-poutre.
- **Conclusions** : Confirmation de l'efficacité des poutres mixtes et des nœuds poteau-poutre développés.

Internal Report on the investigation "Experimental behavior of NPS® beam-column joints", P.M. Calvi, J.A. Albright, University of Washington, 2020

- **Objectif** : Étudier la réponse des portiques parasismiques assemblés avec les poutres NPS® et les poteaux NPS® Slim par des essais cycliques à échelle réelle et analyses numériques.
- **Conclusions** :
 - Les portiques parasismiques assemblés avec les éléments du système NPS® permettent des déplacements latéraux et présentent une ductilité comparable ou supérieure à celle des portiques en béton.
 - Les portiques parasismiques NPS® peut être vérifiés conformément aux règles et prescriptions de la norme NF EN 1998-1 et son Annexe Nationale.

Internal Report on the investigation "NPS_joints_report_October28_2025", P.M. Calvi, University of Washington, 2025

- **Objectif** : Étudier la réponse des portiques parasismiques assemblés avec les poutres NPS® et les poteaux NPS® Slim avec des sections transversales différentes par des analyses numériques.
- **Conclusions** :
 - La réponse des portiques parasismiques n'est pas déterminée par la forme du poteau.
 - Les portiques parasismiques NPS® peuvent être vérifiés conformément aux règles et prescriptions de la norme NF EN 1998-1 et son Annexe Nationale.

Fire resistance assessment for composite steel-concrete structures called NPS system by Tecnostrutture, FSC Engineering SRL, July 2020

- **Objectif** : **Évaluation de la résistance au feu** des éléments porteurs préfabriqués fabriqués par Tecnostrutture S.r.l.
- **Conclusions** :
 - Les méthodes de conception de la résistance au feu proposées pour les poutres NPS® Basic et NPS® Cls sont conformes aux normes NF EN 1992-1-2 et NF EN 1994-1.2 et leurs Annexes Nationales.
 - Pour les poteaux NPS® Slim, les méthodes analytiques simplifiées et avancées indiquées sont conformes aux normes NF EN 1994-1.2 et son Annexe Nationale.

Internal report on the investigation "Esecuzione di prove sperimentali su 33 provini NPS" (EUC062/2021E), EUCENTRE, Pavia (Italie), 2021

- **Objectif : Évaluation de la connexion entre le treillis en acier et le béton** créée par les nœuds avec l'exécution des essais expérimentaux de type push-out.
- **Conclusions :**
 - La connexion créée au niveau des nœuds du treillis peut être classifiée comme ductile, conformément à l'Annexe B de la norme NF EN 1994-1-1 et son Annexe Nationale.
 - Le comportement ductile de la connexion est une condition essentielle pour vérifier la poutre mixte en flexion en tenant compte de l'interaction totale selon § 6.2.1.2 de la NF EN 1994-1-1 et son Annexe Nationale.

Environmental Product Declaration

- https://www.tecnostrutture.eu/files/allegati-prodotti/epd-nps-basic_75788.pdf
- https://www.tecnostrutture.eu/download_public.php?data=YToxOntzOjM6InVyYbCI7czo0NzoiL2ZpbGVzL2FsbGVnYXRpLXB5b2RvdHRpL2VwZC1ucHMtcGR0aV85NDQ3OC5wZGYiO30=

2.9.2. Références chantiers

Année	Client / Chantier	Type de construction	Quantité
Octobre 2024	Hotel La Clef Des Champs / HOTEL LA CLEF DES CHAMPS, MORZINE	Hotel La Clef des Champs	15 m Poutres NPS® Basic
Juin 2024	J.S. CARDONE / ECOLE JOLIE MANON, MARSEILLE	Ecole Jolie Manon	90 m Poutres NPS® Basic
Juillet 2022	Mairie de Paris / ILOT SAINT- GERMAIN, PARIS	Réhabilitation et restructuration en logements et équipements des bâtiments dit 10, 100, et 200 de l'Ilot Saint-Germain (Gymnase)	470,35 ml Poutres NPS® BASIC
Juin 2022	OPPIC / LA VILLETTE, PARIS	Construction d'un bâtiment d'exploitation	Fourniture Poutres 399,70 ml Fourniture Poteaux 7,78 ml
Juin 2022	S.A.R.L. RIGEL D'ORION / VILLA RIGEL D'ORION, ÈZE	Construction d'une villa individuelle avec garage et piscine	Poutres NPS® BASIC : 48,30 ml
Septembre 2021	IMMOBILIERE VERDUN / HOTEL PLAZA, NICE	Projet de Réhabilitation Hôtel PLAZA	Poutres NPS® BASIC : 305,43 ml

2.10. Annexe du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre

Annexe 1 – Plan de production et d'assurance qualité

Produit : Poutres NPS® Basic / CIs et poteaux NPS® Slim

PHASE		DOCUMENT	ADRESSE DU SITE	CONTRÔLE	MOYENS DE CONTRÔLE	FRÉQUENCE DES CONTRÔLES	TOLÉRANCE	RESPONSABLE DU CONTRÔLE	DOCUMENT PRODUIT
PARTIE EN ACIER DU SYSTÈME NPS®	1a	P08040100 « Acceptation d'achat »	Via Volta 36, 30020 Noventa di Piave (VE) Italie	Contrôles à la réception	Mod. 08.04.02	Chaque Arrivage	Mod. 08.04.02	Responsable de la production	Mod. 08.04.02
	1b	P08040100 « Acceptation d'achat »		Identification des matières premières pour les pièces en acier	Contrôle visuel	Chaque fourniture, 100 % des matières premières	UNI EN 10025	Responsable de la production	Registre acier Mod. 08.04.05 (interne)
	1c				Contrôle documentaire pour tous les produits conformément à la norme UNI EN 10025 (certificat 3.1 présent)				
	1d	P08010000 « Gestion Production »	Via Volta 36, 30020 Noventa di Piave (VE) Italie	Opérations de coupe	Contrôle visuel	100 % des produits	Mod. 08.01.02	Opérateur	Liste de production et schémas officiels Mod. 08.03.06/07 (interne)
	1e			Opérations de cambrage					
	1f			Assemblage	Examen visuel et contrôle dimensionnel	3 Prélèvements d'échantillons tous les 90 [tonnes] de fournitures	NTC 2018 EN 10080	Laboratoire officiel	Certificat du laboratoire officiel
	1g			Coupe et cambrage pour B450C	Contrôle en laboratoire				
	1h			Assemblage du B450C	Examen visuel et contrôle dimensionnel	100 % des produits	Mod. 08.01.02	Opérateur	Liste de production et schémas officiels Mod. 08.03.06/07 (interne)

PARTIE EN ACIER DU SYSTÈME NPS®	1i	P08010000 « Gestion Production »	Via Volta 36, 30020 Noventa di Piave (VE) Italie	Contrôle des dimensions et de la configuration des soudures	Contrôle visuel	Conformément au tabl. 24 EN 1090-2	UNI EN ISO 5817	Opérateur qualifié de niveau 2 selon la norme UNI EN 9712	Certificat officiel Mod. 08.01.04 et Mod. 08.01.05
	1l			Contrôle des pièces soudées	Contrôle non destructif (MT)	Conformément au tabl. 24 EN 1090-2	UNI EN 23278		
	1m			Vérification de la conformité du produit (correspondance de l'étiquette d'identification)	Contrôle visuel	100 % des produits	-	Responsable de la production	-
COULAGE DE PIÈCES PRÉFABRIQUÉES (SI NÉCESSAIRE)	2a	P08010000 « Gestion Production » IO08011300 « Jets intégrés au CLS »	Via Volta 36, 30020 Noventa di Piave (VE) Italie Béton fourni par un fournisseur qualifié	Préparation du coffrage	Contrôle visuel	Chaque production	Mod. 08.04.02	Opérateur	-
	2b			Coulage de la pièce préfabriquée	Contrôle visuel ; test officiel sur la fourniture en béton à 28 jours	Chaque production : 6 échantillons 150x150x150 de béton pour chaque jour de production pour le même mélange Chaque élément	-	Laboratoire externe Responsable de la production	Registre du béton Mod. 08.04.05 (interne) 08011000 « Acceptation Dimensionnelle Poutre NPS® Cls »
TRANSPORT ET LIVRAISON	3	P08010000 « Gestion Production » P08050500 « Gestion des installations sur les Chantiers »	Via Volta 36, 30020 Noventa di Piave (VE) Italie	Vérification de l'adéquation du transport	Contrôle documentaire et visuel	Chaque livraison	-	Responsable de la production	Document de transport 08011200 DDT

Annexe 2 – Plan d'assurance qualité chantier

Produit : Poutres NPS® Basic / CIs et poteaux NPS® Slim

PHASE	Documentaion de Référence	RESPONSABLE DU CONTRÔLE		PHASE ET CONTRÔLE	MOYENS ET PROCEDURE DE CONTRÔLE	FRÉQUENCE DES CONTRÔLES	TOLÉRANCE	RESPONSABLE DU CONTRÔLE	DOCUMENT PRODUIT
		TECHNICIEN / CLIENT	TECHNICIEN/TECNOSTRUTTURE						
RÉCEPTION DU MATÉRIEL SUR PLACE ET PREMIERS CONTRÔLES	1a	IO 08.05.01 "Instructions de montage des boulons d'ancrage NPS ". Plans de montage officiels	X	Vérification de l'installation correcte des boulons d'ancrage de fondation coulés avant la pose du système Valable pour les poteaux et les poutres en appui sur des structures en place	Vérification des positions des boulons d'ancrage et des attentes prévus dans le projet exécutif : -Contrôle géométrique (diamètre et position) des tiges d'ancrage ; -Vérification géométrique des gabarits de montage ; -Vérification de bon positionnement (par rapport à l'orientation du bâtiment) des gabarits de montage ; -Vérification topographique de positionnement des composants.	Avant de couler le béton, il faut vérifier où se trouvent les tiges d'ancrage ou les boulons qui serviront au montage des produits	EN 1090- 2:2018 Tableau B.20 Tolérances fonctionnelles : No 1, 2, 3, 4, 5	Chef de chantier	Mod. 08.05.03 " " Liste de contrôle pour la pose de goujons".

RÉCEPTION DU MATÉRIEL SUR PLACE ET PREMIERS CONTRÔLES	1b	IO 08.01.01 « Manuel d'instructions du système NPS® pour le montage, la manutention, la pose et le réglage du système »	X	X	Déchargement et empilage correct des objets à assembler dans la zone désignée du site	À l'arrivée du chauffeur, vérifiez que le document de transport correspond au contenu du camion et au planning de livraison défini : Vérification visuelle et documentaire du nom des éléments indiqués dans la fiche. Contrôle visuel de l'intégrité du produit : vérification générale des composants par rapport au plan de fabrication ; vérification de l'absence de dommages dus au transport. Préparation de la zone de dépôt et stockage des produits conformément à la note de service correspondant (uniquement dans le cas où l'installation n'a pas lieu directement sans stockage sur place)	Chaque livraison	-	Chef chantier ouvrier de montage	-
	2	Plans de montage officiels	X		Vérification du niveau d'installation des poteaux	Vérification de l'intégrité des filetages des tiges d'ancrage et de la présence ou de l'absence d'éventuels écrous inférieurs servant à régler la hauteur d'appui du poteau.	Chaque élément	EN 1090-2:2018 Tableau B.20	Chef chantier de	-

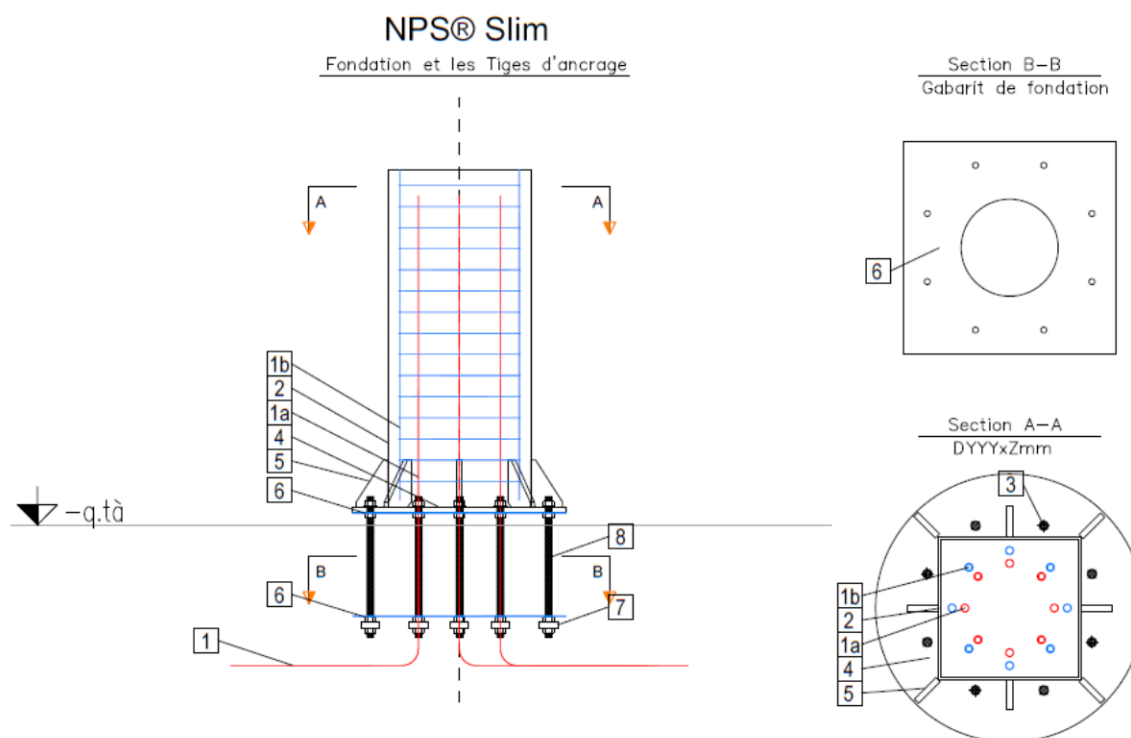
ASSEMBLAGE DES ÉLÉMENTS DU SYSTÈME NPS®	2a	IO 08.01.01 « Notice de montage du système NPS®, la manutention, la pose et le réglage du système » Fiche de montage officielle délivrée par Tecnostruttura srl pour le chantier en question.		X	Assemblage des poteaux et vérification de leur verticalité	Vérifiez que les poteaux sont exactement dans la position officielle de la table ; Vérification de l'orientation du poteau par rapport au bâtiment et au gabarit de montage en fondation ; Vérification par laser ou station trigonométrique de la bonne verticalité des éléments	Chaque élément	EN 1090-2:2018 Tableau B.15 Tolérances : No 1, 5 ; Pour bâtiments à un étage Tableau B.17 No 1, 5 ; Pour bâtiments à plusieurs étages Tableau B.18 No 1, 2 ; B.15 No 1, 2.	Ouvrier de montage	Mod. 08.05.05 "Fiche de contrôle d'assemblage". Partie relative au contrôle des poteaux
				X	Vérification du serrage des écrous au niveau de la fondation ou des étages supérieurs	Serrer jusqu'au refus	Chaque élément	Fermeture manuelle à clé jusqu'au refus	Ouvrier de montage	-
	2b			X	Vérification de la propreté - de la planéité - de la hauteur correcte des surfaces d'appui des poutres NPS®	Contrôle visuel de la surface et de l'altitude par laser ou station trigonométrique	Chaque étage	EN 1090-2:2018 Tableau B.15 Tolérances fonctionnelles : No 3	Ouvrier de montage	Mod. 08.05.05 "Fiche de contrôle d'assemblage". Partie relative au contrôle des poutres
				X	Vérification de la présence d'éventuels étais ou supports provisoires requis par le plan de montage	Vérification des documents	Chaque élément	-	Ouvrier de montage Chef de chantier	

	2c			X	Montage des poutres et vérification de leur position	Vérification de la position correcte par rapport à la conception ; vérification de la distance des poutres par rapport aux alignements adjacents au moyen d'un laser ou d'une station trigonométrique	Chaque étage	EN 1090-2:2018 Tableau B.16 Tolérances fonctionnelles : No 1	Ouvrier de montage	Mod. 08.05.05 "Fiche de contrôle d'assemblage". Partie relative au contrôle des poutres
	2d		X	X	Mise en œuvre du renforcement de la continuité	Vérification de la position correcte de l'armature de continuité par rapport au plan de montage de Tecnostrutture. Vérifiez la position dans la section, le nombre et le type d'armatures supplémentaires nécessaires (barres de ferrailage ou treillis soudés)	Chaque élément	+/-5 mm	Ouvrier de montage	-
L'ASSEMBLAGE D'AUTRES ÉLÉMENTS (PLANCHERS PRÉFABRIQUÉS)	3	Tableau de montage officiel émis par Tecnostrutture srl et le fournisseur de dalles de plancher préfabriquées pour le chantier en question	X		Vérification de la présence d'éventuels étais ou supports provisoires requis par le plan de montage	Vérification des documents	Chaque élément	-	Ouvrier de montage Chef de chantier	-
			X		Installation des dalles de plancher préfabriquées sur les structures NPS® préalablement assemblées	Vérification géométrique de l'étage et des dispositions prévues dans les plans pour la stabilité du plancher en construction.	Chaque étage	-	Chef de chantier	-
			X		Mise en œuvre du renforcement	Vérification de la position correcte de l'armature par rapport au plan de montage de Tecnostrutture. Vérifiez la position dans la section, le nombre et le type d'armatures supplémentaires nécessaires (barres de ferrailage ou treillis soudés)	Chaque élément	+/-5 mm	Ouvrier de montage	-

SCELLEMENT DU PIED DU POTEAU	4	Tableau de montage officiel émis par Tecnostruttura srl et le fournisseur de dalles de plancher préfabriquées pour le chantier en question	X	X	Contrôle de l'étanchéité au niveau des fondations à l'aide d'un mortier à retrait compensé	Contrôle visuel	Chaque élément	-	Chef chantier de	-
CONTRÔLES FINALS	5	-	X	X	Contrôle final de l'assemblage à sec - Dégagement pour l'achèvement de la coulée	Vérification globale des alignements et des positions	Chaque étage	EN 1090-2:2018 Tableau B.15 Tolérances fonctionnelles : No 1, 2	Chef chantier de / de Ouvrier montage	Mod. 08.05.05 "Fiche de contrôle d'assemblage". Partie relative au contrôle de l'ensemble du bâtiment

Annexe 3 – Détails constructifs des poteaux

Détail : Composants des poteaux NPS® Slim



COMPONENTS

- 1) b - Cage d'armature interne
a - Barres d'acier à haute adhérence
- 2) Éléments creux extérieurs en acier
- 3) Boulonnerie
- 4) Platines d'about inférieure en acier
- 5) Renforts/Raidisseurs supplémentaires en acier
- 6) Platines du precision
- 7) Platines d'ancrage
- 8) Tiges d'ancrage

NOTES

-

NPS®SYSTEM by **Tecnostruttura**

TITLE: **Annexe 3.1**
Titre: Détails constructifs des poteaux
DATE: **20.10.2025**
Date:

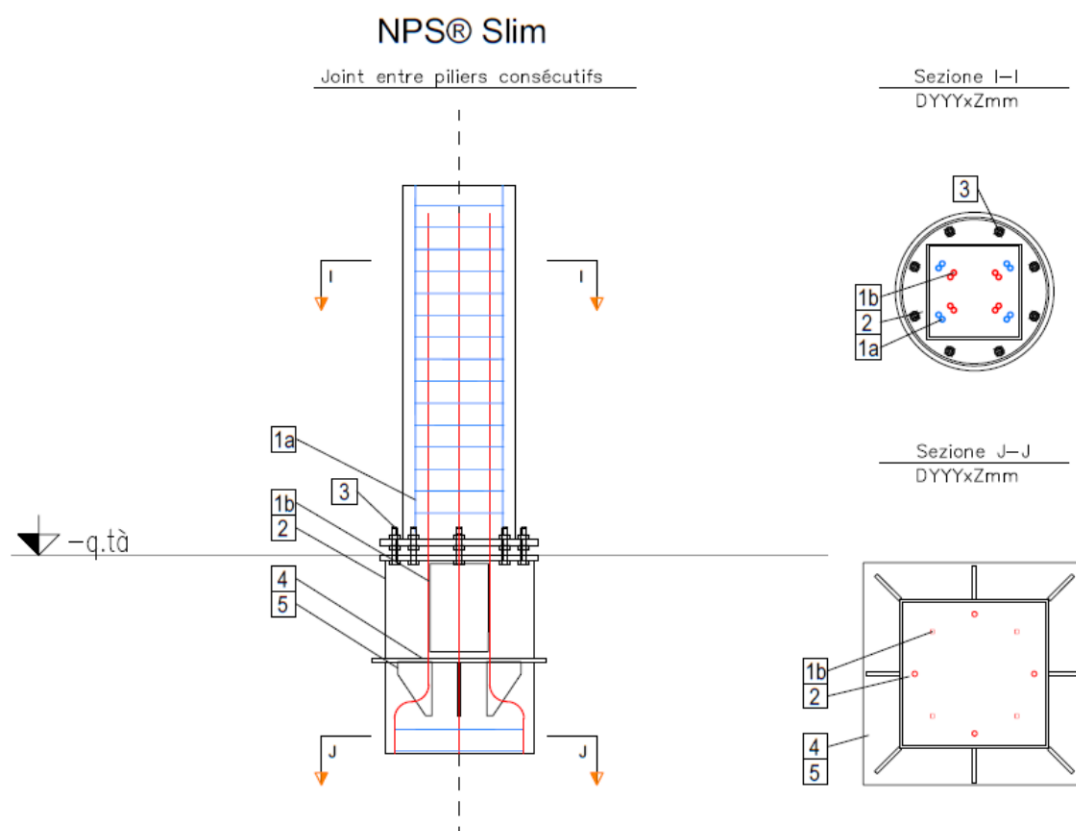
Tecnostruttura srl
Via Antonio Mauro, 26
36020 Novati di Pieve (VI)

Email: info@tecnostruttura.eu
www.tecnostruttura.eu
Tel. +39 0445171976

DRAWING N°: **ATEC_DETAILS**
Draw n°
REV. **A**
Rev.

REPRODUCTION AND DIFFUSION LEGALLY PROHIBITED

Détail : Composants des poteaux NPS® Slim



COMPONENTS

- 1) b - Cage d'armature interne inférieure
 a - Cage d'armature interne supérieure
- 2) Éléments creux extérieurs en acier
- 3) Boulonnerie
- 4) Platines d'about supérieure en acier
- 5) Renforts/Raidisseurs supplémentaires en acier

NOTES

-

NPS®SYSTEM by Tecnostruttura

TITLE: **Annexe 3.2**
Titre: Détails constructifs des poteaux

DATE: **20.10.2025**
Date:

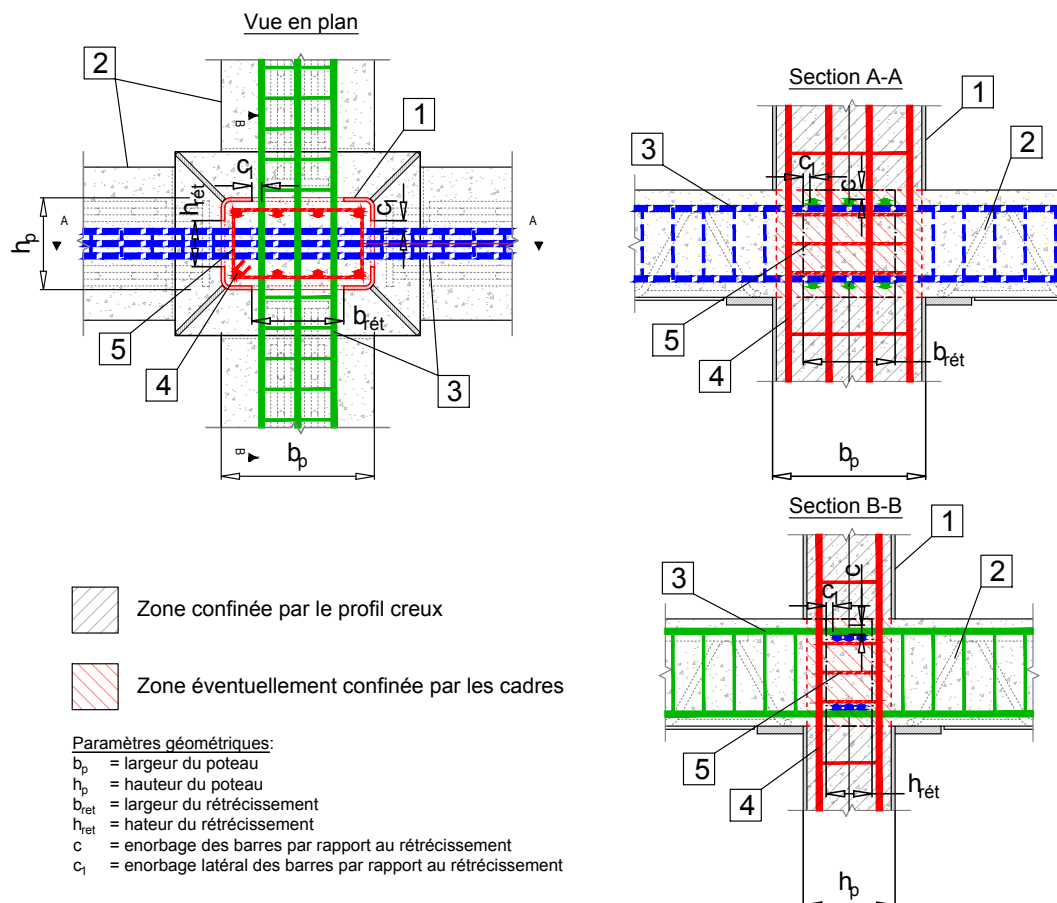
Tecnostruttura srl
Via Androgo Meccè, 26
30020 Novento di Piave (VE)
Email: com@tecnostruttura.eu
www.tecnostruttura.eu
Tel. +39 0421576976

DRAWING N°: **ATEC_DETAILS**
Draw n°:

REV. **A**
Rev.

REPRODUCTION AND DIFFUSION LEGALLY PROHIBITED

Détail: Confinement des poteaux NPS® Slim



COMPONENTS

- 1) Poteau NPS® Slim
- 2) Poutres NPS® Basic
- 3) Assemblages poteau-poutre avec armatures à haute adhérence et cadres de confinement
- 4) Armatures internes du poteau NPS® Slim
- 5) Éventuels cadres supplémentaires de confinement de nœud poteau-poutre

NOTES

Le rétrécissement de la section au niveau de l'assemblage poteau-poutre est contrôlé par les rapports ($b_{rét}/b_p$) et ($h_{rét}/h_p$), qui sont généralement compris entre 0,45÷0,85 et font l'objet d'un calcul spécifique.

NPS SYSTEM by **Tecnostruttura**

TITLE: **Annexe 3.3**
 Détails constructifs des poteaux

DATE: **09.06.2026**

Tecnostruttura srl
 Via Antonio Meucci, 26
 30020 Noventa di Piave (VE)

E mail: com@tecnostruttura.eu
www.tecnostruttura.eu
 Tel. +39 0421570970

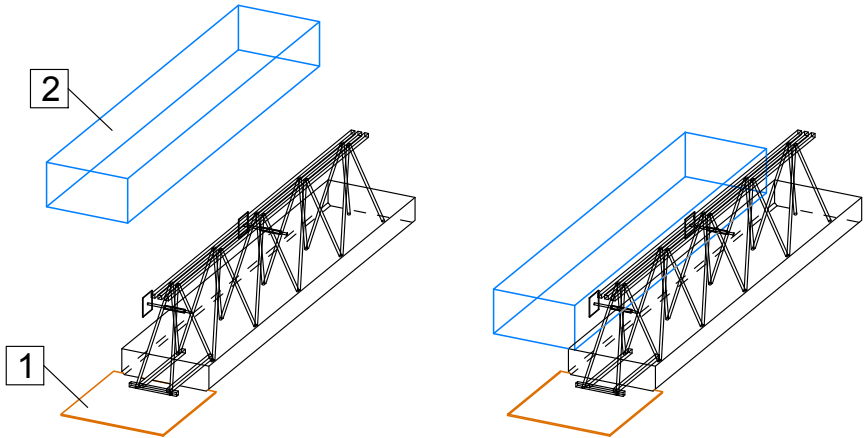
DRAWING N°: **ATEC_DETAILS**
 Draw n°

REV. **A**

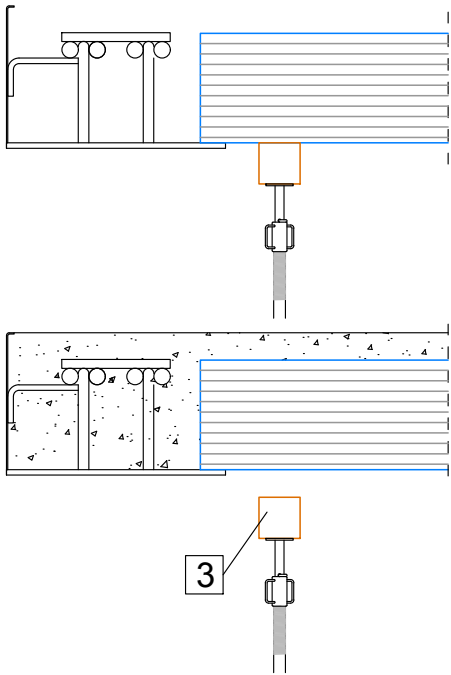
REPRODUCTION AND DIFFUSION LEGALLY PROHIBITED

Annexe 4 – Détails constructifs des poutres

Détail: Détails constructifs des poutresNPS®



Stabilité par des étais provisoires



COMPONENTS

- 1) Support
- 2) Dalles préfabriquées
- 3) Etais provisoires

NOTES

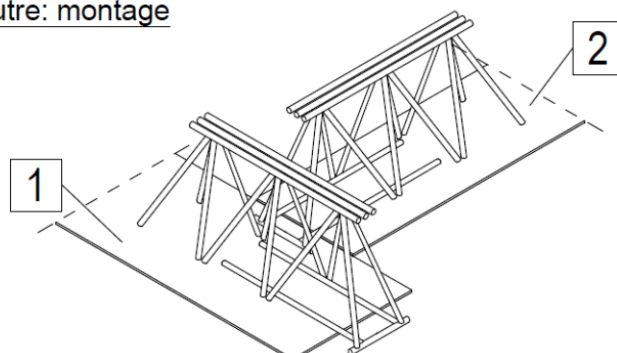
-

NPS SYSTEM by **Tecnostrutture**

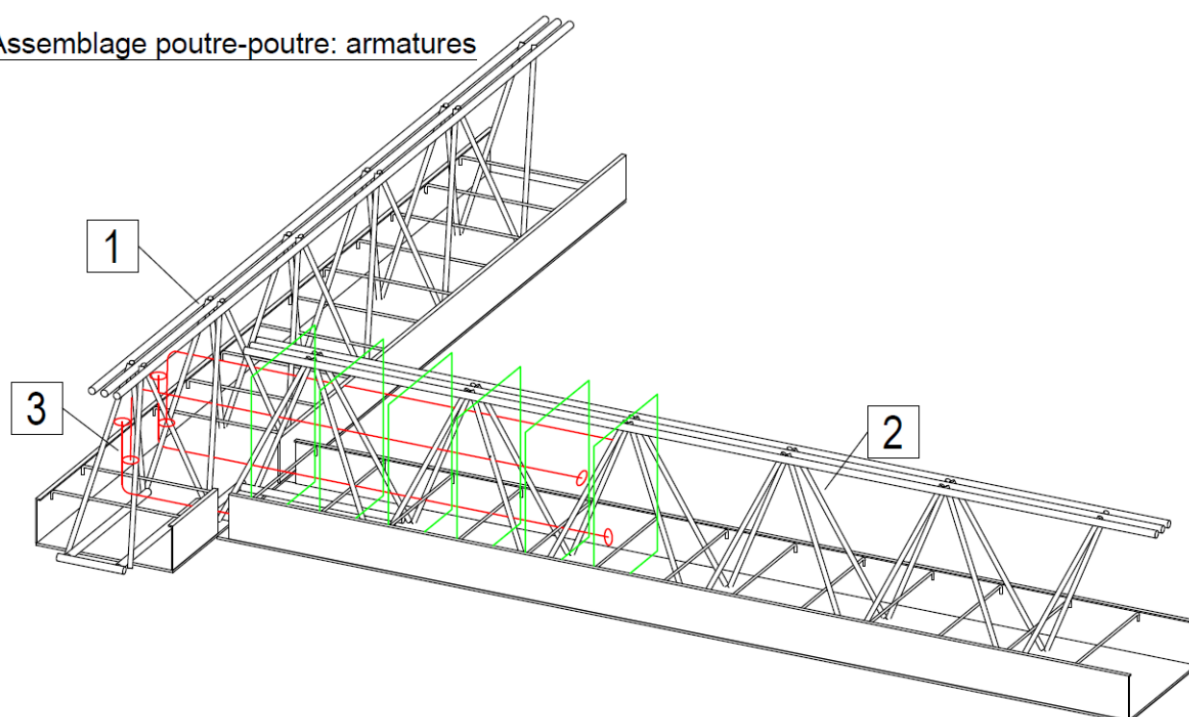
TITLE: <i>Title</i>	Annexe 4.1 Détails constructifs des poutres	DRAWING N°: <i>Draw n°</i>	ATEC_DETAILS
DATE <i>Date</i>	20.10.2025	REV. <i>Rev.</i>	A
Tecnostrutture srl Via Antonio Meucci, 26 30020 Noventa di Piave (VE)		E mail: com@tecnostrutture.eu www.tecnostrutture.eu Tel. +39 0421510970	
REPRODUCTION AND DIFFUSION LEGALLY PROHIBITED			

Détail : Détails constructifs des poutres NPS®

Assemblage poutre-poutre: montage



Assemblage poutre-poutre: armatures



COMPONENTS

- 1) Poutre principale
- 2) Poutre secondaire
- 3) Détail typique « poutre sur poutre » des armatures

NOTES

-

NPS®SYSTEM by Tecnostrutture

TITLE:

Annexe 4.2
Détails constructifs des poutres

DATE

20.10.2025

Tecnostrutture srl
Via Antonio Meucci, 26
30020 Noventa di Piave (VE)

E mail: com@tecnostrutture.eu
www.tecnostrutture.eu
Tel. +39 0421570970

DRAWING N°:
Draw n°

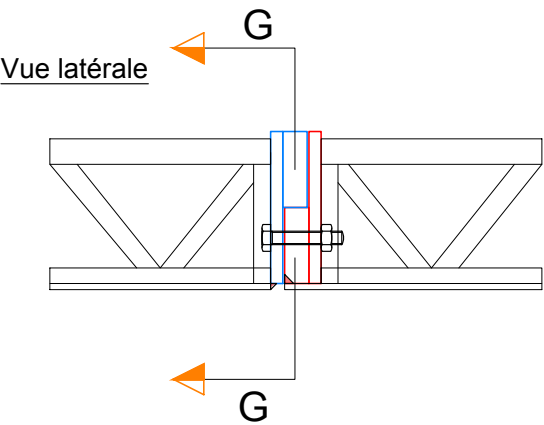
ATEC_DETAILS

REV.
Rev.

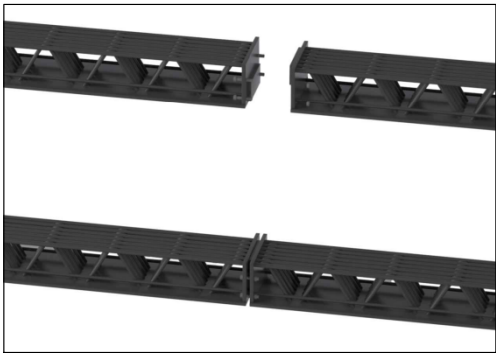
A

REPRODUCTION AND DIFFUSION LEGALLY PROHIBITED

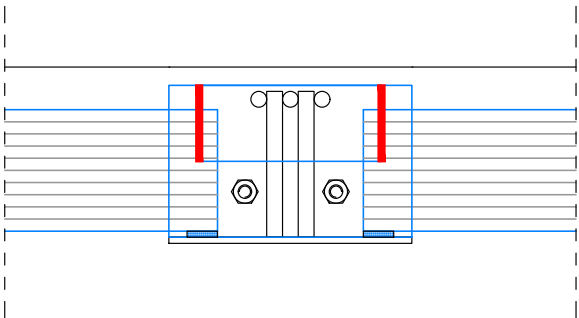
Détail: Détails constructifs des poutresNPS®



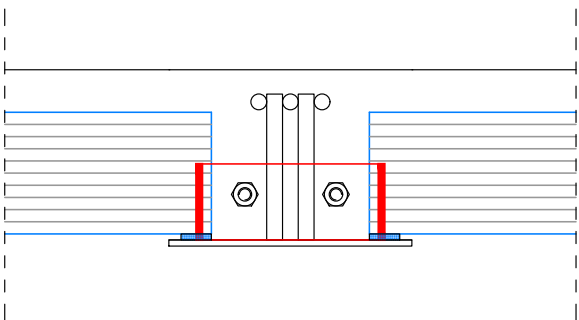
Vue axonométrique



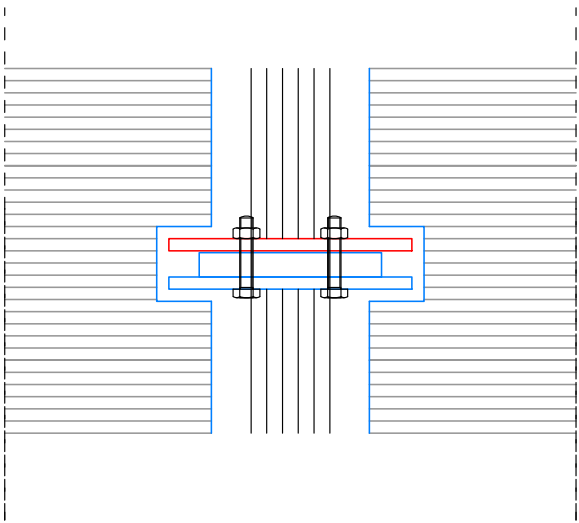
Section G-G



Section G-G



Vue en plan



COMPOSENTS

-

NOTES

-

NPS SYSTEM by **Tecnostrutture**

TITLE:

Title

Annexe 4.3
Détails constructifs des poutres

DATE

Date

20.10.2025

Tecnostrutture srl
Via Antonio Meucci, 26
30020 Noventa di Piave (VE)

E mail: com@tecnostrutture.eu
www.tecnostrutture.eu
Tel. +39 0421570970

DRAWING N°:

Draw n°

ATEC_DETAILS

REV.

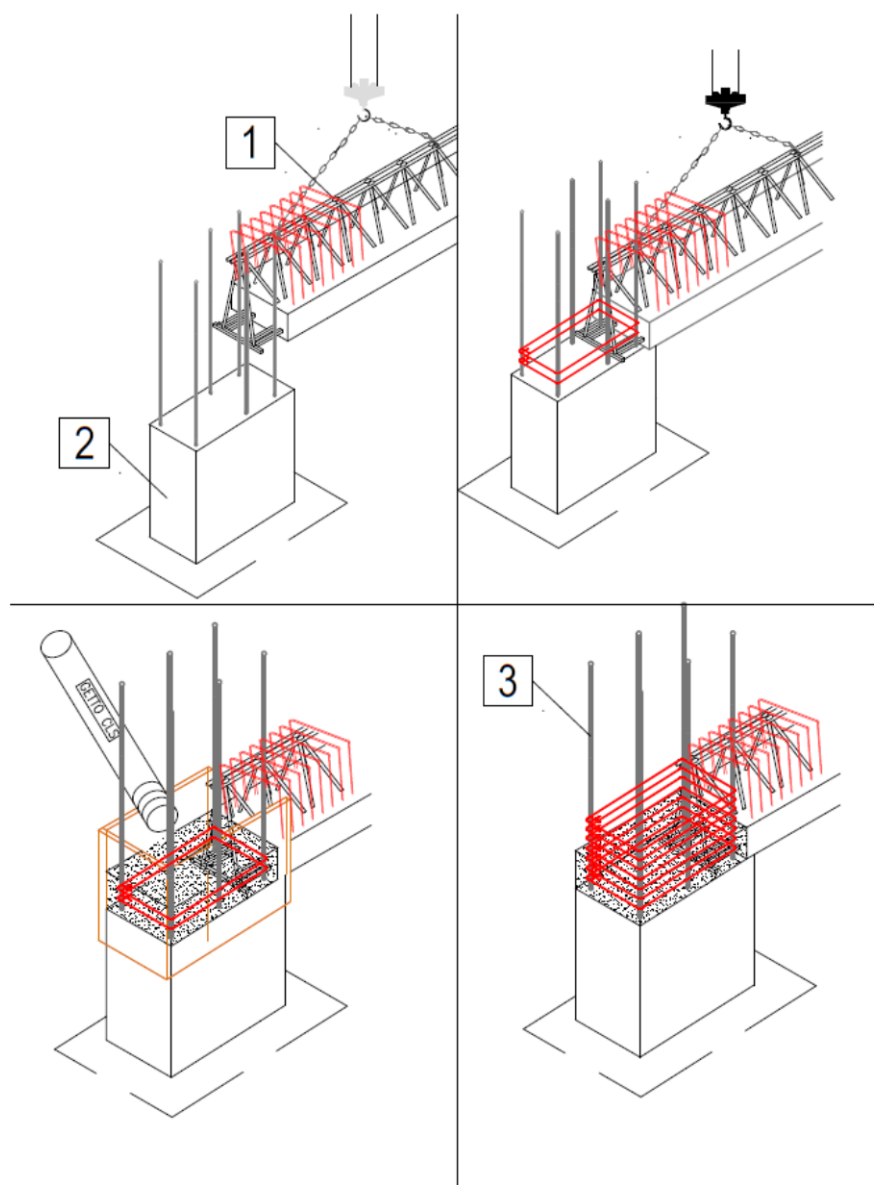
Rev.

A

REPRODUCTION AND DIFFUSION LEGALLY PROHIBITED

Annexe 5 – Détails constructifs

Détail : Détails constructifs d'assemblage NPS®



COMPONENTS

- 1) Poutres NPS®
- 2) Coulé sur place
- 3) Barres d'acier à haute adhérence

NOTES

-

NPS®SYSTEM by Tecnostrutture

TITLE: **Annexe 5.1**
Titre: Détails constructifs

DATE: **20.10.2025**
Data:

Tecnostrutture srl
Via Antonio Meucci, 26
30020 Novanta di Piave (VE)

Email: info@tecnostutture.eu
www.tecnostutture.eu
Tel. +39 0421510970

DRAWING N°: **ATEC_DETAILS**
Draw n°

REV. **A**
Rev.

REPRODUCTION AND DIFFUSION LEGALLY PROHIBITED