



Sous la direction
de Patrick Le Chaffotec

GUIDE d'ÉLABORATION d'un CCTP

relatif au lot « structure en acier » de bâtiments
ou installations industrielles courants

travaux neufs



Sous la direction de
Patrick Le Chaffotec

Bruno Chabrolin, directeur du
transfert des connaissances,
CTICM

Jacques Faure, ex directeur
scientifique et technique d'Ingerop

Patrick Le Chaffotec, DGA et
directeur des opérations, CTICM

Pierre Maitre, ingénieur consultant,
président de la Commission de
normalisation de la construction
métallique et mixte (CNC2M)

GUIDE d'ÉLABORATION d'un CCTP

relatif au lot « structure en acier » de bâtiments
ou installations industrielles courants

travaux neufs

Photo de couverture : Pôle culturel de Saint-Malo. © SMB/Willy Berré

Le Code de la propriété intellectuelle et artistique n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article L.122-5, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article L. 122-4). « Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

Il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement la présente publication sans autorisation du Centre Français d'exploitation du droit de Copie (CFC - 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris. Tél. : 01 44 07 47 70, Fax : 01 46 34 67 19).

Édition 2015

Isbn : 978-2-902720-46-0

AVANT-PROPOS – DOMAINE d'APPLICATION

Le présent document s'inscrit dans le contexte de marchés de construction de bâtiments ou installations industrielles courants. Il est utilisable aussi bien dans le cadre d'un marché privé que d'un marché public¹ relatif à des constructions neuves ; le cas des interventions sur existants n'est pas formellement couvert. L'objet du présent document est de donner au maître d'œuvre en charge de la réalisation d'un ouvrage neuf de structure en acier² les principales indications nécessaires à la rédaction cohérente du cahier des clauses techniques particulières relatif à ce lot, par référence aux règles et normes en vigueur.

Ces normes en vigueur sont désormais les normes européennes (et leur transposition nationale) en matière de conception-calcul (le corpus des Eurocodes) et d'exécution (les normes EN 1090). Le présent guide est apparu utile pour accompagner la prise en compte de ce nouveau référentiel dont l'appropriation est encore en cours et qui laisse au maître d'œuvre, davantage d'initiative que par le passé, notamment en l'appelant à spécifier des choix parmi différentes options possibles.

Le document est également destiné aux entreprises de construction métallique pour leur permettre de détecter les écarts entre les niveaux de prescription fournis et ceux qui pourraient être attendus, et d'en tenir compte, le cas échéant, dans l'élaboration de leur offre.

Compte tenu de la multiplicité des cas de figures possibles, ce document ne peut pas être exhaustif et chaque maître d'œuvre devra être attentif aux particularités de son projet, pour adapter le CCTP en conséquence et apporter aux indications qui suivent les compléments éventuels indispensables aux spécifications des cas d'espèce non couverts ici.

Notamment, les ouvrages exceptionnels, par leurs dimensions inhabituelles, par une conception particulièrement innovante ou une architecture complexe, par la nécessité de prendre en compte des actions spécifiques ou une durée de vie de projet supérieure à 50 ans, demandent des prescriptions additionnelles.

À l'inverse, le guide passe en revue méthodique un grand nombre de sujets qui ne sont généralement pas tous simultanément pertinents pour un projet donné, ce qui

1) L'arrêté du 30 mai 2012 supprime toute référence au CCTG pour les marchés publics de bâtiment.

2) Dans le document, le lot « structure en acier » pourra également être désigné par les expressions « lot construction métallique » ou « lot CM ».

conduira à ne retenir qu'une partie des recommandations émises pour les ouvrages les plus courants.

S'agissant d'ouvrages de bâtiment courants, il est supposé que les produits de construction utilisés pour constituer les structures visées sont également des produits courants ; pour plus de précision à cet égard, on se reportera au paragraphe 4.5.1. Plus généralement, le domaine d'application du guide a été limité de sorte que les recommandations qui y sont contenues permettent au prescripteur d'établir un CCTP suffisamment clair pour que la norme NF EN 1090-2 relative à l'exécution des structures en acier soit appliquée sans ambiguïté, et sans nécessité de rechercher des informations complémentaires (tableau A1 de la norme).

Le lot CM peut inclure la réalisation d'ouvrages ou parties d'ouvrage mixtes acier-béton. Dans cette première édition, le présent guide ne donne pas d'indications détaillées sur le contenu d'un CCTP visant de tels ouvrages ou parties d'ouvrage.

Le domaine d'application visé ici est celui du DTU 32-1 d'octobre 2009. Le contexte contractuel supposé est celui dans lequel il existe un maître d'œuvre (situation de l'appel d'offres sur performances exclue), et où il existe un lot « **structure en acier** ». Un schéma organisationnel compatible avec le DTU 32-1 et adapté au contexte contractuel visé est donné au chapitre 8 du guide.

Les aspects visés par le présent document sont exclusivement : la solidité à froid, le comportement lors d'un incendie et la durabilité des structures en acier. Ne sont notamment pas traités explicitement : les aspects liés à la sécurité des personnes ainsi qu'à l'utilisation durable des ressources naturelles, sauf quelques sujets très spécifiques cités dans la suite du document. Il va de soi que toutes les règles et normes traitant de ces aspects doivent être respectées dès lors qu'elles concernent l'opération de construction réalisée.

Le principe de présentation de ce guide est de décliner les différents chapitres dont peut être constitué un CCTP cohérent. Dans chacun des chapitres et paragraphes, de nombreuses informations sont fournies, parmi lesquelles sont identifiées :

- des **prescriptions** ou des **recommandations** libellées sous la forme « **il appartient au CCTP de...** », ou « **le CCTP doit...** » ou encore « **il est recommandé de...** »
- *des commentaires explicatifs sous forme de* **Note** .

Dans le présent guide, lorsqu'est utilisée l'expression « annexe nationale » à une partie d'Eurocode, ou l'abréviation AN, l'une et l'autre désignent l'annexe nationale française.

Sommaire

AVANT-PROPOS – DOMAINE d'APPLICATION.....	3
1 - OBJET.....	9
2 - DOCUMENTS de RÉFÉRENCE	11
2.1 Documents spécifiques au projet.....	11
2.2. Documents réglementaires.....	11
2.2.1 Concernant la conception et le calcul des structures en acier :	11
2.2.2 Concernant la résistance au feu des structures en acier	12
2.2.3 Concernant le respect de l'environnement	13
2.3 Normes NF.....	13
2.3.1 Concernant la conception-calcul et l'exécution des structures en acier :	13
2.3.2 Concernant le traitement de protection contre l'incendie des structures en acier	17
2.3.3 Concernant la protection anticorrosion des structures en acier	18
2.4 Recommandations d'application des Eurocodes à la construction métallique	18
2.5 Autres documents de référence.....	18
3 - DESCRIPTION DES TRAVAUX À RÉALISER & DONNÉES GÉNÉRALES.....	21
3.1 Destination et description générale des ouvrages.....	21
3.2 Stratégie de la fiabilité - données générales	21
3.2.1 Durée d'utilisation de projet	21
3.2.2 Gestion de la fiabilité	22
3.2.3 Risque sismique – Catégorie d'importance – Classe de ductilité	24
3.2.4 Sécurité vis-à-vis de l'incendie.....	26
3.2.5 Protection anticorrosion	29
3.2.5.1 Protection par peinture – lot séparé	29
3.2.5.2 Protection par peinture – intégrée au lot CM.....	29
3.2.5.3 Protection par galvanisation à chaud.....	30
3.2.6 Robustesse	30
3.3 Missions du titulaire du lot « structure en acier » - Livrables	31

4 - CONCEPTION & ÉTUDES	35
4.1 Conception générale des ouvrages	35
4.1.1 Données de base du projet (DCE)	35
4.1.2 Conception retenue pour le DCE – Fournitures à la charge du lot structure en acier	36
4.1.3 Classes d'exécution	39
4.2 Interfaces	39
4.2.1 Interface avec les parois	40
4.2.1.1 Mobilisation de la résistance des parois portées dans leur plan	40
4.2.1.2 Adéquation des liaisons structure / parois au comportement de la structure	41
4.2.2 Interfaces avec les fondations et les ouvrages en béton armé / maçonnerie	41
4.2.3 Interfaces avec les équipements portés	42
4.2.4 Interfaces avec les avoisinants	42
4.3 Actions	43
4.3.1 Actions permanentes	43
4.3.1.1 Généralités – Poids propres	43
4.3.1.2 Mouvements d'appuis	44
4.3.1.3 Précontrainte	44
4.3.2 Charges d'exploitation	44
4.3.2.1 Cas des bâtiments résidentiels, sociaux, commerciaux ou administratifs	45
4.3.2.1.1 Charges verticales sur les planchers	45
4.3.2.1.2 Charges verticales en toiture	46
4.3.2.1.3 Charges horizontales sur les garde-corps et les murs de séparation	46
4.3.2.2 Cas des bâtiments industriels	46
4.3.2.2.1 Charges sur les planchers	46
4.3.2.2.2 Charges en toiture	47
4.3.2.2.3 Actions des palans, des ponts roulants et autres équipements de manutention	47
4.3.2.2.4 Charges horizontales sur les garde-corps	48
4.3.3 Neige	48
4.3.4 Vent	49
4.3.5 Givre	51
4.3.6 Accumulation d'eau en toiture	51
4.3.7 Actions thermiques	52
4.3.8 Actions en cours d'exécution	52
4.3.9 Actions accidentelles (hors séisme et incendie)	53
4.3.9.1 Actions accidentelles prévisibles	53
4.3.9.2 Autres actions accidentelles prévisibles	53

4.3.9.3 Actions accidentelles non identifiées	54
4.3.9.4 Recommandations pour la rédaction du CCTP.....	54
4.3.10 Séisme	54
4.4 Combinaisons.....	55
4.5 Conception détaillée	55
4.5.1 Choix des produits de base	56
4.5.1.1 Aciers.....	56
4.5.1.2 Fixations mécaniques	57
4.5.2 Poutres reconstituées soudées (PRS) – hors chemins de roulement (4.5.4).....	59
4.5.3 Poutres-treillis	60
4.5.4 Chemins de roulement	60
4.5.5 Assemblages	62
4.5.6 Pieds de poteau et inserts, ancrages.....	62
4.5.7 Panne de toiture.....	64
4.5.8 Conception de détail en zone sismique.....	64
4.6 Analyse – consistance des calculs.....	64
4.6.1 Analyse globale – stratégie de calcul	64
4.6.2 Vérification de la résistance des éléments.....	65
4.6.3 Vérification de la résistance des assemblages.....	65
4.6.4 Vérification de l'adéquation du calcul ELU au comportement réel de la structure.....	66
4.6.5 États limites de service.....	66
4.6.5.1 Déplacements admissibles à l'ELS.....	66
4.6.5.2 Limitation pour le confort des planchers.....	66
4.6.5.3 Autres cas de charge (machines..).....	66
4.6.6 Fatigue	66
4.6.7 Séisme, choix de la classe de ductilité	67
4.6.8 Incendie.....	67
5 - MATÉRIAUX et PRODUITS.....	69
5.1 Aciers de construction.....	70
5.2 Boulonnerie.....	70
5.3 Produits de soudage.....	71
5.4 Matériaux et produits de protection contre la corrosion et contre l'incendie	71
6 - FABRICATION.....	73
6.1 Soudage.....	74
6.2 Fixations mécaniques.....	75
6.3 Protection anticorrosion.....	75

7 - MONTAGE	77
7.1 Généralités.....	77
7.2 Conditions de chantier	78
7.3 Principe du montage	78
7.4 Méthode de montage du constructeur.....	78
8 - DOSSIER D'EXECUTION de L'OUVRAGE (DEXO).....	81
8.1 Constitution du dossier d'exécution de l'ouvrage	81
8.1.1 Organigramme documentaire du projet.....	81
8.1.2 Modalités de réalisation et de diffusion du dossier	82
8.2 Cahier des charges d'exécution (CCE).....	82
8.2.1 Spécifications initiales de la maîtrise d'œuvre	82
8.2.2 Spécifications complémentaires du constructeur	83
8.2.3 Dossier d'études de l'ouvrage (DEO).....	83
8.2.3.1 Contenu des notes de calculs.....	84
8.2.3.2 Consistance des documents graphiques.....	85
8.2.3.2.1 Plans d'ensemble	85
8.2.3.2.2 Plans d'implantation, ancrages, descentes de charges.....	86
8.2.3.2.3 Plans de détails d'exécution.	86
8.2.3.2.4 Plans de montage.....	87
8.3 Dossier technique du constructeur (DTC).....	88
8.3.1 Dossier qualité – Plan qualité	88
8.3.2 Sécurité en cours de travaux.....	88
8.3.3 Protection de l'environnement.....	88
8.3.4 Dossier d'études d'exécution.....	89
8.3.5 Dossier de fabrication et de montage.....	89
8.3.6 Surveillance des ouvrages construits – Maintenance - Interventions ultérieures.....	89

1 - OBJET

Il convient dans ce premier chapitre de décrire l'objet du CCTP, qui est de transmettre aux entreprises devant bâtir une offre puis réaliser des travaux, les éléments leur permettant d'acquérir une bonne connaissance de la constitution et de la conception des ouvrages tels qu'ils ont été préalablement définis en avant-projet, ainsi que des exigences qu'elles devront respecter dans la réalisation des prestations qui leurs sont demandées.

Le CCTP n'a pas pour but de réécrire toutes les clauses techniques définies dans les documents de référence énumérés ci-après, mais il permet de signaler aux entrepreneurs les exigences auxquelles ils doivent porter une attention particulière, et/ ou de préciser certains aspects qui nécessitent des compléments d'information ou qui prêtent à interprétation.

Il est recommandé de préciser que, le cas échéant, il appartient aux entrepreneurs de poser les questions ad-hoc sur les éventuels renseignements manquants à une compréhension sans équivoque.

2 - DOCUMENTS de RÉFÉRENCE

2.1 Documents spécifiques au projet

Il convient de fournir ici (ou de renvoyer à) la liste exhaustive des documents constituant le DCE, afin que le constructeur dispose de tous les éléments lui permettant d'apprécier la constitution du projet, les difficultés qui lui sont inhérentes, la composition des autres lots et les interférences organisationnelles ou techniques de ces derniers avec le sien.

Les documents administratifs du projet peuvent définir des exigences à remplir lors de la remise de l'offre, ou définir des critères d'évaluation des offres reçues **auxquels le CCTP peut alors renvoyer**. Suivant la nature et l'importance de l'ouvrage à construire, il peut s'agir :

- de demander la fourniture de documents établissant la qualification de l'entreprise, la certification de son système qualité, la certification de ses produits au travers d'un marquage CE et/ou d'un label de qualité ;
- de demander la fourniture d'un mémoire technique explicitant quelles dispositions seront prises dans le cadre du projet en phases études, fabrication, montage ;
- d'indiquer si et dans quelle mesure la proposition de variantes est acceptée.

2.2. Documents réglementaires

Les textes réglementaires auxquels le **CCTP d'un lot « structure en acier » doit se référer** sont principalement (à défaut d'être explicite, cette référence sera implicite) :

- le règlement produits de construction (RPC) : règlement UE n°305/2011 du Parlement européen et du conseil, daté du 9 mars 2011, établissant des conditions harmonisées de commercialisation pour les produits de construction et abrogeant la directive 89/106/CEE du conseil (DPC).

2.2.1 Concernant la conception et le calcul des structures en acier :

- les communications du Journal officiel de l'Union européenne (JOUE) fixant les dates d'application des normes harmonisées et d'obligation de marquage CE des produits de construction fabriqués suivant ces normes ; et notamment, pour les produits de construction métallique :

- la communication C176 du 19 juin 2012 fixant la date d'obligation de marquage CE des produits mis sur le marché, par référence à la norme EN 1090-1 exécution des structures en acier et des structures en aluminium – Partie 1 : Exigences pour l'évaluation de la conformité des éléments structuraux au 1^{er} juillet 2014;
- les décrets et arrêtés français relatifs à la construction en zone sismique, et notamment :
 - le **décret 2010-1254 du 22 octobre 2010** relatif à la prévention du risque sismique ;
 - le **décret 2010-1255 du 22 octobre 2010** portant délimitation des zones de sismicité du territoire français ;
 - l'**arrêté du 22 octobre 2010** relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal », comprenant :
 - + l'arrêté initial du 22 octobre 2010
 - + l'arrêté modificatif du 19 juillet 2011,
 - + l'arrêté modificatif du 25 octobre 2012,
 - + l'arrêté modificatif du 15 septembre 2014.
 - l'**arrêté du 24 janvier 2011** et son rectificatif fixant les règles parasismiques applicables à certaines installations classées ;
 - **Les plans de prévention des risques sismiques.** Ils viennent compléter la réglementation nationale en affinant à l'échelle d'un territoire la connaissance sur l'aléa (micro-zonage), la vulnérabilité du bâti existant (prescription de diagnostics ou de travaux) et les enjeux. Consulter : www.planseisme.fr et www.developpement-durable.gouv.fr.

Note

pour la justification du comportement lors d'un séisme des éléments non structuraux (ENS) qui pourraient être intégrés aux travaux prescrits, référence est faite au guide « Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti » publié sous l'égide du Ministère de l'Egalité des Territoires et du Logement, et du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie.

Note

l'arrêté du 22 octobre 2010, dans sa version consolidée au 22 septembre 2014 qui tient compte des différents arrêtés modificatifs, renvoie à l'EN-1998-1 ainsi qu'à l'annexe nationale de 2007. Il existe donc un problème de cohérence documentaire entre la réglementation et la normalisation, puisqu'une nouvelle annexe nationale a été publiée en 2013. Ce manque de cohérence n'a pas d'incidence pour le calcul au séisme des structures en acier (voir au § 2.4 ci-après).

2.2.2 Concernant la résistance au feu des structures en acier

- les arrêtés et circulaires français relatifs à la protection des constructions contre l'incendie, et notamment :
 - l'**arrêté du 14 mars 2011** modifiant l'arrêté du 22 mars 2004 modifié relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages, Ministère de l'intérieur ;
 - établissements recevant du public - règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique. **Arrêté du 25 juin 1980 et suivants**, Ministère de l'intérieur ;
 - protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation. **Arrêté du 31 janvier 1986 et suivants**, Ministère de l'intérieur ;

- immeubles de grande hauteur. Code de la construction et de l'habitation. **Arrêté du 18 octobre 1977 et suivants**, Ministère de l'intérieur ;
- installations classées pour la protection de l'environnement. **Loi du 19 juillet 1976**, Ministère de l'environnement ;
- sécurité et santé sur les lieux de travail. **Décret n° 92-332 du 31 mars 1992**, Ministère du travail.

Note *dans le cas des entrepôts couverts (rubrique 1510), référence doit être faite au document AFNOR GA P 92-600 : Ingénierie de la sécurité incendie - Entrepôts - Guide des modalités d'application de l'article 6 - 6^e alinéa de l'arrêté du 5 août 2002 (2009-09-01)*

Note *Un panorama plus complet de la réglementation incendie est disponible dans la Revue construction métallique n°4-2013 : P. Russo - Réglementation sécurité incendie - Résistance au feu dans les bâtiments en France.*

Note *on peut également consulter avec intérêt le site sitesécurité.com.*

2.2.3 Concernant le respect de l'environnement

Malgré l'exclusion générale de ce sujet, mentionnée en avant-propos, il convient de citer néanmoins les derniers textes concernant la déclaration environnementale des produits de construction, dont les dispositions sont entrées en vigueur depuis le 1^{er} janvier 2014 :

- le **décret n° 2013-1264 du 23 décembre 2013**
- son arrêté d'application du 23 décembre 2013.

2.3 Normes NF

Il appartient au CCTP de spécifier les normes que le titulaire du lot « structure en acier » doit appliquer dans le cadre du projet.

Note *La Revue construction métallique éditée par le CTICM publie chaque année (dans son numéro 1) une rubrique « Documents normatifs et recommandations en construction métallique et mixte de bâtiments ». Il est commode de s'y reporter.*

2.3.1 Concernant la conception-calcul et l'exécution des structures en acier :

Dans le cadre général retenu, la clause-type suivante est proposée :

Pour la conception et le calcul des structures en acier, les normes à appliquer sont celles constituant le corpus des Eurocodes, y compris leurs Annexes Nationales françaises, dans leur dernière version parue à la date de signature du marché, incluant leurs amendements et corrigenda publiés. Les normes de référence pour l'exécution (fabrication et montage) des structures en acier sont :

- NF EN 1090-1 ; NF EN 1090-2 et son complément national NF P 22 101-2/CN
- NF DTU 32-1

Les produits de construction utilisés seront conformes aux normes produits référencées dans les différentes normes utilisées du corpus Eurocodes + EN 1090.

Il est possible de préciser la liste des normes du corpus Eurocodes à appliquer dans le cadre du projet. Il convient alors d'être exhaustif.

Note

pour ce faire, on peut utiliser le lien suivant :

www.afnor.org/profils/active/construction/les-eurocodes

Et utiliser l'option « La liste à jour des Eurocodes - téléchargez la liste à jour des Eurocodes ».

La mise à jour est périodique.

On a alors accès à un fichier PDF contenant une série de tableaux du type suivant :

Eurocode 0 – Base de calcul des structures

Titre		Référence	Etat d'avancement
Base de calcul des structures		NF EN 1990	Publiée 2003/03
A1	Annexe A2 : application aux ponts	NF EN 1990/A1	Publiée 2006/07
C1	Corrigendum	EN 1990 : 2002/A1 : 2005/AC : 2008	Intégration programmée
C2	Corrigendum	EN 1990 : 2002/A1 : 2005/AC : 2010	Intégration programmée
AN	Annexe nationale EN 1990	NF EN 1990/NA	Publiée 2011/12 (révision)
AN	Annexe nationale EN 1990/A1	NF EN 1990 / A1 / NA	Publiée 2007/12

Édition octobre 2014

Pour établir une prescription complète quant à l'application des Eurocodes, il convient de **lever toute incertitude quant au statut donné**, dans le cadre du projet, **aux annexes informatives** (laissées comme telles par les annexes nationales), lorsque le contenu de ces annexes est susceptible d'avoir un impact significatif sur le projet. Une annexe informative peut en effet être déclarée applicable ou non applicable. Si rien n'est dit dans le CCTP, le choix d'appliquer ou non une annexe informative est laissé au titulaire du lot.

Un inventaire des annexes des parties les plus utilisées des NF EN 1990 – 1991 – 1993 et 1998, ainsi que de la norme NF EN 1090 est dressé ci-après, avec mention de leur statut dans l'EN et dans l'annexe nationale française (le complément national pour l'EN 1090-2) : ce statut est identifié par les abréviations :

- NOR : l'annexe est normative
- INF : l'annexe est informative
- NA : l'annexe n'est pas applicable

Partie d'Eurocode EN	Annexes	Statut EN	Statut AN/CN	Titre Commentaires éventuels
				Note liste, titre et statut des annexes à fin 2014 - utiliser le lien ci-dessus pour intégrer les éventuelles évolutions
1990 Bases de calcul	A1	NOR	NOR	Application pour les bâtiments
	B	INF	INF	Gestion de la fiabilité structurale pour les constructions
	C	INF	INF	Base pour la méthode des coefficients partiels et l'analyse de la fiabilité
	D	INF	INF	Dimensionnement assisté par l'expérimentation
1991-1-1 CP - charges d'exploitation	A	INF	INF	Tableaux des valeurs nominales des poids volumiques des matériaux de construction et des valeurs nominales des poids volumiques et des angles de talus naturel des matériaux stockés
	B	INF	INF	Barrières de sécurité et garde-corps pour parkings
1991-1-2 Actions feu	A	INF	INF	Courbes paramétrées température/temps
	B	INF	NOR	Actions thermiques pour les éléments extérieurs - Méthode de calcul simplifiée
	C	INF	INF	Feux localisés
	D	INF	INF	Modèles de feu avancés
	E	INF	NA	Densités de charge calorifique
	F	INF	NA	Temps équivalent d'exposition au feu
	G	INF	INF	Facteur de forme
1991-1-3 Actions neige	A	NOR	NOR	Situations de projet et dispositions de charge à utiliser selon les conditions de site
	B	NOR	NOR	Coefficients de forme pour les accumulations exceptionnelles de neige <i>Annexe Nationale - Clause 1.1 (4) : « Lorsque les spécifications particulières du projet individuel prescrivent de considérer le cas B3 des conditions exceptionnelles, elles peuvent faire référence à l'annexe B de la norme. »</i>
	C	INF	INF	Cartes européennes de la charge de neige sur le sol
	D	INF	INF	Ajustement de la charge de neige sur le sol à la période de retour
	E	INF	INF	Poids volumique apparent de la neige
	A	INF	NA	Effets du terrain
1991-1-4 Actions vent	B	INF	NOR	Procédure 1 de détermination du coefficient structural $c_s c_d$
	C	INF	NA	Procédure 2 de détermination du coefficient structural $c_s c_d$
	D	INF	INF	Valeur de $c_s c_d$ pour divers types de constructions
	E	INF	E1 NOR E2 à E4 INF	Détachement tourbillonnaire et instabilités aéroélastiques
	F	INF	INF	Caractéristiques dynamiques des structures
	1991-1-5 Actions thermiques	A	NOR	NOR
B		NOR	NOR	Gradients thermiques pour différentes épaisseurs de revêtement
C		INF	INF	Coefficients de dilatation linéaire
D		INF	INF	Profils de température dans les bâtiments et autres ouvrages
1991-1-6 Actions en cours d'exécution	A	NOR	NOR	Règles complémentaires pour les bâtiments
	B	INF	NA	Actions sur les structures en cours de modification, de reconstruction ou de démolition
1991-1-7 Actions accidentelles	A	INF	INF	Prise en compte à la conception des bâtiments des conséquences d'une défaillance locale due à une cause non spécifiée
	B	INF	INF	Informations sur l'évaluation des risques
	C	INF	INF	Calcul dynamique pour le choc
	D	INF	NA	Explosions intérieures

Partie d'Eurocode EN	Annexes	Statut EN	Statut AN/CN	Titre Commentaires éventuels
<div style="background-color: #2e7d32; color: white; padding: 5px; display: flex; align-items: center;"> <div style="background-color: #fff; color: #2e7d32; padding: 2px 5px; font-weight: bold; margin-right: 5px;">Note</div> liste, titre et statut des annexes à fin 2014 - utiliser le lien ci-dessus pour intégrer les éventuelles évolutions </div>				
1991-3 Actions ponts roulants	A	NOR	NOR	Bases de calcul des structures Articles complémentaires de l'EN 1990 pour les chemins de roulement d'appareils de levage
	B	INF	INF	Recommandations pour la classification des appareils de levage du point de vue de la fatigue
1993-1-1 Règles générales	A	INF	NOR	Facteurs d'interaction k_{ij} - méthode 1
	B	INF	NOR conditions	Facteurs d'interaction k_{ij} - méthode 2
	AB	INF	INF	Dispositions supplémentaires concernant le calcul
	BB	INF	INF	Flambement de composants de structures de bâtiments
	C	NOR	NOR	Sélection de la classe d'exécution
	M		INF	Moment critique de déversement élastique
1993-1-2 Feu	A	NOR	NOR	Ecrouissage de l'acier à température élevée
	B	NOR	NOR	Transfert thermique aux structures extérieures
	C	INF	NOR	Acier inoxydable
	D	INF	NOR	Assemblages
	E	INF	NA	Sections de classe 4
1993-1-3 Éléments formés à froid	A	NOR	NOR	Méthodes d'essai
	B	INF	INF	Durabilité des fixations
	C	INF	INF	Propriétés des sections transversales à paroi mince
	D	INF	INF	Méthode mixte largeur efficace/épaisseur efficace pour les parois en débord
	E	INF	NA	Calcul simplifié des pannes
1993-1-5 Plaques chargées dans leur plan	A	INF	INF	Calcul des contraintes critiques pour les plaques raidies
	B	INF	INF	Éléments non uniformes
	C	INF	INF	Calculs par la méthode des éléments finis
	D	INF	INF	Éléments avec âmes plissées
	E	NOR	NOR	Méthodes alternatives sections efficaces
EN 1993-1-8 Assemblages				Pas d'annexe
EN 1993-6 Chemins de roulement	A	INF	NA	Méthode alternative d'évaluation du déversement
1998-1-1 Séisme Règles générales	A	INF	INF	Spectre de réponse élastique en déplacement
	B	INF	INF	Détermination du déplacement cible pour l'analyse statique non linéaire (en poussée progressive)
	C	NOR	NOR	Dimensionnement des dalles des poutres mixtes acier-béton aux nœuds poteaux-poutres dans les ossatures en portique
1090-1 Exécution Exigences pour évaluation de la conformité	A	INF		Lignes directrices pour la préparation de la spécification de l'élément
	B	INF		Évaluation du contrôle de production en usine
	ZA	INF		Articles de la présente norme européenne concernant les dispositions de la directive UE sur les produits de construction (DPC)

Partie d'Eurocode EN	Annexes	Statut EN	Statut AN/CN	Titre Commentaires éventuels
				Note liste, titre et statut des annexes à fin 2014 - utiliser le lien ci-dessus pour intégrer les éventuelles évolutions
1090-2 Exécution Acier	A	NOR	NOR	Informations supplémentaires, liste des options et exigences relatives aux classes d'exécution
	B	INF	NOR	Guide pour la détermination des classes d'exécution
	C	INF	INF	Liste de contrôle du contenu d'un plan qualité
	D	NOR	NOR	Tolérances géométriques
	E	INF	INF	Assemblages soudés de profils creux
	F	NOR	NOR	Protection contre la corrosion
	G	NOR	NOR	Essai pour déterminer le coefficient de frottement
	H	NOR	NOR	Essai d'étalonnage pour boulons précontraints en conditions de chantier
	J	NOR	NOR	Utilisation d'indicateurs directs de précontrainte de type rondelles compressibles
	K	INF	INF	Boulons hexagonaux injectés
	L	INF	INF	Guide pour l'organigramme de mise au point et d'utilisation d'un DMOS
M	NOR	NOR	Méthode séquentielle de contrôle des éléments de fixation	

2.3.2 Concernant le traitement de protection contre l'incendie des structures en acier

En matière de protection rapportée contre l'incendie, lorsque nécessaire, les procédés suivants sont possibles :

- par peinture intumescente (en veillant à la bonne combinaison éventuelle de la protection incendie et de la protection contre la corrosion).
La norme NF DTU 59.5 travaux de bâtiment - exécution des peintures intumescentes sur structures métalliques (janvier 2013) traite de la mise en œuvre de ce type de protection.
- par flocage (enduit projeté).
- par coffrage (panneaux de matériaux adéquats entourant les éléments de structure en acier)
- par association ou incorporation de béton armé, dans la mesure où cela procure une meilleure résistance à l'incendie de l'ossature acier ou mixte acier- béton (voir § 3.2.4)

En ce qui concerne les performances au feu du produit utilisé, on se reportera au procès-verbal fourni par le fabricant. Ce PV est à joindre aux documents dus par l'entreprise. **Il convient de le mentionner dans le CCTP.**

2.3.3 Concernant la protection anticorrosion des structures en acier

En matière de protection anticorrosion, référence est faite à la NF EN 1090-2, chapitre 10 et annexe F, à son complément national NF P 22-101-2/CN, ainsi qu'aux normes qui y sont citées et notamment :

- pour la protection par peinture : les normes de la série NF EN ISO 12944
- pour la protection par galvanisation : NF EN ISO 1461, 14713-1, 14713-2

2.4 Recommandations d'application des Eurocodes à la construction métallique

Dans le cadre de ses travaux, la Commission nationale de normalisation de la construction métallique et mixte (CNC2M) constitue des groupes de travail en charge de différents thèmes liés à l'évolution des normes de son domaine de compétences.

Ces groupes de travail peuvent proposer des recommandations pour l'interprétation et l'application consensuelles de certaines de ces normes, et notamment de certaines parties des Eurocodes. Ces recommandations sont ensuite validées par la CNC2M et mises en ligne sur le site du BNCM (Bureau de normalisation de la construction métallique) <http://www.bncm.fr>.

Il est donc recommandé d'insérer au CCTP du lot « structures en acier » :

Les recommandations émises par la commission nationale de normalisation de la construction métallique et mixte (CNC2M) et publiées sur le site <http://www.bncm.fr> du bureau de normalisation de la construction métallique (BNCM) sont d'application conjointe avec les normes de référence auxquelles elles se rapportent.

Note

Une mention particulière est faite des « recommandations pour le dimensionnement parasismique des structures en acier et mixtes non ou faiblement dissipatives » publiées par le BNCM sous le n° CNC2M-N0035 et datées du 31/01/2013.

Ces recommandations sont explicitement citées comme document de référence dans l'annexe nationale révisée de l'EN 1998-1 datée de décembre 2013 : clause 6.1.2 (1) P note 2.

Leur application est également en complète cohérence avec la version de l'annexe nationale de décembre 2007, actuellement encore citée par la réglementation en vigueur.

2.5 Autres documents de référence

Il peut être nécessaire de compléter les prescriptions des documents ci-dessus listés, dans les cas où elles ne couvrent pas entièrement les besoins du projet. Le CCTP peut alors faire référence à des recommandations ou guides professionnels parmi lesquels les plus pertinents sont :

- les recommandations de la convention européenne de la construction métallique (CECM)

- les guides Eurocode, publiés par le CSTB dans le cadre du Plan Europe ; ceux qui traitent de sujets liés à la construction en acier sont les suivants :
 - Actions de la neige sur les bâtiments
 - Actions du vent sur les bâtiments
 - Action du feu sur les structures en acier
 - Combinaisons d'actions
 - Choix de l'analyse globale des ossatures en acier
 - Instabilité des barres de portiques en acier
 - Vérification des barres comprimées et fléchies
 - Tableaux de résistance des profilés en acier
 - Assemblages des pieds de poteaux en acier
 - Assemblages poteau-poutre et poutre-poutre en acier
 - Constructions mixtes acier-béton
 - Planchers à bacs acier collaborants
 - Bacs acier pour planchers collaborants
 - Effets du séisme sur les structures métalliques
- les guides de dimensionnement publiés par le Centre international pour la construction et l'étude de la construction tubulaire (CIDECT)
- les guides publiés par le CTICM, traitant du comportement des constructions métalliques lors d'un incendie :
 - Guide pour la vérification du comportement au feu des parcs de stationnement largement ventilés en superstructure métallique, CTICM, 2003
 - Arrêté du 5 août 2002 - guide de vérification des entrepôts en structure métallique en situation d'incendie, CTICM, 2006
 - Ossatures en acier - méthode de justification d'une stabilité au feu de ¼ heure (R15), CTICM, 2009
- les guides et règles professionnelles élaborés par le GTFI (groupement technique français contre l'incendie) en matière de protection des structures en acier contre l'incendie
- les référentiels de certification des systèmes de protection anticorrosion de l'ACQPA (Association pour la certification et la qualification en peinture anticorrosion)
- le référentiel d'homologation de l'office d'homologation des garanties de peintures industrielles (OHGPI)

Le CCTP doit alors clairement indiquer que les documents réglementaires et normatifs mentionnés en 2.2 à 2.4 prévalent sur les recommandations et autres guides ci-dessus, en cas de contradiction.

3 - DESCRIPTION DES TRAVAUX À RÉALISER & DONNÉES GÉNÉRALES

3.1 Destination et description générale des ouvrages

À ce stade, le CCTP donne des indications très globales en matière de description générale des ouvrages à réaliser ; des indications plus précises en matière de conception de la structure en acier sont données au 4.1 ci-dessous.

Il doit notamment être indiqué, en faisant référence à une **série de documents et de plans d'ensemble joints au CCTP** :

- quelles sont l'implantation et la destination des ouvrages, les évolutions éventuelles prévues ;
- quelles sont les dimensions en plan et en élévation de l'ouvrage ou de la partie d'ouvrage dont la structure en acier fait l'objet du CCTP, quels sont les niveaux et surfaces de planchers intermédiaires ;
- sur quels autres ouvrages ou parties d'ouvrage la structure objet du CCTP s'appuie (structure reposant au sol, en superstructure...);
- quel est le mode de fondation prévu ;
- quel est le positionnement d'éventuels avoisinants présents ou à venir (voir 4.3.3 et 4.3.4 ci-dessous) ;
- quels sont les types d'équipements spécifiques portés.

3.2 Stratégie de la fiabilité - données générales

3.2.1 Durée d'utilisation de projet

Conformément au tableau 2.1 de la NF EN 1990, **il est recommandé de** :

- Confirmer que la durée d'utilisation de projet de la structure des bâtiments visés par le présent guide est de 50 ans ;
- Prescrire une durée d'utilisation de projet éventuellement réduite pour les chemins de roulement de ponts roulants ou autres pièces soumises à l'action de charges mobiles, suivant l'usage qui en est fait et les phénomènes de fatigue qui peuvent en résulter. L'annexe nationale de la NF EN 1993-6 indique une durée d'utilisation de 25 ans par défaut pour les chemins de roulement. À noter que l'option d'une durée

d'utilisation réduite par rapport à celle de la structure du bâtiment permet certes de limiter l'incidence du calcul à la fatigue, mais implique également le remplacement des éléments concernés ou leur inspection approfondie au terme de la période retenue. Il convient donc que la conception de ces éléments « remplaçables » permette leur inspection et leur remplacement sans complications excessives. Dans ce cas, il est vivement **recommandé** que ces éléments ne participent pas à la stabilité d'ensemble ou locale de l'ouvrage.

Il est également recommandé de prescrire que la structure en acier soit livrée avec un document d'accompagnement définissant le programme d'entretien / maintenance permettant de garantir la pérennité de ses caractéristiques pendant la durée d'utilisation de projet (cf. chapitre 8 ci-après). Ce programme doit également viser les éléments d'enveloppe lorsqu'ils contribuent à la stabilité locale de la structure (cf. § 4.2.1)

Toute modification de la durée d'utilisation de projet, telle que précisée ci-dessus pour la structure nécessiterait des études de fiabilité spécifiques qui ne sont pas envisagées dans le cadre du présent guide et que les documents de référence ne définissent pas de manière explicite.

3.2.2 Gestion de la fiabilité

L'annexe B de l'EN 1990, qui a un statut informatif (voir tableau en 2.3.1 ci-dessus), propose un éventail de mesures permettant de gérer la fiabilité dans le cadre d'un projet, mesures qu'il n'y a pas lieu d'appliquer de manière cumulative.

Dans le cadre de ce guide, visant la réalisation de structures en acier par référence aux documents visés au chapitre 2 ci-dessus et notamment en 2.3.1, dont la durée d'utilisation de projet est conforme au 3.2.1 ci-dessus, **il est recommandé de fonder la gestion de la fiabilité sur :**

- **la définition de classes de conséquence**
- **le recours au contrôle technique (missions codifiées suivant NF P 03-100 adaptées à la destination et à l'implantation de l'ouvrage).**

Dans cette stratégie de gestion de la fiabilité par les classes de conséquence, et au travers d'elles par les classes d'exécution, **il n'est pas nécessaire** de rechercher une différenciation de la fiabilité suivant les dispositions des clauses B.3.2 et B.3.3 de la NF EN 1990 – Annexe B.

La CNC2M a publié des recommandations N0169 pour la détermination des classes d'exécution à retenir pour les structures en acier de bâtiments courants. Ces recommandations proposent un mode de différenciation des classes de conséquences applicables aux différents éléments ou parties de structures en acier. Comme mentionné en 2.4 ci-dessus, **il est recommandé** de faire référence à ce document et de s'y reporter pour une information plus complète.

Les recommandations CNC2M incluent :

- une table de classement des ouvrages par référence à leur destination, largement fondée sur l'EN 1991-1-7, annexe A : on en déduit une classe de conséquence relative à l'ouvrage considéré dans sa globalité
- une table de classement en familles des éléments ou parties de structures, par référence au rôle structural qu'ils jouent dans l'ouvrage

- une table de détermination de la classe de conséquence retenue pour l'élément ou la partie de structure, en fonction de son appartenance à une famille, et de la classe de conséquence relative à l'ouvrage.

Pour plus de commodité, ces tables sont reproduites ci-dessous.

Classes de conséquence relatives à l'ouvrage	
CC0.1	<ul style="list-style-type: none"> o Maisons individuelles o Bâtiments agricoles o Bâtiments peu fréquentés, dont aucune partie ne se situe à une distance d'un autre bâtiment ou d'une zone fréquentée, inférieure à 1,5 fois la hauteur du bâtiment à construire (par exemple petit stockage, activité artisanale unique)
CC0.2a	<ul style="list-style-type: none"> o Bâtiments d'habitation collective, d'hôtellerie, et de bureaux jusqu'à R+3 o Bâtiments industriels de hauteur jusqu'à 8 m à la sablière o Locaux de vente au détail jusqu'à R+2, surface de plancher par niveau inférieure à 1 000 m² o Autres bâtiments recevant du public, jusqu'à R+1, surface de plancher par niveau inférieure à 2 000 m² (sauf ceux cités dans une classe supérieure du fait de leur destination) o Parkings aériens à simple rez-de-chaussée
CC0.2b	<ul style="list-style-type: none"> o Bâtiments d'habitation, d'hôtellerie, de bureaux, et locaux de vente au détail jusqu'à 28 mètres de hauteur o Bâtiments scolaires o Bâtiments industriels de hauteur au-delà de 8 m à la sablière o Autres bâtiments recevant du public, jusqu'à 28 mètres de hauteur, surface de plancher par niveau inférieure à 5000 m² o Autres bâtiments accueillant plus de 300 personnes en fonctionnement normal o Parkings aériens jusqu'à R+5
CC0.3	<ul style="list-style-type: none"> o Bâtiments définis en CC0.2b en dehors des limites fixées o Tous bâtiments de catégorie d'importance IV au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 ⁽¹⁾ o Bâtiments abritant des substances ou produits dangereux (SEVESO seuil haut et bas) ⁽²⁾
<p>(1) Exemples de bâtiments de catégorie d'importance IV :</p> <ul style="list-style-type: none"> o les bâtiments abritant les moyens de secours ; o les bâtiments des établissements de santé au sens de l'article L. 711-2 du code de la santé publique ; o les bâtiments de production ou de stockage d'eau potable ; o les bâtiments des centres de distribution publique de l'énergie ; o les bâtiments des centres météorologiques, etc... 	
<p>(2) Installations classées soumises aux règles de la DIRECTIVE SEVESO III</p>	

Familles d'éléments structuraux	
A	<p>Éléments secondaires ne participant pas à la stabilité générale ⁽¹⁾</p> <ul style="list-style-type: none"> o Empannage : pannes, éclisses, échantignoles, liernage, bracons, chevêtres o Éléments de façade : lisses, montants de bardage, linteaux, encadrements o Éléments de plancher jusqu'à 8 mètres de portée o Auvents jusqu'à 3 mètres de portée et acrotères
B	<p>Éléments de circulation courants</p> <ul style="list-style-type: none"> o Éléments porteurs de passerelle de circulation jusqu'à 10 m de portée, et jusqu'à 2 UP (unités de passage) o Poutraison, limons, et supports d'escaliers o Éléments porteurs des passerelles d'entretien
C	<p>Éléments de plancher</p> <ul style="list-style-type: none"> o Solives de portée supérieure à 8 mètres o Poutres à âme pleine, de portée supérieure à 8 mètres o Poutres alvéolaires (toutes configurations) o Poteaux pendulaires et consoles supports de plancher
D	<p>Supports d'équipements industriels</p> <ul style="list-style-type: none"> o Chemins de roulement pour ponts roulants de capacité inférieure ou égale à 100 kN, contreventements associés, consoles-supports o Supports de machines courantes (capacité limitée à 100 kN)
D+	<p>Supports d'équipements industriels lourds</p> <ul style="list-style-type: none"> o Chemins de roulement pour ponts roulants de capacité supérieure à 100 kN, contreventements associés, consoles-supports o Supports de machines lourdes

Familles d'éléments structuraux	
E	<p>Éléments de structure principale courants ⁽²⁾</p> <ul style="list-style-type: none"> o Éléments constitutifs de portiques de portée inférieure ou égale à 35 mètres et de hauteur inférieure ou égale à 15 mètre (poteaux, traverses à âme pleine, travers treillis) o Poutres treillis de portée inférieure ou égale à 35 mètres o Poutres-au-vent, palées de stabilité o Auvents (portée maximum 6 mètres) o Éléments porteurs de passerelle de circulation de portée supérieure à 10 mètres et inférieure ou égale à 35 mètres, plus de 2 UP (Unités de passage)
E+	<p>Éléments de structure complexes</p> <ul style="list-style-type: none"> o Éléments constitutifs de portiques de portée supérieure à 35 mètres (poteaux, traverses à âme pleine, travers treillis) ou de hauteur supérieure à 15 mètres o Poutres treillis de portée supérieure à 35 mètres o Auvents de portée supérieure à 6 mètres o Éléments porteurs de passerelle de circulation de portée supérieure à 35 mètres
<p>1) Les éléments participant à la stabilité générale sont constitués des éléments structuraux qui conduisent les efforts horizontaux, dus aux actions extérieures (vent, séisme,...), jusqu'aux fondations et qui assurent le contreventement de la structure principale.</p> <p>2) Les éléments de structure principale sont constitués des éléments structuraux qui conduisent les efforts principaux, dus aux actions extérieures, jusqu'aux fondations.</p> <p>Note : Les assemblages entre éléments doivent faire l'objet d'une analyse permettant leur classement dans l'une des familles des éléments assemblés. Par exemple :</p> <ul style="list-style-type: none"> • l'assemblage d'une panne (famille A) sur une poutre E+ reste en famille A ; • l'assemblage poutre-poteau dans un portique de famille E est également de famille E. 	

Classes de conséquence pour l'utilisation du tableau B3 de NF EN 1090-2

Classe de conséquence de l'élément structural		Familles d'éléments structuraux						
		A	B	C	D	D+	E	E+
Classe de l'ouvrage	1	CC1	CC1	CC1	CC1	CC2	CC1	CC2
	2a	CC1	CC1	CC2	CC1	CC2	CC2	CC2
	2b	CC1	CC1	CC2	CC2	CC2	CC2	CC3
	3	CC1	CC1	CC2	CC2	CC3	CC3	CC3

3.2.3 Risque sismique – Catégorie d'importance – Classe de ductilité

Au titre de la prévention du risque sismique, le **CCTP doit indiquer** si l'ouvrage à réaliser relève des prescriptions de l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite **« à risque normal »** ou de l'arrêté du 24 janvier 2011 fixant les règles parasismiques applicables à certaines installations classées (installations soumises à autorisation).

Dans le cas le plus fréquent où la construction relève de l'arrêté du 22 octobre 2010, et sauf si elle est située en zone de sismicité 1 (très faible) aux termes du décret 2010-1255 du 22 octobre 2010, **le CCTP doit indiquer la catégorie d'importance** de la construction suivant article 2 du décret 2010-1254 du 22 octobre 2010 (3 textes législatifs portant la même date se complètent : 1 arrêté et 2 décrets).

En cohérence avec la note associée au tableau 4.3 de l'EN 1998-1, la correspondance ci-dessous entre catégories d'importance et classes de conséquence « ouvrage » peut être retenue :

Catégorie d'importance	I	II	III	IV
Classe de conséquence « ouvrage »	CCO.1	CCO.2a	CCO.2b	CCO.3

Le CCTP doit encore définir, sur la base d'une étude géotechnique qui doit figurer parmi les documents du projet (cf. § 2.1 ci-avant), **la catégorie de sol** à retenir pour l'évaluation des actions sismiques (cf. tableau 3.1 – NF EN 1998-1).



de ces deux catégories ainsi définies, résultent les corrections à apporter à l'accélération maximale de référence a_{gr} associée à la zone de sismicité, par le biais du coefficient d'importance γ_1 et du paramètre de sol S .

Lorsque la prise en compte d'une interaction sol-structure est recherchée dans l'étude du comportement sismique de la structure en acier, **le CCTP doit préciser les caractéristiques statiques et dynamiques**, issues de l'étude géotechnique, à retenir au droit des liaisons au sol.

Lorsqu'il n'est pas prévu de liaisons rigides entre fondations par des longrines ou dispositions équivalentes, il convient que **le CCTP prescrive la prise en compte de déplacements différentiels** horizontaux entre points de fondation, notamment par référence à la clause 3.3(6) de la norme NF EN 1998-2. Suivant la clause 5.4.1.2(2) de la norme NF EN 1998-5, cette prise en compte n'est pas strictement requise en présence d'un sol de classe A ou d'un sol de classe B en zone 2 (faible sismicité).

Si la structure en acier à construire est supportée par d'une infrastructure, le plus souvent en béton, **il appartient au CCTP de définir** les modalités de prise en compte par le lot CM de l'interaction sismique. Si un calcul global est envisagé, **il appartient au CCTP de définir** qui en a la charge et comment les informations nécessaires sont transmises à chaque intervenant. De même, si il est envisagé que le calcul sismique de la structure en acier soit réalisé au moyen d'un spectre transféré, **le CCTP doit indiquer** qui a la charge de le déterminer. *A minima*, le CCTP doit définir les données préliminaires qui ont été déterminées en phase d'avant-projet.

Le cas échéant, **le CCTP doit préciser les éventuelles exigences particulières** au projet qui doivent être satisfaites sous la combinaison sismique, notamment pour ce qui concerne :

- la limitation des dommages, au-delà de l'application de la clause 4.4.3 de la norme NF EN 1998-1 ;
- le comportement d'éléments non structuraux liés à la structure en acier comme des équipements, au-delà de l'application de la clause 4.3.5.2 de la norme NF EN 1998-1.

Le CCTP doit également définir la démarche à adopter pour le dimensionnement sous actions sismiques, parmi quatre possibilités :

- sans faire appel à la capacité de dissipation hystérétique, avec utilisation d'un spectre élastique et d'un coefficient de comportement égal à 1,0 ; cette démarche est à retenir pour des bâtiments à destination particulière, ou pour des conceptions structurales particulières
- en faisant appel à une capacité de dissipation limitée : classes de ductilité DCL et DCL+
- en faisant appel à une capacité de dissipation moyenne : classe de ductilité DCM
- en faisant appel à une capacité de dissipation élevée : classe de ductilité DCH

Note

avant de prescrire l'une ou l'autre de ces démarches, il convient de bien en évaluer les conséquences et d'en informer le maître d'ouvrage :

- *faire appel à un calcul dissipatif (DCM ou DCH) conduit à admettre que la structure sera endommagée après séisme, avec nécessité de la réparer voire de la remplacer de façon d'autant plus probable qu'on aura fait appel à un degré de dissipation plus élevé; ce choix n'est donc pas pertinent pour certaines catégories d'ouvrage pour lesquels l'endommagement de la structure n'est pas compatible avec une exigence de continuité de fonctionnement après séisme ;*
- *le choix d'une classe de ductilité DCM ou DCH implique de dimensionner les éléments et assemblages non dissipatifs, y compris les pieds de poteaux, de sorte qu'ils résistent à des sollicitations majorées correspondant à celles développées dans la structure lorsque les zones dissipatives jouent leur rôle de fusible.*

Malgré l'excellent comportement ductile des structures en acier traduit par une faible sinistralité lors de séismes, le gain économique apparent d'une conception DCM ou DCH autorisant la prise en compte d'un coefficient de comportement attractant n'est souvent qu'illusoire, compte tenu de l'obligation de dimensionnement en capacité de certains éléments, et de la nécessité d'un contrôle a posteriori des caractéristiques mécaniques des matériaux en œuvre (voir clause 6.11 (2).d) de l'EN 1998-1).

En France métropolitaine au moins, le meilleur choix est le plus souvent de prescrire une démarche DCL ou DCL+ sous certaines conditions.

Les recommandations émises par la commission nationale de normalisation de la construction métallique et mixte (CNC2M) pour le dimensionnement parasismique des structures non ou faiblement dissipatives, fournissent des indications détaillées sur les conditions du choix entre une démarche élastique, la classe DCL et la classe DCL+, avec les restrictions et les exigences associées à chaque option.

3.2.4 Sécurité vis-à-vis de l'incendie

Le CCTP peut **renvoyer** à la réglementation applicable en fonction du type de bâtiment ou d'usage (cf. § 2.2.2), **ou bien fixer** directement des exigences de résistance à l'incendie supérieures. Ces exigences s'expriment en termes de durée de stabilité au feu sous courbe température - temps conventionnelle (ISO), sauf cas particuliers. Ainsi une classification R30 correspond-elle à une exigence de stabilité de 30 minutes.

Note

À noter qu'il existe également une courbe température-temps ISO spécifique aux feux d'hydrocarbures, évidemment plus sévère que la courbe ISO générale.

En tout état de cause, le CCTP – ou d'autres pièces du marché – doit décrire le compartimentage incendie du bâtiment, avec la durée coupe-feu (CF) des murs coupe-feu, l'existence ou non d'un système d'arrosage (sprinklers), la définition des cantons de désenfumage. Il prescrit également, le cas échéant, la nature de la protection rapportée à employer, et les PV de fabricants des produits de protection correspondants à fournir par l'entreprise et la nature de courbe ISO température-temps à utiliser.

Le tableau ci-dessous rappelle succinctement les exigences de durée de résistance au feu (Rxx) réglementaires pour les bâtiments ne relevant pas de la réglementation des ICPE, installations classées pour la protection de l'environnement (compte tenu de l'objet de ce guide, on s'est limité à la hauteur de 28m) :

	Bâtiment à simple rez-de-chaussée	Bâtiment multi étage de moins de 8 m de hauteur	Bâtiment multi-étage de 8 à 28 m
Bâtiment industriel	R0	R0	R60
Bureaux	R0	R0	R60
ERP (catégorie 5)	R0	R0 (b)	R60 (c)
ERP (catégories 4 & 3)	R30 (a)	R30 (b)	R60 (c)
ERP (catégorie 2)	R30 (a)	R30 (b)	R60 (c)
ERP (catégorie 1)	R30 (a)	R60	R90
Habitation 1 ^{re} famille		R15 (d)	
Habitation 2 ^e famille		R30 (d)	
Habitation 3 ^e famille			R60

(a) R0 selon conditions de l'article C014 de l'arrêté du 25 juin 1980

(b) R0 pour la structure de toiture selon conditions de l'article C013 de l'arrêté du 25 juin 1980

(c) R0 selon conditions de l'article C015 de l'arrêté du 25 juin 1980

(d) Degré de stabilité au feu exigé pour les éléments verticaux porteurs et les planchers



On voit que dans le cadre des bâtiments couverts par le présent guide, l'exigence correspond surtout aux niveaux R0, R15 et R30 (hors ICPE, voir ci-dessous).

► Le cas des ICPE (Installations classées pour la protection de l'environnement)

Lorsque des exigences de stabilité au feu sont prescrites pour les ICPE, elles varient le plus souvent entre 15 minutes (R15), en particulier dans le cas de certains entrepôts de plain-pied et 60 minutes (R60), selon le type d'activité, l'existence ou non d'un système de sprinklers, la hauteur du bâtiment et la taille des compartiments. La réglementation distingue trois types d'entrepôts ICPE par le mode de déclaration et de justification incendie en fonction de l'usage, de la surface et des dimensions.

► Les entrepôts ICPE

Selon la destination de l'entrepôt, une étude spécifique relative à la cinématique de ruine de la structure porteuse du bâtiment peut être également demandée. Dans ce cas, les deux critères relatifs au comportement structural qui doivent être vérifiés sont les suivants :

- dans le cas d'un incendie survenant dans l'une des cellules du bâtiment, sa structure (incluant les éléments de façade) ne doit pas s'effondrer vers l'extérieur (critère dit de non-effondrement vers l'extérieur) ;
- dans le cas d'un incendie survenant dans l'une des cellules du bâtiment, la ruine localisée de la cellule exposée au feu ne doit pas entraîner la ruine des cellules voisines (critère dit de non-effondrement en chaîne).

Note

le guide « entrepôts » du CTICM (cf. § 2.5) décrit comment répondre à ces deux exigences.

► **Alternative à la justification sous courbe température-temps conventionnelle (ISO) :**

Etant donné le caractère souvent très sévère de la courbe conventionnelle (montée à 1100°C sans phase de décroissance de la température), il peut être économiquement intéressant d'adopter une approche dite « d'incendie réel ou naturel », ou performancielle, dans laquelle la température est évaluée au cours du temps en fonction des caractéristiques réelles des matériaux combustibles et selon un ensemble de scénarios couvrant les situations d'incendie possibles (nature, volume et disposition des combustibles).

Ces scénarios devront être validés par les autorités publiques compétentes, et l'étude de résistance à l'incendie ultérieure devra faire l'objet d'un avis sur étude de la part d'un organisme agréé (CSTB, EFACTIS-France, CERIB, à date de publication du présent guide)

Le rédacteur du CCTP devra donc éventuellement arbitrer entre le surcoût/délai des études incendie et le gain sur la protection incendie du bâtiment.

Dans un tel contexte, le CCTP doit :

- Soit autoriser l'entreprise à proposer de recourir à l'approche performancielle (courbe température-temps « naturelle-réelle »).
- Soit lui prescrire de recourir à cette approche d'incendie naturel (dans des cas très spécifiques, qui sortent manifestement du cadre du présent guide de prescription).
- Soit interdire l'approche performancielle (scénarios d'incendie réel-naturel) en retenant exclusivement l'approche prescriptive fondée sur la courbe température-temps conventionnelle (ISO)

► **Méthodes de justification de la résistance au feu :**

L'EN 1993-1-2 autorise le choix entre deux méthodologies pour la détermination de la résistance à l'incendie :

- Modèles de calcul simplifiés (formules simples, méthode de la température critique par élément métallique, abaques, sans prise en compte des déformations thermiques)
- Modèles de calcul avancés (simulations numériques)

Note

Rappelons également l'existence de guides de calcul (cf. § 2.5) établis par le CTICM (entrepôts, bâtiments à exigence R15, parkings aériens largement ventilés).

Dans la mesure où la réglementation française prescrit l'obtention d'un avis sur étude dans le cas des modèles avancés (comme dans le cas de l'incendie réel ou naturel, voir ci-dessus), **il convient que le CCTP se prononce** de la même manière sur le type de méthodologie de calcul à employer, en proscrivant ou en autorisant ou en imposant l'utilisation de méthodes de calcul avancées.

Note

On souligne que les méthodes de calcul avancées peuvent générer des économies notables sur le prix total de l'ouvrage, même compte tenu du coût et du délai (y-compris celui de l'avis sur étude) plus élevés de l'étude incendie.

► Intérêt de la mixité acier-béton

À titre informatif, on rappelle que la mixité acier-béton (planchers mixtes, poteaux remplis ou enrobés de béton) autorise des performances intéressantes en cas d'incendie, la montée en température des éléments métalliques en contact avec le béton se trouvant ralentie.

L'EN 1994-1-2 complète à cet égard l'EN 1993-1-2.

3.2.5 Protection anticorrosion

Le CCTP doit définir les exigences à respecter par le titulaire du lot « structure en acier » **en matière de protection anticorrosion**, en distinguant le cas échéant différentes parties de structure recevant des traitements différenciés (parties vues, non vues, extérieures, intérieures...).

Dans le cadre du présent guide, les deux types de protection anticorrosion envisagés, le cas échéant, sont : la peinture et la galvanisation. **Le CCTP doit indiquer** quel type de traitement est retenu.

Si le type de protection anticorrosion retenu est la peinture, **le CCTP doit définir quelles opérations sont réalisées en atelier, et quelles opérations sur chantier.**

3.2.5.1 Protection par peinture – lot séparé

Si la mise en œuvre de la peinture n'est pas intégrée au lot CM, **l'exigence du CCTP** vis-à-vis du lot doit être définie en termes de degré de préparation des pièces. Le choix du degré de préparation prescrit est fait sur la base du tableau 22 de l'EN 1090-2, reproduit ci-dessous. Toute exigence particulière liée au choix du produit de protection et concernant la préparation des surfaces à protéger doit également être prise en compte et repercutée dans le CCTP.

Durée de vie prévue de la protection contre la corrosion ^(a)	Catégorie de corrosivité ^(b)	Degré de préparation
> 15 ans	C1	P1
	C2 à C3	P2
	Au-dessus de C3	P2 ou P3 tel que spécifié
5 ans à 15 ans	C1 à C3	P1
	Au-dessus de C3	P2
< 5 ans	C à C4	P1
	C5 - Im	P2

(a), (b) La durée de vie prévue de la protection contre la corrosion et la catégorie de corrosivité sont référencées dans l'EN ISO 12944

Les degrés de préparation (P1 = préparation légère, P2 = soignée, P3 = très soignée) sont définis par la norme EN ISO 8501-3. Dans le cadre du présent guide, le degré P3 n'est spécifié que dans des cas très particuliers.

3.2.5.2 Protection par peinture – intégrée au lot CM

Si la protection anticorrosion est intégrée au lot « structure en acier », le CCTP du lot peut :

- Soit **définir** dans tous ses termes le système de protection anticorrosion à mettre en œuvre (nature et épaisseur des différentes couches pour la peinture...)
- Soit **fixer** les performances à atteindre, en termes de durabilité et d'aspect de la protection.

Dans tous les cas, selon la NF EN 1090-2 Annexe F, **le CCTP doit indiquer** :

- la durée de vie prévue de la protection contre la corrosion (L, M ou H – cf. NF EN ISO 12944-1),
- la catégorie de corrosivité correspondant à l'implantation et à la destination de l'ouvrage ou des parties d'ouvrage à réaliser (cf. NF EN ISO 12944-2)

Il est recommandé de préciser l'aspect final attendu (couleur et état de surface) et éventuellement la durée de garantie exigée pour les différents systèmes de revêtement du projet. À cet égard, la NF P22-101-2/CN indique que, lorsqu'une garantie de la protection est requise, il doit être spécifié :

- a. le degré d'enrouillement selon la NF EN ISO 4628-3 et la durée de la protection,
- b. le degré d'altération de l'aspect par cloquage, craquelage et écaillage respectivement selon les NF EN ISO 4628-2, -4 et -5 ainsi que la durée associée,

Si nécessaire, les degrés d'altération et la durée correspondant aux défauts traités par les parties 6 à 10 de la NF EN ISO 4628 peuvent être prescrits



Ces garanties, à l'exception de la garantie de couleur, peuvent être certifiées par l'Office d'homologation des garanties de peintures industrielles (OHGPI).

3.2.5.3 Protection par galvanisation à chaud

La protection par galvanisation à chaud est de façon quasi-systématique à la charge du titulaire de lot CM qui sous-traite cette opération à un galvanisateur.

Le CCTP doit définir la catégorie d'acier à approvisionner en fonction de l'aspect attendu (voir § 4.5.1 ci-dessous).

Il peut ensuite **définir** :

- Soit l'épaisseur de galvanisation à appliquer (approche exigencielle)
- Soit les performances à atteindre en termes de durée de vie pour une catégorie de corrosivité donnée (approche performancielle).

Dans l'approche performancielle :

- La durée de vie est exprimée par une classe : TL, L, M, H, ou TH suivant EN ISO 14713-1
- La catégorie de corrosivité est définie dans la même norme EN ISO 14713-1
- La définition de ces deux paramètres diffère de celle donnée par l'EN ISO 12944 pour la protection par peinture

3.2.6 Robustesse

La robustesse d'un ouvrage est sa capacité à résister à des situations accidentelles non identifiées (pour les actions accidentelles identifiées, voir § 4.3.9) de manière à ce que

les conséquences de ces situations ne soient pas disproportionnées par rapport aux causes qui les ont créées.

L'EN 1991-1-7, clause 3.3(2) mentionne trois approches possibles :

- a) calculer les éléments clés, qui sont ceux dont dépend la stabilité de la structure, de manière à supporter les effets d'une d'action accidentelle modélisée par des charges forfaitaires concentrées ou réparties dont les valeurs sont à préciser par l'annexe nationale ;
- b) concevoir la structure de manière à garantir, en cas de défaillance locale (par exemple : défaillance d'un seul élément), la stabilité de la structure ou d'une partie significative de celle-ci ;
- c) appliquer des règles de calcul et de construction qui confèrent à une structure une robustesse acceptable.

Suivant l'annexe nationale NF EN 1991-1-7/NA, les approches a) ou b) ne sont pertinentes que pour des ouvrages exceptionnels et l'approche c) est donc généralement à retenir. À ce titre, pour les bâtiments visés par le présent guide, il peut être directement considéré comme suffisant d'appliquer les règles de robustesse et de stabilité prévues par la norme EN 1993.

3.3 Missions du titulaire du lot « structure en acier » - Livrables

Les prestations peuvent être définies par une liste de tâches, telle que l'énumération proposée ci-dessous.

Une synthèse des documents à établir est fournie ci-après au chapitre 8 : dossier d'exécution de l'ouvrage.



Il est bien évident que la description sommaire figurant ci-après à titre d'exemple, ne peut pas couvrir tous les cas d'espèces rencontrés. Il s'agit d'indiquer ici l'esprit de la démarche énumérative des « macro-prestations » à fournir par le constructeur afin qu'il n'y ait pas d'oubli dans les grandes lignes de son chiffrage, et en attirant tout particulièrement son attention sur les aspects inhabituels des études et/ou de la construction que peut éventuellement présenter le projet.

Les travaux à la charge du constructeur titulaire du lot CM, comprennent les études et la réalisation des structures métalliques des ouvrages décrits au §3.1 ci-dessus, y compris, **le cas échéant** :

- les inserts métalliques à incorporer dans les fondations et les structures en béton,
- les platelages métalliques des planchers et passerelles,
- les serrureries d'accès (escaliers métalliques, échelles, ...),
- les supports d'équipements,
- les structures provisoires de montage,
- les dispositifs de sécurité provisoires et/ou définitifs (garde-corps, lignes de vies, ...),

dont les spécifications et descriptions détaillées sont fournies dans les chapitres 4 à 8 suivants.

Les prestations à réaliser par le constructeur comprennent essentiellement, **le cas échéant** :

- L'établissement du plan d'assurance qualité,
- L'établissement de relevés in situ,
- L'établissement des études d'exécution, en intégrant les réservations et contraintes spécifiées ainsi que les compléments attendus émanant des autres corps d'état en phase de réalisation, et les incidences éventuelles des phases de montage,
- La fourniture aux autres corps d'état en interfaces, des informations nécessaires à la réalisation de leurs propres prestations (descentes de charges, réservations, ...),
- L'établissement des études de montage, des plans d'atelier et de chantier,
- L'établissement des spécifications complémentaires à celles du présent CCTP concernant les fournitures, la fabrication et la mise en œuvre, pour une application pleine et entière de la NF EN 1090-2 (informations complémentaires et options listées aux tableaux A1 et A2 de la norme),
- La participation aux études de synthèse, et d'OPC,
- La fourniture des matériaux et produits (commandes, réceptions et contrôles, stockage),
- Les fabrications en usine, les traitements de surfaces spécifiés, tous les contrôles associés,
- Les traitements anticorrosion par peinture,
- Les traitements anticorrosion par galvanisation à chaud,
- Les transports nécessaires à l'approvisionnement du chantier,
- Les stockages provisoires et les installations propres aux assemblages de chantier,
- La fourniture et la mise en place des dispositifs de sécurité nécessaires aux travaux du présent lot,
- La fourniture et l'utilisation des engins de manutention ainsi que les dispositifs provisoires pour l'accès aux différents niveaux,
- Les dispositions et ouvrages provisoires destinés à assurer l'appui et la stabilité des structures lors du montage,
- L'implantation des ouvrages, la réception des supports et la supervision des opérations de scellement des inserts et des extrémités d'appuis dans les fondations et les structures en béton,
- L'assemblage et le montage des structures avec les réglages et les contrôles correspondants,
- Les traitements de surfaces complémentaires spécifiés tels que les mises en peinture in situ, et les protections passives contre l'incendie (enduits projetés, peintures intumescentes, ...),
- Le relevé géométrique définitif des ouvrages réalisés,
- La participation aux OPR,
- La remise finale du dossier d'exécution de l'ouvrage (DEXO),
- L'évacuation et le nettoyage du chantier en fin de travaux.

Note

La prestation du constructeur comprend également, pour chacune des tâches énumérées précédemment, l'établissement et la transmission au bureau de contrôle et au maître d'œuvre de la documentation correspondante (cf. Chap. 8).

Lors de la détection d'éventuelles non-conformités, le constructeur doit proposer des solutions correctives, impliquant une reprise appropriée de tout ou partie des différentes tâches qui lui incombent, pouvant aller des études aux OPR, en intégrant la modification correspondante des dossiers documentaires concernés.

Après avoir adapté la liste précédente aux réalités du projet par suppressions et/ou ajouts, **il convient** de préciser les ouvrages ou parties d'ouvrages qui ne sont pas concernés par telle ou telle prestation, et a contrario, ceux ou celles qui sont concernés par des prestations particulières qui ne figurent pas dans la liste retenue et qu'il convient alors d'indiquer et de préciser.

Des prestations inhabituelles ou des absences de prestations habituelles, liées à des contextes particuliers **doivent être clairement identifiées** (par exemple : une partie des études d'exécution traitée par ailleurs, montage à blanc exigé pour certaines pièces, etc...).

La cohérence de cette définition sommaire des prestations avec les informations figurant dans les autres documents du marché (plans, cahier des clauses techniques communes, ...) doit-être impérativement contrôlée.

4 - CONCEPTION & ÉTUDES

4.1 Conception générale des ouvrages

Le CCTP doit définir les exigences et les interdits en matière de conception des ouvrages à réaliser.

Ses prescriptions concernent les différentes catégories de contraintes du projet, ainsi que les options constructives qui ont été prises en amont pour leur apporter une réponse satisfaisante, eu égard aux différentes données d'entrée de la conception.



Il convient d'attirer particulièrement l'attention du constructeur sur les aspects atypiques du projet.

4.1.1 Données de base du projet (DCE)

Les principales données d'entrée de la conception **doivent être rappelées**, explicitement ou par renvoi aux documents du projet, et notamment celles qui se rapportent à :

- la destination de l'ouvrage, son exploitation, sa maintenance, et éventuellement sa déconstruction,
- l'architecture du projet (fonctionnalités, volumes, portées, niveaux, gabarits, formes, matériaux, esthétique, etc...),
- l'environnement de la construction,
- les autres corps d'état, en termes d'exigences associées pour le lot structure en acier
- les conditions de réalisation des travaux et la logistique générale du chantier,
- l'ensemble des exigences réglementaires associées aux différents domaines énumérés ci-dessus. Celles-ci sont implicitement incluses dans les données d'entrée par renvoi aux documents de référence cités au chapitre 2,
- l'économie générale du projet et les délais de sa réalisation.

Le CCTP doit définir l'implantation de l'ouvrage à réaliser de façon suffisamment précise pour que puissent être déterminées sans ambiguïté :

- la charge de neige au sol, à partir de la carte des régions de la NF EN 1991-1-3/AN et de l'altitude du site

- les données de base propres aux actions du vent : la vitesse de référence $v_{b,0}$ à partir de la carte des régions de la NF EN 1991-1-4/AN, et, lorsqu'il y a lieu, les coefficients de direction c_{dir} de saison c_{season} et d'orographie c_o (cf. §4.3.4)
- la zone sismique à partir de la carte résultant du décret 2010-1255 du 22 octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français.

La meilleure définition possible est de donner dans le CCTP :

- la commune d'implantation
- l'altitude du site
- la catégorie de terrain et la valeur du coefficient d'orographie (voir 4.3.4)

Note

Toutes les données d'entrée de la conception ne sont pas nécessairement rappelées de manière explicite dans le CCTP : certaines sont à trouver dans les documents du projet. De même, les exigences réglementaires, qu'elles soient ou non répertoriées au §2.2 ci-dessus, sont des données d'entrée incontournables de la conception.

Il peut arriver que certaines données d'entrée de la conception soient à confirmer ou à préciser dans le cadre des prestations à la charge de l'entrepreneur. Ces données sujettes à évolution sont dans ce cas à énumérer, ainsi que les modalités de leur traitement (par exemple : caractéristiques précises d'un matériel dont la définition d'exécution interviendra ultérieurement,).

4.1.2 Conception retenue pour le DCE – Fournitures à la charge du lot structure en acier

Le DTU 32.1 P1 indique à son §4 : « Le CCTP doit préciser les limites entre les études réalisées par le maître d'œuvre, lors de l'avant-projet ou du projet détaillé, et les études à réaliser par le constructeur. »

Note

À titre d'information, dans le cadre de marchés publics, le référentiel MOP de Syntec-Ingénierie donne des indications sur le contenu des missions les plus courantes. Il convient néanmoins de s'assurer de leur adéquation aux modalités contractuelles du projet objet du CCTP.

Mais tous les projets ne suivent pas ce référentiel, et le niveau de précision de la conception telle qu'elle doit être définie à ce stade, dépend essentiellement du contenu de la mission contractuelle convenue entre la maîtrise d'œuvre et la maîtrise d'ouvrage.

Le CCTP doit donc fournir ici une information sur le niveau de la prestation du maître d'œuvre qui a conduit au DCE, sur ses limites, et sur ce qui est attendu du constructeur en matière de conception.

La liste sommaire des prestations qui peuvent être à la charge du constructeur est donnée au §3.3 ci-dessus. Le contenu et la forme exigée sont précisés dans la suite du CCTP et notamment au §8.2.3.

► Conception générale retenue pour le DCE :

À ce stade, et avec les réserves indiquées précédemment, **le CCTP doit décrire** la conception des différents ouvrages du projet concernés par le lot structure en acier (les différents bâtiments, les passerelles, les racks, etc...). La désignation générale des ouvrages est fournie au §3.1 ci-avant et, dans un souci de cohérence, il est recommandé de respecter la même terminologie dans la suite du CCTP ainsi que dans tous les autres documents du projet.

Pour chacun des ouvrages, **il convient de fournir** ici une description des structures en acier qui le composent, en distinguant éventuellement les différents blocs, avec les niveaux d'indépendance qui les caractérisent (joints de dilatation, etc..).

Pour chaque ouvrage ou partie d'ouvrage, la définition structurale consiste à décrire, par familles de sous-structure, les différents composants. Ci-après, exemples de familles de sous-structures :

- toitures avec éléments de contreventement associés,
- planchers avec éléments de contreventement associés,
- structures principales et poteaux,
- éléments de stabilité principale complémentaires (palées),
- structures supports d'équipements (manutention, etc...),
- ossatures des façades,
- autres ossatures secondaires,
- ...

Les éléments qui composent chaque famille de structure peuvent être décrits hiérarchiquement, en précisant leur fonction, ainsi que la nature et les caractéristiques des éléments non structuraux éventuellement supportés.

Il convient généralement d'indiquer les types de profils retenus (profils laminés, PRS, poutres alvéolaires, tubes, treillis, ...), les caractéristiques géométriques générales (pentes, longueurs, hauteurs, portées, espacements, ...) et en précisant également, si nécessaire, le type des liaisons internes (pièces continues, isostatiques,...) et/ou des assemblages aux pièces supports (encastrement, articulations, ...), le rôle éventuel attribué aux parois pour leur stabilisation, les gabarits éventuellement imposés.

Le cas échéant, **il convient d'indiquer** si des dispositions ou dispositifs sont prohibés, ou préciser ceux qui nécessitent des précautions particulières.

Les exigences particulières (esthétiques, etc...) ainsi que les dispositions atypiques **doivent faire l'objet d'une information adéquate.**

Pour les composants en interface avec des fournitures d'autres lots (pieds de poteaux, supports des parois, supports de manutention, etc...) **il convient de préciser la limite des fournitures** qui sont à la charge du lot structure en acier (cf. §4.2).

► Conception parasismique éventuelle :

Lorsque le projet est situé en zone sismique, en fonction des données générales fournies au §3.2.3 ci-avant, **le CCTP doit décrire** quels sont les aspects généraux de conception retenus pour les structures, afin de satisfaire aux spécifications de l'EN 1998-1 et de son

annexe nationale, ainsi qu'aux recommandations N0035 de la CNC2M, suivant la classe de ductilité voulue (cf. §3.2.3) :

- Géométrie générale, joints de fractionnement, régularité et homogénéité de fonctionnement, ...
- Constitution des diaphragmes et contreventements horizontaux,
- Constitution des éléments de stabilités verticales,

Si une classe de ductilité DCM ou DCH est retenue, **il convient notamment de préciser** où sont situées les pièces ou les zones dissipatives, et quel est leur mode de plastification attendu (traction, flexion, cisaillement). Il convient également d'indiquer quels sont les dispositifs éventuellement prévus pour le maintien aux instabilités des zones dissipatives,

Sauf cas très particulier qu'il conviendrait alors de documenter, et dans l'état actuel de la diffusion des connaissances sur le comportement plastiques des assemblages, **il est recommandé que le CCTP interdise tout recours à des assemblages dissipatifs.**

Compte tenu de l'infinie variété des typologies d'ouvrages et des conceptions possibles, les indications générales du présent paragraphe doivent bien évidemment être adaptées à la réalité des différents projets et des prestations à réaliser.



la manière dont les pièces dites « secondaires » telles que par exemple les chevêtres de toiture, de planchers, de façades, sont prises en compte dans l'évaluation des prix du constructeur doit être précisée.

Il en est de même pour les assemblages.

Les différents postes constituant la DPGF (décomposition du prix global et forfaitaire) peuvent faire apparaître certains éléments explicitement avec leurs poids et/ou leurs prix, ou les intégrer forfaitairement dans les prix unitaires du poste concerné. Les règles doivent être précisées par le maître d'œuvre pour faciliter les analyses et éviter les litiges ultérieurs.

► Remarques concernant la conception des liaisons et des joints libres entre pièces :

D'une manière générale, les liaisons ou les absences de liaisons entre pièces ou blocs de structures résultent de choix conceptuels qui ont des conséquences fondamentales en termes d'études, de fabrication, et de mise en œuvre.

En particulier, en cas de libération d'une composante de déplacement entre 2 pièces (rotation ou translation), la liaison doit être conçue de telle manière qu'elle autorise le libre mouvement relatif entre ces pièces dans le sens souhaité, sous les combinaisons ELU les plus défavorables, en tenant compte des tolérances des produits, des fabrications et du montage, ainsi que de la présence éventuelle de dispositifs de réglage.

De plus, de telles liaisons partielles peuvent être délicates à réaliser correctement, et, le cas échéant, **il est recommandé d'en assurer la faisabilité au stade du DCE.**

Ces considérations s'appliquent non seulement au dimensionnement des liaisons partielles internes aux structures, mais aussi à celui du souffle des joints de dilatation

entre blocs structuraux indépendants, ainsi qu'à celui des joints éventuels entre les structures et les équipements.

Les choix principaux qui ont un impact sur la conception générale des structures et sur les interfaces avec les autres corps de métiers, doivent être précisés dans le CCTP, et ils doivent être respectés dans les modèles de calcul retenus ainsi qu'au niveau des dispositions constructives réelles (cf. 4.6.4).

4.1.3 Classes d'exécution

Aux termes du DTU 32-1, **le CCTP doit définir les classes d'exécution EXC** à retenir pour la production du lot « structure en acier », ou donner les indications permettant au titulaire du lot de les déterminer.

Il est recommandé d'établir cette prescription de l'une des deux manières suivantes :

- Le CCTP définit la classe de conséquence CCO relative à l'ouvrage en s'appuyant sur la table correspondante des **recommandations N0169 de la CNC2M**, et prescrit au titulaire du lot structure en acier de déterminer les classes d'exécution EXC différenciées sur la base de ces mêmes recommandations
- Le CCTP définit entièrement les classes EXC sur la base des recommandations N0169 de la CNC2M.

Il est rappelé que les recommandations ci-dessus mentionnées constituent un guide adapté aux cas des bâtiments courants. Si leur application conduit à une classe EXC à laquelle est associée un niveau d'exigence ou de contrôle jugé insuffisant pour certains éléments ou assemblages, il est loisible d'augmenter le niveau EXC de ces éléments ou assemblages. Par exemple, si un élément de structure se trouve classé EXC1 par application des recommandations, mais qu'on estime qu'un assemblage soudé de cet élément doit subir des contrôles non destructifs après soudage autres que visuels, l'assemblage peut être surclassé. **Le CCTP doit expliciter cet éventuel renforcement des exigences.**

Les classes d'exécution définies au stade de la conception **doivent être mentionnées** sur les documents graphiques accompagnant le CCTP.

Afin d'éviter toute ambiguïté sur les niveaux d'exigence en matière d'exécution, **il est vivement recommandé que le CCTP exige** que les classes d'exécution retenues soient portées sur les plans d'exécution de la structure en acier.

4.2 Interfaces

Sont ici précisés les aspects conceptuels liés aux interfaces avec les autres lots, ou avec l'environnement immédiat de la structure.

La structure métallique dont le marché est confié au constructeur titulaire du lot CM s'inscrit dans un ensemble constructif, lui-même comprenant d'autres lots dont les marchés sont confiés à d'autres entrepreneurs.

Il est important que chacun des titulaires des différents lots ait conscience des interfaces qui concernent son propre lot, c'est-à-dire des contraintes générées sur ses propres fournitures par la présence des lots adjacents, ainsi que des obligations qu'il a vis-à-vis des autres lots, aussi bien en phase de conception qu'en phase de réalisation.

Il importe également que le titulaire de chacun des lots, et notamment celui du lot « structure métallique » ait une connaissance précise de l'influence des avoisinants sur les ouvrages de sa fourniture.

Le CCTP doit donc fournir un inventaire aussi complet que possible de toutes les interfaces qui concernent le lot « structure métallique », une indication des limites de fournitures, et une méthodologie de traitement renvoyant à un planning prévisionnel de transmission réciproque des informations finales éventuelles nécessaires aux études d'exécution, ainsi qu'à un planning de réalisation des travaux. Les éventuelles interfaces avec les avoisinants doivent également être décrits.

4.2.1 Interface avec les parois

4.2.1.1 Mobilisation de la résistance des parois portées dans leur plan

Pour éviter toute discussion ultérieure entre les intervenants au projet, **le CCTP du lot « structure en acier » doit indiquer** dans quelle mesure la rigidité et la résistance des parois portées (couvertures, façades, planchers, cloisons intérieures) peut être utilisée pour stabiliser la structure ou certains éléments entrant dans sa composition.

La même indication doit évidemment être portée dans le (ou les) CCTP destiné(s) au(x) fournisseur(s) des parois concernées.

Cette exigence concerne tous les types de parois, quelle qu'en soit la constitution : couvertures ou façades constituées de plaques nervurées en acier, planchers béton ou mixtes acier-béton ou mixtes acier-bois, façades maçonnées, façades bois...

L'attribution d'un rôle de diaphragme à une paroi impose d'en vérifier la résistance aux sollicitations induites dans son plan (combinées si nécessaires à celles perpendiculaires à son plan) et de vérifier la résistance des liaisons entre la paroi et la structure. **Le CCTP doit gérer**, le cas échéant, les échanges d'information nécessaires à cet égard entre les titulaires des différents lots.

Cela implique également de maîtriser l'implantation des ouvertures pratiquées dans cette paroi, aussi bien lors de la construction qu'ultérieurement dans la vie de l'ouvrage.

Les hypothèses de fonctionnement structural du bâtiment doivent être clairement consignées dans un document communiqué au maître d'ouvrage (notice d'utilisation...)

Pour définir le rôle structural d'une paroi, on peut s'inspirer de la clause 2 (6) de la NF EN 1993-1-3 dont un extrait est reproduit ci-dessous, même si les éléments de construction en présence ne sont pas, ou ne sont pas tous, des éléments formés à froid relevant de cette partie de l'Eurocode 3 :

Classe de construction I : construction dans laquelle des profilés et plaques nervurées formés à froid sont calculés pour contribuer à la résistance et à la stabilité globales d'une structure ;

Classe de construction II : construction dans laquelle des profilés et plaques nervurées formés à froid sont calculés pour contribuer à la résistance et à la stabilité d'éléments structuraux individuels ;

Classe de construction III : construction dans laquelle les plaques nervurées formées à froid sont utilisées comme élément assurant uniquement un transfert de charges à la structure.

Dans le cadre du présent guide, les cas où un rôle de stabilité générale est attribué à une paroi constituée de plaques nervurées en acier (classe I) ne sont pas traités.

L'utilisation des parois constituées de plaques nervurées en acier pour stabiliser au flambement ou au déversement des éléments structuraux (classe II) est en revanche une pratique courante. Dans ces cas, les plaques nervurées sont considérées comme des éléments structuraux et, à ce titre, sont fabriquées suivant les exigences de la norme EN 1090.

4.2.1.2 Adéquation des liaisons structure / parois au comportement de la structure

Dans les cas où les parois (acier, bois, béton, maçonnerie, verre, ..) ne sont pas conçues ni dimensionnées pour participer à la résistance ou à la stabilité de la structure, leurs liaisons avec la structure doivent être conçues en conséquence.

Le cas échéant, pour que le modèle de calcul de la structure soit respecté, et pour éviter que la structure ne transmette des efforts imprévus à une paroi dans une direction donnée, leur liaison doit permettre un déplacement relatif dans cette direction, dont la valeur doit correspondre au moins au cumul des tolérances de fabrication et de montage, et des déplacements théoriques extrêmes calculés aux ELU (cf. § 4.1.2 ci-avant).

Le CCTP doit, le cas échéant, gérer les interfaces entre lots de sorte que la compatibilité de fonctionnement mécanique entre structure et parois soit garantie. Pour le lot « structure métallique » **le CCTP doit notamment définir** les cas où des dispositions particulières doivent être retenues (exemples : cas des parois fragiles, cas de parois intérieures sur lesquelles la structure pourrait venir en appui...)

4.2.2 Interfaces avec les fondations et les ouvrages en béton armé / maçonnerie

Les principes de liaisons de la structure métallique avec les fondations et les ouvrages de béton armé / maçonnerie **doivent être définis dans le CCTP**, avec indication des composantes de déplacement qui doivent éventuellement être laissées libres (articulations, appuis glissants, ...).

La conception des ancrages des pieds de poteaux, et celle des liaisons avec les ouvrages de béton armé / maçonnerie **doivent être définies**, dans leur principe, en précisant les limites de fourniture, la méthodologie de mise en œuvre avec les phases de réception correspondantes, les tolérances de position.

Note

à titre d'exemple, pour l'exécution d'un ancrage pré-scélé, on indiquera :

- **réserve (lot génie civil GC),**
- **platine avec boulons, écrous et contre-écrous, bêche soudée (lot CM),**
- **mise en place de la platine, calage et réglage (lot CM),**
- **fourniture et mise en œuvre du mortier et scellement de l'ancrage (lot GC),**
- **contrôle géométrique après scellement et réception (lots CM+GC).**

Se reporter également au 4.5.6.

4.2.3 Interfaces avec les équipements portés

La conception des liaisons avec les structures des équipements portés ou appuyés doit être compatible avec les hypothèses de calcul adoptées.

Dans ces cas, **le CCTP doit prescrire** la prise en compte de la rigidité des équipements eux-mêmes eu égard à la rigidité relative des supports.

Note

quelques exemples :

1 - un équipement vertical très rigide encastré au sol et traversant un plancher sur lequel il est appuyé horizontalement (grosse gaine de process industriel) risque d'être soumis à des actions horizontales transmises par la structure du bâtiment si celle-ci est relativement plus souple que l'équipement lui-même (vent, séisme, ...). Si c'est le cas, les liaisons horizontales de l'équipement avec les planchers sont à proscrire.

2 - une structure de toiture supporte des tuyauteries industrielles. Dans l'analyse des charges fournies par le tuyau, la rigidité relative des tuyaux et des supports doit être éventuellement prise en compte. Le problème peut revêtir une certaine importance dans le sens longitudinal des tuyauteries si celles-ci sont reliées à des points fixes ou à un autre bâtiment indépendant du premier.

3 - pour des structures servant de support à des chemins de roulement, il faut s'assurer que la déformabilité horizontale des structures est compatible avec la conception des rails et des galets des ponts (jeux) pour éviter que des efforts parasites soient transmis par la structure aux ponts roulants.

4 - dans les bâtiments comportant des joints de dilatation, il faut s'assurer qu'aucun des équipements portés n'empêche le bon fonctionnement des joints de dilatation : exemple des monorails ou convoyeurs sous structure traversant un joint.

4.2.4 Interfaces avec les avoisinants

Le CCTP doit définir toutes les exigences à respecter par la structure métallique à construire, liées à la présence de constructions avoisinantes, existantes ou à venir, et notamment :

- dans les cas où la structure métallique prend appui sur un existant : définition des déplacements (translations, rotations) susceptibles d'être bloqués, et des réactions d'appui susceptibles d'être mobilisées
- dans les cas de constructions adjacentes mais indépendantes structurellement :
 - définition des décrochements en plan et en élévation pouvant générer des modifications des actions climatiques à prendre en compte pour le dimensionnement de la structure en acier (voir 4.3.3 et 4.3.4)
 - dans les cas où il existe une exigence de comportement sous séisme : définition des dispositions à prendre pour garantir que l'ouvrage à construire et ceux avoisinants, se déplaçant en opposition de phase, n'entrent pas en collision

- dans le cas où il existe une exigence de comportement au feu pour l'ouvrage à construire ou ceux avoisinants : définition des dispositions à prendre pour éviter la propagation d'un incendie

4.3 Actions

D'une manière générale, les données codifiées relatives aux actions à considérer sur les constructions sont définies par les différentes parties de l'EN 1991 et par les annexes nationales associées.

4.3.1 Actions permanentes

4.3.1.1 Généralités – Poids propres

Les actions à inclure dans les charges permanentes sont celles dont on peut anticiper qu'elles seront appliquées pendant toute la durée d'utilisation de la construction, sans variation significative d'intensité ni de modification de positionnement dans l'ouvrage.



ces charges pourront néanmoins devoir être redéfinies lors d'une réhabilitation ou d'un changement de destination de la construction.

Usuellement, ces actions incluent les poids propres de l'ensemble des constituants de la construction : structure, enveloppe, éléments de partition et de remplissage, revêtements, équipements fixes ...

Ces poids propres sont normalement connus avec une assez grande précision, à partir des densités et des quantités des matériaux mis en œuvre. **Leur spécification dans le CCTP ne soulève donc pas de difficulté particulière. Il convient néanmoins de prêter attention** à quelques points :

- Certaines structures ou parties de structures peuvent être remises en cause dans leur dimensionnement par l'inversion éventuelle du sens des sollicitations qu'elles subissent : il est alors important de définir les charges permanentes au plus près de la réalité future de la construction, sans surévaluation qui irait à l'encontre de la sécurité, voire de définir deux hypothèses haute ($G_{k,sup}$) et basse ($G_{k,inf}$) de la valeur de ces charges.
- Les assemblages dans les structures métalliques représentent une augmentation du poids propre théorique évalué sur la seule base des sections des barres et de leurs longueurs d'épure ; suivant le type de structure en cause, il est d'usage d'anticiper une aggravation de l'ordre de 5 à 15 %, pour la conduite des calculs de dimensionnement. Cette pratique ne vaut que pour les effets cumulés à l'échelle d'un ensemble d'éléments; les effets locaux sur une barre isolée peuvent nécessiter une analyse spécifique.
- La protection incendie par flocage des éléments de structure conduit à un supplément de poids propre dont il convient de tenir compte.
- Dans le cas des dalles béton coulées en œuvre, il peut être nécessaire de prendre en compte une augmentation de l'épaisseur théorique de ces dalles, résultant de la compensation, lors du coulage, de la déformation de la structure porteuse pour obtenir un plan horizontal en face supérieure (effet de marre).
- Lorsque l'importance du projet et la sensibilité de la structure le justifient, il est recommandé de prévoir une phase de récolement des charges permanentes

effectivement mises en œuvre afin de s'assurer que les conditions initiales de dimensionnement n'ont pas été remises en cause par des évolutions intervenues en cours de projet, dans le choix de matériaux ou de composants de construction.

4.3.1.2 Mouvements d'appuis

Les mouvements d'appuis, provoqués par les charges imposées au sol par la construction (efforts verticaux ou horizontaux, moments d'encastrement), ont généralement une répercussion sur le comportement global de la structure, particulièrement lorsqu'ils se traduisent par des tassements différentiels entre points d'appui.

Les études de fondations permettent normalement de prévoir la valeur des déplacements imposés à prendre en compte dans l'analyse de cette structure, **et de la spécifier au CCTP**. Bien qu'ils soient susceptibles de s'établir progressivement dans le temps, leur variation est monotone jusqu'à la valeur maximale, et les tassements d'appui entrent donc dans la catégorie des actions permanentes.

La prise en compte des déformations du sol de fondation, peut aussi conduire à définir des rigidités d'appui, pour les différentes composantes de déplacement possible (translations et rotations). Ces rigidités sont alors directement introduites dans les calculs de la structure (voir § 4.6).

4.3.1.3 Précontrainte

Certaines structures peuvent comporter des composants qui sont mis en œuvre avec une précontrainte (haubans, tirants), ou être directement soumises à des déplacements d'appuis destinés à y générer un état de sollicitations prédéterminé comme favorable pour certains critères de dimensionnement.

Dès lors que les forces ou déformations ainsi imposées sont contrôlées par des dispositifs de mesure lors de la mise en œuvre, la précontrainte est classée comme action permanente et le facteur partiel γ_p qui lui est appliqué dans les combinaisons d'actions d'état limite ultime est généralement pris égal à 1.

Lorsque la structure présente une sensibilité particulière vis à vis de la valeur de la précontrainte qui lui est appliquée, il peut être approprié de définir celle-ci par une borne inférieure et une borne supérieure.

Il est recommandé de retenir comme coefficient partiel à appliquer à la résistance des haubans et de leurs terminaisons, dans le cadre des vérifications d'états limites ultimes, celui défini par la norme NF EN 1993-3-1 – clause 6.1(1).

4.3.2 Charges d'exploitation

Les charges d'exploitation présentent, d'une manière générale, une très grande variété de natures, répondant à celle des destinations des ouvrages et des modalités de leur exploitation. **C'est, en conséquence, un des rôles essentiels du CCTP que de fixer ces charges le plus précisément possible.**

Cependant, pour les destinations d'ouvrages les plus courantes, la norme NF EN 1991-1-1 et l'annexe nationale associée définissent les valeurs standards de charges d'exploitation à adopter.

Il est évidemment loisible pour le CCTP d'augmenter ces valeurs ou de les compléter, en fonction de particularités éventuelles de l'ouvrage à construire. On peut notamment citer les charges d'exploitation réparties ou ponctuelles, suspendues en sous-face des planchers ou des toitures, qui doivent être spécifiées au cas par cas. Ces charges suspendues sont, en principe, considérées appliquées dans le plan moyen des poutres supports ; il est important de veiller au respect de cette condition par les lots chargés de mettre en œuvre les dispositifs d'accrochage correspondants.

Il est fréquent que des équipements soient installés de manière pratiquement définitive dans les bâtiments, créant une ambiguïté sur le statut (permanent ou variable) à donner aux charges correspondantes. Dans le cas où il est choisi de les maintenir dans les actions variables, **il convient de s'assurer** que, du fait de la construction des combinaisons d'actions prévue par l'Eurocode 0, les effets sur la structure de la présence de ces équipements ne deviennent pas moins défavorables que s'ils avaient été assimilés à des charges permanentes.

4.3.2.1 Cas des bâtiments résidentiels, sociaux, commerciaux ou administratifs

Les charges d'exploitation sont principalement :

- les charges verticales sur les planchers
- les charges verticales en toiture
- les charges horizontales sur les garde-corps et cloisons

Elles sont directement fixées par la norme, à partir de la ou les catégories d'usage des locaux, **qui doivent donc être définies par le CCTP**. Les catégories d'usage sont définies par le tableau 6.1 de la norme NF EN 1991-1-1 ; les valeurs de charges associées à ces catégories sont définies par le tableau 6.2(NF) de l'annexe nationale NF EN 1991-1-1/NA.

4.3.2.1.1 Charges verticales sur les planchers

Ces actions verticales sont définies par la norme sous forme de charges uniformément réparties sur la surface des planchers et sous forme de charges ponctuelles ; ces actions réparties et ponctuelles ne sont normalement pas considérées comme concomitantes (cf. clause 6.2.1 (3) de la NF EN 1991-1-1). **Le cas échéant, le CCTP doit préciser si une hypothèse contraire doit être adoptée.**

Les réductions éventuelles de la charge répartie de base en fonction de l'aire de la surface de plancher affectée à un élément de structure ou du nombre de niveaux cumulés sur un élément porteur, doivent être établies suivant les dispositions fixées par l'annexe nationale, respectivement aux clauses 6.3.1.2(10) et 6.3.1.2(11).

Lorsque la destination des locaux (bureaux, habitations notamment) implique la mise en œuvre de cloisons légères non porteuses, le poids de ce cloisonnement peut être pris en compte sous forme d'une charge d'exploitation additionnelle uniformément répartie, sans qu'il soit nécessaire d'en prédéfinir l'implantation. Cette facilité nécessite que la constitution du plancher permette une répartition transversale des charges et que le poids au mètre linéaire des cloisons reste inférieur à 3 kN/m. La clause 6.3.1.2(8) de la norme européenne définit la valeur de la charge répartie additionnelle en fonction du poids au mètre linéaire des cloisons ; **le CCTP doit donc définir ce poids au mètre linéaire.**

Lorsque le poids au mètre linéaire des cloisons dépasse la valeur limite de 3 kN/m, **le CCTP doit en outre définir les positions prévues pour ces cloisons**, afin de permettre la prise en compte spécifique de ces charges dans le calcul de la structure du plancher.

Comme indiqué à la clause 6.1 (4) de la NF EN 1991-1-1, les actions du tableau 6.2 ne couvrent pas les charges d'exploitation résultant de la présence d'équipements lourds. **Il appartient au CCTP de les définir en grandeur et en positions.**

De même, **le CCTP doit définir les éventuelles charges à considérer en sous-face des planchers liées à l'exploitation du bâtiment.**

Les déplacements des occupants dans les bâtiments sont susceptibles de générer des effets vibratoires non négligeables en termes de confort dans l'exploitation des locaux. Dans certains cas difficiles, une analyse approfondie de ce problème peut être nécessaire, au prix de la définition de chargements dynamiques particuliers (cf. 4.6.5.2).

4.3.2.1.2 Charges verticales en toiture

Comme pour les planchers, les charges verticales sont définies à partir de la catégorie de la toiture, avec, le cas échéant, renvoi à celle des locaux qui y donnent accès.

Dans le cas le plus fréquent des toitures inaccessibles sauf pour entretien et réparations courantes (catégorie « H »), les charges à retenir pour le calcul sont définies par le tableau 6.10(NF) de l'annexe nationale française.

En ce qui concerne les **toitures végétalisées**, qui ne sont pas spécifiquement prévues dans la norme de référence, **il est recommandé de définir une charge d'exploitation** de 3 kN/m² pour les toitures non accessibles et de $(q_k + 3)$ kN/m² pour les toitures végétalisées accessibles (catégorie « I »).

Comme pour les planchers, **il appartient au CCTP de définir, le cas échéant, en grandeurs et en positions, les charges correspondant aux équipements et celles à prendre en compte en sous-face de toiture au titre de l'exploitation du bâtiment** (l'accrochage d'une charge ponctuelle sous panne peut avoir une incidence significative sur le dimensionnement local). Suivant la nature de ces équipements, il peut être approprié de leur affecter des valeurs spécifiques des coefficients ψ_i à appliquer aux charges qui les représentent dans les combinaisons d'actions.

4.3.2.1.3 Charges horizontales sur les garde-corps et les murs de séparation

Elles sont définies, en fonction de la catégorie d'usage des locaux concernés, par le tableau 6.12(NF) de l'amendement A1 de l'annexe nationale NF P06-111-2 daté de mars 2009.

4.3.2.2 Cas des bâtiments industriels

4.3.2.2.1 Charges sur les planchers

La norme de référence ne fixe pas de valeurs chiffrées pour les charges réparties ou concentrées affectant les planchers des locaux à usage industriel, à l'exception toutefois des aires de stockage usuel ; **il appartient donc en général au CCTP de définir ces valeurs d'exploitation en fonction de la destination précise des locaux en question.**

Les chariots élévateurs font l'objet d'une classification (Tableau 6.5 de la norme de référence) en fonction de l'importance de la charge levée (de 10 à 80 kN) ; les caractéristiques dimensionnelles du chariot, sa charge à l'essieu et la charge horizontale associée sont déduites de cette classification ; le coefficient dynamique à appliquer à ces charges dépend du type de bandage employé pour les roues (pneumatique ou plein). Le cas échéant, **il convient donc que le CCTP définisse la classe de chariot élévateur et le type de bandage à considérer ou, éventuellement, toutes les caractéristiques spécifiques aux engins prévus circuler dans les locaux concernés**, au titre de l'exploitation courante ou de la maintenance du bâtiment et de ses équipements.

4.3.2.2.2 Charges en toiture

La norme de référence ne prévoit pas de dispositions particulières pour les toitures des bâtiments à usage industriel. **Il appartient au CCTP de définir, le cas échéant, en grandeurs et en positions, les charges correspondant aux équipements supportés par ces toitures et celles à prendre en compte en sous-face de toiture au titre de l'exploitation du bâtiment.**

4.3.2.2.3 Actions des palans, des ponts roulants et autres équipements de manutention

Les actions exercées par les engins de manutention sur leurs supports dépendent d'un grand nombre de paramètres, liés aux performances requises pour ces engins (capacité de levage, vitesses de déplacement), ainsi qu'à leurs caractéristiques géométriques et constructives. Ces actions ne peuvent donc être déterminées, de façon complète et précise, qu'une fois arrêté l'ensemble de ces données de construction ; le fournisseur des engins est donc seul en mesure de procéder à cette détermination.

Cependant, il est usuel que les études de la structure métallique doivent être conduites avant même que ce fournisseur d'équipement soit désigné ou, au moins, avant que son analyse technique soit réellement avancée. Il est donc le plus souvent **indispensable d'anticiper des valeurs probables des actions exercées par les engins de manutention sur leurs supports.**

La norme de référence pour établir ces valeurs d'actions, anticipées ou définitives, est la NF EN 13001. La norme NF EN 1991-3 et l'annexe nationale qui l'accompagne, fournissent également des indications en ce sens ; ces deux documents précisent en plus les conditions dans lesquelles les différentes actions des engins de manutention doivent être prises en compte dans le dimensionnement des ouvrages supports.

En tout état de cause, certaines données d'entrée doivent être définies en préalable à toute évaluation des actions des engins de manutention, relevant directement des conditions d'exploitation future de ces engins. Ainsi, **le CCTP doit nécessairement préciser :**

- **la capacité de l'engin (charge nominale maximale à lever)**
- **la classe de levage (HC1 à HC4) qui permet d'anticiper les effets dynamiques**
- **la classe de cycles (U0 à U9) et la classe de charge (Q0 à Q5) qui servent de données d'entrée pour établir les justifications de résistance en fatigue lorsqu'il y a lieu**
- **la durée d'utilisation de projet (25 ans par défaut).**

L'annexe B de la norme NF EN 1991-3 fournit des indications pour le choix de la classe de levage HC. Les classes de cycles et de charge peuvent être déterminées de manière simplifiée sur la base du tableau 2.11 de cette même norme.

Pour les bâtiments équipés de plusieurs ponts roulants, il est important que **le CCTP spécifie les règles de concomitance** à appliquer aux actions de ces différents engins, en fonction des données spécifiques d'exploitation du bâtiment. En l'absence de cette précision, ce sont les dispositions du tableau 2-3NA de l'annexe nationale NF EN 1991-3/NA qui s'appliquent.

Pour les bâtiments soumis à des exigences parasismiques, **des précisions sont à apporter par le CCTP** sur les hypothèses à adopter concernant les ponts roulants : liaisons fixes ou non aux chemins de roulement, positionnement sur la longueur de la voie... Si la charge levée est suspendue par des câbles (cas le plus courant), la masse correspondante n'est normalement pas considérée comme active horizontalement ($\varphi = 0$) et, dans le sens vertical, on prend en compte 20% de sa valeur ($\varphi = 1$ et $\psi_2 = 0,2$) (cf. NF EN 1998-1/NA clause 4.2.4(2)).

Les actions exercées par les monorails sont définies à la clause 2.5.1 de la norme NF EN 1991-3.

4.3.2.2.4 Charges horizontales sur les garde-corps

Elles sont définies par le tableau 6.12(NF) de l'amendement A1 de l'annexe nationale NF P06-111-2 daté de mars 2009. Dans le cas particulier des moyens d'accès permanents d'installations industrielles, le document de référence à prendre en compte est la norme NF E 85-015.

4.3.3 Neige

Les actions dues à la neige sont déterminées par référence à la norme NF EN 1991-1-3 et à son annexe nationale française.

Dans certaines régions montagneuses, la charge de neige au sol, du fait de conditions climatiques locales, doit être sensiblement augmentée par rapport à la prescription de portée générale fournie par la carte de l'annexe nationale. **Il appartient au CCTP de fixer cette charge spécifique.**

En vue de l'application des normes de référence, **le CCTP** (ou une pièce plus générale du marché auquel il renvoie) **doit signaler les constructions avoisinantes susceptibles de générer des phénomènes particuliers d'accumulation de neige pour la toiture du bâtiment à construire** (constructions adjacentes plus hautes que ce bâtiment).

Dans la mesure où les règles ne peuvent traiter que les cas les plus courants de configuration de toiture, **des distributions particulières de neige peuvent devoir être spécifiées par le CCTP** compte tenu de dispositions propres au projet hors du domaine couvert par ces règles.

Dans les zones de toiture où la pente d'écoulement nominale des eaux est inférieure à 3%, une charge complémentaire $s_1 = 0,20$ kN/m² est prescrite par l'annexe nationale. **Il peut être utile de rappeler cette exigence dans le CCTP.**

4.3.4 Vent

Les actions dues au vent sont déterminées par référence à la norme NF EN 1991-1-4 et à son annexe nationale française.

Dans le domaine couvert par le présent guide, limité aux constructions courantes, on suppose que les caractéristiques géométriques du projet ne présentent pas de particularité telle qu'il soit nécessaire de recourir à des essais en soufflerie pour la détermination des actions du vent; il n'est donc pas donné d'indication sur les modalités de prescription de tels essais

En vue de l'application des normes de référence, **le CCTP** (ou une pièce plus générale du marché auquel il renvoie) **doit spécifier** :

- **la (ou les) catégorie(s) de terrain**, sur la base du tableau 4.1(NF) de l'annexe nationale française, ci-dessous reproduit :

Tableau 4.1 (NF) – Catégories et paramètres de terrain

Catégorie de terrain		z_0 [m]	z_{min} [m]
0	Mer ou zone côtière exposée aux vents de mer ; lacs et plans d'eau parcourus par le vent sur une distance d'au moins 5 km	0,005	1
II	Rase campagne, avec ou non quelques obstacles isolés (arbres, bâtiments, etc.) séparés les uns des autres de plus de 40 fois leur hauteur	0,05	2
IIIa	Campagne avec des haies; vignobles; bocage; habitat dispersé	0,20	4
IIIb	Zones urbanisées ou industrielles; bocage dense; vergers	0,5	6
IV	Zones urbaines dont au moins 15% de la surface sont recouverts de bâtiments dont la hauteur moyenne est supérieure à 15 m; forêts	1,0	9

NOTE 1 Les catégories de terrain sont illustrées par les photographies aériennes des figures 4.6(NF) à 4.14(NF).

NOTE 2 Le coefficient de rugosité, fonction de la catégorie de terrain et de la hauteur z , est illustré à la figure 4.15(NF).



le choix d'une catégorie de terrain a une conséquence déterminante sur l'importance des actions du vent, en ce qu'elle permet de prendre en compte l'influence sur la vitesse générale de l'écoulement de l'air et sur sa turbulence, de la rugosité constituée par l'importance et la densité des obstacles présents au sol.

Pour une implantation donnée, on retient usuellement la catégorie de terrain la plus défavorable (la moins « rugueuse ») pour l'ensemble des incidences de vent. Il est aussi loisible de différencier ce choix en fonction de l'incidence et il peut être alors intéressant de prendre simultanément en compte le coefficient c_{dir} qui permet lui aussi de moduler la vitesse de référence en fonction de différentes plages d'incidences.

- **le coefficient d'orographie C_0** déterminé suivant la clause 4.3.3 (1) de l'annexe nationale française.

Ce coefficient est destiné à prendre en compte les effets de survitesse d'écoulement et donc d'aggravation des actions du vent, éventuellement provoqués par le relief environnant la construction. Dans le cas général, la détermination analytique de ces effets est totalement inaccessible par sa complexité et le nombre d'incidences à considérer. Pour autant, l'Eurocode 1 fixe un seuil de pente de terrain extrêmement faible (5%) au-delà duquel la prise en compte de l'orographie est requise. Dans ces conditions, l'annexe nationale NF EN 1991-1-4/NA a retenu deux procédures différentes pour cette prise en compte :

- la procédure 1, adaptée aux cas les plus courants de reliefs complexes, suit une méthodologie sommaire, empirique et forfaitisée, uniquement fondée sur de

simples repères d'altitudes permettant de caractériser la position globalement «émergente» ou non du site de construction par rapport à son environnement évalué dans un rayon de 1 kilomètre ; cette procédure qui a l'avantage de ne faire référence à aucun critère de pente, est à appliquer systématiquement dès lors que le terrain entourant la construction ne peut pas être considéré uniformément plat ;

- la procédure 2 est une méthode effectivement analytique mais réservée à quelques cas exceptionnels d'accidents de reliefs très simples et marqués, seules configurations prévues dans la norme européenne, où le terrain peut être valablement décrit par un nombre très réduit de paramètres numériques, dont notamment des pentes de terrain.

- **la position, la surface et la nature des ouvertures** disposées dans les différents parois de l'ouvrage à construire (ouvertures permanentes, non permanentes) ; dans le cas particulier où on doit considérer ouverte pour toutes les situations de projet, une ouverture non-permanente, **le CCTP doit notamment le spécifier.**

À titre de règle générale, l'Eurocode 1 prévoit que la valeur du coefficient de pression intérieure soit déterminée à partir de ces données, par l'intermédiaire du rapport μ entre la somme des aires des ouvertures situées dans des parois soumises à des effets extérieurs de succion dus au vent et la somme des aires de toutes les ouvertures présentes dans l'enveloppe du bâtiment.

En pratique, la distribution des ouvertures effectives simultanément présentes dans cette enveloppe à un instant donné, présente généralement un caractère aléatoire, ce qui conduit à adopter des valeurs forfaitaires du coefficient de pression intérieure : +0,2/-0,3. Il reste néanmoins nécessaire d'envisager, au titre d'une situation accidentelle, la présence d'une ouverture isolée dans l'enveloppe, rendant le plus souvent dominante la paroi concernée par cette ouverture et conduisant à des coefficients de pression intérieure sensiblement aggravés.

- **la présence de constructions avoisinantes** qui pourraient aggraver ou réduire les actions exercées par le vent sur l'ouvrage à construire.

Suivant la clause 4.3.4(1) de l'annexe nationale NF EN 1991-1-4/NA, les constructions de plus de 30 m de hauteur, sont susceptibles d'aggraver les effets du vent sur les autres constructions de hauteur moindre situées dans leur environnement immédiat. Une telle configuration, existante ou à venir dans le cadre d'un développement immobilier déjà programmé, doit donc être portée à la connaissance du constructeur.

À l'inverse, la prise en compte d'effets protecteurs vis-à-vis du vent, de bâtiments déjà existants, doit généralement s'effectuer avec une grande prudence et sous réserve d'une pérennité bien assurée de ces existants. Il est normalement préférable de négliger ces effets et le cas échéant, de le spécifier clairement dans le CCTP.

- **en présence de décrochements**, en plan ou en élévation, qu'ils résultent de la forme du bâtiment à construire ou de la présence d'avoisinants, ou **en présence d'auvents** : bien que de telles configurations ne soient pas exceptionnelles, elles ne sont pas traitées dans l'EN 1991-1-4 ; il convient donc, dans **le CCTP**, soit d'indiquer **la référence d'un document complémentaire à appliquer** pour tenir compte de ces décrochements ou auvents dans le calcul des actions de vent, soit de **définir des dispositions propres au projet.**
- **la définition des surfaces au vent et des coefficients de force associés pour les éventuels équipements extérieurs supportés** par la structure.

4.3.5 Givre

Les charges de givre ne sont normalement pas susceptibles d'affecter les structures des bâtiments courants. En revanche, certaines installations extérieures (non bardées), notamment lorsqu'elles comportent des linéaires de câbles importants, peuvent s'avérer sensibles à ce type de chargement qui aggrave simultanément les charges de gravité et les surfaces offertes au vent, en créant de plus d'éventuels effets dissymétriques très spécifiques.

En l'absence de disposition normative sur le sujet, **il appartient au CCTP de statuer** si les charges de givre sont à considérer ou non, pour le projet particulier. Dans l'affirmative, il doit spécifier les densités, épaisseurs et répartitions à prendre en compte ; à défaut, il peut aussi être fait référence aux développements et dispositions décrites à ce sujet à l'annexe C de la norme NF EN 1993-3-1 et dans l'annexe nationale associée, notamment à la clause 2.3.2(1).

4.3.6 Accumulation d'eau en toiture

Les risques d'accumulation d'eau en toiture affectent particulièrement les structures légères présentant des pentes faibles pour l'écoulement des eaux de pluie. L'annexe nationale de l'EN 1993-1-1 attire ainsi l'attention sur les dispositions constructives à respecter pour assurer l'évacuation correcte des eaux pour les toitures de pente inférieure à 5% et prescrit une vérification de non-effondrement dans les noues de pente inférieure à 3% (clause 7.2.1(1) B).

Le CCT du DTU 43-3 visant les toitures en tôles d'acier nervurées avec revêtement d'étanchéité, détaille de telles dispositions constructives et propose en annexe D des règles simplifiées pour la prévention du phénomène d'accumulation d'eau.

Dans les cas non couverts par le DTU 43-3, il convient de procéder à un calcul itératif explicite des éléments structuraux des zones de noue de la toiture, supposés soumis à une mise en charge progressive par les poches d'eau générées par leurs propres déformations de flexion ; cette approche peut également être adoptée en alternative à l'application du DTU 43-3. En l'absence de disposition précise codifiée pour la conduite de ce type de calcul, les hypothèses suivantes, qui correspondent à la pratique généralement adoptée, peuvent être **préconisées par le CCTP** :

- Les éléments sont initialement soumis aux charges permanentes et aux charges d'exploitation éventuelles appliquées sous la toiture, aggravées par une charge de 3 cm d'eau au-dessus du niveau d'entrée d'eau existant au droit des descentes (implantées par hypothèse au droit des appuis de la charpente).
- Le calcul itératif est engagé à partir des déformations générées par ce chargement initial, et poursuivi jusqu'à stabilisation des flèches ; les sollicitations obtenues sont majorées par un coefficient partiel pris égal à 1,35 avant d'être comparées aux résistances de calcul des éléments.
- Dans le cas de poutres continues, afin de se placer en sécurité, l'accumulation d'eau est limitée à la seule travée où se trouve implantée la descente d'eaux pluviales collectant la zone de toiture analysée.

Dans tous les cas à traiter, un calcul identique est à réaliser pour la situation accidentelle où une descente d'eaux pluviales se trouve obstruée, en adoptant un niveau d'eau initial pris à 3 cm au-dessus du niveau de toiture le plus élevé à franchir par l'eau pour atteindre la descente en position de prendre le relais de celle qui se trouve obstruée ; il n'y a pas lieu de majorer par un coefficient partiel les sollicitations ainsi obtenues.

4.3.7 Actions thermiques

Pour les bâtiments courants normalement isolés et chauffés, les variations de température effectivement subies par la structure intérieure pendant la durée d'exploitation sont limitées. Ces variations peuvent être fixées en considérant les valeurs mini/maxi possibles de la température intérieure (en tenant compte des défaillances possibles du chauffage et de la climatisation) comparées à une fourchette de valeurs vraisemblables de la température de montage de la structure. Compte tenu de l'absence de codification complète sur ces sujets, il est important que **le CCTP fixe les hypothèses de variations** à retenir suivant cette analyse.

En pratique, on obtient le plus souvent de rendre négligeables les effets de ces variations de température, par une conception de structure qui évite les phénomènes de bridage.

Pour certains ouvrages abritant des process particuliers, des régimes de températures très spécifiques doivent être pris en compte, par exemple dans le cas de présence de fours ou pour les chambres froides. Le **CCTP doit alors impérativement définir les hypothèses d'actions thermiques** à prendre en compte, y compris sous forme de gradients internes à la structure.

Dans le cas des structures extérieures, directement et entièrement soumises aux variations thermiques d'origine climatique, les hypothèses sont à fixer par référence à l'annexe nationale NF EN 1991-1-5/NA qui fournit, par département, et pour les altitudes inférieures à 1000 m, les valeurs caractéristiques mini/maxi de la température de l'air sous abri, avec une période de retour 50 ans. Lorsque les conditions climatiques locales (altitude > 1000 m, etc.) le justifient, **le CCTP doit spécifier des valeurs plus sévères pour ces températures extrêmes codifiées. Il doit par ailleurs définir la fourchette de températures de montage** à prendre en compte pour déterminer les variations de température subies par la structure (10°C par défaut suivant NF EN 1991-1-5/NA – clause A.1(3)).

Pour les structures extérieures directement soumises à l'ensoleillement, le type de couleur du revêtement, caractérisant les facteurs d'absorption suivant NF EN 1991-1-5 (claire – légèrement colorée – sombre) **doit être précisé dans le CCTP.**

Pour les bâtiments dont la structure se trouve en partie à l'extérieur de l'enveloppe assurant l'isolation thermique, il est nécessaire de prévoir différentes hypothèses de gradients de température au sein de cette structure. **Il appartient au CCTP de fixer ces hypothèses**, sur la base des mêmes analyses que celles définies pour les cas précédents, éventuellement complétées par les dispositions prévues pour les ponts par la section 6 de la norme NF EN 1991-1-5 et l'annexe nationale associée.

4.3.8 Actions en cours d'exécution

Les actions en cours d'exécution sont traitées par la norme NF EN 1991-1-6 et par l'annexe nationale associée.

De pratique courante, il appartient au constructeur de prendre en compte dans sa conception d'exécution et dans ses calculs, l'incidence des phases de montage aussi bien sur les ouvrages provisoires éventuels que sur les structures définitives. Le **CCTP peut utilement rappeler** la nécessité d'intégrer ces phases intermédiaires dans les études d'exécution.

Les ouvrages en cours d'exécution sont d'abord soumis aux actions courantes prises en compte dans les études de phase définitive, l'intensité de ces actions pouvant néanmoins être adaptée pour tenir compte de la durée des différentes phases provisoires.

À titre d'exemple, il convient d'analyser :

- L'action du vent sur les structures nues qui peut éventuellement être plus défavorable que l'action sur le bâtiment une fois bardé et fermé ;
- L'action du vent sur des structures qui restent partiellement couvertes et bardées pendant une durée significative et qui présentent des configurations plus défavorables que la configuration définitive ;
- Etc...

Des charges propres à la phase de construction sont également à prendre en compte : circulation du personnel avec son outillage, stockage transitoire d'éléments de construction ou de déchets, équipements de chantier nécessaires à la mise en œuvre ...

Enfin, le processus de construction lui-même peut avoir une influence sur la distribution des sollicitations dans la structure et doit donc être considéré dans les études d'exécution : évolution des liaisons en cours de montage telle que la réalisation différée d'encastres de poutres, phase de coulage du béton pour les structures mixtes étayées ou non, séquences de mise en précontrainte ...

4.3.9 Actions accidentelles (hors séisme et incendie)

4.3.9.1 Actions accidentelles prévisibles

Parmi les actions accidentelles prévisibles, on notera pour mémoire l'incendie et le séisme, qui font l'objet de prescriptions réglementaires et sont développées dans les EN 199x parties 1-2 et dans l'EN 1998. Des développements leur sont consacrés par ailleurs dans le présent guide, nous n'y insistons pas. Il en va de même pour les actions accidentelles dûment identifiées dans les différentes parties de l'EN 1991 (actions).

4.3.9.2 Autres actions accidentelles prévisibles

Seront par ailleurs réputées prévisibles toutes actions accidentelles logiquement envisageables du fait de l'usage du bâtiment :

- La réglementation relative aux ICPE est d'application le cas échéant (explosions par exemple)
- On mentionnera à titre d'exemple les chocs accidentels sur les éléments de structure en situation permanente d'exploitation du bâtiment (par exemple chariot porte-palette, poids-lourd ou autre véhicule heurtant un poteau, un potelet, une diagonale de contreventement)

Dans la pratique c'est bien le CCTP qui doit dresser la liste des actions accidentelles identifiées (prévisibles) à considérer, au-delà de celles qui sont de nature réglementaire ou normative.

Il convient que ce recensement s'accompagne de **prescriptions, en termes de critères de résistance, de dispositions constructives ou de limitation de dommages.**

Note

à titre d'exemple, un poteau pourra être protégé contre un choc par une défense, ou pourra être prescrit supporter une action statique équivalente de x kN exercée à une hauteur y donnée...

Un manque de prescription du CCTP vis-à-vis des actions accidentelles identifiables amènera logiquement à une réserve de la part de l'entreprise dans son offre, ou à une offre en option.

4.3.9.3 Actions accidentelles non identifiées

Se reporter au § 3.2.6 (robustesse)

4.3.9.4 Recommandations pour la rédaction du CCTP

Lister les actions accidentelles prévisibles

i) De nature réglementaire

ii) De nature non réglementaire, avec les prescriptions complémentaires pour s'en prémunir (par calcul, par disposition constructive, autre).

4.3.10 Séisme

La méthode de référence fixée par l'Eurocode 8 pour l'évaluation des effets du séisme sur les structures, est le calcul et la combinaison des réponses modales établies à partir de spectres de réponse représentant l'action sismique. La norme définit différents types de spectres dont le choix et le paramétrage sont laissés à l'initiative nationale. En France, ce sont les arrêtés pris pour les différents types de constructions (cf. §2.2.1) qui précisent ces éléments en même temps que le calage en accélération de ces spectres à effectuer en fonction de différentes données (cf. § 3.2.3 pour le récapitulatif des données nécessaires à la définition de l'action sismique).

Les masses soumises à l'action sismique sont généralement relatives à la totalité des charges permanentes et à la part quasi-permanente des charges variables. Dans le cas de charges d'exploitation spécifiques de locaux industriels, **cette part quasi-permanente doit donc être définie par le CCTP**. Dans le cas des bâtiments dont la valeur de la charge d'exploitation est codifiée par la norme NF EN 1991-1-1, il est simplement fait usage du coefficient ψ_2 défini par l'annexe A1 de la norme NF EN 1990 ; pour les logements, bureaux ou lieux de réunion (catégories A, B, C) dans les bâtiments étagés, un coefficient de réduction complémentaire φ est prévu par l'EN 1998-1, pris égal à 0,8 pour des occupations d'étages corrélées, et à 0,5 pour des occupations indépendantes. **On préconise de retenir la valeur de 0,8 dans tous les cas.**

Dans le cas des ponts roulants à charge suspendue par câble, la masse correspondant à cette charge n'est considérée active que dans la direction verticale et pour 20% de sa valeur nominale (cf. 4.3.2.2.3).

Hors ce cas particulier, les masses sont définies dans le modèle de calcul comme actives suivant les 3 degrés de liberté de déplacement dans l'espace, avec une discrétisation suffisante pour prendre en compte correctement les effets de renversement et de torsion.

La norme NF EN 1998-1 prescrit en outre de prendre en compte une excentricité du centre de gravité des masses de chaque niveau de plancher par rapport à sa position nominale théorique, afin de tenir compte d'un certain aléa sur la localisation exacte de ces masses et de la variabilité du mouvement sismique d'un point d'appui de la

structure à un autre. Cette excentricité est prise égale à 5% de la dimension du plancher perpendiculaire à la direction du séisme (clauses 4.3.2(1) – 4.3.3.2.4 – 4.3.3.3.3).



en cas de calcul informatisé, il convient de s'assurer que ces clauses sont effectivement prises en compte.

Lorsque les fondations ne sont pas liaisonnées entre elles dans le plan horizontal, l'action sismique doit être complétée par des déplacements différentiels destinés à couvrir la variabilité spatiale du mouvement imposé au sol par le séisme (cf. §3.2.3).

4.4 Combinaisons

Le format général des combinaisons de calcul est défini par la norme NF EN 1990, et plus particulièrement dans le cadre de ce guide, par l'annexe A1 de cette norme : application pour les bâtiments (annexe normative).

Le CCTP doit clarifier le mode de constitution des combinaisons de calcul ; ci-dessous un extrait de l'annexe A1, clause A1.2.1 de la NF EN 1990 :

1) Il convient de ne pas prendre en compte dans les combinaisons d'actions les effets d'actions qui, pour des raisons physiques ou fonctionnelles ne peuvent pas exister simultanément.

NOTE 1 : selon les utilisations d'un bâtiment, sa forme et son emplacement, les combinaisons d'actions peuvent être fondées sur deux actions variables au plus.

NOTE 2 : l'annexe nationale peut définir les modifications à apporter à A 1.2.1(2) et A1.2.1(3), qui peuvent être nécessaires pour des raisons géographiques.

(2) Il convient d'utiliser les combinaisons d'actions données dans les expressions 6.9a à 6.12b pour vérifier les états-limites ultimes.

(3) Il convient d'utiliser les combinaisons d'actions données dans les expressions 6.14a à 6.16b pour vérifier les états-limites de service.

(4) Il convient de traiter les combinaisons d'actions qui comprennent des forces de précontrainte, comme détaillé dans les EN 1992 à EN 1999.

L'annexe nationale de la NF EN 1990 indique, en commentaire de cette clause:

« Pour l'application des équations 6.10 et 6.14b, il n'est pas nécessaire d'envisager plus d'une action variable d'accompagnement.

La prise en compte de plus de deux actions variables est spécifiée, lorsqu'il y a lieu, pour le projet individuel. »

Pour enlever toute forme d'ambiguïté à cette prescription, **il convient que le CCTP** :

- Soit, confirme que les combinaisons de calcul peuvent être fondées sur une sélection de deux actions variables, une principale et une d'accompagnement ;
- Soit, spécifie qu'il y a lieu de retenir dans les combinaisons de calcul l'ensemble des actions variables physiquement compatibles dans le cadre du projet.

4.5 Conception détaillée

L'objectif de ce paragraphe est d'identifier les **bonnes pratiques qu'il est recommandé de prescrire dans le CCTP**. Il est également utile de mentionner les pratiques qu'il est possible d'exclure du fait des justifications particulières qu'elles impliquent en phase de

conception, ou du soin particulier qu'elles exigent en phase d'exécution, compte tenu des conditions habituelles de réalisation des ouvrages visés par ce guide.

4.5.1 Choix des produits de base

Le choix des produits de base est défini au stade de la conception.

Le présent paragraphe 4.5.1 précise :

- La nature des prescriptions impactant la conception détaillée qu'il est recommandé d'inscrire au CCTP en matière de choix des produits de base
- Les limites dans lesquelles le présent guide a été élaboré

Le chapitre 5 complète ces indications par les prescriptions que le CCTP doit imposer, qui impactent la phase d'approvisionnement des produits.

4.5.1.1 Aciers

- **Il est recommandé d'inscrire au CCTP** que les seuls aciers utilisés sont ceux mentionnés au tableau 3.1 de l'EN 1993-1-1, et mis sur le marché par référence aux normes européennes citées.
- Dans le cadre de ce guide (bâtiments courants), **il est recommandé de se limiter aux aciers de l'EN 10025-2, et aux nuances S235, S275, S355 de cette même norme, ainsi qu'aux profils creux de construction des mêmes nuances relevant de la norme NF EN 10210 ou de la norme NF EN 10219.**
- **Le CCTP peut cependant étendre ce cadre** à l'utilisation d'éléments de structure formés à froid à partir d'aciers de construction du tableau 7 de la norme NF EN 10346, en se limitant aux nuances S280 à S420. Ces éléments formés à froid ne sont utilisés dans le cadre de ce guide que pour la réalisation d'éléments structuraux secondaires : pannes, lisses, solives accompagnées de leurs accessoires (échantignoles, éclisses, liernes, bretelles), l'ensemble étant fourni par un industriel commercialisant un système complet et homogène.
- Le cadre de ce guide ne couvre pas l'utilisation :
 - d'aciers à résistance améliorée à la corrosion atmosphérique (EN 10025-5)
 - d'aciers inoxydables
 - d'aciers moulés
- **Le CCTP doit prescrire** que les aciers retenus soient désignés par leur référence normative (nuance, qualité) sur les plans d'exécution ou la nomenclature associée. Le choix des qualités est fonction de la conception de la structure et de la destination de l'ouvrage ; ce choix est à établir suivant les prescriptions de la NF EN 1993-1-10 ; se reporter également au 4.5.4 du présent guide pour les chemins de roulement.
- La clause 6.2(7) de la norme NF EN 1998-1/NA prescrit également des modalités de choix des qualités d'acier pour les structures soumises à des actions sismiques.
- Doivent notamment être repérées sur les plans d'exécution, les pièces pour lesquelles un acier à caractéristiques de déformation améliorées dans le sens perpendiculaire à la surface du produit (réf. EN 10164) doit être utilisé, avec le niveau de qualité requis ; le choix du niveau de qualité Z doit être établi suivant les prescriptions des normes NF EN 1993-1-1 et 1993-1-10.

- Pour les aciers destinés à être galvanisés, **le CCTP doit définir la catégorie requise**, suivant NF A 35-503 ; le tableau ci-dessous rappelle les caractéristiques de chacune de ces catégories.

Catégories	Eléments en % de masse			Épaisseur du revêtement	Aspect du revêtement
	Si	Si + 2,5P	P		
Catégorie A	$\leq 0,030$	$\leq 0,090$		Pour les aciers des catégories A et B , il peut être difficile d'obtenir des épaisseurs sensiblement supérieures aux épaisseurs moyennes minimales de la norme NF EN ISO 1461.	Pour les aciers de la catégorie A , le revêtement est lisse et brillant.
Catégorie B	$\leq 0,040$	$\leq 0,110$			Pour les aciers de la catégorie B , lorsque les teneurs en silicium et en phosphore sont proches des limites maximales, un revêtement mat et marbré n'ayant pas de conséquences sur la tenue à la corrosion peut apparaître.
Catégorie C	$0,14 \leq Si \leq 0,25$		$\leq 0,035$	Pour les aciers de la catégorie C , l'épaisseur de revêtement est, à conditions de galvanisation identiques à celles des catégories A et B, de l'ordre de $120 \mu\text{m}$ à $200 \mu\text{m}$.	Pour les aciers de la catégorie C , l'aspect est en général uniforme, bien qu'au départ un peu plus mat que pour un acier de catégorie A ou B . Des zones grises, marbrées ou rugueuses n'ayant pas de conséquences sur la tenue à la corrosion peuvent apparaître.

4.5.1.2 Fixations mécaniques

Les fixations mécaniques dont l'utilisation est visée dans le cadre du présent guide (lot structure en acier) sont principalement

- les boulons, couverts par une norme harmonisée et porteurs d'un marquage CE,
- les tiges d'ancrage,
- les chevilles couvertes par une évaluation technique européenne (ETE) et porteuses d'un marquage CE.

Le cas des boulons injectés n'entre pas dans le domaine d'application du présent guide.

- **Le CCTP doit prescrire** que les boulons à utiliser sont :
 - Conformés à la norme NF EN 15048-1 ou à la norme NF EN 14399-1 pour les boulons destinés à des utilisations non précontraintes ;
 - Conformés à la norme NF EN 14399-1 pour les boulons aptes à la précontrainte.
- Les boulons, précontraints ou non, doivent être identifiés sur les plans d'exécution par leur diamètre, leur longueur, leur classe et leur référence normative. Une attention particulière sera portée à la définition des longueurs de vis pour respecter la règle de dépassement en sortie d'écrou après serrage (clause 8.2.2 de la norme NF EN 1090-2) ; cette attention sera encore renforcée en cas d'utilisation de vis cisailées dans leur partie non filetée, cette utilisation devant être spécifiée sur les plans d'exécution (par exemple dans des poutres treillis pour lesquelles on veut maîtriser l'incidence des jeux sur la déformation d'ensemble).
- La gamme des diamètres utilisables est celle explicitement mentionnée dans les normes de référence (M12 à M36).
- Pour les assemblages par boulons non précontraints, **le CCTP doit préciser** si un dispositif anti-desserrage doit être prévu (risque de desserrage lié à des vibrations, par exemple) ; il doit également être rappelé que le soudage des vis et écrous est interdit.

- **Il est recommandé de prescrire** des dispositions évitant toute confusion lors de la mise en œuvre des boulons ; par exemple exclure l'utilisation de boulons de même diamètre dans des classes différentes...
- Les assemblages boulonnés sont systématiquement réalisés par boulons précontraints dans les cas où ils sont soumis à des actions à caractère dynamique significatif (actions résultant du fonctionnement de certains équipements, actions sismiques dans un fonctionnement structural DCH, DCM ou DCL+), et dans les cas où le glissement des assemblages doit être éliminé.

Note

dans les mêmes cas, des boulons « plein trou » peuvent être utilisés ; l'attention est attirée sur les difficultés de mise en œuvre et les exigences inhérentes à cette technique d'assemblage ; un dispositif anti-desserrage doit alors être prévu.

- Lorsque les assemblages par boulons précontraints transmettent par frottement des efforts perpendiculaires au corps des boulons, sauf cas particulier, **il est recommandé de viser la catégorie C** (et non la catégorie B) au sens du tableau 3.2 de NF EN 1993-1-8.

Note

le coefficient de frottement μ doit être déterminé au moyen du tableau ci-dessous, issu des recommandations de la CNC2M pour l'utilisation de l'EN 1993-1-8, et précisant les dispositions du tableau 3.7 de NF EN 1993-1-8

État de surface	Coefficient de frottement
Surfaces grenillées ou sablées, débarrassées de toute rouille non adhérente, exemptes de piqûres	0,5
Surfaces grenillées ou sablées : <ul style="list-style-type: none"> • puis métallisées par projection d'un produit à base d'aluminium ou de zinc • avec une peinture au zinc silicate (alcalin) inorganique d'une épaisseur de 50 μm à 80 μm 	0,4 ⁽¹⁾
Surfaces nettoyées à la brosse métallique ou au chalumeau, débarrassées de toute rouille non adhérente	0,3
Surfaces brutes de laminage	0,2
Galvanisation à chaud (600g/m ²)	0,15
Décapage par meulage	0
(1) La valeur du tableau, issue du tableau 18 de l'EN 1090-2, est utilisable en phase d'avant-projet et en l'absence d'essais préétablis mais doit être confirmée par essais en phase d'exécution.	

Les plans d'exécution doivent identifier les surfaces concernées et la nature de leur traitement et de leur éventuelle protection temporaire.

Dans le cas des surfaces revêtues, les essais requis en phase d'exécution (1) sont réalisés conformément à l'annexe G de l'EN 1090-2, et les conséquences des pertes de précontrainte par fluage du revêtement sont évaluées.

- Pour les assemblages entre éléments de la structure principale, réalisés par boulons non précontraints (boulons relevant de la norme NF EN 15048), **il est recommandé d'utiliser de préférence des boulons de classe 8.8**. Il est également possible d'utiliser des boulons aptes à la précontrainte (NF EN 14399) pour des applications non précontraintes.

- Dans les assemblages entre pièces galvanisées, il convient d'utiliser des boulons galvanisés (précontraints ou non).
- Pour les assemblages glissants réalisés par trous oblongs, **il convient de respecter** les recommandations de la CNC2M pour l'application de l'EN 1993-1-8 et notamment, le tableau ci-dessous reproduit.

Boulon	rond normal	rond surdimensionné	oblong court			oblong long			oblong très long ⁽³⁾		
diamètre	diamètre	diamètre	largeur × longueur			largeur × longueur			largeur × longueur		
12	13 ⁽¹⁾²⁾	15	13 ⁽¹⁾²⁾	×	16	13 ⁽¹⁾²⁾	×	30	13 ⁽¹⁾²⁾	×	42
14	15 ⁽¹⁾²⁾	17	15 ⁽¹⁾²⁾	×	18	15 ⁽¹⁾²⁾	×	35	15 ⁽¹⁾²⁾	×	49
16	18	20	18	×	22	18	×	40	18	×	56
18	20	22	20	×	24	20	×	45	20	×	63
20	22	24	22	×	26	22	×	50	22	×	70
22	24	26	24	×	28	24	×	55	24	×	77
24	26	30	26	×	32	26	×	60	26	×	84
27	30	35	30	×	37	30	×	67	30	×	94
30	33	38	33	×	40	33	×	75	33	×	105
33	36	41	36	×	43	36	×	82	36	×	115
36	39	44	39	×	46	39	×	90	39	×	126

1) Le diamètre ou la largeur peuvent être augmentés du revêtement.

2) Le diamètre ou la largeur peuvent être augmentés de 1 mm en respectant la clause 3.6.1 (5) de l'EN 1993-1-8 ou en présence de boulons à tête fraisée.

3) Les trous oblongs très longs sont ajoutés par rapport à l'EN 1090-2.

4.5.2 Poutres reconstituées soudées (PRS) – hors chemins de roulement (4.5.4)

Ce qu'il est recommandé de prescrire :

- La section des PRS doit être symétrique par rapport au plan de l'âme.
- L'âme est soudée aux semelles sur toute la longueur de la poutre.
- Lorsque la soudure âme/semelle est réalisée par cordons d'angle, il convient de réaliser un cordon de chaque côté de l'âme, au moins dans certaines zones : dans les zones d'assemblage et sur une distance égale à la hauteur d'âme au-delà de la zone d'assemblage, dans les zones d'application de charges ponctuelles significatives, et partout où le mode de chargement ou de sollicitation de la poutre pourrait générer l'ouverture de la liaison côté opposé au cordon unique réalisé.
- Pour les PRS de hauteur variable sur leur longueur, il est recommandé de limiter la pente de variation à 1 / 3.
- En cas de rupture de pente dans la variation de hauteur d'âme, l'âme doit être raidie au droit de la brisure de semelle, sauf justification prenant en compte la flexion locale de la semelle perpendiculairement à son plan moyen.
- Exclure les PRS hybrides (âme et semelles constituées d'aciers de nuances différentes).
- En cas d'utilisation de poutres alvéolaires, qu'elles soient constituées à partir de profilés laminés ou à partir de tôles et plats, recourir à des produits industrialisés, pour lesquels la justification de la résistance est fondée sur une méthode validée par un organisme reconnu.

4.5.3 Poutres-treillis

Ce qu'il est recommandé de prescrire :

- D'une manière générale, les excentremets doivent être évités dans la constitution d'un ensemble triangulé : les excentremets par rapport au plan moyen d'une part, les non-convergences des axes neutres des barres constitutives d'autre part.
- Lorsque des barres d'un système triangulé sont rigidement liées à leurs extrémités, les moments de flexion générés doivent être évalués et pris en compte dans le dimensionnement des éléments.
- Dans le cas courant d'utilisation d'éléments à section composée (cornières jumelées, cornières en croix, UAP dos-à-dos...), l'espacement des barrettes de liaison doit être cohérent avec le calcul de la résistance en compression des éléments ; il faut toujours au moins deux barrettes de liaison sur la longueur d'un élément comprimé.
- Le calcul de la flèche prise par une poutre treillis doit prendre en compte, le cas échéant, l'incidence cumulée des jeux dans les différents assemblages boulonnés (boulons non précontraints).

4.5.4 Chemins de roulement

Sont visés dans le cadre du présent guide les chemins de roulement rectilignes de ponts roulants portés. On désigne ici par chemin de roulement l'ensemble constitué par la poutre de roulement et la voie de roulement qu'elle supporte.

Les poutres de roulement peuvent avoir :

- une section en « I », en poutrelle laminée ou PRS, avec renforcements latéraux éventuels de la semelle supérieure,
- une section en « I », en poutrelle laminée ou PRS, avec poutre-treillis horizontale établie au niveau de la semelle supérieure et braconnée sur la semelle inférieure,
- pour les poutres plus importantes, une section en «caisson» à quatre faces :
 - une face verticale constituée par la poutre principale de charge sous rail de roulement, en poutrelle laminée ou PRS,
 - la deuxième face verticale est constituée par une poutre treillis de même hauteur que la poutre principale de charge,
 - la face horizontale supérieure peut être constituée d'une tôle à larmes (épaisseur mini 4/6), convenablement raidie en sous-face pour servir de passerelle de visite, et/ou d'une poutre treillis,
 - la face horizontale inférieure est constituée par une poutre treillis.

Dans tous les cas, les dispositions suivantes sont recommandées :

- les poutres de roulement sont, de préférence, constituées par travées isostatiques sans porte-à-faux,
- la poutre principale de charge a une section en « I » à âme pleine, symétrique par rapport au plan de l'âme ; cette section peut être variable sur la longueur d'une travée :
 - soit par variation progressive de la largeur des semelles (pente maximale 1/4),
 - soit par variation progressive de la hauteur de l'âme (pente maximale 1/4).
- les aciers utilisés sont de qualité minimale J0, suivant la norme NF EN 10025-2, et éventuellement de qualité supérieure en fonction de l'épaisseur des pièces,

- les raidisseurs d'appuis verticaux sont constitués par une tôle épaisse, formant grain, bloquée longitudinalement,
- les appuis horizontaux sont conçus pour préserver le comportement isostatique de chaque travée (bielles),
- la liaison âme-semelle supérieure des PRS est réalisée par soudures interpénétrées, avec préparation en V de l'âme.

De plus, dans le cas de la poutre «caisson» à quatre faces :

- les liaisons entre les différentes faces doivent être conçues pour que les déformations de l'une d'entre elles ne génèrent pas d'efforts parasites significatifs dans les autres,
- les poutres treillis sont réalisées avec assemblages sans jeu :
 - assemblages par boulons précontraints,
 - assemblages soudés.
- la poutre horizontale inférieure peut éventuellement servir d'appui horizontal aux potelets de façade, si celle-ci ne comporte aucun élément fragile ; les assemblages entre la poutre et les potelets ne doivent pas perturber le comportement de la poutre de roulement (déformation verticale).

Par ailleurs, pour une bonne gestion des interfaces, le titulaire du lot « structure en acier » doit généralement la fourniture du rail de roulement (carré soudé, ou rail Burbach ou équivalent, suivant la destination du pont roulant porté), et le cas échéant :

- des crapauds de fixation du rail sur la poutre principale de charge,
- des bandes d'amortissement en néoprène armé, placées sous le rail (si spécifié par le CCTP qui peut renvoyer aux prescriptions du fournisseur du pont),
- des butoirs amortisseurs fixés sur la poutre de charge à ses extrémités (si spécifié par le CCTP).

Dans les cas d'utilisation de rails Burbach ou équivalent, le rail de roulement est continu entre joints de dilatation du bâtiment, et les joints de dilatation du rail sont situés à proximité de ceux du bâtiment. La continuité du rail est réalisée par soudure, en évitant de disposer cette soudure au droit des jonctions de poutres.

La transmission des efforts longitudinaux (freinage du pont) du rail à la poutre de roulement est réalisée en un point, en milieu de chaque tronçon de rail. La soudure du rail, directement sur la semelle supérieure de la poutre de charge, est interdite.

Au droit des joints de dilatation, le déplacement transversal des bords de coupe est empêché par des taquets soudés. Au voisinage des extrémités de tronçons, la bande d'amortissement, quand elle est prescrite, est remplacée par une tôle de 500 mm de longueur environ, légèrement moins épaisse que celle-ci.

Concernant les monorails et supports de poutres roulantes, il est recommandé :

- de les concevoir en cohérence avec les clauses 2.7, 5.8, 6.7 and 7.5 (3) de la NF EN 1993-6 ;
- de ne pas utiliser de section PRS ; seules les poutrelles laminées à section en I doublement symétrique sont permises;
- d'évaluer la résistance en tenant compte d'une réduction d'épaisseur de la semelle inférieure (semelle de roulement) ; le tableau ci-dessous donne des valeurs recommandées :

		Réduction d'épaisseur
$\frac{\text{charge moyenne levée}}{\text{charge nominale}}$	$< \frac{1}{2}$	1 mm
	$\frac{1}{2}$ à $\frac{3}{4}$	2 mm
	$\frac{3}{4}$ à 1	3 mm

- de limiter la flèche verticale des monorails à $L/500$;
- de porter une attention particulière à l'incidence du monorail sur le comportement de la structure porteuse : actions locales, respect des joints de dilatation.

4.5.5 Assemblages

La conception des assemblages doit être en stricte cohérence avec les hypothèses retenues dans l'analyse globale de la structure :

- Cette cohérence doit être recherchée en termes de rigidité des assemblages en rotation ; du fait que la pratique la plus courante de l'analyse globale des structures principales est de ne pas considérer la semi-rigidité des assemblages, **il est recommandé de prescrire la conception d'assemblages pouvant être assimilés soit à des articulations, soit à des encastremements parfaits** (rigides au sens de l'EN 1993-1-8) ;
- Cette cohérence doit également être recherchée en termes de liberté / blocage en translation ; la conception des assemblages ne doit pas brider les déplacements supposés libres dans l'analyse globale (cf. § 4.1.2) ;
- La conception des assemblages ne doit pas générer d'efforts dits secondaires résultant notamment de dissymétries dans la transmission des efforts principaux issus de l'analyse globale.
- La conception des assemblages doit être établie en phase d'avant-projet afin d'en assurer la faisabilité dès lors que les efforts appliqués pourraient remettre en cause le fonctionnement présumé (articulations notamment).

Une attention particulière doit être portée à l'incidence des jeux dans les assemblages boulonnés (différence entre le diamètre du boulon, et celui du trou dans lequel il est placé). Cette incidence peut notamment être très significative sur le déplacement de structures à treillis assemblées par des boulons non précontraints cisailés.

D'une façon générale, partout où l'incidence de tels jeux doit être éliminée, on utilisera des boulons à serrage contrôlé, ou, a minima, des boulons non précontraints avec jeu réduit cisailés sur leur corps lisse.

Concernant les assemblages soumis à la fatigue, une attention particulière doit également être apportée au strict respect de la cohérence entre le calcul de leur résistance et leur exécution. Notamment, si la catégorie de détail retenue est assortie d'exigences de réalisation (voir EN 1993-1-9 et son annexe nationale), ces exigences doivent être portées sur les plans d'exécution.

Le CCTP peut également exclure certains types d'assemblages pour des questions d'aspect ou d'utilisation de l'ouvrage (exemple des platines ou des brides débordantes).

4.5.6 Pieds de poteau et inserts, ancrages

Comme ci-dessus pour les assemblages internes aux structures en acier, **il est recommandé**, pour les liaisons des structures en acier aux ouvrages en béton qui les

supportent, **de prescrire** qu'elles puissent être assimilées à des articulations ou à des encastresments parfaits (rigides).

Les critères permettant de considérer une liaison comme articulée sont donnés dans la NF EN 1993-1-8/NA.

Les ancrages peuvent être réalisés :

- Par des tiges lisses composées d'un acier conforme aux normes d'aciers de construction soudables (EN 10025 parties 1 à 6) ou de boulonnerie (EN 15048/EN 14399) sous réserve que la limite d'élasticité nominale, f_{yb} , n'excède pas 640 N/mm² lorsque les tiges d'ancrages doivent travailler en cisaillement, n'excède pas 900 N/mm² dans les autres cas ; les tiges peuvent être droites, cintrées pour former une crosse, ou munies d'une plaque d'ancrage ;
- Par des chevilles chimiques, dès lors qu'elles sont couvertes par une évaluation technique européenne (ETE) et par un marquage CE, et qu'elles sont utilisées dans le strict domaine de leur évaluation.

L'utilisation en ancrages de barres HA destinées au ferrailage du béton armé n'est pas autorisée.

Dès lors que l'assemblage est sollicité par un effort significatif perpendiculairement à l'axe des ancrages (effort tranchant global), il convient d'assurer la transmission de cet effort tranchant au béton par la mise en œuvre d'une bêche soudée sous la platine d'embase ou la platine de scellement. **Les dispositifs sans bêche ne sont pas recommandés** sauf pour les appuis de pièces secondaires ne jouant pas un rôle dans la stabilité des éléments principaux.

La fourniture et la mise en œuvre des produits de scellement ne sont en général pas à la charge du titulaire du lot « structures en acier ». Ils doivent être spécifiés dans le CCTP du lot « génie civil » en faisant référence à la clause 9.5.5 de l'EN 1090-2.

Les modalités de réglage et de calage des pieds de poteaux doivent être définies sur les plans d'exécution :

- Le titulaire du lot « structures en acier » peut opter pour un réglage par écrous sous platine, les écrous pouvant rester en place après réglage mais tout espace entre platine et fondation étant comblé par une résine ou un mortier sans retrait : **la transmission d'un effort de compression par les tiges d'ancrage n'est pas recommandée** ; la hauteur moyenne de l'espace entre platine et fondation doit être limitée à 30 mm.
- Il peut également opter pour la mise en place de cales en acier, soit planes, soit biaisées ; si le calage ne couvre qu'une partie de la surface de la platine, **il est recommandé que tout espace restant entre platine et fondation soit comblé par une résine ou un mortier sans retrait** ; la hauteur moyenne du calage d'un pied de poteau doit être limitée à 30 mm.



la présence d'un calage peut avoir une incidence sur le calcul de la bêche chargée de transmettre l'effort tranchant du poteau à sa fondation

4.5.7 Pannes de toiture

Ce qu'il est recommandé de prescrire :

- Les pannes supportant la couverture peuvent être constituées soit de poutrelles laminées à chaud, soit de profilés formés à froid (sigma, zed...); dans le cas d'utilisation de produits formés à froid, les pannes font partie d'un ensemble conçu par un industriel et comportant tous les accessoires nécessaires à son intégration à la structure.
- Quel que soit le type de pannes retenu, leur stabilisation par la couverture ne peut être retenue que si le CCTP le spécifie (voir 4.2.1.1 ci-dessus).
- Lorsque les pannes sont mises en continuité sur plusieurs travées, et ce quel que soit leur type, l'incidence de la semi-rigidité éventuelle de l'assemblage de continuité doit être évaluée et prise en compte dans le dimensionnement.
- Quel que soit le type de pannes retenu, le système de liernage éventuel doit être conçu pour jouer pleinement le rôle de maintien hors plan qui lui est attribué.
- Le liernage de chaque versant de toiture est indépendant.
- Quel que soit le type de pannes retenu, les échantignoles doivent être capables de transmettre à la structure principale, sans déformation significative, les efforts qui leur sont appliqués, perpendiculaires au plan de la toiture (soulèvement) ou parallèles à ce plan.

4.5.8 Conception de détail en zone sismique

Les particularités qui affectent éventuellement la conception de détail en zone sismique sont celles qui concernent la ductilité de la structure primaire qui assure la stabilité de l'ouvrage, plus ou moins exigeantes selon la classe choisie.

Le cas échéant, en complément aux informations fournies dans le §4.1.2 ci-avant, **le CCTP doit spécifier**, en fonction de la classe de ductilité choisie et des dispositions de conception générale retenues, quelles sont les exigences imposées pour la conception de détails. Ces spécifications concernent :

- Le choix des aciers et de leur ténacité,
- Le choix des produits, les classes de sections, l'élançement des barres
- La conception des assemblages
- Les dispositions constructives de détail particulières qui ont comme principal objectif de garantir le comportement attendu des pièces concernées, en cohérence avec les hypothèses et les critères retenus pour les calculs (renforcement des zones de perçage dans les barres tendues, etc....).

Suivant les prestations contractuelles, les spécifications peuvent décrire explicitement quelles sont les solutions de détail voulues, ou renvoyer aux documents normatifs, recommandations et autres documents de référence qui traitent de ce sujet (cf. §2.3 à 2.5), en laissant au constructeur l'initiative de leur définition.

4.6 Analyse – consistance des calculs

4.6.1 Analyse globale – stratégie de calcul

- Le choix de modèles d'analyse 2D ou 3D est en règle générale du ressort de l'entreprise (sauf les impositions normatives, cf. EN 1998-1). En ce qui concerne les bâtiments

courants objet du présent guide, les analyses élastiques, 2D plan par plan, suffisent en général.

- En cas de nécessité de calcul au séisme : les clauses de régularité du bâtiment selon l'EN 1998-1 peuvent impliquer des analyses 3D. **Il est recommandé, le cas échéant, d'attirer l'attention sur cette exigence. Il est conseillé de faire référence aux recommandations « séisme » N0035 de la CNC2M.**
- **Les situations de couplage sismique entre l'ossature métallique et tout autre ouvrage ou partie d'ouvrage doivent faire l'objet de prescriptions spécifiques dans le CCTP.**
- Il est d'usage courant de faire l'hypothèse que le sol et la fondation sont des supports fixes en translation verticale et en rotation, (ceci ne contrariant pas une conception articulée des pieds de poteaux de l'ossature). La translation horizontale différentielle entre supports est traitée par l'EN 1998-1 et les recommandations N0035 de la CNC2M.
- Il convient de définir au CCTP toute autre hypothèse (en particulier pour les tassements différentiels, pour le séisme). **Le CCTP fournira alors toutes données de sol permettant à l'entreprise de mener les études adéquates.**
- **Il convient de spécifier** que l'entreprise tienne compte, lorsque nécessaire, d'une façon ou d'une autre, des effets dits du second ordre (amplification des sollicitations par les déplacements pour les structures souples transversalement).
- Une structure est d'autant plus sensible aux effets du second ordre que les charges verticales descendantes à stabiliser sont importantes par rapport aux charges latérales. Une majorité des ouvrages entant dans le cadre de ce guide ont un simple rôle de clos-couvert et sont, de ce fait, rarement sensibles aux effets du second ordre.
- Pour l'analyse globale, les assemblages poutre-poteau peuvent être considérés rigides ou articulés comme de besoin et selon les dispositions constructives classiques (règles de l'art). En étude d'exécution, l'entreprise justifiera le cas échéant le degré de rigidité des assemblages.
- **En cas de recours voulu à la semi-rigidité des assemblages en phase de conception, celui-ci doit être particulièrement explicité par le CCTP.**
- L'analyse globale doit également prendre en compte les imperfections géométriques (défauts de verticalité des poteaux) prescrites par l'EN 1993-1-1. Celles-ci-peuvent être modélisées par des couples équivalents de forces horizontales agissant aux extrémités des poteaux. Des imperfections sont également à prendre en compte pour les éléments stabilisés par des poutres au vent ou des palées, là encore, éventuellement, sous forme de charges équivalentes.

4.6.2 Vérification de la résistance des éléments

Application de EN 1993-1-1

4.6.3 Vérification de la résistance des assemblages

Application de l'EN 1993-1-8

4.6.4 Vérification de l'adéquation du calcul ELU au comportement réel de la structure

Il convient de vérifier que les résultats des calculs ELU concernant les mouvements relatifs extrêmes de pièces en liaisons partielles ou de pièces libres en vis à vis, sont compatibles avec les jeux possibles du fait de la conception théorique des détails et des calages éventuels, et en tenant compte des tolérances de fabrication et de mise en œuvre.

À défaut, les modèles théoriques employés et les calculs ELU réalisés risquent de ne pas être représentatifs du comportement réel extrême de la structure. (cf. 4.1.2 - 4.2.1.2 et 4.5.5 ci-avant).

4.6.5 États limites de service

4.6.5.1 Déplacements admissibles à l'ELS

Au-delà des prescriptions de base de l'EN 1993-1-1 et de son annexe nationale, des prescriptions additionnelles des autres parties de l'EN 1993 qui seraient d'application (notamment l'EN 1993-6 et son annexe nationale concernant les chemins de roulement)

le CCTP doit préciser toute exigence plus spécifique au projet :

- Exigences spécifiques liées à la nature des façades ;
- Exigences spécifiques du fournisseur de certains ponts roulants...

4.6.5.2 Limitation pour le confort des planchers

L'EN 1993-1-1 et son annexe nationale fixent le seuil de fréquence minimale à 2,6 Hz pour les vibrations verticales des planchers, pour une utilisation courante du bâtiment.

L'EN 1990 et son annexe nationale fixent une exigence plus sévère de 5 Hz en cas d'utilisation rythmique (sport, danse, concerts, etc.)

Le CCTP doit fixer en fonction du degré de confort souhaité toutes exigences en termes de limitation de fréquence, et de limitation des accélérations verticales voire transversales ou longitudinales (se référer à l'ISO 10137).

4.6.5.3 Autres cas de charge (machines...)

Les caractéristiques vibratoires des machines à installer doivent être définies ou faire l'objet d'une définition en fourchette dans le CCTP (voir interfaces) : fréquences en fonctionnement et autres, poids (charge permanente), excentrement générateur de charges verticales et horizontales, toute autre donnée...

4.6.6 Fatigue

Pour mémoire, les machines ou mécanismes imposant de fréquentes sollicitations significatives peuvent générer de la fatigue dans les ossatures supports (cf. 4.6.5.3). Il est normalement admis que le vent ne provoque pas d'effets de fatigue dans les éléments d'ossatures des bâtiments couverts par le présent guide.

4.6.7 Séisme, choix de la classe de ductilité

En conception parasismique, on aura à faire un compromis entre :

- un comportement élastique, anodin si le vent dimensionne par rapport au séisme, et qui n'apporte pas de surcoût séisme à l'ossature
- un comportement dissipatif très modéré (idem ci-dessus plus quelques exigences constructives et d'exécution)
- un comportement dissipatif affirmé et souhaité lorsque le séisme est l'action largement dimensionnante par rapport au vent.

Ces situations correspondent aux classes de ductilité selon EN 1998-1 et son annexe nationale, et selon les recommandations N0035 émises par la CNC2M pour les ossatures métalliques parasismiques.



Il est inutile de prescrire une classe de ductilité moyenne ou élevée lorsqu'elle n'est pas nécessaire compte tenu du niveau de l'agression sismique et de la nature du bâtiment.

La prescription d'une classe de ductilité inutilement élevée entraîne des surcoûts importants et généralement injustifiés dans les études et surtout dans l'exécution de l'ouvrage ; d'autre part le recours à une classe de ductilité DCM ou DCH implique l'acceptation de dégâts importants au bâtiment en cas d'atteinte du niveau de calcul du séisme.

Si le CCTP ne spécifie pas la classe de ductilité à utiliser pour le lot CM (cf. 3.2.3), il appartient au constructeur de proposer un choix et au maître d'œuvre d'assurer la cohérence avec les autres lots.

Il convient en outre de spécifier selon la nature de l'enveloppe ou les besoins des équipements portés, les déplacements admissibles à l'état limite de limitation des dommages.

4.6.8 Incendie

Se reporter au § 3.2.4 ci-dessus, où sont mentionnées les différentes approches du calcul en situation d'incendie.

5 - MATÉRIAUX et PRODUITS

Ce chapitre traite des spécifications relatives aux approvisionnements des produits constitutifs.

D'une façon générale, il convient de se conformer aux exigences de base du chapitre 5 de la norme NF EN 1090-2.

Les informations supplémentaires (tableau A1 de la norme NF EN 1090-2) qui, tout en entrant dans le domaine d'application du présent guide, n'auraient pas été données par le CCTP, sont à définir par le titulaire du lot « structure en acier » en cohérence avec le niveau d'exigence requis.

Concernant les options (tableau A2 de la norme NF EN 1090-2), trois situations peuvent se présenter, pour celles qui entrent dans le domaine d'application du présent guide :

- lorsqu'elles font l'objet de spécifications particulières du CCTP, elles sont directement prises en compte par le titulaire du lot « structure acier » ;
- lorsque le CCTP les identifie comme un élément des offres techniques, elles font l'objet d'un choix explicite du constructeur, en cohérence avec les objectifs fixés pour l'ouvrage ;
- lorsqu'elles ne font pas l'objet de spécifications particulières du CCTP, celles qui viennent en dérogation à l'exigence normale doivent être considérées comme exclues ; pour les autres, le constructeur évalue, sous sa responsabilité, la nécessité éventuelle de les retenir pour respecter les objectifs fixés pour l'ouvrage.

Dans le cadre du présent guide, les questions relatives à l'aspect esthétique ou décoratif ne sont pas prises en compte : **le CCTP peut, le cas échéant, associer à ces questions des exigences complémentaires.**

On rappelle qu'il convient de se conformer rigoureusement aux exigences du **règlement produits de construction (RPC)**, qui impose notamment que les produits de construction approvisionnés suivant une norme harmonisée soient accompagnés d'une **déclaration de performance**, et porteur d'un **marquage CE**.

Les documents relatifs aux matériaux et produits et à leur contrôle devront être tenus à disposition des représentants du maître d'ouvrage, du maître d'œuvre ou du contrôleur technique, qui souhaiteraient les consulter.

Ils font partie du dossier d'exécution et ils sont archivés suivant les procédures retenues par le dossier qualité du projet (voir chapitre 8 ci-après).

5.1 Aciers de construction

- Les aciers de construction doivent être approvisionnés suivant les recommandations du 4.5.1.1 ci-dessus ;
- Ils doivent être livrés, porteurs d'un marquage CE lorsqu'ils relèvent d'une norme harmonisée ou d'une évaluation technique européenne, et accompagnés de leurs documents de contrôle tels que définis dans le tableau ci-dessous, tiré de la norme NF EN 10025-1 avec intégration d'une exigence complémentaire de l'EN 1090-2 ;

Nuance	Température de résilience	Type de document (réf. EN 10204)	Classes concernées
S 235 / S 275	≥ 0°C (J0 - JR)	2.2	Toutes
S 235 / S 275	< 0°C (J2)	3.1	Toutes
S 355	≥ 0°C (J0 - JR)	2.2	EXC1
		3.1 (*)	EXC2 - 3 - 4
S 355	< 0°C (J2 - K2)	3.1	Toutes
> S 355	toutes	3.1	Toutes

(*) exigence complémentaire de l'EN 1090-2 : demande particulière à formuler lors de la commande des aciers.

Pour les autres cas : les certificats 2.2 ou 3.1 doivent être disponibles sur demande lors de la commande des aciers (au titre du marquage CE)

- **On recommande** d'étendre l'application du tableau ci-dessus aux produits relevant des normes NF EN 10210 / 10219 ; ces produits doivent être porteurs d'un marquage CE ;
- La réception des aciers de construction est le point de départ du processus de leur traçabilité partielle (EXC2) ou totale (EXC3 ou EXC4) ;
- Lorsqu'une protection anticorrosion par galvanisation est prévue, la catégorie de composition chimique (A, B ou C) **doit être spécifiée** par référence à la norme NF A35-503, en s'appuyant sur les indications de son annexe A ;
- Dans tous les cas où le titulaire du lot « structures en acier » aura détecté la nécessité d'utiliser un acier à caractéristiques de déformation améliorées dans le sens perpendiculaire à la surface du produit, il lui appartiendra d'en justifier la classe de qualité suivant NF EN 10164 et de libeller sa commande en conséquence ;
- Lorsque les aciers sont commandés et fournis avec parachèvement, ils doivent être porteurs d'un marquage CE par référence à la norme harmonisée EN 1090-1.



on entend par parachèvement les opérations de mise à longueur, grugeage, perçage, cintrage, soudage de raidisseurs...

5.2 Boulonnerie

- Les produits de boulonnerie doivent être approvisionnés suivant les recommandations du 4.5.1.2 ci-dessus ;
- Ils doivent être livrés accompagnés de leur document de contrôle et porteurs d'un marquage CE ;
- Une attention particulière doit être portée à l'approvisionnement des chantiers en boulons, vis, écrous et rondelles de manière à garantir l'utilisation de composants compatibles ;

- Les boulons aptes à la précontrainte peuvent être approvisionnés dans chacun des 3 systèmes prévus (HR, HV ou HRC) ; cependant, pour un chantier donné, **il est recommandé** d'approvisionner tous les boulons aptes à la précontrainte dans le même système, de façon à faire usage d'une méthode de serrage unique (étant rappelé que la pratique française en matière de boulons précontraints est la mise en œuvre de boulons HR avec serrage effectué par la méthode du couple).

5.3 Produits de soudage

Les produits de soudage sont approvisionnés par référence aux normes listées au tableau 5 de la NF EN 1090-2. Lorsque la norme de référence est une norme harmonisée, les produits sont livrés porteurs d'un marquage CE.

Ils doivent être stockés dans le strict respect des recommandations du fabricant.

Se reporter au 6.1 ci-après pour la ténacité du métal d'apport des soudures en zone sismique.

5.4 Matériaux et produits de protection contre la corrosion et contre l'incendie

Si la fourniture et la mise en œuvre de tels produits sont à la charge du lot CM :

- Tous les matériaux de traitement de surface (anticorrosion, protection au feu, décoration...) doivent respecter strictement la législation en matière de protection de l'environnement et de la santé.
- Ils doivent être approvisionnés, stockés et utilisés conformément aux instructions des fabricants, aux spécifications des normes en vigueur et aux règles de l'art.

6 - FABRICATION

Ce chapitre traite des spécifications relatives aux opérations de fabrication des structures en acier en atelier.

D'une façon générale, il convient de se conformer aux exigences de base des normes NF EN 1090-1 et 2 et à celles du complément national NF P 22-101-2/CN.

Il appartient au titulaire du lot « structures en acier » d'adapter ses opérations de fabrication et de contrôle en usine à la classe d'exécution requise par le CCTP soit explicitement, soit au moyen de la classe de conséquence relative à l'ouvrage et à la référence aux recommandations N0169 de la CNC2M (voir 3.2.2 et 4.1.3 ci-dessus).

Concernant les informations supplémentaires (tableau A1 de la norme NF EN 1090-2) et les options (tableau A2 de la norme NF EN 1090-2), il convient de retenir les mêmes dispositions que celles définies au chapitre 5 « Matériaux et produits ».

Dans le cadre du guide, **les questions liées à l'aspect esthétique ou décoratif ne sont pas prises en compte : le CCTP peut, le cas échéant, associer à ces questions des exigences complémentaires.**

La fabrication doit être réalisée en complète conformité avec les plans d'exécution qui traduisent la conception détaillée des structures en acier à réaliser. En particulier, l'établissement des plans d'atelier et de traçage ne peut intégrer de modifications par rapport aux plans d'exécution sans mise à jour et nouvelle validation de ces derniers.

Les tolérances de fabrication à retenir sont celles définies par la norme EN 1090-2, chapitre 11 et annexe D :

- Tolérances essentielles : valeurs tabulées au tableau D1 ;
- Tolérances fonctionnelles : valeurs tabulées au tableau D2 ; dans le cadre du présent guide, la classe de tolérance retenue est très généralement la classe 1.

Le CCTP doit en outre spécifier si des tolérances ou des cumuls de tolérance sont à respecter aux interfaces avec d'autres lots (lot façades par exemple).

Les documents relatifs à la fabrication et à son contrôle devront être tenus à disposition des représentants du maître d'ouvrage, du maître d'œuvre ou du contrôleur technique, qui souhaiteraient les consulter.

Ils font partie du dossier d'exécution et ils sont archivés suivant les procédures retenues par le dossier qualité du projet (voir chapitre 8 ci-après).

6.1 Soudage

En matière de soudage, les prescriptions de l'EN 1090-2, différenciées par niveau EXC sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Exigences	EXC 1	EXC 2	EXC 3	EXC 4	
7.2.1 : programme de soudage	X Limité aux DMOS	X	X	X	
		Contenu précisé dans 7.2.2			
7.4.1 : QMOS	-	X	X	X	
		Méthodes de qualification : tableaux 12/13			
7.4.2 : Soudeurs & opérateurs EN ISO 9606-1/ EN ISO 14732	X	X	X	X	
7.4.3 : Coordinateur EN ISO 14731	-	X	X	X	
		Connaissances techniques : tableaux 14/15			
12.4.1 : contrôleur EN ISO 9712	Personnel en charge qualifié COFREND 2				
CND	7.6 : critères	Si exigé D	C (général) +D défauts spécifiques	B	B + tableau 17
	12.4.2 : étendue	contrôle visuel : 100% (si défaut superficiel > magnétoscopie ou ressuage)			
		Systématique : 5 premiers assemblages pour chaque nouveau DMOS	5 premiers assemblages pour chaque nouveau DMOS + contrôles non destructifs suivant : Tab 24 & Tab 5/CN		

En fonction du (des) niveau(x) EXC, les documents de soudage disponibles en atelier sont donc : programme de soudage, DMOS, QMOS, qualifications des soudeurs et opérateurs, définition de mission du coordinateur, enregistrements des contrôles.

Dans le cadre du présent guide, les procédés de soudage qu'il est prévu d'utiliser sont les procédés de soudage à l'arc (série 1xx de la liste donnée au 7.3 de la norme NF EN 1090-2 ; si le lot « structure en acier » comporte des parties d'ouvrages mixtes acier-béton, cette prescription peut être étendue aux procédés de soudage 78x).

Il est rappelé la clause 6.2 (7) de la norme NF EN 1998-1/NA fixant des prescriptions en matière de ténacité du métal d'apport dans les assemblages soudés des structures soumises à des actions sismiques, prescriptions complétées par les recommandations N0035 de la CNC2M. Pour les structures en acier qui ne sont pas soumises à des actions sismiques, **il est recommandé** de respecter a minima les prescriptions prévues par ces documents pour la classe DCL.

Lorsque la structure à réaliser comporte des assemblages soudés de profils creux, **il est recommandé** que le CCTP rende applicable l'annexe E (à statut informatif) de la norme NF EN 1090-2 qui fournit des recommandations détaillées pour l'exécution de ces assemblages particuliers.

En cas d'utilisation d'éléments minces formés à froid (limites d'utilisation dans le cadre de ce guide fixées en 4.5.1.1), **toute opération de soudage de ces éléments ou sur ces éléments est proscrite.**

Lorsque des assemblages doivent être complétés par des soudures d'étanchéité, notamment pour prévenir la corrosion de zones inaccessibles à l'entretien, le CCTP doit le spécifier.

6.2 Fixations mécaniques

Certaines opérations de boulonnage étant réalisées en atelier, **le CCTP doit intégrer** un paragraphe « fixations mécaniques » au chapitre « fabrication ». Les prescriptions de ce paragraphe sont également applicables en phase de montage (chapitre 7 ci-après).

Les opérations de boulonnage sont réalisées dans le cadre fixé par les paragraphes 4.5.1.2 et 5.2 ci-dessus.

Les enregistrements du constructeur, relatifs aux produits de boulonnerie utilisés (boulons, vis, écrous, rondelles) doivent garantir l'utilisation de composants compatibles.

Les enregistrements relatifs aux opérations de boulonnage doivent démontrer que les contrôles prévus au 12.5 de l'EN 1090-2 ont dûment été réalisés. Pour les assemblages par boulons précontraints notamment, ils doivent garantir que les hypothèses prises en compte dans les calculs sont respectées : état des surfaces de frottement, enregistrement des essais confirmant la valeur des coefficients de frottement entre surfaces revêtues (le cas échéant), enregistrement des contrôles pendant et après serrage.

Une attention particulière doit être portée sur les points suivants, et **le CCTP doit en faire mention** :

- Lorsque les plans d'exécution mentionnent une utilisation de la résistance sur tige lisse, la longueur des boulons et celle de leur partie non filetée doivent être strictement adaptées aux épaisseurs à serrer.
- Pour les boulons précontraints, la méthode de serrage doit être choisie conformément au tableau 4 du complément national NF P 22-101-2 ; on rappelle que la pratique française la plus courante est d'utiliser des boulons HR, classe k2, serrés par la méthode du couple.
- Dans le cas d'utilisation de la méthode du couple, les conditions d'application de l'annexe H de la norme EN 1090-2 sont précisées au 7.2.3 du complément national NF P 22-101-2.
- Le contrôle de serrage des boulons précontraints a pour objectif de détecter les sous-serrages éventuels, mais également les sur-serrages éventuels.

6.3 Protection anticorrosion

Comme déjà mentionné en 2.3.3 du présent guide, l'exigence de base, pour le titulaire du lot « structure en acier », en matière de protection anticorrosion est le respect des prescriptions de l'EN 1090-2 (chapitre 10 et annexe F), et de celles des normes qui y sont référencées. Il est également rappelé que le chapitre 9 du complément national NF P 22-101-2/CN est à prendre en compte.

Comme mentionné en 3.2.5 du présent guide :

- Lorsque le mode de protection anticorrosion retenu est la peinture et que sa mise en œuvre n'est pas à la charge du titulaire du lot « structures en acier », ce dernier contribue au traitement des surfaces protégées en livrant des surfaces préparées au degré prescrit par le CCTP ; les exigences relatives à chacun des degrés de préparation

(P1 = préparation légère, P2 = préparation soignée, P3 = préparation très soignée) sont définies au tableau I de la norme EN ISO 8501-3. L'attention est attirée sur le cas des chants de coupage thermique.

- Lorsque la mise en œuvre du système de protection anticorrosion est à la charge du titulaire du lot « structures en acier », il lui appartient de s'assurer qu'elle est conforme aux prescriptions du CCTP et à celles des documents normatifs qui s'y rapportent.

Une attention particulière doit être accordée au traitement des espaces « clos » vis-à-vis de la protection anticorrosion de la structure ; on désigne par espace « clos » un espace dont les parois ne seraient pas atteintes, sans dispositions particulières, par le produit de protection mis en œuvre.

La disposition à favoriser est de supprimer le caractère « clos » de ces espaces en permettant au produit de protection d'y pénétrer par la réalisation de trous d'évent/écoulement ; cette disposition peut être prise dans les procédés par trempage, galvanisation ou peinture.

À défaut, dès lors que la catégorie de corrosivité est autre que C1, les espaces « clos » doivent être obturés de façon à y interdire toute circulation d'air.

Il importe également d'apporter un soin particulier au maintien de la performance de la protection anticorrosion si des opérations de coupage, de perçage, ou de soudage sont réalisées après la mise en œuvre du produit de protection :

- En cas de coupage ou perçage sur pièce revêtue : reprise de la protection dès lors que la catégorie de corrosivité est autre que C1, pour les pièces peintes, et pour les pièces galvanisées d'épaisseur supérieure à 4 mm
- En cas de soudage sur pièce revêtue : reprise systématique de la protection après soudage

Il importe aussi que toutes dispositions soient prises pour que dans les assemblages mécaniques de pièces protégées, il n'y ait de dégradation :

- Ni de la performance de la protection anticorrosion par le fonctionnement mécanique de l'assemblage,
- Ni de la performance mécanique calculée de l'assemblage du fait de la présence de la protection anticorrosion ; à cet égard, lorsque la résistance au frottement est mobilisée dans un assemblage, le traitement des surfaces en contact doit être strictement conforme aux hypothèses retenues en phase de conception ; il est cependant précisé qu'il n'y a pas d'opposition à ce que les sous-faces des platines d'appui sur le béton soient revêtues dès lors que l'effort tranchant est transmis par une bêche (commentaire relatif à la clause 10.7 de l'EN 1090-2) ; de même, il peut être admis que les tiges d'ancrage soient revêtues (clause F5 de la norme) lorsqu'on n'utilise pas l'adhérence entre tiges et béton pour la transmission des efforts (ancrages avec tête marteau ou plaque d'about)

Lorsque la protection par peinture est retenue, **il est recommandé de se référer au chapitre 9 du complément national NF P 22-101-2/CN.**

Le CCTP doit alors spécifier les dispositions à prendre en fonction de la destination de l'ouvrage, en matière de :

- Qualification des opérateurs
- Encadrement de ces opérateurs
- Contrôle des travaux
- Intervention d'un organisme de tierce partie

7 - MONTAGE

7.1 Généralités

D'une façon générale, il convient de se conformer aux exigences de base de la norme NF EN 1090-2 (chapitre 9) et à celles du complément national NF P 22-101-2/CN.

Il appartient au titulaire du lot « structures en acier » d'adapter ses opérations de montage et de contrôle sur chantier à la classe d'exécution, requise par le CCTP soit explicitement, soit au moyen de la classe de conséquence relative à l'ouvrage et à la référence aux recommandations N0169 de la CNC2M (voir 3.2.2 et 4.1.3 ci-dessus).

Concernant les informations supplémentaires (tableau A1 de la norme NF EN 1090-2) et les options (tableau A2 de la norme NF EN 1090-2), il convient de retenir les mêmes dispositions que celles définies au chapitre 5 « Matériaux et produits ».

Dans le cadre du guide, les questions liées à l'aspect esthétique ou décoratif ne sont pas prises en compte : **le CCTP peut, le cas échéant, associer à ces questions des exigences complémentaires.**

Les tolérances de montage à retenir sont celles définies par la norme EN 1090-2, chapitre 11 et annexe D :

- Tolérances essentielles : valeurs tabulées au tableau D1 ;
- Tolérances fonctionnelles : valeurs tabulées au tableau D2 ; dans le cadre du présent guide, la classe de tolérance retenue est très généralement la classe 1.

Le CCTP doit en outre spécifier si des tolérances ou des cumuls de tolérance sont à respecter aux interfaces avec d'autres lots (lot façades par exemple).

Les dispositions mentionnées aux paragraphes 6.1, 6.2, 6.3 ci-dessus sont reconduites pour la phase de montage.

Les documents relatifs au montage et à son contrôle devront être tenus à disposition des représentants du maître d'ouvrage, du maître d'œuvre ou du contrôleur technique, qui souhaiteraient les consulter.

Ils font partie du dossier d'exécution et ils sont archivés suivant les procédures retenues par le dossier qualité du projet (voir chapitre 8 ci-après).

7.2 Conditions de chantier

L'ensemble des conditions d'intervention de l'entreprise titulaire du lot « structures en acier » sur le site d'implantation du bâtiment à réaliser doivent être définies par le CCTP, et notamment, lorsqu'il y a lieu :

- La localisation et les gabarits des accès et aires de circulation des engins,
- La délimitation des zones destinées au stockage des matériels et des aires réservées au pré-assemblage des structures en acier,
- Les charges admissibles au sol et sur les planchers,
- Les prévisions de tassement éventuel des appuis en cours de montage
- L'implantation des réseaux souterrains, câbles aériens ou obstacles pouvant interférer avec les opérations de montage des structures en acier,
- Le descriptif des existants affectant les travaux ou affectés par les travaux,
- Le descriptif des interfaces avec les autres corps d'état, et les procédures en résultant notamment les procédures de réception par le titulaire du lot « structures en acier » des ouvrages de génie civil, et de réception par les titulaires des lots « enveloppe » des structures en acier,
- La fourchette de températures de référence prévues pour le montage de la structure, au stade des études d'exécution.

Tout ou partie des informations précédentes peuvent être données dans un cahier des clauses techniques communes à l'ensemble des lots, auquel le CCTP du lot CM doit alors renvoyer.

7.3 Principe du montage

Si un principe de montage a été retenu en phase de conception, il doit être décrit par le CCTP, ainsi que son incidence sur le dimensionnement.

Pour des structures simples, la définition du montage est généralement laissée à l'initiative du constructeur.

Pour des structures plus complexes ou présentant des particularités dimensionnelles ou géométriques, ou lorsque les conditions d'accès ou de mise en œuvre impliquent des dispositions, des précautions ou des exigences particulières, **le CCTP doit définir** un principe de montage des structures principales.

Le CCTP doit alors préciser si ce principe procède de la simple recherche d'une méthode servant de base au projet ou éventuellement s'il est imposé au constructeur.

Le montage à blanc de certaines parties de structures n'est généralement pas nécessaire pour les ouvrages courants visés par le présent guide. Dans le cas contraire, **le CCTP doit**, soit prescrire des exigences sur ce sujet, soit indiquer que la décision de procéder à des montages à blanc est laissée à l'appréciation du constructeur.

7.4 Méthode de montage du constructeur

Il appartient au constructeur de donner un descriptif détaillé de la méthode de montage qu'il met en œuvre dans un dossier de montage, constitué de façon à répondre aux

exigences du chapitre 9 de l'EN 1090-2 dans la mesure où elles sont pertinentes pour les travaux entrepris.

La méthode de montage du constructeur doit également respecter les prescriptions du CCTP (voir 7.2 ci-dessus), s'il en existe.

La notice descriptive peut éventuellement être complétée par des plans (voir chapitre 8 ci-après).

8 - DOSSIER D'EXECUTION de L'OUVRAGE (DEXO)

8.1 Constitution du dossier d'exécution de l'ouvrage

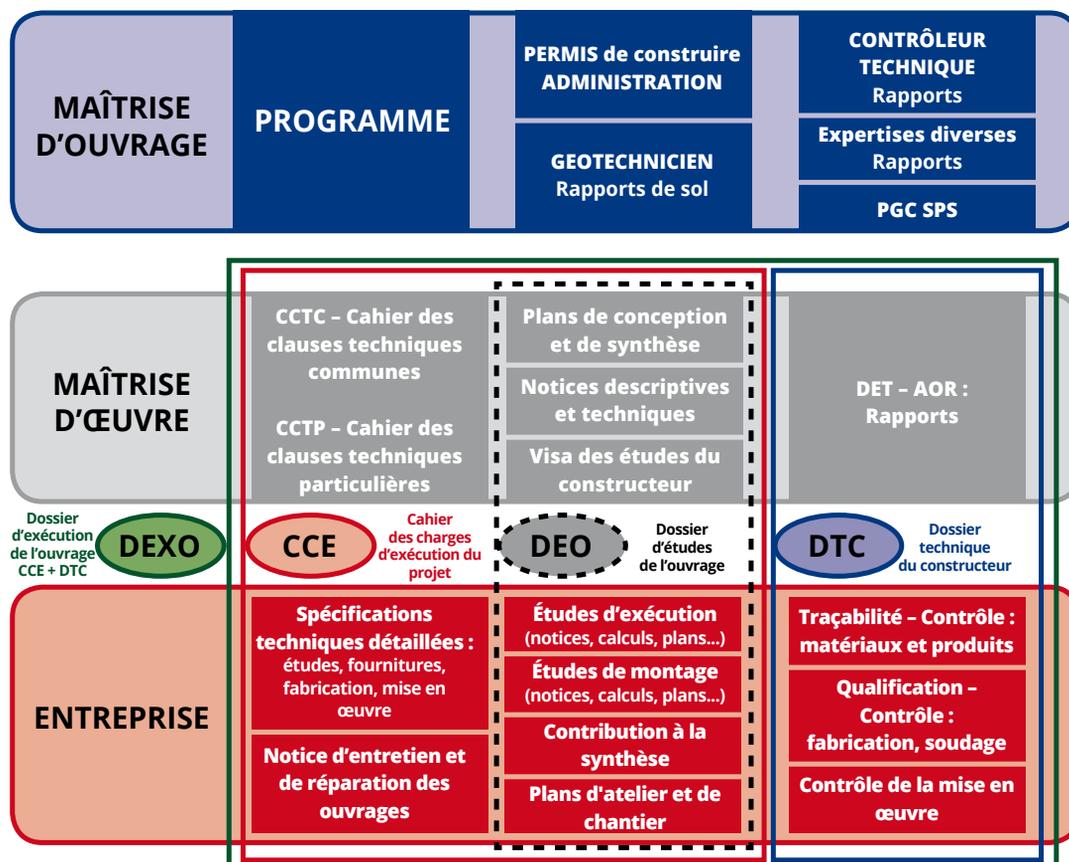
8.1.1 Organigramme documentaire du projet

Le CCTP doit fournir la liste des documents d'exécution de l'ouvrage à fournir par le constructeur.

Note

Le schéma ci-dessous représente l'organigramme de la documentation technique d'un projet classique avec maîtrise d'œuvre, concernant le lot « structure en acier », en cohérence avec DTU 32.1 d'octobre 2009

Il est bien évidemment à adapter aux spécificités du projet.



Le dossier d'exécution de l'ouvrage (DEXO), regroupe le cahier des charges d'exécution du projet (CCE) et le dossier technique du constructeur (DTC).

Le cahier des charges d'exécution du projet (CCE) comprend essentiellement :

- le cahier des clauses techniques particulières (CCTP), établi par le maître d'œuvre ;***
- les spécifications techniques détaillées complémentaires, ainsi que la notice d'entretien et de réparation des ouvrages, établies par le constructeur ;***
- le dossier d'études de l'ouvrage (DEO), comprenant les documents d'études établis par le maître d'œuvre (plans de conception, synthèse, notices, visa,...) ainsi que les documents d'études établis par le constructeur (notices, calculs et plans d'exécution) ;***
- le dossier technique du constructeur (DTC) rassemble les éléments relatifs à l'exécution de l'ouvrage établis par le constructeur. Il regroupe tous les documents propres à l'approvisionnement des matériaux et produits, à la fabrication, à la mise en œuvre et éventuellement à la maintenance.***

8.1.2 Modalités de réalisation et de diffusion du dossier

Le constructeur prépare au fur et à mesure de la réalisation de ses prestations et tient à la disposition du maître d'ouvrage ou de ses représentants, un dossier justifiant que les travaux tels que réalisés, sont conformes aux spécifications du marché en termes de qualité, de sécurité, d'environnement, et de solidité.

Chaque modification intervenant en cours de projet doit faire l'objet d'un indice de révision commenté sur les documents concernés.

En fin d'affaire, le constructeur doit un dossier complet des documents d'études conformes aux travaux tels qu'ils auront été réellement exécutés, en tenant compte des modifications ou des réparations consécutives à des malfaçons, intervenues depuis l'émission des premiers plans jusqu'aux levées des réserves éventuelles.

Ce dossier comprend un répertoire général et une liste des documents, ainsi que les dossiers tels qu'indiqués dans les § 8.2 et 8.3 ci-après.

Le CCTP doit préciser si un formalisme particulier est exigé pour la fourniture et la présentation du dossier d'exécution de l'ouvrage, éventuellement par renvoi à des clauses générales.

8.2 Cahier des charges d'exécution (CCE)

8.2.1 Spécifications initiales de la maîtrise d'œuvre

Il s'agit des spécifications du présent CCTP ainsi que des exigences figurant dans les documents de référence auxquels il renvoie.

8.2.2 Spécifications complémentaires du constructeur

Il s'agit des spécifications techniques détaillées, complémentaires à celles de la maîtrise d'œuvre, aussi bien pour la conception que pour la réalisation, que le constructeur doit établir pour une parfaite réalisation de ses prestations conformément aux exigences initialement spécifiées et notamment pour une application pleine et entière de la NF EN 1090-2 (informations complémentaires listées au tableau A1 de la norme),

Lors de la réception des travaux, le maître d'œuvre remet au maître d'ouvrage un dossier des interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO), regroupant toutes les spécifications et informations nécessaires à l'exploitation, à la surveillance, à la maintenance et à l'entretien des prestations réalisées ainsi que toutes les recommandations à suivre lors des différentes interventions ultérieures sur l'ouvrage.

Pour ce qui le concerne, le constructeur participe à l'élaboration du DIUO en concertation avec le maître d'œuvre, le maître d'ouvrage ou ses représentants ; il doit établir et fournir une notice regroupant les spécifications correspondantes pour les prestations qui font l'objet du présent lot.

En particulier, le constructeur doit préciser les modalités de surveillance et d'entretien à respecter par le maître d'ouvrage pour atteindre les objectifs techniques fixés par les pièces du marché :

- état de la protection anticorrosion des pièces métalliques, garanties d'aspect, notamment pour les pièces extérieures soumises aux intempéries et/ou à d'autres ambiances corrosives,
- durée de vie des pièces soumises à des sollicitations de fatigue,
- état des dispositifs de protection passive contre l'incendie,
- pièces composées de matériaux ou produits susceptibles de voir leurs caractéristiques évoluer dans le temps (câbles tendus, appuis néoprènes, ...).
- identification des éléments parois contribuant à la stabilité locale ou globale de la structure : ne pas réaliser d'opération sur ces éléments sans justification.
- etc.

Le DIUO doit comprendre également une notice précisant les dispositifs prévus pour recevoir des systèmes de sécurité lors des interventions ultérieures de maintenance (supports de garde-corps démontables, ancrages de lignes de vie, ...).

Le CCTP doit préciser si les opérations de déconstruction future des ouvrages ou parties d'ouvrages sont à prévoir lors de la conception initiale, et/ou si des opérations de maintenance particulières nécessitant des études à la charge du constructeur sont à envisager.

Si tel est le cas, les études correspondantes font partie du dossier technique du constructeur (voir §8.3.5 ci-après).

8.2.3 Dossier d'études de l'ouvrage (DEO)

La limite des prestations d'étude entre le maître d'œuvre et le constructeur est précisée aux §3.3 et §4.1.2 ci-avant.

Le DEO comprend les notices descriptives et méthodologiques, les notes de calculs, les plans d'étude de conception, les plans d'exécution de l'ouvrage et éventuellement les plans de montage, établis sur la base des spécifications décrites précédemment.

Le dossier d'études d'exécution est une pièce maîtresse qui constitue, dans sa phase ultime, l'archive documentaire de la conception et de la réalisation de l'ouvrage « tel que construit ».

La qualité du dossier d'études est un des paramètres principaux de la réussite d'un projet. Elle facilitera d'autre part dans une large mesure, toute intervention éventuelle ultérieure sur l'ouvrage.

Pour ce faire, les documents produits doivent permettre à chacun de disposer, pour ce qui le concerne, d'une information complète et sans ambiguïté sur les concepts, les hypothèses, les calculs, les dispositions constructives.

Des informations, géométriques ou calculatoires, issues directement et sans mise en forme de certains outils logiciels, peuvent s'avérer difficilement compréhensibles ou exploitables par ceux qui n'en sont pas les auteurs, mais qui ont néanmoins la charge de les utiliser, soit pour définir des travaux qui en dépendent, soit pour les contrôler.

Des règles de bonnes pratiques sont donc indispensables et **il est recommandé que le CCTP spécifie les exigences dans la présentation des documents à établir par le constructeur, en fonction de la nature du projet.**

À titre de principe général, il convient que tout document produit par le constructeur soit le plus explicite possible et ne nécessite pas, pour être compris par un utilisateur extérieur :

- des études complémentaires ou des renvois systématiques et excessifs à d'autres documents,
- l'emploi d'un outil logiciel spécifique (sauf contexte particulier d'opération qu'il convient alors de définir).

Parmi les plus importantes, quelques indications complémentaires **pouvant être prescrites dans le CCTP**, sont mentionnées ci-dessous à titre indicatif :

8.2.3.1 Contenu des notes de calculs

Les notes de calculs doivent être structurées en chapitres répertoriés.

Elles doivent être suffisamment rédigées, commentées et accompagnées de schémas, pour en faciliter la compréhension.



La présentation ci-dessous, donnée à titre d'exemple, doit être adaptée au projet :

- **une page de garde avec le cartouche de l'opération respectant la charte graphique du projet,**
- **un sommaire récapitulatif des différents chapitres et sous-chapitres,**
- **une succession logique de chapitres tels que :**
 - **descriptif de l'ouvrage concerné, avec croquis explicatifs des fonctionnements structuraux,**
 - **définition des hypothèses du projet**
 - **définition des différentes actions, cheminement du calcul à partir des hypothèses de base, schémas récapitulatifs,**

- *évaluation du comportement de la structure en termes de rigidité et de stabilité (calcul de α_{crit}), ainsi que, si nécessaire, celle de la rigidité des assemblages,*
- *méthodologie des calculs (types d'analyses retenues, etc...),*
- *repérage des modèles*
- *données d'entrée (géométrie, liaisons, caractéristiques mécaniques, chargements, imperfections initiales, ...),*
- *résultats fournissant, pour chacun des cas de charges élémentaires, les déplacements des nœuds principaux, les actions sur les appuis, les efforts dans les différentes pièces,*
- *résultats des calculs des comportements ELS combinés EC3 et vérifications des valeurs admissibles,*
- *résultats des calculs des comportements ELU combinés EC3 (vérification des déplacements relatifs pour la cohérence des modèles, vérifications de la résistance des pièces, ...),*
- *actions sur les appuis (descentes de charges) avec croquis de repérage et indication des niveaux,*

Des notes de calculs spécifiques pour les assemblages et les pieds de poteaux peuvent éventuellement être établies séparément, avec schémas de repérage, méthodologie de calcul, croquis coté de conception de détail, définition des actions combinées EC3, vérification de la résistance des différentes parties.

Les listings détaillés des calculs informatiques doivent être fournis en annexe.

8.2.3.2 Consistance des documents graphiques

Le CCTP doit préciser les éventuelles exigences concernant les modalités techniques d'établissement et de fourniture des dossiers d'exécution, éventuellement en renvoyant à des clauses techniques communes à l'ensemble du projet.

En particulier, les modalités de travail sur une éventuelle maquette numérique 3D commune à tous les corps de métiers **doivent être précisées.**

D'une manière courante, les documents graphiques du dossier d'études d'exécution comprennent :

- Les plans d'ensemble,
- les plans d'implantation, réservations et ancrages,
- les plans de détails,
- les plans de montage lorsqu'ils sont nécessaires.

8.2.3.2.1 Plans d'ensemble

Les plans d'ensemble représentent à l'échelle, en plan, coupe ou élévation, toutes les pièces principales (barres) de l'ouvrage. **Il est recommandé que le CCTP exige que ces plans comportent l'indication des principales hypothèses (charges d'exploitation des planchers, etc...), ainsi que les classes d'exécution des différentes pièces.**

Les plans d'ensemble doivent comporter le repérage des trames et les cotes essentielles. Le repérage des pièces y est reporté au fur et à mesure de l'élaboration des plans de détails.

Le cas échéant, les plans d'ensemble doivent comporter l'identification des zones dissipatives envisagées dans les calculs sismiques, ainsi que l'indication des limites d'élasticité maximales admises ($f_{y\max}$) pour ces pièces.

8.2.3.2.2 Plans d'implantation, ancrages, descentes de charges.

Le constructeur doit fournir un (des) plan(s) d'implantation coté(s), suivant le référentiel adopté pour le projet (axes X, Y, Z), et le repérage des différents points d'appuis sur le génie civil, les détails d'appuis, les réservations souhaitées, les séquences et les tolérances de mise en œuvre aussi bien pour les structures définitives que les structures provisoires.

Le CCTP doit préciser si une présentation des « descentes de charges » sur plan est requise.

Le cas échéant, il est recommandé que la « descente de charges » des pièces métalliques figure également sur le plan d'implantation. Ce document sera transmis à l'entreprise de génie civil pour servir de base aux calculs d'exécution des appuis béton et des fondations.

Note

Sauf cas particulier, la descente de charges doit comporter obligatoirement un tableau indiquant pour chaque appui préalablement repéré et pour chaque cas de charges élémentaire, les composantes algébriques des actions non pondérées, dans un référentiel qui devra être précisé sur le croquis d'implantation.

Les actions éventuellement plus défavorables obtenues dans les phases de montage doivent figurer dans ce tableau.

Les incompatibilités éventuelles entre les différents cas de charges doivent être précisées.

En cas de sollicitations sismiques déterminées sur la base d'un calcul dissipatif, le tableau doit fournir les actions résultant de ce calcul, ainsi que le coefficient de surcapacité à appliquer aux fondations et ancrages pour assurer la cohérence du dimensionnement sur l'ensemble structure/fondations.

D'une manière générale, toutes les informations nécessaires à la bonne exploitation de ce tableau doivent être transcrites sur ce document.

La simple fourniture d'un listing informatique non commenté, se rapportant à un modèle annexe non précisément coté et repéré, est une facilité pratique qui ne devrait pas être admise pour la communication d'une descente de charges. **Il est recommandé que le CCTP précise les exigences de cette nature qui ont pour objectif de limiter les risques d'erreurs dans la transmission des informations.**

8.2.3.2.3 Plans de détails d'exécution.

Pour les raisons principales évoquées précédemment, les documents de traçage ne peuvent pas en général tenir lieu de plans de détails.

La simple fourniture d'un ensemble de fiches de traçage issues d'un logiciel CFAO ne peut être admise en lieu et place des plans de détails d'exécution, et il est recommandé de préciser cette exigence dans le CCTP.

Le constructeur peut, à son initiative, établir des plans d'exécution incluant une part plus ou moins importante de traçage, mais ceux-ci comporteront, au minimum, les renseignements ci-dessous :

- les usinages : coupes, grugeages, poinçonnages, perçages, meulages ou fraisages,
- les diamètres des boulons, rivets, et des trous correspondants,
- pour les assemblages par boulons cisailés sur tige lisse : la longueur de la partie lisse de la tige,
- les classes de résistance des boulons,
- les traitements de surface des pièces, spécialement pour les boulons à serrage contrôlé,
- les efforts de précontrainte à appliquer aux boulons à serrage contrôlé,
- les informations nécessaires à la réalisation des soudures (type de préparation des pièces, dimension des cordons, etc...) en utilisant les symboles normalisés,
- les classes d'exécution des différentes pièces ou assemblages,
- les exigences spécifiques liées au choix d'une catégorie de détail pour la résistance en fatigue.

Suivant le type de projet, il est recommandé d'exiger des plans donnant une représentation des sous-ensembles montés, renseignés de toutes les informations géométriques et mécaniques nécessaires, en particulier, pour les nœuds des assemblages principaux dont le contrôle de résistance doit systématiquement pouvoir être effectué par examen direct de ces seuls documents.

Les plans de détails d'exécution comportent généralement des nomenclatures récapitulatives indiquant :

- le repère, la désignation, le poids et le nombre de chaque pièce représentée,
- la nuance et la qualité des aciers constituant chaque pièce,
- les caractéristiques complètes des organes d'assemblage, tant en atelier que sur chantier.

Si la nomenclature constitue un document séparé, il est recommandé de spécifier que les informations de nuances et qualités des aciers soient portées également sur les plans.

Le constructeur doit définir et/ou reporter sur ses plans toutes les dispositions constructives nécessaires à la réalisation des interfaces avec les autres corps d'état (réservations, appuis, ouvertures dans les profils, perçages divers, chevêtres, pattes de fixation, feuillures, etc...).

8.2.3.2.4 Plans de montage.

Les plans de montage doivent répondre aux exigences de la norme NF EN 1090-2 § 9.6 aussi bien pour les structures finales que pour les structures et dispositifs provisoires. Ils sont partie intégrante de la notice descriptive de la méthode de montage évoquée au chapitre 7 ci-avant.

Le CCTP doit préciser si d'autres exigences particulières concernant les plans de montage sont requises.

8.3 Dossier technique du constructeur (DTC)

8.3.1 Dossier qualité – Plan qualité

Un dossier qualité doit être établi par le constructeur pour les classes d'exécution EXC2 à EXC4, comme indiqué dans le Tableau A3 de la NF EN 1090-2.

Le cas échéant, la Norme NF EN 1090-2 §4.2.1 précise les points qui doivent être documentés.

Le CCTP doit indiquer si un plan qualité concernant l'exécution de l'ouvrage est exigé.

Si c'est le cas, le contenu est précisé dans la Norme NF EN 1090-2 §4.2.2, et **il est alors recommandé de suivre l'annexe C de cette norme quant aux éléments à incorporer dans ce plan.**

Les procédures, instructions de travail et enregistrements doivent correspondre au(x) niveau(x) EXC.

La documentation et notamment celle qui concerne les résultats des essais, mesures, contrôles et traitement des non-conformités, ainsi que les visa correspondants de la maîtrise d'œuvre et des bureaux de contrôle, est archivée dans le DTC.

8.3.2 Sécurité en cours de travaux

Le constructeur doit un plan de sécurité pour l'exécution des ouvrages, conforme à la législation en vigueur. Celui-ci comprenant notamment une description analytique détaillée de toutes ses interventions (analyse des risques prévisibles liés aux modes opératoires, aux matériels, aux installations utilisées), avec les instructions de travail correspondantes et la présentation des dispositifs de protection individuelle ou collective adoptés.

Ce dossier déclare, entre autres, la méthode de montage retenue pour l'exécution et donne les instructions de travail détaillées suivant les indications des chapitres précédents du CCTP.

8.3.3 Protection de l'environnement

Les fiches matériaux et produits, et notamment celles qui concernent les traitements de surfaces (protection anticorrosion, protection feu, ...), doivent mettre en évidence leur conformité avec la réglementation en vigueur vis-à-vis de la protection de la santé et de l'environnement.

Le CCTP doit préciser si l'établissement d'un dossier environnemental est exigé pour la construction, par exemple pour un projet visant une certification Haute qualité environnementale (HQE®).

Le cas échéant, la partie correspondante du présent lot sera constituée d'une notice identifiant les impacts environnementaux de l'ensemble des prestations, à partir d'une synthèse des analyses des différents constituants.

L'obtention du profil environnemental se fera en 3 étapes :

- Sélection/identification des matériaux et produits
- Paramètres correspondants (caractéristiques des produits, caractéristiques des transports nécessaires,)
- Calculs et résultats :
 - Inventaire de cycle de vie (ICV) et tableaux des impacts suivant **format à définir par le CCTP (NF P 01-010 ou NF EN 15804)** suivant les indications des textes réglementaires mentionnés au § 2.2.3
 - Fiches de déclaration environnementale et sanitaire (FDES) de référence
 - Synthèse des hypothèses de calcul (lieux de production, énergétique, transports, scénario de fin de vie ...)

L'utilisation de l'outil [save-construction.com](https://www.save-construction.com), gratuite en ligne via le site du CTICM, est recommandée.

8.3.4 Dossier d'études d'exécution

Voir §8.2.3 ci-avant.

8.3.5 Dossier de fabrication et de montage

Dans tous les cas, l'établissement des plans de fabrication et de montage (ou plans d'atelier et de chantier), est à la charge du constructeur qui les fournira au maître d'œuvre sur sa demande éventuelle.

Il appartient au constructeur d'intégrer dans ses plans d'atelier les tolérances dimensionnelles des différents composants afin de définir les dimensions adéquates de fabrication des pièces.

8.3.6 Surveillance des ouvrages construits – Maintenance – Interventions ultérieures.

Les spécifications correspondantes sont définies au §8.2.2 ci-avant.

Les études spécifiques portant sur des interventions ultérieures sur l'ouvrage prévues lors de la conception et impliquant des travaux particuliers, lourds ou délicats touchant à la solidité des structures (recalage, démontages ou chargements particuliers de certaines parties de structure, etc..) peuvent faire l'objet de notices, de calculs, de croquis et éventuellement de plans spécifiques pour définir, décrire et illustrer les principes correspondants.

Le CCTP doit préciser si de tels documents d'études particuliers sont à établir par le constructeur dans le cadre du DTC et sont à annexer au DIUO.

Ce guide est une tentative, la première du genre a priori, pour rassembler toutes les informations utiles à l'établissement du cahier des clauses techniques particulières relatif au lot « structure en acier » d'une opération courante de bâtiment, et ce dans le cadre en vigueur aujourd'hui des normes dites européennes (EN 1090 et Eurocodes).

Il passe donc en revue les documents de référence, la description de l'ouvrage et des travaux à réaliser, la conception et les études, les matériaux et produits, la fabrication, le montage et la consistance du dossier d'exécution. La question des interfaces entre lots est spécifiquement étudiée.

Il s'efforce pour chaque sujet de dresser la liste des données ou options à définir, en précisant ce qui est de la responsabilité du prescripteur et ce qui peut, voire devrait, être laissé à l'initiative de l'entreprise.

C'est dire que, s'il s'adresse en premier lieu au prescripteur, rédacteur du CCTP, les informations qu'il contient sont également capitales pour l'entreprise et l'organisme de contrôle technique.

Un CCTP complet, précis, et cohérent avec les normes, c'est une concurrence plus loyale lors de l'appel d'offres, et de meilleures conditions offertes au bon déroulement du projet.