DOSSIER

La classe d'exé selon l'EN 10

Dossier réalisé par :
André Beyer, directeur de projets, CTICM
Cédric Roux, directeur scientifique et technique, CTICM

écution EXC1
90-2:2018

Vous vous interrogez sur le niveau EXC1 de l'EN 1090-2? Voici quelques autres questions! N'hésitez pas à y répondre, une bonne nouvelle est peut-être au bout des réponses.

> Demandez-vous systématiquement des documents de contrôle (certificats matière) pour vos aciers ?

> Contrôlez-vous la géométrie de vos pièces fabriquées (par échantillonnage) ?

> Utilisez-vous des machines automatiques pour la découpe thermique ?

> Contrôlez-vous les surfaces de coupe et la qualité du perçage par poinçonnage (par échantillonnage) ?

> Demandez-vous un certificat de conformité vis-à-vis de l'EN 1461 à votre galvanisateur ?

> Le personnel intervenant dans les opérations de soudage, est-il qualifié (soudeurs qualifiés, connaissances suffisantes du > responsable de la fabrication/du superviseur en soudage)?

> Contrôlez-vous visuellement toutes les soudures ?

> Conservez-vous toutes les fiches de contrôle ?

Si vous répondez « oui » à la majorité de ces questions, vous avez pratiquement atteint le niveau EXC1 de l'EN 1090-2.
Ce dossier et les fiches EXC1 qui l'accompagnent vous présentent comment faire le dernier pas vers le respect des exigences de l'EN 1090-2 en EXC1.

DOSSIER

La classe d'exécution EXC1 selon l'EN 1090-2:2018

L'année 2018 fut une étape importante pour les constructeurs métalliques avec la parution de la révision de l'une de leurs principales normes d'exécution l'EN 1090-2.
La fin d'année 2020 a été tout aussi dense avec la parution du nouveau complément national NF EN 1090-2/CN et de la nouvelle version du DTU 32.1, précisant et complétant notamment les exigences d'application de l'EN 1090-2 pour son utilisation en France.
L'une des principales évolutions concerne la définition des périmètres et exigences respectives des différentes classes d'exécution et notamment en ce qui concerne l'EXC1. Ce dossier CMI a pour objet de rappeler toute l'importance de cette classe EXC1 pour le domaine du bâtiment en explorant notamment le contexte normatif, son domaine d'application, les futures fiches pratiques d'appropriation EXC1 initiées par le CTICM. Un focus est de même porté sur certaines des exigences liées à l'EXC1 parfois mal interprétées.
Depuis 2009, l'ensemble des exigences et spécifications normatives s'appliquant à l'approvisionnement, à la fabrication et au montage des structures en acier et en aluminium, pour les ouvrages du domaine de la construction, a été regroupé dans une série de normes européennes, connue sous le numéro « EN 1090 ». Ce corpus de normes, visant l'exécution des structures en acier et en aluminium et initialement composé des parties 1 à 3, a été révisé sur la période 2017 à 2019 et comprend dorénavant les 5 parties suivantes :
Partie 1 : exigences pour l'évaluation de la conformité des éléments structuraux (EN 1090-1 : 2009+A1 : 2011)
Partie 2 : exigences techniques pour les structures en acier (EN 1090-2 :2018)
Partie 3 : exigences techniques pour l'exécution des structures en aluminium (EN 1090-3 :2019)
Partie 4 : exigences techniques pour éléments et structures en acier formés à froid pour applications en toiture, plafond, paroi verticale et plancher (EN 1090-4 : 2018)
Partie 5 : exigences techniques pour éléments en aluminium formés à froid et structures formées à froid pour applications en toiture, plafond, paroi verticale et plancher (EN 1090-5 :2017)
Les exigences techniques liées au processus de fabrication des structures en acier sont définies dans la partie 2 de cette norme. L'EN 1090 représente alors un outil indispensable mis à disposition des fabricants et charpentiers métalliques pour garantir la qualité de leur production.
Malgré l'engagement et le temps nécessaire à la mise en place des exigences de l'EN 1090, beaucoup d'entreprises ont pu en constater les résultats opérationnels concrets. En effet, les témoignages des fabricants convergent vers un même constat : le déploiement de l'EN 1090 dans l'entreprise a permis d'améliorer l'efficacité du processus de fabrication. Ce constat n'est pas uniquement applicable aux entreprises de grande taille. Il touche également les petites et moyennes entreprises qui considèrent, par ailleurs, que leur taille plus modeste peut constituer un avantage (réactivité, flexibilité) dans le cadre de la mise en place de l'EN 1090 – Voir les témoignages parus dans CMI 4-2016.

En 2018 la première version de l'EN 1090-2 a été révisée afin de prendre en compte les premiers retours d'expérience. Au niveau français, ce document a été complété notamment par la NF DTU 32.1 (Travaux de bâtiment en acier), et par un complément national, la NF EN 1090-2/CN, ces 2 normes ayant été publiées en novembre 2020. Définie de façon incomplète dans la version de 2009, l'EXC1 retrouve aujourd'hui toute sa place comme classe d'exécution à part entière parmi les autres. En effet, comme cela est illustré dans ce dossier, un grand nombre d'ouvrages simples peut être réalisé en respectant les exigences techniques liées à l'EXC1.

Le contexte normatif – l'obligation du respect de l'EN 1090-2

La hiérarchie des normes en France fait appel à 2 ensembles :

- les normes juridiques que sont les lois, règlements, décrets, etc. qui sont d'application obligatoire « nul n'est censé ignorer la loi »;
- les normes volontaires que sont les normes françaises AFNOR homologuées et publiées par l'AFNOR. Ces normes sont d'origine française(NF), européenne (NF EN) ou internationale (NF ISO et NF EN ISO).

Une norme d'application volontaire est « rendue » d'application obligatoire dès lors qu'elle est citée soit par un document **règlementaire**, soit par un document **contractuel**. Elle s'applique notamment :

- de manière contractuelle si elle est référencée dans le contrat,
- si le contrat demande l'application des « normes en vigueur » sans la citer explicitement,
- si un règlement la cite soit de manière obligatoire soit comme donnant présomption de conformité.

Une norme volontaire peut être considérée comme un outil de spécification, utilisant un langage connu et reconnu (ouverture transparence). Elle rend plus homogènes les conditions des marchés (individuels) et organise le marché (au sens général) dans un secteur, en complément de la réglementation. Elle codifie l'état de la technique et permet ainsi un achat plus rationnel.

Dans le domaine de la construction métallique, la majorité des documents de marché fait référence à des normes telles que les Eurocodes et l'EN 1090 ou simplement aux normes en vigueur. Les normes et les spécifications fixées (ou acceptées) par celui qui établit le marché s'imposent alors à son co-contractant. Dans ce cas, l'application des exigences de l'EN 1090-2 devient **obligatoire au sens du contrat**.

Il est également important de noter qu'un grand nombre de produits de construction métallique est couvert par le règlement produit de construction (RPC – règlement N°305/2011). Ce règlement, publié au Journal officiel de l'Union européenne le 4 avril 2011 et entré en application effective le 1er juillet 2013, possède un statut équivalent aux lois françaises et il est ainsi obligatoire dans tous ses éléments. Il fait référence aux normes harmonisées établies pour les produits de construction dont l'EN 1090-1 pour les produits de construction métallique comme moyen donnant présomption de conformité. La partie 1 de l'EN 1090 fait naturellement référence à la partie 2 de l'EN 1090 concernant les exigences de fabrication (et à l'Eurocode 3 concernant les exigences de conception/calcul). Ainsi, dès lors qu'un produit de construction métallique est couvert par l'EN 1090-1, l'application pour la fabrication de l'EN 1090-2 devient, de fait, **obligatoire au sens de la loi**.

Complémentairement et pour les ouvrages qui relèvent des obligations règlementaires d'assurance (contrat de louage d'ouvrage notamment), le système assurantiel français (code de l'assurance) implique (notamment au travers de l'article A243-1) « le respect des réglementations en vigueur, des normes françaises homologuées ou des normes publiées par les organismes de normalisation d'un autre état membre de l'Union européenne ou d'un autre état partie à l'accord sur l'Espace économique européen offrant un degré de sécurité et de pérennité équivalant à celui des normes françaises. » Pour ce type de structure, l'application des exigences de l'EN 1090 s'impose alors **au sens des conditions assurantielles imposées** et ce même si les documents du marché n'y font pas référence de façon explicite ou implicite.

Finalement, au-delà de toute obligation, l'application de l'EN 1090-2 est indispensable pour tout fabricant travaillant dans le domaine de la construction métallique. En effet, cette norme est non seulement un outil important d'amélioration permanente de la qualité de la production, mais aussi un dispositif de régulation de la concurrence. Aujourd'hui, seul le respect des exigences de l'EN 1090 concernant l'exécution des travaux assure que les performances de ces éléments et structures sont en parfaite cohérence avec les règles des Eurocodes concernant la conception de ces éléments et structures. Le marquage CE constitue un moyen opérationnel, pour l'entreprise autorisée au marquage par un organisme notifié, d'apporter un élément de preuve (dans la plupart des cas suffisant) sur la conformité de sa production aux parties 2, 3, 4 ou 5 de la norme EN 1090.

Il est également important de noter que les exigences d'exécution applicables en France ne sont pas seulement définies dans l'EN 1090(-2). En particulier, le complément national NF EN 1090-2/CN clarifie un certain nombre de points qui ne sont pas explicitement traités dans la norme européenne. En plus, des règles spécifiques sont données dans la NF DTU 32.1 et dans le Fascicule 66 en fonction de la destination de la structure. On note cependant que les travaux d'ouvrage d'art sont en dehors du domaine d'application de l'EXC1.

Niveau Européen

NF EN 1090-2 : Exigences pour la fabrication des structures en acier

norme française

NF EN 1090-2
Juin 2018

Indice de classement : P 22-101-2

ICS : 91.080.10 ; 91.080.13

Exécution des structures en acier et des structures en aluminium — Partie 2 : Exigences techniques pour les structures en acier

E : Execution of steel structures and aluminium structures — Part 2: Technical requirements for steel structures
D : Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken

Niveau Français

NF EN 1090-2/CN : Exigences pour la fabrication des structures en acier – Complément National Français

norme française

NF EN 1090-2/CN
Novembre 2020

Indice de classement : P 22-101-2/CN

ICS : 91.080.10 ; 91.080.13

Exécution des structures en acier — Exigences techniques pour les structures en acier — Partie 2/CN : Complément national à la NF EN 1090-2

E : Execution of steel structures — Technical requirements for steel structure — Part 2/CN: National addition to NF EN 1090-2
D : Ausführung von Stahltragwerken — Technische Anforderung an Tragwerke aus Stahl — Teil 2/CN: Nationale Ergänzung zur NF EN 1090-2

Bâtiment

NF DTU 32.1 : Travaux de bâtiment – Charpentes et ossatures en acier

Partie 1-1

norme française

NF EN 1090-2/CN
Novembre 2020

Indice de classement : P 22-101-2/CN

ICS : 91.080.10 ; 91.080.13

Exécution des structures en acier — Exigences techniques pour les structures en acier — Partie 2/CN : Complément national à la NF EN 1090-2

E : Execution of steel structures — Technical requirements for steel structure — Part 2/CN: National addition to NF EN 1090-2
D : Ausführung von Stahltragwerken — Technische Anforderung an Tragwerke aus Stahl — Teil 2/CN: Nationale Ergänzung zur NF EN 1090-2

Partie 1-2

norme française

NF DTU 32.1 P1-1
Novembre 2020

Indice de classement : P 22-201-1-1

ICS : 91.080.10 ; 91.080.13

Travaux de bâtiment — Charpentes et ossatures en acier — Partie P1-1 : Cahier des Clauses Techniques type (CCT)

E : Building works — Steel structures — Part P1-1: Contract bill of technical model clauses
D : Bauarbeiten — Stahltragwerke — Teil P1-1: Technische Vorschriften

Partie 2

norme française

NF DTU 32.1 P1-2
Novembre 2020

Indice de classement : P 22-201-1-2

ICS : 91.080.10 ; 91.080.13

Travaux de bâtiment — Charpentes et ossatures en acier — Partie P1-2 : Critères généraux de choix des matériaux (CGM)

E : Building works — Steel structure — Part P1-2: General criteria for selection of materials
D : Bauarbeiten — Stähltragwerken — Teil P1-2: Allgemeine Kriterien der Wahl der Materialien

Ouvrages d'art

Fascicule 66 : Exécution des ouvrages de génie civil à ossature en acier

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES GÉNÉRALES
APPLICABLES AUX MARCHES PUBLICS DE TRAVAUX

FASCICULE 66

EXÉCUTION DES OUVRAGES
DE GÉNIE CIVIL
A OSSATURE EN ACIER

Document annexé à l'arrêté du 30 mai 2012

Le domaine d'application de la classe d'exécution EXC1

L'origine des classes d'exécution – Lien entre l'EN 1990 et l'EN 1090-2

Dans l'EN 1990, couramment appelé l'Eurocode 0, les bases du calcul des structures sont définies. En particulier, cette norme demande que les structures soient conçues et réalisées/exécutées de manière à résister aux charges sans défaillance pendant leur durée de vie et à rester aptes au service. En fonction de l'importance de la structure ou de l'importance d'un élément de l'ouvrage pour la résistance globale, l'EN 1990 permet de différencier des niveaux de fiabilité. Le choix du niveau de fiabilité doit être fait en fonction de la conséquence (risques pour la vie humaine, blessures, impact sociétal et/ou environnemental, etc.) et des coûts d'une défaillance éventuelle.

Un niveau de fiabilité est ainsi lié à une certaine probabilité de défaillance de la structure et des éléments qui la composent (on note néanmoins que tous les niveaux de fiabilité sont liés à des probabilités de défaillance extrêmement faibles). L'EN 1990 insiste sur la nécessité d'atteindre les niveaux de fiabilité par un dimensionnement selon les Eurocodes et par des mesures en matière d'exécution et de gestion de la qualité. L'EN 1090 a introduit deux possibilités de spécification pour ces niveaux de fiabilité :

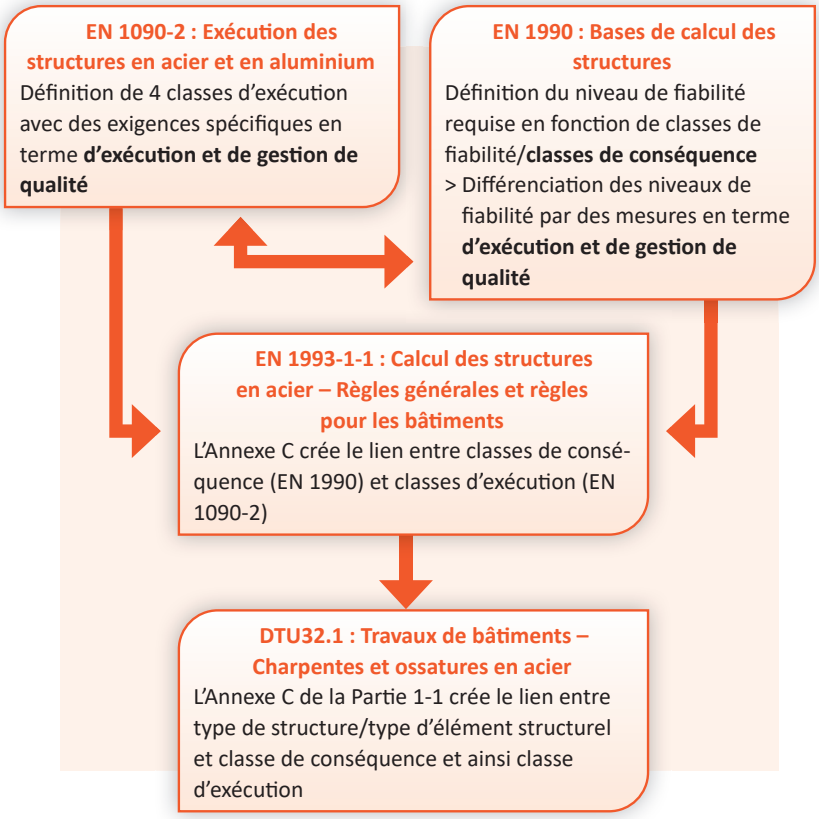
- soit par la classification de la structure entière,
- soit par la classification de ses composants.

C'est pour cela que 4 classes d'exécution ont été introduites dans l'EN 1090-2. En effet, chaque classe d'exécution est liée à des exigences d'exécution (par exemple au regard de la qualité des soudures) et de gestion de la qualité (par exemple le niveau de traçabilité). Ces exigences assurent que le niveau de fiabilité est atteint pour les structures relevant des différentes classes d'exécution.

Toutefois si l'EN 1090 définit les principes généraux, c'est au niveau de la partie 1-1 de l'Eurocode 3 dans son annexe C que sont définies les classes d'exécution à appliquer en fonction des classes de conséquence (classe de fiabilité). Cependant, il n'est pas spécifié dans l'Eurocode 3 quel type d'élément ou quel type d'ouvrage doit être classé dans une classe de conséquence donnée.

En France, pour le domaine du bâtiment, c'est finalement le DTU 32.1 qui crée le lien entre le type de structure (suivant les conditions de chargement et la difficulté d'exécution) et la classe de conséquence et ainsi entre le type d'ouvrage/d'élément et la classe d'exécution.

Ici, il est important de noter que la classe d'exécution doit être définie avant le début de la fabrication dans les documents particuliers du marché (DPM) et/ou par le concepteur (le bureau d'étude d'exécution) en fonction de la classe de conséquence « ouvrage » définie par les DPM.



Origine des classes d'exécution

Les ouvrages et éléments relevant de l'EXC1

La classe EXC1 présente le 1er niveau d'exigence des quatre classes d'exécution. Ces exigences ont été définies pour les ouvrages couverts tenant compte du coût de fabrication lié au respect du niveau de fiabilité cible associé à ces ouvrages.

La possibilité offerte par l'EN1090 d'opérer une distinction de classe d'exécution suivant la fonction de l'élément de structure dans l'ouvrage permet notamment d'affecter le juste niveau de contrôle

Type d'ouvrage	Type d'élément couvert par l'EXC1
> Maison individuelle > Bâtiments agricoles > Bâtiments peu fréquentés, situés à une distance supérieure à 1,5 fois leur hauteur de zones fréquentées ou d'autres bâtiments (par exemple, petit bâtiment de stockage, bâtiment d'activité artisanale)	> Éléments de structure principale > Éléments secondaire participant à la stabilité du bâtiment et éléments de plancher > Éléments secondaire ne participant pas à la stabilité générale > Éléments de circulation courante > Support d'équipement industriel (capacité ≤ 10 t)
> Bâtiments d'habitation collective, de bureaux et hôtels jusqu'à R+3 > Bâtiments industriels jusqu'à une hauteur de 8 m à la sablière > Locaux de vente avec une surface par plancher inférieure à 1 000 m² jusqu'au R+2 > Autres bâtiment recevant du public avec une surface par plancher inférieure à 2 000 m² jusqu'au R+1 > Parking aériens couverts à simple rez-de-chaussée	> Éléments secondaire ne participant pas à la stabilité générale > Éléments de circulation courante > Support d'équipement industriel (capacité ≤ 10 t)
> Tout autre bâtiment (bâtiment recevant le public sans limitation de dimension, bâtiments industriels sans limitations de dimensions, bâtiments abritant des substances/produits dangereux – SEVESO seuil haut et bas)	> Éléments secondaire ne participant pas à la stabilité générale > Éléments de circulation courante

nécessaire à l'élément concerné. Cette méthode de classification peut donc présenter un intérêt économique certain pour des ouvrages comportant des éléments relevant de différentes classes d'exécution. Ainsi, la classe EXC1 peut donc non seulement être appliquée pour les ouvrages simples, mais également pour des éléments secondaires d'un ouvrage plus important (par exemple une panne d'un bâtiment industriel lourd, une solive de plancher, un limon d'escalier, un acrotère). Comme évoqué au paragraphe précédent, le DTU 32.1 donne des informations détaillées sur l'attribution des classes d'exécution. Le tableau ci-dessus, ainsi que les images données ci-après, déclinent ces informations de façon simplifiée pour définir le domaine d'application de l'EXC1 (voir ci-après).

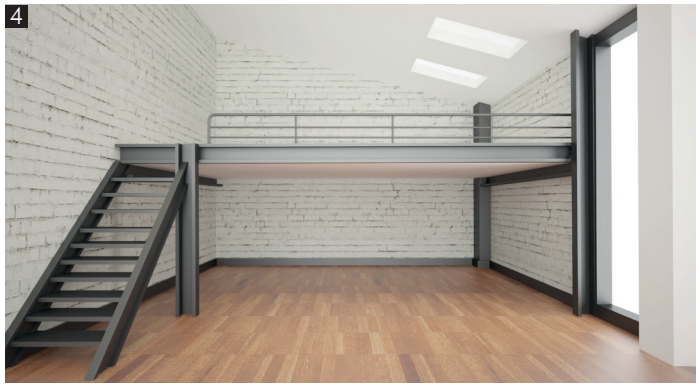
Le domaine d'application de l'EXC1 en image

1 Maison individuelle - 2 bâtiment agricole - 3 Abris à vélos - 4 mezzanine dans un bâtiment d'habitation - 5 Auvent, bâtiment commercial - 6 bâtiment d'activité artisanale - 7 Abris piscine 8 Véranda.

1

2

3

4


Zoom sur les poutres de roulement dans le domaine de l'EXC1

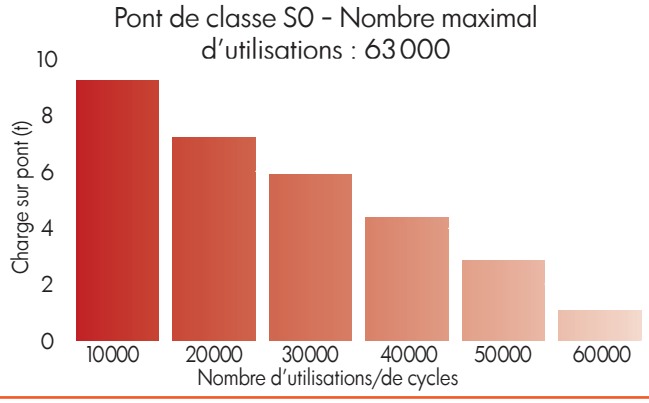
Généralement les poutres de roulement doivent être réalisées en classe EXC2 ou EXC3 en raison de la sollicitation en fatigue exercée par les ponts. Néanmoins, les poutres de roulement supportant des ponts roulants légers, dont la capacité est inférieure à 10 t, peuvent être réalisées suivant les exigences de l'EXC1 si les ponts sont de classe S0 selon l'EN 1991-3 (l'EN 1991-3 prévoit les classes S0 à S9). La classe de pont S dépend du nombre prévu d'utilisations et du chargement du pont lors de son utilisation.

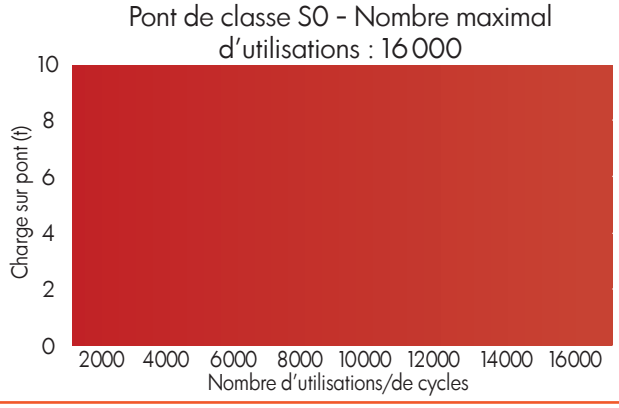
La définition de ces paramètres ne peut être réalisée que par le maître d'ouvrage (l'utilisateur). Il est utile qu'il soit accompagné dans cette tâche par son équipe de maîtrise d'œuvre et par le ou les principaux fournisseurs pressentis pour cet équipement particulier. La classification du pont et les principaux paramètres associés nécessaires à la conception de l'ouvrage doivent impérativement être communiqués dans les documents de marché.

À titre d'illustration et en considérant une durée de vie de calcul de 25 ans du chemin de roulement (valeur recommandée par la norme EN 1993-6), si l'on considère un pont de 10T de capacité utilisé au maximum de sa capacité lors de chaque utilisation, celui-ci ne pourrait être considéré de classe S0 que dans la mesure où le nombre d'utilisations est inférieur à 16 000 utilisations (1 utilisation = 1 passage sur la poutre). Sur une base de 250 jours/an, cela correspondrait en moyenne à environ 2 utilisations par jours.

Le même pont roulant utilisé avec une majorité de cycles autour de la moitié de sa capacité de charges conduirait à un classement S0 si le nombre total d'utilisations sur la durée de vie est inférieur à 63 000 utilisations. Sur une base de 250 jours/an, cela correspondrait en moyenne à environ 10 utilisations par jours.

Pour illustrer ces 2 exemples, les graphiques ci-dessous (donnés à titre indicatif) présentent les configurations de chargement et de nombre d'utilisations de pont considérés conduisant à la classification S0.





Le projet fiches EXC1 – Appropriation pratique des exigences de l'EN 1090-2

Afin de permettre aux plus petites (mais aussi aux moyennes et aux grandes) entreprises de mettre en place les exigences liées à la classe EXC1, le CTICM a entrepris de publier des fiches EXC1. Au total, ce sont 8 fiches expliquent les exigences « EXC1 » données dans l'EN 1090-2 : 2018 ainsi que les précisions données dans son complément national NF EN 1090-2/CN : 2020 et dans le NF DTU 32.1 : 2020 :

Fiche 0 : *L'EN 1090 – Le contexte normatif*
Fiche 1 : *Travaux relevant de l'EXC1*
Fiche 2 : *Approvisionnement - Produits*
Fiche 3 : *Bonnes pratiques de l'atelier*
Fiche 4 : *Soudage*
Fiche 5 : *Boulonnage*
Fiche 6 : *Préparation de surface*
Fiche 7 : *Montage*
Fiche 8 : *Documentation du contrôle de production*

Ces fiches sont accompagnées de documents d'application pratique afin de donner des exemples de supports de contrôle, d'instructions de travail et de procédures :

- Exemple d'instruction de travail pour le soudage
- Exemple de support pour le contrôle visuel des soudures
- Exemple de descriptif de mode opératoire de coupage thermique (DMOC)
- Exemple de support pour la vérification annuelle du poinçonnage
- Exemple de support pour le contrôle de routine du perçage
- Exemple de Fiche de vie – Outil de fabrication et de mesure
- Exemple de procédure pour sous-traitance de la galvanisation

Ces sept exemples de supports pourront être complétés à l'avenir, afin de couvrir au plus près les besoins des petites entreprises. C'est la raison pour laquelle nous lançons un appel aux entreprises travaillant dans le domaine de l'EXC1 : «remontez-nous vos besoins et questions concernant l'EN 1090 pour que le CTICM puisse vous accompagner le plus efficacement possible».

L'ensemble de ces documents sera disponible gracieusement sur notre blog métalétech au premier trimestre 2022 . Afin de donner un premier aperçu de leur contenu, la dernière partie de ce dossier propose un focus sur 5 points techniques qui méritent des précisions afin d'éviter des mauvaises interprétations de l'EN 1090-2.

Focus sur L'approvisionnement

Afin d'assurer que les produits de construction métallique approvisionnés satisfont les exigences de performance et de qualité qui sont en lien avec les méthodes de calcul et les demandes de durabilité de la structure selon l'Eurocode, il est nécessaire de respecter les différentes règles de l'EN 1090-2. En particulier, l'EN 1090-2 exige que tous les produits soient livrés accompagnés de documents de contrôle (voir encadré) et si applicable d'un marquage CE. Le type de document de contrôle dépend du produit. En général, les fournisseurs ne livrent pas automatiquement les produits accompagnés par les documents de contrôle exigés par l'EN 1090-2 (et son complément national) c'est la raison pour laquelle le fabricant doit les demander lors de la commande. Le tableau suivant donne des exemples pour des produits courants en EXC1.

Produits constitutifs	Document de contrôle selon l'EN 10204
Aciers de construction selon NF EN 10025 et aciers pour profils creux selon NF EN 10210 ou NF EN 10219 : - nuances ≤ S275 en qualité JR et J0 - toutes les nuances, si galvanisation à chaud	 2.2 (+marquage CE) 3.1 (+marquage CE)
Produits consommables pour le soudage (fils, baguettes, etc.)	2.2 (+marquage CE)
Boulons de construction conforme à la NF EN 14399 en classe K2 : - boulons pour une application précontrainte de type HR	 2.1 (+marquage CE)
Boulons de construction pour une application non précontrainte : - boulons de type SB selon la NF EN 15048 - boulons non précontraints de diamètre 8 et 10	 2.1 (+marquage CE) 2.1
Tiges filetées selon la NF E 25-136	2.1
Vis autotaraudeuse et vis autoperceuses	2.1 (+marquage CE)

Boulons de diamètre 8 et 10

La norme européenne EN 15048 ne prévoit pas les boulons de diamètre 8 et 10 pour l'application dans les structures en acier. De fait, l'EN 1090-2 ne contient pas de précisions concernant les normes produit pour ces boulons. C'est le complément national qui définit les règles à respecter pour les structures construites en France :

- lors du dimensionnement de l'assemblage, il convient de :
  - réduire la résistance de calcul en traction à 85 % de la résistance obtenue conformément à l'EN 1993-1-8 si les boulons sont galvanisés.
- lors de la commande, il convient de :
  - se référer à l'ISO 4014 ou l'ISO 4017 pour les caractéristiques géométriques des vis partiellement ou entièrement filetées
  - se référer à l'ISO 4032 pour les caractéristiques des écrous normaux,
  - demander un essai compatibilité vis/écrous selon l'EN 15048 au fournisseur si les boulons sont sollicités par un effort de traction supérieure à 25 % de leur capacité.
- lors de la fabrication, il convient de :
  - respecter les diamètres de perçage de 9 mm pour les boulons M8 et 11 mm pour les boulons M10.

L'EN 10204 distingue 4 types de document de contrôles selon leur contenu respectif :

Type de document	Désignation	Contenu
2.1	Attestation de conformité à la commande	Le producteur déclare que les produits sont conformes à la commande sans fournir de résultats d'essais
2.2	Relevé de contrôle	Le producteur déclare que les produits sont conformes à la commande et fournit des résultats de contrôles non spécifiques
3.1	Certificat de réception 3.1	Le producteur déclare que les produits sont conformes à la commande et fournit des résultats de contrôles spécifiques
3.2*	Certificat de réception 3.2	Le producteur déclare que les produits sont conformes à la commande et fournit des résultats de contrôles spécifiques réalisés par le producteur et le représentant du client

* Le type 3.2 n'est pas utile en EXC1

La différence entre les documents de type 2.2 et 3.1 consiste dans le type de contrôle. En effet, les contrôles non spécifiques ne sont pas nécessairement réalisés sur les produits livrés tandis que c'est le cas pour les contrôles spécifiques.

Focus sur Le soudage

L'EN 1090-2 introduit un nombre important d'exigences vis-à-vis du soudage. Bien que le niveau de demande de la norme d'exécution soit largement plus faible en EXC1 que pour les autres classes EXC, les petites entreprises peuvent avoir certaines difficultés pour respecter l'EN 1090-2. Afin de faciliter la compréhension des exigences de soudage vous pourrez vous reporter à la Fiche 4 (cf. page 26). De plus, deux documents d'application pratique sont proposés avec les fiches EXC1 :

- Exemple d'instruction de travail,
- Exemple de support de contrôle visuel.

Qualification des soudeurs

L'EN 1090-2 exige que tous les soudeurs soient qualifiés pour des travaux relevant de l'EN 1090-2, y compris pour les soudures de pointage. La qualification doit généralement être sous-traitée à des organismes compétents et consiste dans la réalisation d'une soudure sur une pièce type (selon l'EN ISO 9606-1). La soudure est soumise à des contrôles destructifs afin de valider la qualité demandée. En cas de réussite, le soudeur reçoit un certificat nominatif qui détaille, entre autres, son domaine et sa durée de validité.

Supervision en soudage

L'EN 1090-2 demande une supervision de l'activité de soudage sans pour autant définir clairement le contenu de cette tâche. Il semble néanmoins essentiel que le personnel en charge de la supervision assure les tâches suivantes :

- vérifier que le soudage est réalisé selon les règles de bonnes pratiques,
- vérifier que les soudures prévues pour un projet donné peuvent être réalisées par l'entreprise (revue technique – faisabilité des opérations de soudage),
- assurer la validité des certificats de qualification des soudeurs/opérateurs soudeurs,
- rédiger des instructions de travail,
- assurer l'approvisionnement des produits consommables de soudage adaptés aux opérations prévues,
- assurer la maintenance et l'étalonnage des matériels et équipements (maintenance annuel),
- vérifier les résultats des contrôles visuels et mettre en place des réparations, si nécessaire.

Il est important de noter que l'EN 1090-2 ne demande pas que le personnel de supervision ait obtenu un diplôme quelconque. Néanmoins, le fabricant doit assumer sa responsabilité en assignant les tâches de supervision. En EXC1, la supervision peut, par exemple, être réalisée par le responsable de l'atelier ou un soudeur expérimenté et qualifié.

Instructions de travail

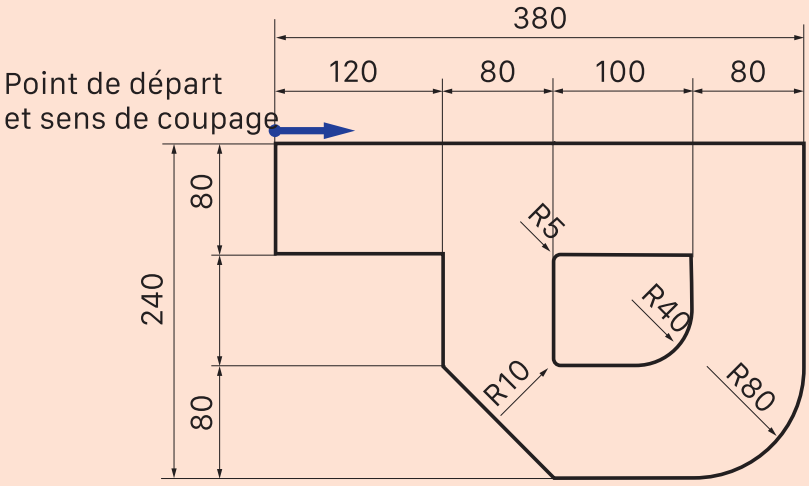
Les soudures doivent être réalisées selon des instructions de travail (voir complément national à l'EN 1090-2). Ces documents sont rédigés par le fabricant (en particulier le superviseur de soudage) afin de permettre une répétabilité de la qualité des soudures. En effet, il s'agit simplement de préciser les paramètres essentiels qui ont permis d'obtenir des soudures de bonne qualité dans le passé. Ainsi, le fabricant s'assure que son savoir-faire n'est pas perdu lorsque le personnel change. L'instruction doit à minima définir :

- le procédé de soudage et les paramètres principaux (polarité, voltage, intensité de courant),
- les produits consommables de soudage,
- un schéma de la conception de l'assemblage avec les dimensions des cordons, la disposition des passes, le fait que la soudure soit réalisée d'un côté ou des deux côtés…

Focus sur
La validation annuelle du coupage thermique

La version 2018 de l'EN 1090-2 demande explicitement une validation annuelle des opérations de coupage thermique. Cette validation a pour objectif de vérifier si les paramètres de coupe (vitesse de coupe, distance de la buse par rapport à la pièce, etc.) conduisent à une bonne qualité des bords. En effet, l'opération de coupe est susceptible de modifier la dureté et la rugosité des faces de coupe. Néanmoins, pour les conditions d'exploitation des structures (pas de sollicitations en fatigue) et les nuances d'acier couverts par l'EXC1 (nuances inférieurs au S355) ces modifications ont une influence mineure. C'est la raison pour laquelle, l'EN 1090-2 introduit un critère d'acceptation assez souple : les faces coupées ne doivent pas présenter d'irrégularités importantes. Afin de justifier l'utilisation d'un procédé de coupage thermique conduisant à des faces de coupe de bonne qualité, le fabricant doit couper des pièces de test une fois par an et enregistrer le résultat (voir photo des faces coupées). L'EN 1090-2 propose la forme représentée à la ici à droite. Il convient de réaliser au moins 3 échantillons :

1. Une pièce avec l'épaisseur minimale utilisée en production ;

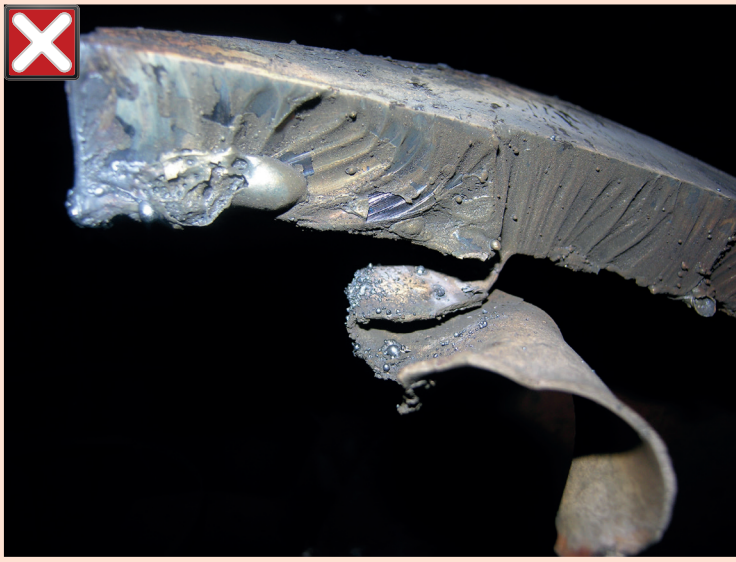


Pièce de test pour la validation annuelle du coupage thermique

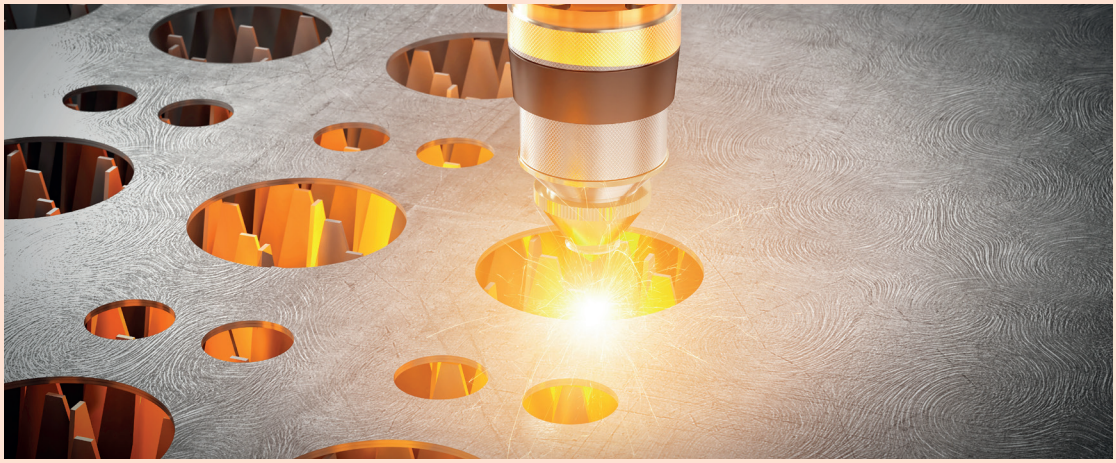
2. Une pièce avec l'épaisseur maximale utilisée en production ;
3. Une pièce avec une épaisseur représentative de la production (l'épaisseur la plus utilisée).

En plus de l'opération de découpe thermique proprement dite, la qualité des trous de perçage doit également être validée annuellement conformément au focus suivant.

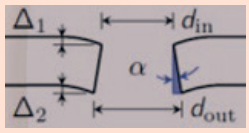
Faces coupées thermiquement



Focus sur la validation annuelle du perçage par poinçonnage et découpe thermique



Tout comme pour l'opération de coupage thermique, il est nécessaire de réaliser annuellement des essais de validation pour le perçage par poinçonnage et par découpe thermique. Les résultats doivent être enregistrés afin de pouvoir prouver, le cas échéant, que les outils utilisés permettent de garantir une qualité satisfaisante. On peut noter que les critères d'acceptation ne dépendent pas de la classe d'exécution (voir figure ci-dessous).



$$\alpha \leq 4° \ (ou\ 7\%)$$

$$\Delta_{1\ et\ 2} \leq \frac{D}{10}\ et\ \Delta_{1\ et\ 2} \leq 2mm \text{ avec } D = \frac{d_{in}+d_{out}}{2}$$

Critères d'acceptation pour le perçage par poinçonnage

Les essais de validation du perçage doivent être réalisés sur un nombre d'échantillons représentatif de la production. À titre d'exemple, un fabricant travaillant avec des nuances d'acier S235 et S275 peut utiliser une matrice d'échantillonnage similaire à celle proposée ci-après :

	Épaisseur	Diamètre de perçage		
		Minimal	Représentatif	Maximal
S235	t_{min}	Φ_{min}	Φ_{rep}	Φ_{max}
	t_{rep}	Φ_{min}	Φ_{rep}	Φ_{max}
	t_{max}	Φ_{min}	Φ_{rep}	Φ_{max}
S275	t_{min}	Φ_{min}	Φ_{rep}	Φ_{max}
	t_{rep}	Φ_{min}	Φ_{rep}	Φ_{max}
	t_{max}	Φ_{min}	Φ_{rep}	Φ_{max}

À nouveau, les essais sont réalisés sur des épaisseurs de matériau minimales et maximales utilisées en fabrication ainsi que pour une épaisseur représentative (la plus utilisée). Finalement, il est nécessaire de noter que l'opération de perçage par forage ne nécessite pas de réaliser des vérifications annuelles formalisées selon ce paragraphe. Néanmoins, il convient, bien entendu, de réaliser des contrôles de routine sur les trous percés (contrôle régulier du diamètre et de la position du trous – voir Fiche 3).

Focus sur
La documentation du contrôle

Au cours de ce dossier, nous avons fait un focus sur certaines exigences techniques de l'EN 1090-2 applicables en EXC1. Le fabricant doit notamment vérifier si ses moyens de fabrication lui permettent de produire en continue des éléments de bonne qualité. Pour cela, il doit mettre en place des qualifications du personnel et de ces moyens de fabrication (voir dossier entreprise) et des contrôles de routine (voir dossier affaire/fabrication). Les documents associés aux différents contrôles doivent être enregistrés et disponibles dans l'entreprise. Les deux listes suivantes donnent les documents qu'un fabricant dans le domaine de l'EXC1 doit prévoir à minima.

Les éléments du dossier « entreprise »

Le dossier entreprise doit contenir les preuves de la qualification des moyens de fabrication, des outils de mesure et de contrôle ainsi que du personnel :

- Certificats de qualification des soudeurs en cours de validité (voir Fiche 4 : Soudage);
- Instructions de travail pour le soudage (ces instructions doivent être mises à disposition des soudeurs – voir Fiche 4 : Soudage);
- Qualification annuelle de l'opération du coupage thermique (voir Fiche 3 : Bonnes pratiques de l'atelier);
- Qualification annuelle de l'opération de poinçonnage (voir Fiche 3 : Bonnes pratiques de l'atelier);
- Compte-rendu des opérations d'entretien et de maintenance réalisées sur les postes de travail (postes de soudage, outils de serrage des boulons précontraints, etc. – voir Fiche 3 : Bonnes pratiques de l'atelier);
- Les certificats d'étalonnage des outils de mesures (voir Fiche 3 : Bonnes pratiques de l'atelier);
- La qualification des sous-traitants (notamment certificats de conformité à l'EN 1461 et l'EN 14713 pour la galvanisation – voir Fiche 6 : Préparation de surface).

Les éléments du dossier « affaire/fabrication » :

Le dossier affaire doit contenir les preuves des contrôles réalisés en cours de fabrication en atelier :

- Documents de contrôle de réception des produits (voir Fiche 2 : Approvisionnement - Produits) ;
- Fiches de contrôle dimensionnel des profilés et tôles réceptionnées (voir Fiche 3 : Bonnes pratiques de l'atelier) ;
- Fiches de contrôle de la qualité des coupes thermiques (voir Fiche 3 : Bonnes pratiques de l'atelier);
- Fiches de contrôle des diamètres et positionnements des perçages (voir Fiche 3 : Bonnes pratiques de l'atelier);
- Fiches de contrôle de la qualité du perçage par poinçonnage (voir Fiche 3 : Bonnes pratiques de l'atelier);
- Fiches de contrôle visuel des soudures (voir Fiche 4 : Soudage);
- Fiches de contrôle dimensionnel des éléments fabriqués (voir Fiche 3 : Bonnes pratiques de l'atelier);
- Fiches de contrôle de l'état de surface avant peinture/galvanisation (voir Fiche 3 : Bonnes pratiques de l'atelier).

Le dossier affaire doit également contenir les preuves des contrôles réalisés en cours de montage des structures sur chantier :

- Fiches de contrôle de réception des éléments sur chantier (déformation et état de surface – voir Fiche 7 : Montage) ;
- Fiches de contrôle de réception des appuis (voir Fiche 7 : Montage) ;
- Fiches de contrôle des assemblages boulonnés (voir Fiche 5 : Boulonnage) ;
- Fiches de contrôle de montage (Tolérances – voir Fiche 7 : Montage)