

ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

Méthodologie de diagnostic et d'évaluation des performances pour le réemploi des éléments d'ossature en acier



FONDATION
BÂTIMENT
ÉNERGIE



Cadre général	4	3. Performances pour le réemploi et modes de preuves	20
Préambule	5	3.1 Introduction	21
1. Introduction	8	3.2 Performances pour le réemploi	22
1.1 Domaine d'application du document	9	3.3 Récapitulatif des performances	24
1.2 Description de la méthodologie	10	Annexe A	
2. Diagnostic du produit dans l'ouvrage existant	11	Glossaire	25
2.1 Introduction	12	Annexe B	
2.2 Informations générales sur le bâtiment existant	12	Chronologie d'un diagnostic réemploi	30
2.3 Diagnostic relatif au produit	13	Annexe C	
2.3.1 Description technique du produit	13	Normes et règles de l'art	33
2.3.2 Quantité disponible en réemploi	16	Annexe D	
2.3.3 Accès au gisement (déconstruction)	16	Performances requises pour les éléments d'ossature en acier	37
2.3.4 Caractérisation de l'acier composant le produit	16	Annexe E	
2.4 Diagnostic relatif au domaine d'emploi du produit	18	Fiche réemploi	40
2.4.1 Usage et localisation du produit sur/dans l'ouvrage existant	18	Annexe F	
2.4.2 Historique de la vie du produit	18	Précautions à respecter de la dépose à la remise en œuvre	44
2.4.3 Sollicitations mécaniques	19		
2.4.4 Autres sollicitations, actions d'entretien ou de protection vécues par le produit	19		

MÉTHODOLOGIE DE DIAGNOSTIC ET
D'ÉVALUATION DES PERFORMANCES POUR LE
RÉEMPLOI DES ÉLÉMENTS D'OSSATURE EN ACIER



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

Coordination de l'enjeu
Olivier DUPONT / MECD

Responsable du document
Thibault MAQUENHEM / CTICM

Contributeurs groupe recherche
Pascal BONAUD / CTICM
Andrei BALGIU, Carole LE BLOAS / QUALICONSULT
Ingrid BERTIN / SETEC

Contributeurs groupe utilisateurs
AQC
Bellastock
Cycle Up
Doyère Déconstruction
Raedificare

Coordination générale de l'atelier sur l'Économie Circulaire
Sylvain LAURENCEAU / CSTB

Décembre 2020

Créée à l'initiative de l'ADEME et du CSTB, la Fondation Bâtiment Énergie est financée par les partenaires fondateurs suivants :



Cadre général

Le secteur du bâtiment est à la fois un important producteur de déchets, un important consommateur de ressources, un des secteurs les plus émetteurs de gaz à effet de serre, et un important pourvoyeur d'emplois. Dans ce contexte, un consensus se dégage autour du fait que l'économie circulaire s'imposera progressivement comme alternative durable au modèle économique linéaire dans ce secteur et qu'elle sera créatrice de valeur. Cependant, si le concept général est bien établi, de nombreuses zones d'ombres existent encore à ce jour sur son périmètre, sa déclinaison précise, les indicateurs associés, les moyens de la mettre en œuvre et de la déployer dans des modèles économiques performants.

La Fondation Bâtiment Energie (FBE), reconnue d'utilité publique en 2005, a été créée par quatre acteurs majeurs du secteur du bâtiment et de l'énergie, ArcelorMittal, EDF, GRDF et LafargeHolcim, avec le soutien financier des pouvoirs publics et le support technique de l'ADEME et du CSTB. Elle se mobilise en soutenant des travaux de recherche sur les enjeux environnementaux actuels pour le secteur du bâtiment.

C'est donc tout naturellement que la Fondation Bâtiment Energie a souhaité soutenir des travaux de recherche sur le développement de bases scientifiques à la caractérisation de l'économie circulaire dans le secteur du bâtiment. Ces travaux, coordonnés par le CSTB et menés sur une durée de deux ans -jusqu'en octobre 2020-, ont impliqué de manière transnationale 40 acteurs issus d'horizons très divers : acteurs du monde de la recherche et acteurs opérationnels, acteurs de l'offre et acteurs de la demande, acteurs publics et acteurs privés.

La méthodologie innovante déployée ici -déjà mise en place sur d'autres ateliers soutenus par la FBE- structure les travaux autour de l'articulation entre un « groupe recherche », qui a vocation à développer de nouvelles méthodes ou de nouveaux outils, et un « groupe utilisateurs », qui a vocation à apporter un retour de terrain sur l'applicabilité et l'opérationnalité des connaissances développées. Ce croisement des approches et des compétences est au cœur de la méthodologie que nous avons voulu déployer ici.

Les travaux de recherche sur l'économie circulaire ont porté sur cinq enjeux différents :

- L'évaluation des performances en vue d'un réemploi pour huit familles de produits, afin de proposer un cadre à la sécurisation de ces pratiques qui émergent à nouveau ;
- La caractérisation du contexte local et les méthodologies d'analyse de l'allongement du cycle de la matière, afin de valoriser la conservation de l'existant et d'activer les ressources humaines et matérielles des territoires ;
- La conception pour des bâtiments transformables et réversibles, afin de limiter les déconstructions futures ;
- La conception pour la démontabilité, afin de mieux valoriser les composants après leur future dépose ;
- La capitalisation de la donnée, et en particulier l'identification des données à conserver sur l'ensemble du premier cycle afin de favoriser un réemploi ou un recyclage ultérieur, ainsi que les modalités de conservation et de transfert de ces informations.

Préambule

Courantes dans de nombreux secteurs d'activités, les pratiques de réemploi sont pour le moment marginales dans le secteur du bâtiment. Cependant, celui-ci est à la fois un très gros producteur de déchets – environ 46 millions de tonnes, soit 50% de plus que l'ensemble des déchets ménagers, et un gros consommateur de ressources. Ainsi, le développement des pratiques de réemploi est une piste importante pour diminuer les extractions de ressources, limiter la production de déchets et réduire les émissions de gaz à effet de serre associées aux activités du bâtiment, tout en activant les ressources humaines des territoires.

Bousculant les pratiques, le développement du réemploi soulève de nombreuses questions. On peut en identifier cinq principales :

- Une question juridique, autour notamment du statut des composants d'ouvrage issus du réemploi (déchet, produit, ...) ou du besoin de marquage CE des composants d'ouvrage destinés au réemploi ;
- Une question sur l'organisation de la filière et des responsabilités de chaque acteur, dans un schéma où les responsabilités usuellement prises par le fabricant sont potentiellement à redistribuer. La révision en cours du diagnostic déchet -qui devient un diagnostic relatif à la gestion des produits, matériaux et déchets selon l'article 51 de la loi du 10 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire- et la structuration de premières filières devraient permettre de préciser cette répartition. Le rôle du diagnostiqueur, premier maillon de la chaîne d'acteurs, est en effet crucial ;
- Une question sur l'évaluation des performances environnementales associées aux pratiques de réemploi : avec l'entrée en vigueur prochaine de la RE2020 et l'intégration croissante de critères environnementaux dans les stratégies et les commandes des maîtres d'ouvrage, la quantification des impacts environnementaux associés au réemploi est un besoin important. Là encore, différents travaux sont en cours, notamment dans un autre enjeu des travaux FBE et en particulier autour de la préparation de la RE2020 ;
- Une question sur les modèles économiques : avec des coûts parfois faibles pour les produits neufs et l'apparition de nouveaux postes de dépense (dépose sélective, requalification, ...) les modèles économiques du réemploi ne sont pas évidents a priori, ou en tout cas pas pour tous types de produits ou matériaux. Les différentes expérimentations en cours, très diverses dans l'organisation du jeu d'acteurs, permettront de clarifier les conditions de réussite du réemploi ;
- Enfin, une question sur la caractérisation des performances des produits issus du réemploi et de l'assurabilité des pratiques. Ce sujet s'avère complexe du fait de la grande diversité des produits, matériaux et équipements et des performances à considérer ainsi que des conditions de vieillissement propres à chaque situation. De fait, il convient d'avancer par étape en se concentrant progressivement sur des familles de produits spécifiques.

Préambule

C'est ce dernier point qui est particulièrement abordé par les travaux de la Fondation Bâtiment Energie. Ces travaux sont basés sur une approche développée au cours de travaux de recherche préalables par le CSTB. L'approche proposée repose sur le développement de guides de caractérisation des performances de produits en vue d'un réemploi spécifique à certaines familles de produits. Il s'agit de préciser, sur une famille de produit ciblée : les différentes performances qui doivent être justifiées pour l'aptitude à l'emploi futur ; les modes de preuves qui peuvent être utilisés pour caractériser chacune de ces performances ; et les précautions à respecter de la dépose sélective à la remise en œuvre. L'objectif est de préciser l'ensemble des modalités qui permettent de justifier un réemploi.

Ces différents guides poursuivent un objectif simple : sortir de l'analyse chantier par chantier et proposer une méthodologie partagée qui permet de définir un mode opératoire précis de caractérisation des performances en vue d'un réemploi. Cette méthodologie peut ainsi servir de base pour répartir les rôles et les responsabilités des différents acteurs en fonction des différentes configurations. Suivant les différentes configurations envisageables (chantier à chantier, transit par un tiers-lieu de reconditionnement, AMO réemploi, ...), la responsabilité des acteurs sera à questionner.

La méthodologie de travail repose sur une collégialité entre experts du domaine de la caractérisation des performances des produits et experts du réemploi, avec un objectif double : d'une part que ces guides soient le plus cohérents possible avec les pratiques des acteurs déjà en place ; d'autre part, que des évolutions de ces guides puissent ensuite être reconnues par l'ensemble de la profession pour intégrer, à terme, les techniques courantes au sens de l'assurabilité. Les principales étapes du développement des guides ont été les suivantes : Etat de l'art, déclinaison par famille de produit, confrontation des guides avec groupes utilisateurs et consolidation finale.

Les guides développés ici constituent une première étape pour chacune des 8 familles de produits ciblées. Il y a fort à parier que ceux-ci auront besoin d'être précisés ou ajustés en fonction des retours d'expérience et des modèles économiques, notamment sur les modes de preuve ou les règles d'échantillonnage. Ils constituent donc un premier pas vers la reconnaissance des pratiques de réemploi dans l'objectif d'accompagner leur développement.

Ces guides ont vocation à servir de source d'inspiration pour la structuration des filières de requalification et de reconditionnement.

En premier lieu, ils s'adressent aux filières concernées par le réemploi des 8 familles de produits visées ici : elles pourront se les approprier et poursuivre la voie vers la reconnaissance en techniques courantes.

Les autres filières pourront également s'en inspirer pour soutenir le développement de nouveaux guides, afin d'élargir progressivement le champs des possibles et le périmètre des composants d'ouvrage disposants de guides reconnus.

Le monde de la recherche et de l'évaluation technique pourra également s'en inspirer pour questionner les modes de preuve, qui reposent actuellement en grande partie sur la réalisation d'essais de caractérisation. Une amélioration des connaissances sur le vieillissement ou un développement des moyens de

Préambule

contrôles portatifs pourraient à terme limiter le coût de caractérisation des performances et favoriser les modèles économiques.

Enfin, ces guides pourront nourrir le développement des passeports matériaux, en identifiant les données importantes à capitaliser pour justifier d'un réemploi futur. En ce sens, ils pourront aider à structurer de nouvelles bases de données sur la traçabilité des produits et servir de source d'inspiration pour les fabricants soucieux de développer leurs pratiques d'écoconception.

Liste des participants du groupe « Recherche » de l'enjeu sur le réemploi :
CSTB, CTICM, CTMNC, Cycl'Up, FCBA, FEDEREC, IFPEB, MECD, Qualiconsult, Setec Ingénierie.

Liste des participants du groupe « Utilisateurs » de l'enjeu sur le réemploi :
Alto Ingénierie, AQC, Bellastock, Bruxelles Environnement, CSTB, Doyère Déconstruction, Grenoble Alpes Metropole, Raedificare, Réavie, Rotor, UMGO, VLA Architecture.



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

1.

Introduction



1.1.

Domaine d'application du document

L'allongement de la durée de vie de produits/procédés/équipements (désignés par la suite « produit ») peut passer par l'intégration de ce produit dans un ouvrage à la suite d'une première vie en œuvre. On parle alors de réemploi ou de réutilisation. La distinction entre réemploi et réutilisation est actuellement sujette à discussion (cf. document « Atelier FBE ECB du 20 juin 2019 - Méthodologie de diagnostic et d'évaluation des performances résiduelles pour le réemploi des produits de construction »). L'Annexe A précise la définition de ces termes dans le cadre du présent document.

L'objectif de ce document est de décrire une méthodologie, sans identifier le rôle de chaque acteur qui pourra varier selon le type d'opérations (de chantier à chantier, via des intermédiaires, ...) :

- de **diagnostic** (diagnostic ressource sur le bâtiment existant),
- et de **caractérisation des performances** (in-situ lorsque ceci est applicable ou après dépose),

d'un **produit de construction en acier utilisé comme élément d'ossature (profil ouvert type I, H, U, L, tube ou profil creux ...)**, émanant d'un ouvrage existant (bâtiment, pont ou infrastructure) en perspective d'un réemploi.

De manière générale, de par les propriétés physico-chimiques de l'acier, il est important de s'assurer de la durabilité d'un produit en acier dans le temps, en mettant en œuvre au besoin un revêtement de protection contre l'effet de corrosion du matériau. La méthodologie développée dans le présent document considère le réemploi du produit en acier mais pas nécessairement celui du revêtement anticorrosion éventuellement appliqué sur celui-ci. En effet, dans la majorité des cas, pour des raisons techniques, le revêtement anticorrosion devra être éliminé de la surface du produit en acier, pour pouvoir réemployer ce dernier. Le présent document se place dans ce cadre général de réemploi (donc hors cas spécifique) et préconise l'application de la méthodologie de traitement des revêtements anticorrosion décrite en Annexe F. Si l'élément déposé possède un traitement de surface de type revêtement organique (c'est à dire une peinture, qui par nature est relativement fragile), celui-ci sera retiré. S'il possède un traitement de surface de type revêtement métallique (galvanisation, métallisation ...), sa conservation ou son retrait sera laissé au choix du futur acquéreur.

Par la suite, les traitements complémentaires appliqués sur l'élément en acier en vue de son intégration à une nouvelle structure devront considérer les exigences de protection anticorrosion du nouvel emploi (non traité dans le présent document).

Ce document a été élaboré en perspective du réemploi d'un produit de construction en acier dans une nouvelle structure d'ouvrage quel que soit le domaine d'emploi concerné. Ainsi, au sens des définitions retenues pour ce guide, on couvre ici l'ensemble des domaines de réemploi et certains domaines de réutilisation (par exemple, poteau devenant poutre ou inversement). Pour rappel, les éléments d'ossature en acier ne sont pas des produits de construction finalisés qu'il reste à intégrer à un ouvrage comme les produits de second œuvre (par exemple : parquet, faux plafond, porte...). Ce sont des produits semi-finis fournis par un sidérurgiste ou par la filière de réemploi, à un constructeur métallique. Le constructeur métallique, sur la base d'études techniques et réglementaires de structure complètes et précises, les transforme et les assemble entre eux dans son atelier en vue de créer une nouvelle ossature. Une fois transportés jusqu'au chantier de construction et montés sur site, ces éléments forment l'ossature du nouvel ouvrage, c'est à dire le produit fini. Les éléments d'ossature en acier à réemployer s'adressent donc à un acteur précis : le constructeur métallique, et ne peuvent être directement intégrés dans un nouvel ouvrage. Lorsque le produit déposé est sélectionné pour être réemployé dans une nouvelle structure, il réintègre le processus classique de production d'une ossature en acier.

Pour faciliter la récupération et minimiser les risques de détérioration, ce document vise **exclusivement la dépose des éléments d'ossature en acier assemblés par boulonnage. Il ne vise pas le réemploi des éléments d'assemblage.**



Afin que la méthodologie de diagnostic décrite dans le présent document soit efficace, il est nécessaire qu'aucun des éléments en acier composant l'ossature de l'ouvrage n'ait déjà été réemployé, ou alors que ceux-ci soient éliminés de la procédure de caractérisation par échantillonnage décrite à l'Annexe F.

Enfin, ce document porte uniquement sur un réemploi d'anciens éléments d'ossature en acier qui seront remis en œuvre selon les Règles de l'Art en vigueur. Dès lors que le matériau et/ou la mise en œuvre de l'élément d'ossature en acier déroge aux Règles de l'Art en vigueur (techniques non traditionnelles et au sens assurantiel, techniques non courantes (cf. Annexe A)), une évaluation du respect des réglementations applicables, de l'aptitude à l'emploi et de la durabilité seront très certainement demandées par les acteurs de la construction.

1.2. Description de la méthodologie

Les principales étapes d'un diagnostic réemploi global d'un bâtiment sont décrites en Annexe B. Les principales étapes de dépose et de caractérisation d'un élément d'ossature en acier en vue de son réemploi sont décrites en Annexe F.

Le cœur du présent document s'attache à présenter les principales étapes du diagnostic :

- Etape 1 : Recueil des informations documentaires relatives au bâtiment ayant accueilli le produit dans son « emploi initial », diagnostic visuel et/ou par mesure in-situ du produit afin de dresser une « carte d'identité du produit » (cf. tableau 1 - § 2.3), diagnostic du domaine d'emploi initial pour dresser le « curriculum vitae » (typologie de bâtiment de « l'emploi initial », exposition atmosphérique intérieure et extérieure, sollicitations dynamiques subies par les structures, ... cf. Annexe D). A cette étape, il s'agit de caractériser, visuellement ou par mesure in-situ, le produit et son domaine d'emploi initial afin de recenser un maximum d'informations permettant de faire un lien avec le futur domaine de réemploi,
→ Cette étape est basée sur l'Annexe C « Normes et Règles de l'Art », ainsi que sur l'Annexe D « Performances requises pour les éléments d'ossature en acier ».
- Etape 2 : Identification des conditions de justification du réemploi dans le domaine structurel. A cette étape, il s'agit de faire un lien entre les caractéristiques observées et/ou mesurées in-situ et les éventuels besoins complémentaires en termes de justifications de performances,
→ Cette étape est basée sur le chapitre 3 « Performances pour le réemploi et modes de preuve ».
- Etape 3 : Identification des spécificités de dépose et de remise en œuvre.
→ Cette étape est basée sur l'Annexe F « Précautions à respecter de la dépose à la remise en œuvre ».

Le mode opératoire proposé est donc le suivant :

- Au moment du diagnostic réemploi, établissement d'une fiche réemploi pour les éléments d'ossature en acier, sur le modèle proposé en Annexe E,
- Puis, mise en perspective des informations/caractéristiques/ ... recueillies dans la fiche diagnostic en fonction des performances requises pour le domaine d'emploi (cf. Annexe D),
- Pour les domaines d'emploi envisagés, proposition de modes de preuve en se basant sur le tableau 3 du paragraphe 3 ci-après.

Ensuite, en fonction de la taille du gisement, de la valeur des produits réemployables, des coûts associés aux modes de preuve (ou de tout autre paramètre, comme par exemple les externalités environnementales ou l'existence d'un débouché identifié), les acteurs pourront décider de l'intérêt ou non d'aller vers une dépose sélective et un réemploi.



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

2.

Diagnostic du produit dans l'ouvrage existant¹

¹ Ce chapitre s'appuie notamment sur des travaux réalisés conjointement entre le CSTB et Bellastock et le document « Atelier FBE ECB du 20 juin 2019 - Méthodologie de diagnostic et d'évaluation des performances résiduelles pour le réemploi des produits de construction »



2.1. Introduction

Après la réalisation du diagnostic réemploi de la totalité du bâtiment, il est nécessaire de réaliser le diagnostic réemploi focalisé sur l'ossature de l'ouvrage en faisant appel à un « diagnostiqueur/qualificateur réemploi » **spécialisé en construction métallique**.

Le diagnostic du produit dans l'ouvrage existant dépend des paramètres suivants :

- Intrinsèques au produit mis en œuvre : par exemple sa durée de vie en œuvre, ses performances originelles, son revêtement, son traitement ...
- Dépendant de sa liaison avec les autres produits : en particulier, les modes de liaisons aux autres produits constitutifs du bâti vont impacter les conditions de dépose et les performances,
- Dépendant de l'ouvrage dans lequel il est situé. Suivant le type d'ouvrage et sa localisation dans l'ouvrage, le produit peut avoir fait face à différentes sollicitations mécaniques récurrentes (ex : mise en charge, usure, exceptionnelles (ex : séisme) ou environnementales (ex : conditions climatiques, hygrométriques, d'entretien), ... lors de son « emploi initial » qui peuvent avoir un impact sur ses performances.

Afin de réaliser un constat exhaustif sur les différents composants de la structure, il est impératif d'effectuer des regroupements de composants par type de fonction (poutres, solives, poteaux, pannes...) et par contexte d'usage (extérieur/intérieur, charges appliquées statiques/dynamiques lors de la vie en œuvre, agressions visibles de type chocs/incendie, etc.) afin de procéder à des échantillonnages représentatifs au sein des groupes de composants identifiés. Les échantillons serviront à caractériser les différents groupes en vue d'affecter leurs résultats à chaque produit du groupe considéré. L'approche volumétrique (nombre de groupes et nombre d'échantillons) est dépendant de l'ouvrage et notamment du caractère systématique ou non de la structure et de ses composants. Une méthode d'échantillonnage est proposée en annexe F.

La suite de ce chapitre propose les points clés d'un diagnostic réemploi d'un élément d'ossature en acier. Les informations ci-dessous sont synthétisées dans la fiche réemploi proposée en Annexe E.

2.2. Informations générales sur le bâtiment existant

- Adresse du bâtiment
→ *Cela permettra de suspecter d'éventuelles pathologies générées par des événements accidentels (par exemple : secousses sismiques, charges climatiques exceptionnelles...)*
- Date de dépôt du permis de construire
→ *Les exigences réglementaires applicables sont celles en vigueur à la date d'obtention du permis de construire*
- Année de mise en œuvre du produit
→ *Si évolution de la réglementation, un produit installé dans le respect de la réglementation de l'époque, même dans l'hypothèse du maintien des performances dans le temps, peut ne plus répondre aux nouvelles exigences réglementaires*
- Date de réception du bâtiment
→ *Date de départ pour la garantie décennale*



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

- Usage et historique
 - Préciser les éventuels changements de destination du local dans lequel les éléments d'ossature étaient implantés
 - Préciser les éventuelles interventions (rénovations, ...) sur les éléments d'ossature
 - Préciser les éventuelles pathologies, sinistres connus/constatés sur l'ouvrage (se reporter aux éventuels rapports d'experts (cadre d'une expertise), rapport de diagnostic, ...)

- Autres informations disponibles
Le diagnostic doit faire état des informations réglementaires, techniques et de prescriptions contractuelles connues (repérages amiante, plomb, termites, ..., Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE), et documents liés à la nature des matériaux et à leur pose).

Il est nécessaire d'indiquer les zones polluées. Par exemple, un produit de protection incendie à base d'amiante peut avoir été appliqué sur l'élément d'ossature en acier. Des précautions sont alors à prendre. Attention, bien que l'environnement puisse être pollué, le matériau n'est pas forcément à exclure puisqu'une dépollution du site peut être mise en place.

2.3. Diagnostic relatif au produit

Il s'agit ici de compiler, autant que possible, les informations disponibles (cf. § *Autres informations disponibles* ci-dessus).

2.3.1. DESCRIPTION TECHNIQUE DU PRODUIT

→ Informations disponibles dans le Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE) et documents liés à la nature des matériaux et à leur pose - à confirmer via reconnaissance in-situ

Cas du produit de construction en acier :

- Désignation normative ou commerciale du produit de construction*
- Nom du fabricant du produit de construction*
- Fiche technique initiale du fabricant du produit de construction ou référence normative permettant l'identification des propriétés physico-chimiques du matériau
- Prescriptions de mise en œuvre du fabricant du produit de construction
- ...

Cas du revêtement métallique ou organique de protection anticorrosion :

- Désignation commerciale du revêtement*
- Nom du fabricant du revêtement*
- Fiche technique initiale (type, épaisseur, classe de corrosivité ...)
- Prescriptions de mise en œuvre du fabricant du revêtement
- Prescriptions de maintenance du fabricant du revêtement
- ...

Cas du revêtement de protection incendie :

- Désignation commerciale du revêtement*
- Nom du fabricant du revêtement*
- Fiche technique initiale (type, épaisseur ...)
- Prescriptions de mise en œuvre du fabricant du revêtement
- Prescriptions de maintenance du fabricant du revêtement
- ...



Note : Le réemploi des éléments d'ossature avec conservation de leurs revêtements (anticorrosion ou protection incendie) n'est pas considéré dans le présent document. Néanmoins, il est indispensable de connaître les caractéristiques de ces éventuels revêtements (nature chimique, potentielle dangerosité, performances initiales ...), préalablement à tout choix sur leur maintien ou élimination. Les modalités de maintien ou d'élimination des revêtements varieront en fonction de ces informations (cf. Annexe F).

** Si ces informations sont disponibles, elles peuvent permettre de remonter aux éventuels certificats, évaluations (ATEX, Avis Technique, ...) en cours de validité sur le produit lors de sa 1^{ère} mise en œuvre ou les caractéristiques spécifiées dans les normes concernées.*

Le produit est-il déjà un produit réemployé ?

Si un élément est identifié comme étant issu d'un gisement de réemploi, et que sa traçabilité n'est pas connue, alors son nouveau réemploi n'est pas visé par le présent document.

Pour chaque élément d'ossature, il faut préciser l'état visuel et relever les écarts géométriques par rapport aux spécifications des conditions de livraison telles que précisées dans les normes applicables à cet élément.

Il est à noter que **les performances d'un élément d'ossature en acier ne se dégradent pas dans le temps** si les sollicitations auxquelles il est soumis sont conformes à celles définies lors du dimensionnement de la structure, s'il n'est pas soumis au phénomène de fatigue⁽¹⁾, et s'il est protégé contre la corrosion.

Le réemploi d'un produit de structure en acier est obligatoirement conditionné à la connaissance de ses propriétés métallurgiques (physico-chimiques) telles que requises dans les normes NF EN 1090, NF EN 1993, et les normes de transformation et de préparation de surface. Le système de désignation symbolique des aciers (cf. Annexe A) permet de catégoriser les aciers en fonction de leurs propriétés métallurgiques. Ce système peut être utilisé par analogie dans le cas du réemploi d'un acier dont les propriétés ont été caractérisées, à la condition expresse de mentionner qu'il s'agit d'une analogie (par exemple : *acier assimilé S235JR*).

Le tableau suivant présente les principales informations à renseigner lors du diagnostic d'un élément d'ossature en acier en vue de son réemploi :

CARACTÉRISTIQUE	SOURCE	ACTION ÉVENTUELLE
Gamme de produit	DOE ou constat visuel	
Désignation commerciale le cas échéant	DOE	
Désignation normalisée ou Dimensions géométriques du produit	DOE ou relevé in situ	
Longueur hors tout du produit	DOE ou mesure après dépose	
Longueur utile pour le réemploi	Mesure après dépose	
Désignation symbolique de l'acier	DOE ou tests de caractérisation métallurgique	Missionner un laboratoire pour caractériser les propriétés physico-chimiques de l'acier
Respect des tolérances géométriques (déformations ...)	Relevés in situ	Si négatif → produit non réemployable → envoyé en filière de recyclage
Type de liaison avec d'autres éléments	DOE ou relevé in situ	Anticiper le démontage, identifier les risques d'altération du produit lors d'opérations en vue de son désassemblage
Suspicion d'altération de l'élément par des sollicitations extrêmes (phénomène de fatigue ² ...)	Constat visuel	Si positif → produit non réemployable → envoyé en filière de recyclage
Niveau d'enrouillement ³ de l'élément sur la longueur utile pour le réemploi	Constat visuel	Si supérieur à un certain seuil → produit non réemployable
Type de revêtement anticorrosion de l'acier	DOE ou constat visuel	
Diagnostic plomb	Diagnostic spécifique	Si positif → selon la réglementation en vigueur au moment du démontage, les éléments concernés seront décapés après dépose : soit avant stockage, soit avant remise en production pour réemploi
Diagnostic amiante	Diagnostic spécifique	Si positif → opération de désamiantage avant démontage de la structure

Tableau 1 : Liste des informations à collecter pour le diagnostic d'un élément d'ossature en acier en vue de son réemploi

Les informations du tableau ci-dessus sont reprises et complétées dans la fiche réemploi proposée en Annexe E.

2 On entend par fatigue, ou endommagement par fatigue, la modification des propriétés du métal consécutive à des cycles d'effort, cycles dont la répétition peut conduire à la rupture de la pièce. La rupture peut se produire pour des contraintes relativement faibles, sans modification apparente de forme ou d'aspect de la pièce. La fissuration progressive est suivie d'une rupture brutale, lorsque la contrainte dans la section résiduelle dépasse celle que peut supporter le métal. Ce phénomène est relativement rare pour les bâtiments. Il se manifeste au niveau des chemins de roulement qui soutiennent un pont roulant dans un atelier par exemple, ou sur la structure d'une cage d'ascenseur dans un bâtiment. En revanche, il est plus fréquemment observé sur les éléments constituant les ponts, et globalement tout ouvrage soumis à une circulation routière, ferroviaire ou fluviale.

3 L'enrouillement d'un élément en acier dépend de l'agressivité corrosive du milieu environnant et de l'efficacité de la protection anticorrosion appliquée sur l'élément.

Le niveau d'enrouillement d'un élément en acier est défini par la norme "NF EN ISO 4628-3 : Peintures et vernis - Évaluation de la dégradation des revêtements - Désignation de la quantité et de la dimension des défauts, et de l'intensité des changements uniformes d'aspect - Partie 3 : évaluation du degré d'enrouillement".



2.3.2. QUANTITÉ DISPONIBLE EN RÉEMPLOI

Quantité issue du repérage et de l'identification des éléments

Informations à recueillir :

- Nombre et mètre linéaire selon le type d'éléments d'ossature (poutrelle, tube, cornière ...) et le type de revêtement anticorrosion/de protection incendie,
- Au regard de constats visuels et éventuelles mesures in-situ, estimer les quantités altérées mais possiblement « reconditionnables » (par exemple, redimensionnement via découpe).

Il est à noter que seul le réemploi des éléments d'ossature non détériorés est envisageable. Si une dégradation sur un élément d'ossature est constatée (ex : déformations géométriques, degré d'enrouillement élevé, ...) ou suspectées (ex : élément soumis au phénomène de fatigue, ...), ses performances sont considérées comme étant dégradées et ne correspondent plus alors à celles attendues pour le produit. Si l'élément ne peut être « reconditionné » pour retrouver l'entièreté de ses performances d'origine (à l'identique), il ne peut pas être réemployé. Il est alors envoyé en filière de recyclage.

2.3.3. ACCÈS AU GISEMENT (DÉCONSTRUCTION)

Les questions suivantes sont à se poser lors du diagnostic ressources :

- Comment l'accès au gisement est-il possible (notamment pour les éléments en hauteur et l'accès au site) ?
- Le démontage des éléments d'ossature est-il possible en conservant leur intégrité ?
- Les éléments démontés peuvent-ils être extraits du bâtiment et transportés sans risque de détérioration (moyens de transport adéquats) ?
- Le stockage temporaire des produits est-il réalisé dans des conditions ne détériorant pas les éléments ?
- Le lieu de stockage temporaire des produits présente-t-il les conditions de sécurité suffisantes pour prévenir toute tentative de vol (visibilité depuis l'espace public, public ayant accès au local ...) ?

Note relative à la pollution : Bien qu'un produit soit pollué, il n'est pas à exclure. Son diagnostic doit être établi car une dépollution pourrait être entreprise. Dans le cas d'un élément d'ossature, ceci pourrait par exemple être la présence d'un produit amianté appliqué pour la protection incendie, autorisé au moment de sa mise en œuvre mais désormais plus autorisé. Un tel produit devrait alors obligatoirement être désamianté conformément à la réglementation avant toute autre intervention sur celui-ci.

2.3.4. CARACTÉRISATION DE L'ACIER COMPOSANT LE PRODUIT⁴

Pour caractériser l'acier composant le produit, le premier point à examiner est la date de construction de l'ouvrage et les dates des éventuelles réparations réalisées. Le second point à étudier est la nuance de l'acier (par exemple : S235JR, S460M, ...). Ces éléments sont contenus dans le DOE. Si celui-ci n'est pas disponible, une reconnaissance des caractéristiques métallurgiques (physico-chimiques) des matériaux employés s'avère nécessaire.

La caractérisation complète des propriétés d'un acier est réalisée par de multiples analyses et essais :

- Analyse chimique (teneur en carbone, manganèse, silicium, ... teneur en éléments fragilisants ...),
- Analyse métallographique (structure, grosseur de grains, état inclusionnaire...),
- Analyse mécanique (limite d'élasticité, charge maximale en traction, allongement caractéristique de la ductilité, énergie d'absorption, dureté ...).



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

L'analyse chimique est généralement réalisée au spectromètre à étincelles, ce qui permet une caractérisation rapide des principaux éléments à l'exclusion de l'azote. L'analyse chimique peut également être réalisée par dissolution. L'interprétation des résultats permet de confirmer la nature du matériau (acier, et non fonte ou fer puddlé), le mode d'élaboration, la présence d'éléments fragilisants et, pour partie, d'apprécier la soudabilité.

L'examen métallographique complète l'analyse précédente en apportant des éléments sur la grosseur de grains et, par suite, la fragilité, ainsi que sur l'état inclusionnaire des aciers anciens. Accompagné d'une mesure de dureté, il permet d'apprécier les caractéristiques et le comportement vis-à-vis de l'assemblage par soudage.

Des prélèvements plus importants permettent de définir le comportement mécanique du matériau en réalisant des essais mécaniques. Les plus répandus sont les essais de traction (norme NF EN ISO 6892-1) et de résilience (norme NF EN 148-1). Ils permettent une approche précise des caractéristiques mécaniques de l'acier, et, par analogie, l'attribution à une nuance et une qualité (par exemple : *acier assimilé à S235JR*).

Les prélèvements sur les éléments d'ossature doivent être représentatifs des différentes pièces. La réalisation des prélèvements se fait de préférence après la dépose des éléments d'ossature, afin que les pièces ne soient plus soumises à des efforts et éviter l'affaiblissement de la structure. Le nombre de pièces prélevées est toujours limité. Ainsi, il est judicieux de multiplier les petits prélèvements en extrémité de pièce pour analyse chimique et examen métallographique.

Ces prélèvements en extrémité de pièce par coupe sans échauffement, ou par réalisation de copeaux par perçage permettent les analyses suivantes :

- Analyse chimique des éléments principaux C, Mn, Si, et des impuretés S, P, N. Pour les aciers plus récents, l'analyse des éléments dispersoïdes Nb, V peuvent présenter des compléments d'information. Cette analyse doit permettre d'apprécier le mode d'élaboration et les risques liés à la présence d'impuretés,
- L'examen métallographique permet d'apprécier l'état inclusionnaire du matériau et l'incidence sur la soudabilité,
- La mesure de dureté permet d'apprécier les caractéristiques de résistance du matériau en référence à la norme NF EN ISO 14577 – indice de classement A 03155.

La caractérisation selon les normes de produits amène à proposer des analyses avec au minimum les éléments suivants :

	C	MN	SI	S	P	NI	CU	CR	MO	V	NB	SN	AL	AS	TI	ZR	CO	N
ACIERS ANCIENS ET SOUDABILITÉ	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X				X
ACIERS AUTOPATINABLES	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X			X		X
ACIERS MODERNES	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X			X

Tableau 2 : Éléments à doser

- C et Mn interviennent sur les caractéristiques de traction et la soudabilité
- N, Cu, Cr, Ni caractérisent les élaborations Martin, Thomas, Oxygène
- Si et Al différencient les nuances effervescentes et calmées
- Mo, V, Nb caractérisent les aciers à dispersoïdes des années 1970 environ
- As caractérise les aciers élaborés à partir de minerai lorrain

Dans le cas de prélèvements plus importants pour la réalisation d'essais mécaniques, il est souvent difficile de respecter les emplacements de prélèvement d'éprouvettes définis par les normes produits. La présence de ségrégation, d'effet de bord ... doivent être pris en compte dans l'interprétation des résultats par rapport aux normes. Pour un essai de traction, un prélèvement de 150 mm semble un minimum en respectant le sens de prélèvement (sens long pour les profilés). Pour les essais de résilience, le prélèvement en sens long est systématique et les dimensions des éprouvettes sont normalisées.

En résumé, pour réemployer un élément d'ossature en acier dans un ouvrage, il est nécessaire de caractériser l'acier en définissant a minima les propriétés métallurgiques suivantes :

- Composition chimique,
- Limite d'élasticité,
- Résistance à la traction.



2.4. Diagnostic relatif au domaine d'emploi du produit

Quel que soit le domaine d'emploi considéré, tout élément d'ossature en acier sujet au réemploi satisfait toutes les exigences requises à partir du moment où ses propriétés physico-chimiques ont été identifiées.

Pour rappel, les performances d'un élément d'ossature en acier ne se dégradent pas dans le temps si les sollicitations auxquelles il est soumis sont conformes à celles définies lors du dimensionnement de la structure, s'il n'est pas soumis au phénomène de fatigue, et s'il est protégé contre la corrosion.

Dans ce chapitre, il s'agit de préciser les types de sollicitations auxquelles le produit à réemployer a été soumis durant sa 1^{ère} mise en œuvre.

2.4.1. USAGE ET LOCALISATION DU PRODUIT SUR/DANS L'OUVRAGE EXISTANT

La fonction du produit dans l'ossature de l'ouvrage existant sera précisée : poteau, poutre, arbalétrier, contreventement, palée de stabilité, lisse, solive, panne ...

Un système de numérotation des éléments d'ossature servira à les identifier dans l'ossature, en appui à la fiche de diagnostic produits et les différentes analyses pathologiques réalisées.

Le repérage de l'élément d'ossature sur l'ouvrage existant pourra être encadré par une nomenclature à mettre en place spécifiquement pour le projet étudié. La nomenclature peut, par exemple, être définie selon le plan de bâtiment établi (files, niveau) et selon des spécifications de nommage. Par exemple, pour une poutre, le code "F-4/5 ; 3" pourrait correspondre à l'élément horizontal situé sur la file F, entre les files 4 et 5, et sur le plancher haut du 3^{ème} niveau.

2.4.2. HISTORIQUE DE LA VIE DU PRODUIT

Informations relatives à l'historique du produit dans le bâtiment : maintenance, agrandissements, rénovations, sinistres (inondation, séisme, incendie, produits chimiques, surcharge ...), réparations ...

Il est nécessaire de comprendre les éventuels désordres, leurs apparitions, et le fonctionnement de la structure en l'état. L'analyse des éléments permet de conclure sur la ou les pathologies qui affectent éventuellement l'ouvrage. Par exemple :

- Enrouillement : défaut d'entretien de la protection anticorrosion,
- Corrosion avec réduction de section résistante : matériau sensible, exposition, mauvaise disposition constructive ...
- Déformation : fragilité, chocs, sollicitations, fatigue du produit, fatigue des assemblages soudés ...
- Assemblages boulonnés : déconsolidation, rupture d'éléments, défauts de conception, défauts d'exécution, modifications, excès de sollicitation ...
- ...



2.4.3. SOLLICITATIONS MÉCANIQUES

ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

Par exemple :

- Charges permanentes d'exploitation,
- Charges ponctuelles d'exploitation,
- Charges dynamiques (ex : pont roulant dans un atelier, ascenseur ...),
- Sollicitations extérieures extrêmes entraînant des déformations (ex : séisme),
- Trafic intense (ex : pont ferroviaire → phénomène de fatigue),
- ...

2.4.4. AUTRES SOLLICITATIONS, ACTIONS D'ENTRETIEN OU DE PROTECTION VÉCUES PAR LE PRODUIT

Par exemple :

- Application de revêtements anticorrosion pendant la vie en œuvre (peinture, ...),
- Application de revêtements de protection incendie pendant la vie en œuvre (flocage, peinture intumescente ...),
- ...



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

3.

Performances pour le réemploi et modes de preuves



3.1. Introduction

Cette partie propose une méthode de caractérisation des performances en vue d'un réemploi.

Au stade du diagnostic, le(les) domaine(s) d'emploi futur(s) du produit n'est (ne sont) pas nécessairement connu(s). Il est par conséquent utile que le « diagnostiqueur/qualificateur réemploi », au-delà des éléments précisés au § 2 et en Annexe D, doit réunir au maximum les informations relatives aux performances du produit :

- Performances pouvant être indiquées dans le diagnostic car contrôlables directement in-situ (contrôle visuel, mesures in-situ, ...),
- Performances pouvant être indiquées dans le diagnostic car existence de bases de données (abaques, ...) permettant de « déduire » ces performances à partir :
 - Soit des caractéristiques initiales des fiches techniques du fabricant,
 - Soit par transposition d'une mesure de performances (ex : masse volumique vs caractéristique thermique),
- Informations à destination de la maîtrise d'ouvrage quant aux contrôles, essais, ... complémentaires à envisager préalablement au réemploi lorsque les performances ne peuvent pas être caractérisées lors de la phase de diagnostic.

Ces éléments étant destinés à donner les informations utiles quant à un potentiel de réemploi, il y a lieu de distinguer, au regard de « l'emploi initial » et de « l'emploi futur », les différentes caractéristiques en fonction de leur niveau de performance attendue.

Une fois que les performances à justifier ont été identifiées, il s'agit ensuite d'apporter pour chacune d'elle une justification.

Les justifications des performances peuvent prendre différentes formes en fonction des caractéristiques du produit et du type de performance(s) :

- Justifications sur la base de connaissances historiques : Fiches techniques initiales du fabricant décrivant les performances annoncées, notice de pose, Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE), Rapport d'essais initiaux, Avis Technique ou Appréciation Technique d'Expérimentation d'époque, certificats, ... Dans ce cas, une attention particulière doit être apportée sur les points suivants :
 - Il doit être vérifié que les produits mis en œuvre correspondent bien aux produits visés par les documents (via les marquages des produits, d'éventuelles photographies des conditionnements lors de la mise en œuvre, ...),
 - Les caractéristiques initiales sur les documentations sont des caractéristiques initiales qui peuvent être modifiées pendant la vie en œuvre ou lors de travaux de rénovation. Pour certaines d'entre elles, il s'avèrera nécessaire de recourir aux types de justifications présentées ci-dessous.
- Justifications sur la base de contrôles in-situ. Ces contrôles peuvent être réalisés au stade du diagnostic ou à certaines étapes clés (notamment après dépose ou après reconditionnement). Ils peuvent prendre la forme de contrôles visuels ou de contrôle mobilisant des moyens techniques portatifs permettant des contrôles in-situ. Ils peuvent par ailleurs être réalisés par des experts qualifiés (exemple de la mise en charge sur gros œuvre béton) et/ou indépendants,
- Justifications sur la base d'un échantillonnage et d'un protocole d'essais en laboratoire.

Exemple de justifications/contrôles :

- Contrôle amont par le « diagnostiqueur/qualificateur réemploi »
→ *Ex. : défauts visuels*
- Caractérisation aval par l'entreprise
→ *Ex. : Etat de surface du produit en acier*
- Caractérisation par tiers compétent et indépendant (in situ / ex-situ)
→ *Ex. : Caractérisation des propriétés métallurgiques de l'acier en laboratoire*



3.2. Performances pour le réemploi

A noter : Le respect des exigences réglementaires précisées à l'Annexe D est obligatoire pour pouvoir réemployer le produit.

Cependant, le respect de la performance en lien avec l'aptitude à l'emploi indiquée ci-dessous est également indispensable pour un ouvrage structurel.

Toutes les approches présentées ci-après partent des principes suivants :

- L'élément d'ossature déposé satisfaisait à l'ensemble des réglementations applicables à la date du permis de construire et celles-ci n'ont pas évolué,
→ *En cas d'évolution de la réglementation, il y a lieu d'examiner en quoi cette évolution impacte la caractéristique initiale et d'en informer le futur utilisateur.*
- L'élément d'ossature déposé avait été utilisé dans sa « précédente vie » dans le respect des règles de l'art ou des prescriptions du fabricant idéalement validées par une évaluation technique.

Comme explicité aux §1.1 et §1.2, le périmètre du présent document privilégie le réemploi de l'élément en acier brut (sans revêtement anticorrosion). L'éventuel revêtement anticorrosion (traité selon la méthodologie décrite en Annexe F) ne fait donc pas partie des performances attendues du produit en vue de son réemploi.

Il est rappelé que seul le réemploi des éléments d'ossature non détériorés est envisageable (cf. §2.3.2). Si ce n'est pas le cas, les performances de l'élément sont considérées comme étant dégradées et ne correspondent plus à celles attendues pour le produit. L'élément est alors envoyé en filière de recyclage (et non en filière de réemploi), et il n'y a donc pas lieu de caractériser ses performances.

PROPRIÉTÉS MÉTALLURGIQUES (APTITUDE À L'EMPLOI)

Les propriétés métallurgiques (caractéristiques physico-chimiques) des aciers de construction sont identifiées dans les documents des ouvrages exécutés (DOE) et doivent être reportées dans la fiche descriptive de chaque élément déconstruit (Annexe E).

Dans le cas où ces informations ne sont pas disponibles, il est nécessaire de procéder à des analyses en laboratoire permettant d'affecter les valeurs des propriétés métallurgiques de chacun des éléments. Pour ce faire, on procède à un échantillonnage des composants comme décrit en Annexe F auxquels on fera subir les essais normalisés suivants :

- *Caractérisation de la limite d'élasticité de l'acier* : on prendra comme référence la valeur la plus faible obtenue sur l'ensemble des échantillons d'une même gamme de composants,
- *Caractérisation de la résistance à la traction de l'acier* : on prendra comme référence la valeur la plus faible obtenue sur l'ensemble des échantillons d'une même gamme de composants,
- *Analyse chimique de l'acier* : la composition sera indiquée dans les fiches descriptives afin de permettre à l'utilisateur de connaître les compatibilités métallurgiques de l'acier avec des opérations de production (soudabilité) ou de métallisation (galvanisation à chaud).

QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR (RÉGLEMENTAIRE)

La réglementation porte sur le niveau d'émission de substances volatiles dans l'air intérieur présentant un risque de toxicité par inhalation.

Il est à noter que le matériau acier n'émet aucune substance volatile dans l'air.



Pour information :

Pour le réemploi d'un élément d'ossature en acier avec revêtement, suivant la méthodologie décrite en Annexe F, trois cas de figures sont à envisager :

- L'élément d'ossature ne possède pas de revêtement anticorrosion → le produit satisfait la réglementation,
- L'élément d'ossature possède uniquement un revêtement métallique ^a le produit satisfait la réglementation car il n'émet aucune substance volatile dans l'air,
- L'élément d'ossature possède un revêtement organique → celui-ci devra alors être ôté avant la réintégration de l'élément en acier dans le processus classique de production.

Il convient cependant d'attirer l'attention auprès du futur utilisateur que ceci ne présage pas de la satisfaction à la réglementation si un nouveau revêtement organique est appliqué suite à la réintégration de l'élément en acier dans le processus classique de production.

SUBSTANCES DANGEREUSES (RÉGLEMENTAIRE)

La réglementation porte sur l'évaluation des risques posés par les produits chimiques des produits mis sur le marché.

Il est à noter que le matériau acier ne contient aucune substance dangereuse.

Pour information :

Pour le réemploi d'un élément d'ossature en acier avec revêtement, deux cas de figures sont à envisager :

- L'élément d'ossature possède un revêtement non dangereux (tests réglementaires) → si un décapage est nécessaire, la méthode employée doit être conforme à la réglementation,
- L'élément d'ossature possède un revêtement dangereux → prise en compte de ce danger sur toutes les opérations (démontage, transport, traitement ...).

Il convient cependant d'attirer l'attention auprès du futur utilisateur que ceci ne présage pas de la satisfaction à la réglementation si un nouveau revêtement organique est appliqué suite à la réintégration de l'élément en acier dans le processus classique de production.

QUALITÉ ENVIRONNEMENTALE ET SANITAIRE

DES PRODUITS DE CONSTRUCTION (RÉGLEMENTAIRE)

Dans le cas où aucune communication ne prévoit d'allégation environnementale pour la mise sur le marché d'un produit, il n'y a pas d'obligation de justifier une déclaration environnementale pour le produit.

Dans le cas contraire, s'il y a une volonté de communication sur la qualité environnementale et sanitaire d'un produit (allégation environnementale), le produit doit justifier d'une déclaration environnementale. Soit celle-ci est déjà existante pour le produit concerné, soit elle doit être établie. Cette réglementation s'applique sans distinction aux produits neufs comme aux produits issus du réemploi.

Compte tenu du cycle de vie bien spécifique d'un produit issu du réemploi, la déclaration environnementale du même produit mais neuf ne peut être utilisée.

INCENDIE - RÉACTION AU FEU (RÉGLEMENTAIRE)

La réaction au feu caractérise la capacité d'un matériau à s'enflammer et à contribuer à la propagation d'un incendie. L'acier en tant que matériau incombustible est classé dans la catégorie la plus performante, c'est à dire A1.



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

3.3. Récapitulatif des performances

En se basant sur les informations collectées lors du diagnostic et des modes de preuves préconisées pour chacune des performances identifiées (voir annexe D), le tableau suivant identifie les performances qui peuvent être considérées comme justifiées par l'examen des documents disponibles et la visite de site, et les performances qui nécessitent des modes de preuve complémentaires pour pouvoir être justifiées (par exemple : échantillonnage et essais).

Il s'agit donc ici d'analyser, pour chacune des performances recensées au tableau 4 de l'annexe D, si la performance peut être considérée comme justifiée ou de recenser les moyens à mettre en œuvre pour la justifier, en suivant les préconisations précisées ci-avant dans ce paragraphe 3.

Ces performances sont celles attendues pour les éléments d'ossature en acier brut, sans prise en compte d'éventuels revêtements anticorrosion.

NATURE DE LA PERFORMANCE	TYPE DE PERFORMANCE	RÉEMPLOI AVEC RECONDITIONNEMENT (DÉCAPAGE ET USINAGE)
Aptitude à l'emploi	Propriétés métallurgiques	Justification initiale utilisable OU Echantillonnage + Essais en laboratoire + Certificat attestant les caractéristiques métallurgiques du produit
Réglementaires	Qualité environnementale et sanitaire des produits de construction	Déclaration environnementale disponible ou à établir (uniquement si une allégation environnementale accompagne la commercialisation du produit)
	Incendie / Réaction au feu	L'acier est classé A1 (matériau incombustible)

Tableau 3 : Identification des performances pour le réemploi

Pour les performances liées à la qualité de l'air intérieur et aux substances dangereuses (REACH) citées au §3.2, celles-ci ne s'appliquent pas directement sur le produit acier objet du présent document, mais sur le nouveau revêtement anticorrosion qui sera appliqué sur le produit par la suite (non traité dans le présent document).



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

Annexe A

Glossaire

A1

Définitions génériques (dans le cadre de ce document)

PRODUIT Terme générique désignant tout composant ou toute matière qui entre dans la composition des ouvrages.

PROCÉDÉ ensemble de produits mis en œuvre pour un emploi dans un ouvrage : par exemple, *procédé d'isolation thermique, procédé d'assèchement des murs, procédé d'étanchéité des terrasses...*

ÉQUIPEMENTS Au pluriel, *les équipements* désignent l'ensemble des installations de confort, de sécurité, de domotique ... d'un bâtiment : chauffage, ventilation, sanitaires, réseaux électriques, dispositifs d'alarme, etc.

USAGE – EMPLOI Fonction du produit/procédé/équipement dans le bâtiment

DOMAINE D'EMPLOI (pour les besoins de ce document) : Ensemble des informations relatives à l'emploi d'un produit/procédé/équipement comprenant notamment :

- La localisation géographique de l'ouvrage dans lequel le produit/procédé/équipement est employé (vis-à-vis des régions de vent, des régions de neige, des zones sismiques, des atmosphères extérieures, ...);
- La typologie du bâtiment (bâtiment d'habitation, Etablissement Recevant du Public, ...);
- La description des ouvrages ou parties d'ouvrage réalisés avec le produit/procédé/équipement ou dans lequel le produit est utilisé;
- La configuration d'emploi, c'est-à-dire les conditions dans lesquelles le produit/procédé/équipement a été employé (type de support, type de mise en œuvre, expositions spécifiques auxquelles le produit est soumis, ...)

EMPLOI INITIAL usage et domaine d'emploi du produit/procédé/équipement que l'on souhaite déposer et réemployer.

EMPLOI FUTUR usage et domaine d'emploi que l'on cible à l'issue de la dépose.

OUVRAGE DE DESTINATION ouvrage ou partie d'ouvrage dans lequel le produit va être réemployé

RÉEMPLOI/RÉUTILISATION

Les types de configuration suivants peuvent être distingués pour le nouvel usage :

- Un usage et un domaine d'emploi strictement identiques à l'usage et au domaine d'emploi initial **[Réemploi – Visé par ce document]** ;
- Un usage identique mais un domaine d'emploi différent par rapport au domaine d'emploi initial, c'est-à-dire que les performances essentielles à justifier sont différentes de celles du domaine d'emploi initial. Deux cas de figures existent dans cette configuration :
 - Les performances essentielles attendues pour le nouvel usage sont moindres. C'est par exemple le cas pour une cloison séparative acoustique utilisée en cloison séparative standard **[Réemploi – Visé par ce document]** ;
 - Les performances essentielles attendues pour le nouvel usage sont plus importantes **[Réemploi – Non visé par ce document]** ;
- Un usage « différencié » de l'usage initial, par exemple le cas d'une utilisation de revêtements de façade en pavage de sol. Il ne s'agit alors pas de réemploi au sens du présent document et n'est pas visé par le présent document **[Réutilisation – Non visé par ce document]**.

Due diligence d'un bâtiment : La due diligence est une analyse subdivisée en différents éléments clefs (marché immobilier, droit, fiscalité, technique de la construction, environnement (pollution), finance, évaluation financière du bien ...) pour accroître la transparence des projets immobiliers et permettre au bailleur de fonds d'identifier les risques déterminants avant la conclusion d'une transaction. Elle comporte notamment un diagnostic technique destiné à faire ressortir les défauts : non-conformité,

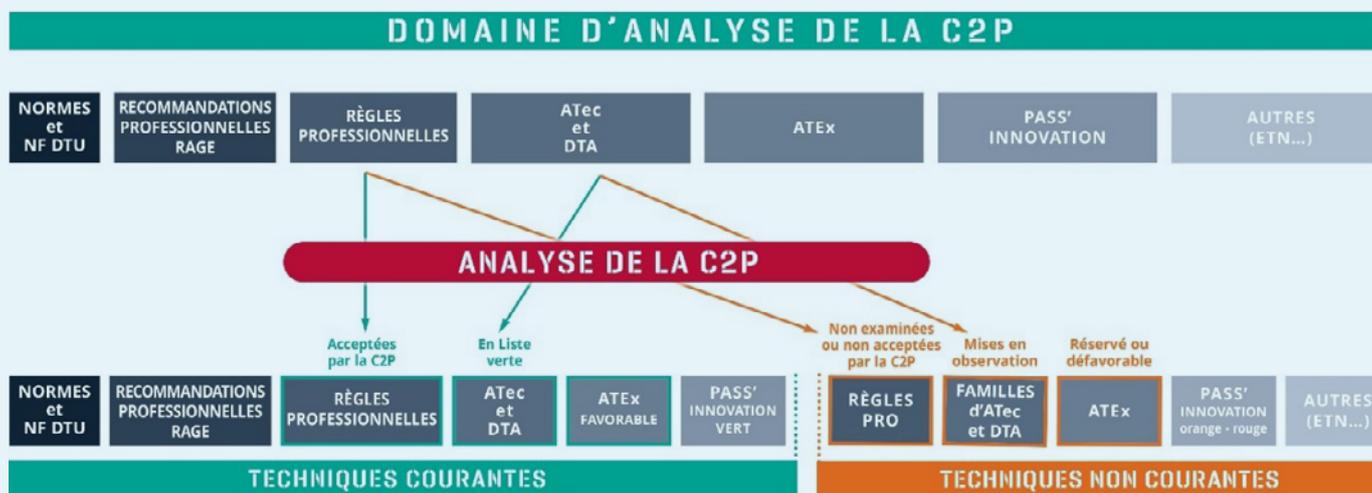
dysfonctionnement, vieillissement, désordre réel, désordre potentiel du bâtiment mais, peut aussi faire ressortir les aspects positifs ou particularités.

TECHNIQUES TRADITIONNELLES l'ensemble :

- des produits et des procédés dont les normes de production, dimensionnement et mise en œuvre permettent la construction d'un ouvrage pérenne ;
- des produits et procédés qui résultent pour leur fabrication, leur dimensionnement et leur mise en œuvre de techniques éprouvées de longue date ou couvertes par ce qu'il est convenu d'appeler les règles de l'art.

TECHNIQUES NON TRADITIONNELLES l'ensemble des produits et procédés qui, de par leur nature et/ou leur mise en œuvre, dérogent à ce qu'il est convenu d'appeler les Règles de l'Art.

« **TECHNIQUE COURANTE** » OU « **TECHNIQUE NON COURANTE** » au sens assurantiel du terme sur la base du schéma de l'AQC suivant :



La C2P (Commission Prévention Produits mis en œuvre) de l'AQC, un lien entre domaine traditionnel ou non et techniques courantes ou non

Source: <http://www.qualiteconstruction.com/pole-prevention-produits>

Acteurs

MAÎTRE D'OUVRAGE A maître d'ouvrage propriétaire des produits qui seront réemployés

MAÎTRE D'OUVRAGE B maître d'ouvrage pour lequel les produits issus du réemploi seront mis en œuvre

DIAGNOSTIQUEUR/QUALIFICATEUR RÉEMPLOI Personne en charge du « diagnostic réemploi » dont les compétences sont à définir.

Sigles

DOE Dossier des Ouvrages Exécutés

ATEX Appréciation Technique d'Expérimentation

DPM Documents Particuliers du Marché

A2

Définitions spécifiques aux ossatures en acier

Source : *Lexique de construction métallique et de résistance des matériaux – OTUA*

CHARPENTE Ensemble des pièces composant l'ossature des combles d'un bâtiment. Par extension : Ensemble d'une ossature complète

OSSATURE Ensemble de toutes les barres d'une construction (poteaux, traverses, poutres, solives, etc.) assemblées entre elles pour former le squelette sur lequel viendront prendre appui les hourdis de planchers, la couverture, les murs et les cloisons d'un édifice, etc.

STRUCTURE Manière dont les éléments d'une ossature sont constitués, disposés et assemblés. Ce terme est souvent employé pour OSSATURE, ou pour les éléments principaux de l'ossature.

POUTRELLE Produit long laminé à chaud dont la section droite rappelle la forme des I, H, U et dont :

- La hauteur est supérieure ou égale à 80 mm,
- L'âme est raccordée par des congés aux faces intérieures des ailes,
- Les ailes sont symétriques et de largeur égale,
- Les faces extérieures des ailes sont parallèles.

TUBE Corps creux cylindrique. Il existe de nombreuses variétés de tubes suivant leur forme, leur mode de fabrication, leur utilisation.

CORNIÈRE Profil dont la section droite rappelle la lettre L. On distingue les cornières à ailes égales ou inégales.

Sources : *NF EN ISO 12944-1 et NF EN ISO 1461*

REVÊTEMENT Couche continue d'un matériau métallique ou film de peinture continu, obtenu par une application unique

CORROSION Interaction physico-chimique entre un métal et son milieu environnant entraînant des modifications dans les propriétés du métal et souvent une dégradation de la fonction du métal, du milieu environnant ou du système technique dont ils font partie

ENROUILLEMENT Surface en acier détériorée par l'apparition de rouille

DURABILITÉ Durée de vie estimée d'un système de peinture jusqu'à la première maintenance majeure

GALVANISATION À CHAUD Formation d'un revêtement de zinc et/ou d'alliages zinc-fer par immersion de pièces en acier ou en fonte dans un bain de zinc en fusion

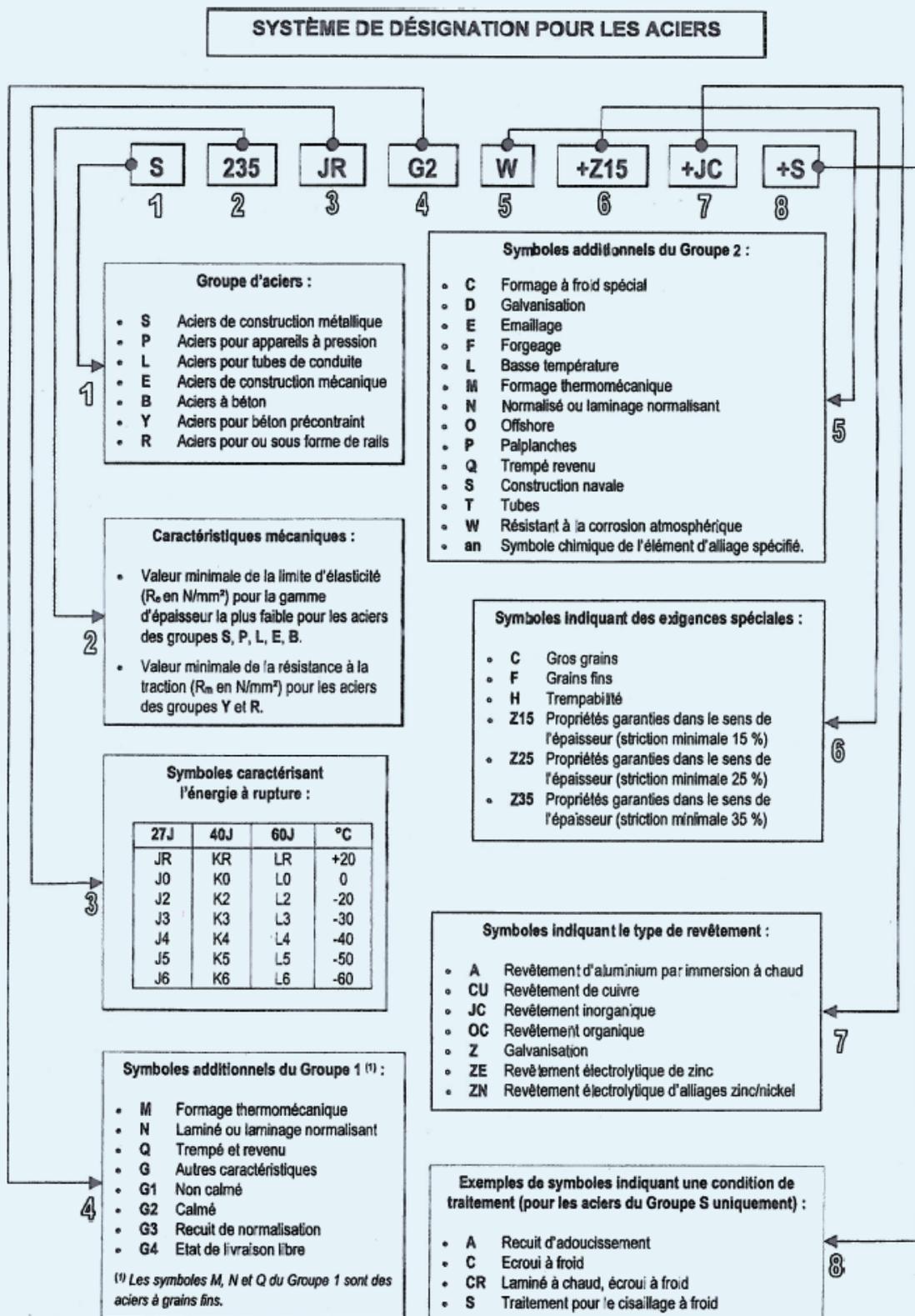
MÉTALLISATION Procédé de protection anticorrosion consistant à effectuer une projection thermique d'un métal ou d'un alliage sur un sujet métallique

SYSTÈME DE REVÊTEMENT Somme totale des couches de matériaux métalliques et/ou de peintures ou produits assimilés qui doivent être appliqués ou ont été appliqués sur un sujet pour le protéger contre la corrosion

SYSTÈME DE PEINTURE Somme totale des couches de peintures ou produits assimilés qui doivent être appliqués ou ont été appliqués sur un sujet pour le protéger contre la corrosion

A2

Système de désignation symbolique des aciers





ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

Annexe B

Chronologie d'un diagnostic réemploi

Cette annexe aborde le diagnostic réemploi global d'un bâtiment, c'est-à-dire le diagnostic de l'ensemble des produits de construction composant un bâtiment et pouvant potentiellement être réemployé.

Les phases suivantes d'un diagnostic réemploi d'un bâtiment ont été mises en avant :

- Une première phase documentaire afin de se familiariser avec :
 - Les plans du site,
 - Les diagnostics du site (repérages amiante, plomb, ...),
 - Les Dossiers des Ouvrages Exécutés (DOE) et documents liés à la nature des matériaux et à leur pose,
 - Tous documents pertinents issus de la due dilligence du bâtiment,
 - Les éléments du marché de déconstruction et curage, le cas échéant, afin de connaître les premières méthodes de dépose et déconstruction (situation dans le bâti et moyens de dépose).

Remarque : L'absence de documentation ne remet pas en cause la possibilité de réemploi.

- Une première visite in-situ préparatoire éventuelle sous la forme d'une inspection visuelle :
 - Repérage des différents produits,
 - Identification des produits pouvant être a priori réemployés et de l'étendue du gisement,
 - Localisation de ces produits,
 - Dans le cas de bâtiment encore occupés, réalisation d'interviews auprès des différentes personnes (responsable site / responsables techniques / gardien / usagers) susceptibles d'avoir des informations sur les interventions passées,
 - Premières réflexions sur les méthodes de déconstruction possibles à adopter sur le site : démontabilité ou déconstruction et moyens associés en cohérence avec les caractéristiques du site.
- Une phase d'approfondissement des archives disponibles au regard de la première visite et en particulier la recherche, si besoin, les documents techniques justificatifs de l'époque (fiches techniques, notice d'installation, certificats, Avis Technique/ATEX, ...).
- Une seconde visite in-situ si nécessaire (cf. Annexe F) :
 - Qualification fine des gisements réemployables (contrôle visuel, risques identifiés, homogénéité du gisement),
 - Tests et échantillonnages si nécessaire,
 - Récupération de données historiques sur site liées aux différents gisements si nécessaire,
 - Détail sur la gouvernance des différents produits (MOA, partenariat avec un autre MOA, prestation du déconstructeur, industriel à l'origine du produit),
 - Identification des débouchés possibles de chaque produit et aide au choix auprès des filières.
- La mise à disposition du rapport de diagnostic réemploi :
L'élaboration des fiches produits (incluant le diagnostic du produit à déposer, le diagnostic du domaine d'emploi, les performances ayant pu être déterminées in-situ, les modes de preuve à apporter pour les autres performances à caractériser en laboratoire ainsi que, les préconisations de la dépose à la remise en œuvre).

Préalablement à chaque visite, il conviendra de s'assurer :

- Quelles zones du bâtiment concerné par le diagnostic sont visitables et accessibles dans des conditions de sécurités adéquates (électricité en fonctionnement, présence d'éclairage, pas de dégradation importante du bâti),
- De vérifier si le port des protections individuelles de sécurité est nécessaire,
- De prévoir les appareils et outils adéquats, à savoir (liste non exhaustive) :
 - Lampe torche (frontale),
 - Tablette numérique,
 - Papier et plan imprimé,
 - Crayons,
 - Appareil photo,

- Marqueur,
- Outil de mesure : mètre mesureur, télémètre, humidimètre, pied à coulisse,
- ...

A ces phases s'ajoutent des interfaces d'échanges en parallèle avec l'équipe projet du site à déconstruire et, dans le cas d'un réemploi dont le débouché est un site de construction/rénovation connu, l'équipe projet de l'opération de construction accueillante.

Sur le projet du site à déconstruire, échanger avec le maître d'ouvrage ou son représentant :

- Sur le lieu et le délai possible de stockage des éléments déposés,
- Sur les moyens matériels qui sont en place, notamment les moyens de levage (type chariot élévateur) et le maintien en fonctionnement des ascenseurs existant en perspective de la manutention des éléments déposés.

Enfin, la notion de calendrier est importante pour s'assurer de l'efficacité du diagnostic ressource : celui-ci doit intervenir sur le site déconstruit avant le lancement des travaux de curage et de façon optimale avant la consultation des entreprises de curage/déconstruction et sur le site de réemploi (le cas échéant) relativement tôt dans la phase de conception (Esquisse/APS par exemple) pour être intégré au processus de choix des matériaux.



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

Annexe C

Normes et règles de l'art

Règles de charges et de calcul des structures et assemblages en acier :

- **NF EN 1990** - Eurocode - Bases de calcul des structures
- **NF EN 1991** - Eurocode 1 : actions sur les structures
- **NF EN 1993** - Eurocode 3 : calcul des structures en acier
- **NF EN 1994** - Eurocode 4 : calcul des structures mixtes acier-béton
- **NF EN 1998** - Eurocode 8 : calcul des structures pour leur résistance aux séismes

Principales références normatives des aciers de construction :

Normes générales, de terminologie, de spécifications, norme harmonisée :

- **CR 10260** - Systèmes de désignation des aciers - Symboles additionnels
- **NF EN 10020** - Définition et classification des nuances d'aciers
- **NF EN 10021** - Conditions générales techniques de livraison des produits sidérurgiques
- **NF EN 10025** - Produits laminés à chaud en aciers de construction
- **NF EN 10027** - Systèmes de désignation des aciers
- **NF EN 10052** - Vocabulaire du traitement thermique des produits ferreux
- **NF EN 10079** - Définition des produits en acier
- **NF EN 10088** - Aciers inoxydables
- **NF EN 10149** - Produits plats laminés à chaud en aciers à haute limite d'élasticité pour formage à froid
- **NF EN 10163** - Conditions de livraison relatives à l'état de surface des tôles, larges plats et profilés en acier laminés à chaud
- **NF EN 10164** - Aciers de construction à caractéristiques améliorées dans le sens perpendiculaire à la surface du produit - Conditions techniques de livraison
- **NF EN 10168** - Produits en acier - Documents de contrôle - Liste et description des informations
- **NF EN 10204** - Produits métalliques - Types de documents de contrôle
- **NF EN 10210-1** - Profils creux pour la construction finis à chaud en aciers de construction non alliés et à grains fins - Partie 1 : conditions techniques de livraison
- **NF EN 10219-1** - Profils creux pour la construction formés à froid en aciers de construction non alliés et à grains fins - Partie 1 : conditions techniques de livraison

Essais sur acier de construction :

- **NF EN ISO 148-1** - Matériaux métalliques - Essai de flexion par choc sur éprouvettes Charpy - Partie 1 : Méthode d'essai
- **NF EN ISO 6892-1** - Matériaux métalliques - Essai de traction - Partie 1 : Méthode d'essai à la température ambiante
- **NF EN 10160** - Contrôle ultrasonore des produits plats en acier d'épaisseur égale ou supérieure à 6 mm (méthode par réflexion)
- **NF EN 10306** - Produits sidérurgiques - Contrôle ultrasonore des poutrelles à ailes larges et des poutrelles IPE
- **NF EN 10308** - Essais non destructifs - Contrôle ultrasonore des barres en acier
- **CR 10261, CECA IC 11** - Produits sidérurgiques - Examen des méthodes d'analyse chimique disponibles
- **NF EN ISO 377** - Acier et produits en acier - Position et préparation des échantillons et éprouvettes pour essais mécaniques (ISO 377:1997)
- **NF EN ISO 643** - Aciers - Détermination micrographique de la grosseur de grain apparente (ISO 643:2003)
- **NF EN ISO 2566-1** - Acier - Conversion des valeurs d'allongement - Partie 1 : Aciers au carbone et aciers faiblement alliés (ISO 2566-1:1984)
- **NF EN ISO 14284** - Fontes et aciers - Prélèvement et préparation des échantillons pour la détermination de la composition chimique (ISO 14284:1996)
- **NF EN ISO 17642-1** - Essais destructifs des soudures en matériaux métalliques - Essais de fissuration à froid des soudures - Partie 1 : Généralités (ISO 17642-1:2004)
- **NF EN ISO 17642-2** - Essais destructifs des soudures en matériaux métalliques - Essais de fissuration à froid des soudures - Partie 2 : Essais auto-bridés (ISO 17642-2:2004)
- **NF EN ISO 17642-3** - Essais destructifs des soudures en matériaux métalliques - Essais de fissuration à froid des soudures - Partie 3 : Essais de chargement extérieur (ISO 17642-3:2004)

Dimensions et tolérances des profils et des tôles

Profilés laminés à chaud, autres que les profilés creux pour construction

- **NF EN 10060**, Ronds laminés à chaud - Dimensions et tolérances sur la forme et les dimensions
- **NF EN 10059**, Carrés en acier laminés à chaud pour usages généraux - Dimensions et tolérances sur la forme et les dimensions
- **NF EN 10058**, Plats en acier laminés à chaud pour usages généraux - Dimensions et tolérances sur la forme et les dimensions
- **NF A 45-007**, Petits fers en U laminés à chaud - Dimensions et tolérances
- **NF EN 10056-1**, **Cornières à ailes égales et inégales en acier de construction - Partie 1 : dimensions**
- **NF EN 10056-2**, Cornières à ailes égales et à ailes inégales en acier de construction - Partie 2 : tolérances de formes et de dimensions
- **NF A 45-201**, **Poutrelles à larges ailes à faces parallèles - Dimensions**
- **NF A 45-205**, Poutrelles IPE - Poutrelles à ailes parallèles
- **NF A 45-209**, Poutrelles IPN - Dimensions
- **NF EN 10279**, Profilés en U en acier laminés à chaud - Tolérances sur la forme, les dimensions et la masse
- **NF EN 10365**, Profilés en U en aciers laminés à chaud, poutrelles I et H - Dimensions et masses
- **NF EN 10034**, Poutrelles I et H en acier de construction - Tolérances de forme et dimensions
- **NF EN 10024**, Poutrelles en I à ailes inclinées laminées à chaud - Tolérances de forme et dimensions
- **NF EN 10055**, Fers T en acier à ailes égales et à coins arrondis laminés à chaud. Dimensions et tolérances sur la forme et les dimensions

Profilés creux pour construction

- **NF EN 10210-2**, Profilés creux pour la construction finis à chaud en aciers de construction non alliés et à grains fins - Partie 2 : **tolérances, dimensions et caractéristiques du profil**
- **NF EN 10219-2**, Profilés creux pour la construction formés à froid en aciers de construction non alliés et à grains fins - Partie 2 : tolérances, dimensions et caractéristiques du profil

Profilés formés à froid, autres que les profilés creux pour construction

- **NF EN 10162**, Profilés en acier formés à froid - Conditions techniques de livraison – Tolérances dimensionnelles et sur sections transversales

Protection contre la corrosion :

Test évaluation visuelle :

- **NF EN ISO 4628** - Peintures et vernis - Evaluation de la dégradation des revêtements – Désignation de la quantité et de la dimension des défauts, et de l'intensité des changements uniformes d'aspect

Test essai de quadrillage (rayures) :

- **NF EN ISO 2409** - Peintures et vernis - Essai de quadrillage
- **NF EN ISO 16276-2** - Anticorrosion des structures en acier par systèmes de peintures - Evaluation et critères d'acceptation de l'adhésion/cohésion (résistance à la rupture) d'un revêtement - Partie 2 : essai de quadrillage et essai à la croix de Saint André

Test essai d'adhérence :

- **NF EN ISO 4624 - Peintures et vernis - Essai de traction**
- **NF EN ISO 16276-1** - Anticorrosion des structures en acier par systèmes de peinture - Évaluation et critères d'acceptation de l'adhésion/cohésion (résistance à la rupture) d'un revêtement - Partie 1 : essai de traction

Test vérification de l'épaisseur :

- **NF EN ISO 2808** - Peintures et vernis - Détermination de l'épaisseur du feuillet

Autres :

- **NF A 35-503** - Produits sidérurgiques - Exigences pour la galvanisation à chaud d'éléments en acier
- **NF EN ISO 1461** - Revêtements par galvanisation à chaud sur produits finis en fonte et en acier - Spécifications et méthodes d'essai
- **NF EN ISO 2063 - Projection thermique - Zinc, aluminium et alliages de ces métaux**
- **NF EN ISO 8501** - Préparation des subjectiles d'acier avant application de peintures et de produits assimilés - Évaluation visuelle de la propreté d'un subjectile
- **NF EN 10238** - Produits en acier de construction grenailés par projection d'abrasif et prépeints de façon automatique
- **NF EN ISO 12944** - Peintures et vernis - Anticorrosion des structures en acier par systèmes de peinture

Protection contre l'incendie :

- **NF DTU 59-5** - Travaux de bâtiment - Exécution des peintures intumescentes sur structures métalliques - Partie 1-1 : cahier des clauses techniques types (CCT) – Partie 1-2 : critères généraux de choix des matériaux (CGM) - Partie 2 : cahier des clauses administratives spéciales types (CCS)
- **NF EN 13 381-4** - Méthodes d'essai pour déterminer la contribution à la résistance au feu des éléments de construction - Partie 4 : protection passive appliquée aux éléments en acier
- **NF EN 13 381-6** - Méthodes d'essai pour déterminer la contribution à la résistance au feu des éléments de construction - Partie 6 : protection appliquée aux poteaux métalliques creux remplis de béton
- **NF EN 13 381-8** - Méthodes d'essai pour déterminer la contribution à la résistance au feu des éléments de construction - Partie 8 : protection réactive appliquée aux éléments en acier
- **NF EN 13 501-1 +A1** - Classement au feu des produits de construction - Partie 1 : classement à partir des données d'essais de réaction au feu



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

Annexe D

Performances requises pour les éléments d'ossature en acier

Certaines contraintes pouvant conduire à un réemploi réhibitoire du produit, les performances ont été hiérarchisées : les réglementaires, celles liées à l'aptitude à l'emploi et d'autres performances complémentaires.

D1

Performances réglementaires

Les réglementations applicables aux éléments d'ossature en acier sont indiquées dans le tableau suivant :

RÉGLEMENTATIONS	APPLICABLE ?		ÉLÉMENTS / INFORMATIONS À RÉUNIR
	OUI	NON	
Thermique (neuf ou rénovation)		X	
Qualité de l'air intérieur (étiquetage)		X	
Substances dangereuses (REACH)		X	
Biocides		X	
Qualité environnementale et sanitaire des produits de construction	X		Cf. ci-dessous (si allégation environnementale lors de la mise sur le marché)
Acoustique		X	
Incendie / Réaction au feu	X		Cf. ci-dessous
Incendie / Résistance au feu*	S'applique à l'ouvrage global		
Sismique*	S'applique à l'ouvrage global		
Accessibilité		X	

Tableau 4 : Réglementations applicables aux éléments d'ossature en acier

* Les réglementations incendie et sismique s'appliquent à une structure de bâtiment complète et non pas aux éléments pris individuellement. La connaissance des propriétés mécaniques des éléments en acier permet de répondre aux exigences de ces réglementations applicables à l'ouvrage.

QUALITÉ ENVIRONNEMENTALE ET SANITAIRE DES PRODUITS DE CONSTRUCTION

Cette réglementation s'applique lorsqu'une allégation à caractère environnemental accompagne la commercialisation d'un produit du bâtiment (consommation des ressources, déchets solides valorisés ou éliminés, changement climatique, acidification atmosphérique, pollution de l'air ou de l'eau, formation d'ozone photochimique, eutrophisation ...). Le responsable de la mise sur le marché est alors tenu d'établir la déclaration environnementale de son produit et de la faire vérifier par une tierce partie indépendante. La mise en place de la RE2020 viendra certainement modifier ces conditions.

Principaux textes réglementaires à la date de rédaction du document :

- [Arrêté du 23 décembre 2013, modifié](#) relatif à la déclaration environnementale des produits de construction et de décoration destinés à un usage dans les ouvrages de bâtiment
→ Cette réglementation précise les informations que doit spécifier la déclaration environnementale, les formats d'unités fonctionnelles pour chaque catégorie de produit, les méthodes d'évaluation et de calcul des informations à déclarer.
- [Arrêté du 31 août 2015](#) relatif à la vérification par tierce partie indépendante des déclarations environnementales des produits de construction, des produits de décoration et des équipements

électriques, électroniques et de génie climatique destinés à un usage dans les ouvrages de bâtiment
→ Cette réglementation précise les modalités de vérification des déclarations environnementales par tierce partie ainsi que les conditions de reconnaissance de cette tierce partie par un organisme ayant signé une convention avec les ministres chargés de la construction et du logement.

Élément/information requis : Déclarations environnementales de l'élément d'ossature en acier issu du réemploi

INCENDIE (RÉACTION AU FEU)

La réaction au feu caractérise l'aliment qu'un matériau de construction est susceptible d'apporter à un incendie, et la façon dont il peut contribuer à son développement.

La réaction au feu des matériaux de construction est établie principalement en fonction de leur combustibilité, dont la quantité d'énergie susceptible de se dégager par combustion, et de leur plus ou moins grande inflammabilité, lié au dégagement de gaz plus ou moins inflammables au cours de la combustion.

Principal texte réglementaire à la date de rédaction du document :

- [Arrêté du 21 novembre 2002](#) relatif à la réaction au feu des produits de construction et d'aménagement
→ Cette réglementation définit les modes de classement de réaction au feu des matériaux selon le système des Euroclasses, fondé sur des méthodes d'essais européennes. Les essais à effectuer pour classer les produits de construction (à l'exception des sols) en A1 sont ceux des méthodes d'essais NF EN ISO 1182 et NF EN ISO 1716.

Élément/information requis : Le classement de réaction au feu de l'acier est A1.

D2

Performances en lien avec l'aptitude à l'emploi

PROPRIÉTÉS MÉTALLURGIQUES

Pour les éléments d'ossature en acier, la performance en lien avec l'aptitude à l'emploi structurel découle de la connaissance des propriétés métallurgiques (physico-chimiques) de cet acier.

Élément/information requis : La limite d'élasticité de l'acier et sa résistance à la traction sont les propriétés indispensables pour déterminer leur comportement mécanique. La composition chimique de l'acier permet de connaître sa compatibilité avec les méthodes de transformation/assemblages et les dispositifs de protection contre la corrosion (pour plus d'informations, cf. § 2.3.4).

D3

Performances et domaine d'emploi

Quel que soit le domaine d'emploi considéré, tout élément d'ossature en acier sujet au réemploi satisfait toutes les exigences requises à partir du moment où ses propriétés physico-chimiques ont été identifiées.

Les performances de l'élément sont alors utilisables dans toutes les "sciences" applicables / requises par la nouvelle utilisation.



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

Annexe E

Fiche réemploi

Préambule

L'objectif du réemploi étant contemporain de méthodes de travail numérique, les fiches doivent être facilement intégrables aux processus BIM. La méthode de dépose et d'identification de chaque élément devant être traçable, les fiches produits peuvent être traitées sous format numérique permettant une intégration automatique des valeurs normalisées lorsque cela est possible ou sinon une saisie manuelle des valeurs relevées. Les données géométriques étant elles-mêmes identifiées de façon unique dans les futurs dictionnaires créés selon la norme ISO EN 23386, il ne peut exister une seule fiche produit valable quel que soit le composant de structure et répondant aux exigences de cette norme. La fiche ci-après est donc un exemple de fiche relative à une poutre métallique de section I ou H.

IDENTIFICATION DE L'ÉLÉMENT EN VUE DE SON RÉEMPLOI

Fiche type pour POUTRE ACIER DE SECTION I OU H

Fiche n°

INFORMATIONS GÉNÉRALES SUR LE BÂTIMENT EXISTANT

- Adresse du bâtiment de la 1^{ère} utilisation :
- Date d'obtention du permis de construire :
- Année de mise en œuvre du produit à déposer :
- Date de réception du bâtiment :
- Usage et historique relatifs au produit à déposer (éventuels changements de destination du local, éventuelles interventions tels que ponçage, application d'un produit en surface, éventuelles pathologies pouvant avoir impacté le produit telle qu'une inondation, ...)

INFORMATIONS RELATIVES AU PRODUIT

	Données de dépose et propriétés BIM	Saisie manuelle (M) / automatique (A)
TRAÇABILITÉ DE LA POUTRE	Identification du bâtiment	M : selon le programme de dépose
	Code d'identification de l'élément	M : selon un système d'identification à mettre en place (code unique pour le bâtiment identifié)
	Désignation commerciale (le cas échéant)	M : cf. DOE
	Repérage dans la structure	M : selon le plan de la structure (par ex., en indiquant les files et le niveau : F-4/5 ; 3)
	Type de liaison avec d'autres éléments	M : cf. DOE ou relevé in situ
	Destination de l'élément	M : selon le programme de dépose (recyclage, décontamination pour réemploi, stockage pour réemploi, etc.)
	Intégration à l'échantillonnage	M : si oui, numéro de l'échantillonnage indiqué dans le programme de dépose

CARACTÉRISTIQUES DE L'ACIER	Aptitude à la galvanisation à chaud	A : si désignation symbolique de l'acier renseignée M : après analyse chimique de l'acier par un laboratoire
	Coefficient de dilatation thermique linéaire	A : valeur identique pour tous les aciers
	Désignation symbolique de l'acier	M : cf. DOE ou tests de caractérisation métallurgique
	État de laminage	M : liste de choix et cf. DOE
	Limite d'élasticité de l'acier	A : si désignation symbolique de l'acier renseignée M : après tests par un laboratoire
	Masse volumique	A : valeur identique pour tous les aciers
	Résilience	M : cf. DOE ou après tests par un laboratoire
	Résistance à la traction	A : si désignation symbolique de l'acier renseignée M : après tests par un laboratoire
CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES DE LA SECTION	Aire de la section d'un profil en acier	A : si désignation normalisée du profilé renseignée
	Désignation normalisée d'un profilés I et H en aciers laminés à chaud	M : liste de choix et cf. DOE
	Épaisseur d'âme d'un profil acier	A : si désignation normalisée du profilé renseignée
	Épaisseur de semelle d'un profil acier	A : si désignation normalisée du profilé renseignée
	Hauteur d'une section d'un profil en acier	A : si désignation normalisée du profilé renseignée
	Largeur d'une section d'un profil acier	A : si désignation normalisée du profilé renseignée
	Masse linéique d'un profilé en I ou H	A : si désignation normalisée du profilé renseignée
	Rayon de congé d'un profil en I ou H	A : si désignation normalisée du profilé renseignée
	Surface développée par unité de longueur d'un profil ouvert	A : si désignation normalisée du profilé renseignée
CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES DE LA POUTRE	Conformité géométrique aux tolérances normatives	M : Oui / Non
	Connexion	M : Oui / Non (présence de connecteurs)
	Contre-flèche	M : mesure après dépose
	Longueur hors tout de l'élément	M : DOE ou mesure après dépose
	Longueur utile pour le réemploi	M : mesure après dépose
	Rayon de courbure	M : mesure après dépose
CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES DE LA SECTION	Inertie de gauchissement	A : si désignation normalisée du profilé renseignée
	Inertie de torsion de St. Venant	A : si désignation normalisée du profilé renseignée
	Module de cisaillement	A : si désignation normalisée du profilé renseignée
	Module d'élasticité longitudinale	A : si désignation normalisée du profilé renseignée
	Moment d'inertie de flexion selon l'axe faible z-z	A : si désignation normalisée du profilé renseignée
	Moment d'inertie de flexion selon l'axe fort y-y	A : si désignation normalisée du profilé renseignée
ASPECT EXTÉRIEUR	Niveau d'enrouillement sur la longueur utile pour le réemploi	M : liste de choix et constat visuel
	Type de finition de surface de l'acier	M : liste de choix et cf. DOE / constat visuel
ASPECTS SANITAIRES	Présence de plomb dans le revêtement	M : Oui / Non selon diagnostic plomb
	Présence d'amiante dans le revêtement	M : Oui / Non selon diagnostic amiante
	Emissions COV de l'acier	A : «zéro émission»

INFORMATIONS RELATIVES AUX SOLLICITATIONS EXERCÉES SUR LE PRODUIT DURANT SA VIE EN ŒUVRE

Suspicion d'altération de l'élément par des sollicitations extrêmes :

- Dynamique : ponts roulants ou autre indication de travail à la fatigue ?
- Doute sur le dimensionnement de l'élément l'ossature à la conception ou pour l'usage qu'il en a réellement été fait ?

Suspicion d'altération de l'élément suite à un sinistre (constat visuel / informations historiques):

- Incendie,
- Séisme,
- Inondation,
- Produits chimiques,
- Accidents climatiques ...

Constat visuel de déformations géométriques suspectes ? D'une corrosion visible et identifiable ?

Toute information susceptible de conduire à une éventuelle altération du composant, mais rien quant aux exigences administratives.



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

Annexe F

Précautions à respecter de la dépose à la remise en œuvre

F0

Procédure de réemploi d'un élément d'ossature en acier

La procédure optimale à suivre pour assurer les meilleures conditions d'un futur réemploi des éléments de déconstruction d'une structure métallique est la suivante :

- 1) Recherche d'informations sur l'ossature du bâtiment visé (DOE, plan de la structure, diagnostics obligatoires avant déconstruction de tout bâtiment → diagnostics sanitaires plomb, amiante ...)
- 2) Opération de désamiantage du bâtiment, le cas échéant (ou élimination de toute autre substance dangereuse exigée par une réglementation en vigueur au moment du démontage)
- 3) Élaboration d'un programme de dépose :
 - a. Etablissement d'un plan de la structure, si celui-ci n'est pas disponible dans les documents collectés
 - b. Élaboration d'un système d'identification pour la traçabilité de chaque élément (code d'identification et système de marquage physique)
 - c. Repérage sur le plan de la structure et identification de chaque élément (réalisation d'une nomenclature)
 - d. Élaboration d'un plan d'échantillonnage des éléments, le cas échéant
 - e. Élaboration d'une procédure de démontage intégrant les besoins matériels et humains
 - f. Définition des scénarios de réemploi / fin de vie, et des éventuels traitements à envisager avant stockage
 - g. Esquisse de planification du chantier de dépose et de la logistique associée
- 4) DIAGNOSTIC du RÉEMPLOI des éléments d'ossature du bâtiment (constats visuels, relevés in situ, renseignement des fiches de réemploi pour chaque élément d'ossature et assignation du scénario de réemploi / fin de vie) sur le site de dépose, avant déconstruction, et correction/validation du programme de dépose prévu
- 5) Marquage physique du code d'identification sur chacun des éléments d'ossature
- 6) Démontage de l'ossature
- 7) Tri organisé des éléments déposés selon les scénarios et la logistique définis dans le programme de dépose
- 8) Le cas échéant, prélèvement d'échantillons en vue de la caractérisation des aciers par des essais en laboratoire
- 9) Transport vers les filières concernées (stockage pour réemploi, stockage pour traitement, recyclage, laboratoire ...)

Dans le cas de l'élimination des revêtements d'un élément, celle-ci est réalisée avant dépose / avant transport / avant stockage / ou avant remise en production, selon leurs natures chimiques et selon la réglementation en vigueur au moment du traitement d'élimination.

Tout élément identifié avant démontage doit conserver son identification jusqu'à réaffectation d'une nouvelle identification liée à son réemploi. La continuité de la traçabilité doit être assurée par le process de réemploi.

Lorsque le produit déposé est sélectionné pour être réemployé dans une nouvelle structure, il réintègre le processus classique de production d'une ossature en acier. Le produit est alors traité en vue de son emploi futur : décapage, redimensionnement géométrique du produit, usinage (platine, renfort, perçage...), application d'un revêtement de protection anticorrosion ...

Une fois le produit préparé, il est éventuellement associé à d'autres éléments en acier en vue de son intégration future dans la nouvelle structure. Il est ensuite transporté jusqu'au chantier de construction, puis installé dans l'ouvrage pour former l'ossature de celui-ci.

F1

Dépose

L'optimisation du gisement de la ressource est conditionnée à l'établissement d'un **programme de dépose** qui traite toutes les opérations depuis la préparation de la dépose jusqu'au tri des éléments déposés. Ces éléments sont ensuite acheminés et stockés sur un site approprié en vue de leur réemploi. Les étapes ci-après sont une proposition générale mais chaque chantier de déconstruction d'une structure métallique peut nécessiter des phases particulières spécifiques au chantier concerné. Ces étapes sont néanmoins requises pour la réalisation d'un programme de dépose en vue d'assurer le réemploi de la ressource récupérée.

F1.1 - PLAN DE DE LA STRUCTURE

Avant de procéder à la dépose des éléments de la structure, il convient d'établir un plan de la structure si celui-ci n'est pas disponible dans les documents présents. Plusieurs méthodes sont possibles, allant du simple relevé en plans et en élévations, jusqu'aux méthodes modernes de numérisation BIM par scanners 3D. Les plans doivent être contrôlés (documents d'origine ou relevés in situ) et repérés (files, étages, etc.).

F1.2 - RÈGLES DE NOMMAGE ET IDENTIFICATION

Sur les plans établis précédemment, il convient d'identifier chaque élément unitaire de structure par un code unique. Il s'agit en effet d'être capable de modifier un éventuel échantillonnage conformément à la règle précisée au § F1.3. Le code peut être le résultat de l'incrémentation de la liste de nomenclature ou le résultat alphanumérique de repérage dans l'espace (par exemple, pour une poutre, le code "F-4/5 ; 3" pourrait correspondre à l'élément horizontal situé sur la file F, entre les files 4 et 5, et sur le plancher haut du 3^{ème} niveau), voire les deux systèmes par sécurité.

Un glossaire doit également être précisé afin d'éviter toute interprétation susceptible d'altérer la compréhension de la nomenclature.

La nomenclature sera ensuite déclinée en fiches descriptives, une par élément récupéré (Cf. Annexe E). Les fiches descriptives sont établies sous un format numérique, idéalement construites avec les propriétés BIM disponibles dans un dictionnaire conforme à la norme ISO EN 23386.

F1.3 - PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE ET CARACTÉRISATION DES ACIERS,

LE CAS ÉCHÉANT

Si la désignation symbolique de l'acier n'est pas connue (DOE indisponible par exemple), il sera alors nécessaire de mettre en place un plan d'échantillonnage des éléments d'ossature, en vue de la caractérisation des propriétés physico-chimiques des aciers. La norme "NF EN 16085 - Méthodologie d'échantillonnage des matériaux" fournit des premiers éléments pour la mise en place d'un tel plan.

Selon les particularités du chantier, le niveau de connaissance de l'historique du site, la taille du bâtiment, les disparités rencontrées, l'expérience du diagnostiqueur ... le nombre d'échantillons à prélever et leurs emplacements sur l'ossature d'un bâtiment pourront varier et seront à adapter à chaque cas rencontré. Ces choix devront être partagés et acceptés par les parties prenantes concernées du projet : bureau de contrôle, assureur, maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre, entreprise ... En première approche et à minima, la méthode d'échantillonnage retenue peut être la suivante : sélectionner 3 éléments d'ossature par fonction d'ouvrage (solive, poutre, poteau ...) dans l'ensemble de la construction. Ces échantillons seront choisis en privilégiant leurs éloignements respectifs dans l'ouvrage et 3 éprouvettes seront prélevées sur chacun de ces éléments.

Les prélèvements d'échantillons seront à réaliser soit pendant le démontage sur site, soit au moment du stockage. Les emplacements des prélèvements sur les produits sont définis dans les normes produits. Les dimensions des échantillons sont conditionnées aux spécifications décrites dans les normes d'essais sélectionnées pour caractériser l'acier.

Les propriétés des aciers seront ensuite caractérisées par des essais normalisés, réalisés en laboratoire (cf. § 2.3.4).

F1.4 - PROCÉDURE DE DÉMONTAGE

Un chantier de déconstruction de structure métallique peut s'envisager comme l'opération inverse du montage de la structure. Cette procédure sera donc établie par un professionnel du montage, qui devra produire une notice de démontage permettant de garantir à la fois :

- La sécurité des personnels,
- La prévision des outils de levage et de manutention,
- La stabilité des ouvrages pendant le démontage,
- Le désaccouplement organisé des assemblages,
- La manipulation soignée des éléments,
- La mise en stock provisoire adaptée pour le chargement de la ressource (regroupement des éléments par destination).

Une attention particulière devra être portée au repérage avant dépose (facilitée si les plans de montage sont disponibles) et à la numérotation de toutes les pièces à déposer.

Les jonctions, et en particulier les jonctions avec les fondations, les bardages et le complexe d'étanchéité, constituent des points de vigilance.

F1.5 - CONTRÔLE ET MARQUAGE DE CHAQUE ÉLÉMENT

Une fois les plans et la nomenclature établis, le technicien en charge de la récupération de la ressource procède à deux opérations simultanées sur site :

- Le contrôle visuel des éléments et renseignements complémentaires de sa fiche descriptive, et notamment les relevés géométriques (dimensions, déformations, etc.), et la future destination de la ressource (recyclage, lieu de traitement de décontamination, stock direct de réemploi, client déjà identifié, etc.),
- Le marquage physique de l'élément doit faire apparaître a minima 2 indications : en prenant soin de dupliquer ce marquage aux deux extrémités, ou plus généralement à 2 endroits susceptibles d'être plus protégés (âme d'un profilé ouvert plutôt que ses semelles, intérieur d'une extrémité de tube). Le nombre de marques est à l'initiative du technicien. Le marquage peut être réalisé de plusieurs façons selon les enjeux et les traitements ultérieurs envisagés (feutre à alcool, étiquette collée, jet d'encre, puce RFID, etc.).

Ces deux opérations visent à faciliter les opérations de stockage après dépose et avant évacuation du chantier, et à jumeler la fiche descriptive avec l'élément physique.

F1.6 - DÉMONTAGE ET TRI DES ÉLÉMENTS DÉPOSÉS

Lors de la dépose, les éléments d'ossature devront être séparés de manière à faire des groupes homogènes au regard :

- Des dégradations constatées (ex : déformations géométriques, degré d'enroulement élevé, ...) ou suspectées (ex: élément soumis au phénomène de fatigue, ...),
→ *Ces critères peuvent être réhabilitaires : les éléments concernés sont soit « reconditionnables » (cf. § 2.3.2), soit envoyés en filière de recyclage.*
- De leurs destinations (scénarios de fin de vie établis dans le programme de dépose) et de la logistique associée.

Dans le cas où un plan d'échantillonnage est prévu, en vue de la caractérisation des aciers des éléments déposés (cf. § F1.3), il y a lieu de réaliser ce tri sur le site de déconstruction afin de respecter les zones de prélèvement le cas échéant.

F2

Transport / Lieu du stockage

Les éléments déposés sont transportés vers les filières ou sites sélectionnés dans le programme de dépose : stockage pour réemploi, stockage pour traitement, recyclage ... Les éventuels échantillons sont envoyés à un laboratoire pour analyse et caractérisation des aciers.

La manutention, le chargement et le déchargement doivent s'effectuer sans entraîner de :

- Rupture,
- Déformation permanente pouvant nuire aux caractéristiques de bon fonctionnement des éléments d'ossature,
- Dégradation risquant d'affecter la géométrie, l'esthétique et la protection anticorrosion le cas échéant.

Lors du transport, et dans tous les lieux de stockage, les éléments d'ossature doivent être entreposés à plat. Pour rappel, toutes les opérations de manutention doivent être réalisées conformément aux réglementations sanitaires et de protection en vigueur.

F3

Préparation de la ressource

Une ressource non-revêtue (acier brut) ne nécessite aucune préparation préalable à celle requise par les spécifications du réemploi.

La préparation d'une ressource revêtue suit le protocole préalable établi avant la dépose de cette ressource. Plusieurs revêtements, de nature et fonction diverses, peuvent avoir été appliqués sur la ressource durant sa première vie en œuvre. L'éventuelle élimination de ces revêtements est réalisée avant dépose / avant transport / avant stockage / ou avant remise en production, selon leurs natures chimiques et selon la réglementation en vigueur au moment du traitement d'élimination.

Concernant les revêtements de protection incendie contenant des substances dangereuses (amiante notamment), la réglementation prévoit leur élimination avant d'engager les travaux de déconstruction de la structure.

Concernant les revêtements anticorrosion, plusieurs cas de figure se présentent :

- Revêtement organique uniquement,
- Combinaison d'un revêtement organique sur un revêtement métallique,
- Revêtement métallique uniquement.

Cas du revêtement organique (peinture) :

Pour des raisons techniques (fragilité, niveau de protection contre la corrosion, vieillissement non uniforme ...), le revêtement organique est éliminé de la surface du produit en acier. L'élimination du

revêtement organique doit respecter les normes environnementales, ainsi que les normes de protection des opérateurs et de l'environnement.

On obtient un produit nu ou un produit avec revêtement métallique inerte transportable et stockable au même titre qu'un composant en acier neuf.

Cas du revêtement métallique (galvanisation, métallisation ...) :

Le revêtement métallique, généralement obtenu par galvanisation à chaud, peut être conservé jusqu'à détermination des exigences requises pour le réemploi de la ressource. Si une exigence anticorrosion est demandée, le revêtement pourra être analysé (qualité, épaisseur) afin de caractériser sa performance. En fonction du résultat obtenu, il sera possible de :

- Conserver le revêtement tel quel car il satisfait les exigences,
- Éliminer totalement le revêtement métallique par abrasion avant application du nouveau revêtement anticorrosion,
- Négliger le revêtement et appliquer un revêtement organique pour lequel on considérera qu'il assurera seul les performances anticorrosion,
- Combiner les performances résiduelles de la métallisation et celles d'un nouveau revêtement organique complémentaire.

Dans tous les cas d'ajout de revêtement organique sur métallisation, il est impératif de se référer à la norme NF EN ISO 12944 pour préparer le revêtement métallique et définir la nature du revêtement organique.

Il est à noter que, dès la phase de préparation de la ressource, celle-ci doit suivre toutes les exigences réglementaires et normatives applicables à un élément structurel de construction métallique, au même titre qu'un élément neuf auquel elle se substitue.

L'analyse de la rentabilité du réemploi ne fait pas partie du périmètre de ce document. Cependant, une analyse a minima sommaire des impacts économiques associés à un réemploi (surcoûts de dépose, coût de requalification, valeur estimée à la revente ...) au moment de la phase de diagnostic est un point clé pour engager la chaîne d'acteurs dans un processus de dépose sélective en vue d'un réemploi (voir mode opératoire proposé au § 1.2).



FONDATION
BÂTIMENT
ÉNERGIE