

Afin d'assurer la bonne tenue mécanique des soudures, il est important de vérifier si les défauts créés lors de l'opération de soudage sont acceptables. Ces défauts peuvent être de nature variée (par exemple fissures, porosité, manque de fusion) et ils peuvent être débouchant ou se situer à l'intérieur de la soudure. C'est pourquoi il est important de sélectionner la méthode d'essai non destructif (END) en fonction du type de défaut. Cependant, il y a d'autres paramètres qui influencent le choix d'une méthode END comme la configuration de l'assemblage soudé et le matériau. Dans cette publication MétaléTech, nous faisons alors un point sur les méthodes END les plus couramment utilisées dans le domaine de la Construction Métallique et sur leur domaine d'application respectif.

Introduction

Au cours de cette publication MétaléTech, nous allons présenter les principales méthodes d'essais non destructifs utilisées dans le domaine de la Construction Métallique, à savoir :

- Contrôle Visuel – noté VT (de l'anglais visual testing) ;
- Essai par magnétoscopie – noté MT (de l'anglais magnetic particle testing) ;
- Essai par ressuage – noté PT (de l'anglais penetrating testing) ;
- Essai par ultrason – noté UT (de l'anglais ultrasonic testing).

D'autres types d'essais peuvent être utilisés, comme par exemple l'essai par radiographie (RT). Toutefois, en raison des contraintes liées à la réalisation de l'essai RT, cette méthode est peu utilisée en atelier de Construction Métallique. C'est pourquoi l'essai par radiographie n'est pas détaillé par la suite.

Nota : Les notations et abréviations utilisées dans cette publication MétaléTech sont celles utilisées dans l'EN 1090-2 :2018.

Contrôle visuel (VT)

Le contrôle visuel, normalisé dans la norme NF EN ISO 17637, peut paraître basique, mais il correspond à l'essai le plus important dans le domaine du contrôle de soudure. En effet, chaque soudure doit être vérifiée visuellement afin de détecter des anomalies visibles à l'œil nu ou en s'aidant d'une loupe. Par conséquent, il est important de s'assurer d'une bonne visibilité en limitant la distance entre l'œil et la soudure à approximativement 600 mm et en maintenant une luminosité suffisante, par exemple à l'aide d'une lampe torche (une valeur minimale de 500 lx est recommandée dans la norme NF EN ISO 17637).

L'objectif principal du contrôle visuel est de vérifier la forme géométrique (transition douce entre soudure et métal de base, forme régulière) et les dimensions (notamment pour les cordons d'angle) de la soudure. Il est également possible d'identifier des caniveaux, des fissures débouchant et de la porosité de surface ainsi que des projections et des amorçages accidentels. Finalement, le contrôle visuel sert aussi à vérifier la présence de la soudure ce qui peut sembler banal mais ce qui a toute son importance dans les assemblages complexes.

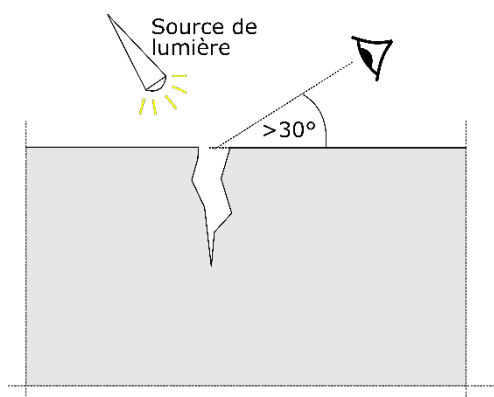


Figure 1 : Schéma du contrôle visuel

Essai par magnétoscopie (MT)

La Figure 2 montre une vue 3D simplifiée d'un essai par magnétoscopie (voir aussi la norme NF EN ISO 17638). Malgré le fait que cette Figure montre un assemblage bout à bout à pénétration complète, l'essai par magnétoscopie est également adapté aux cordons d'angle, contrairement à la majorité des autres méthodes END. Le principe physique de l'essai MT est relativement simple :

La pièce à tester est soumise à un champ magnétique, créé généralement par un électroaimant portatif. Au niveau d'un défaut, le champ magnétique est perturbé. Il est possible d'identifier la perturbation du champ magnétique à l'aide d'une poudre métallique qui est, dans la majorité des cas, appliquée sur la zone à tester à l'aide d'un spray en forme de « liqueur magnétique » (suspension de poudre en acier dans un liquide). La poudre métallique se concentre alors autour des défauts. Afin d'identifier cette agglomération de poudre facilement, de la couleur (blanche) est généralement appliquée sur la zone à tester avant l'application de la liqueur magnétique.

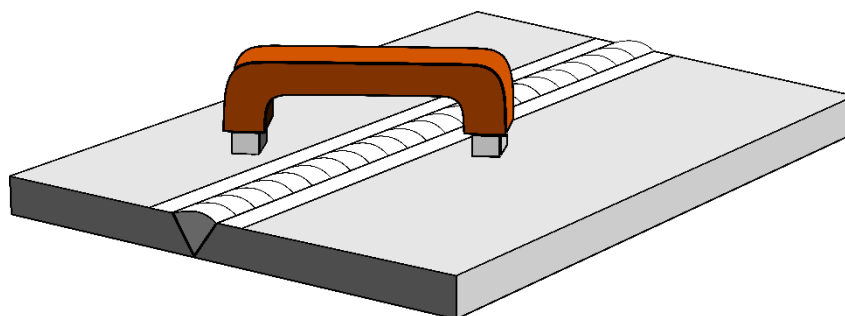


Figure 2 : Vue 3D de l'essai par magnétoscopie

Il est important de noter que les défauts s'étendant perpendiculairement au champ magnétique le perturbent le plus. En revanche, les défauts qui s'étendent en parallèle aux lignes de champ ne génèrent pas de perturbation notable et ne peuvent pas être détectés. Par conséquent, il est nécessaire de changer l'orientation du champ magnétique le long de la soudure, comme montré à la Figure 3, afin de d'identifier tous les défauts détectables. En effet, il n'est pas possible de détecter tous types de défaut. A l'aide de l'essai MT, on peut identifier les défauts débouchant ainsi que les défauts proches de la surface. Finalement, il convient de noter qu'il n'est évidemment possible de tester que les matériaux magnétisables comme l'acier de construction. En revanche, l'essai n'est pas adapté pour l'Aluminium et des aciers austénitiques (comme certains aciers inox).

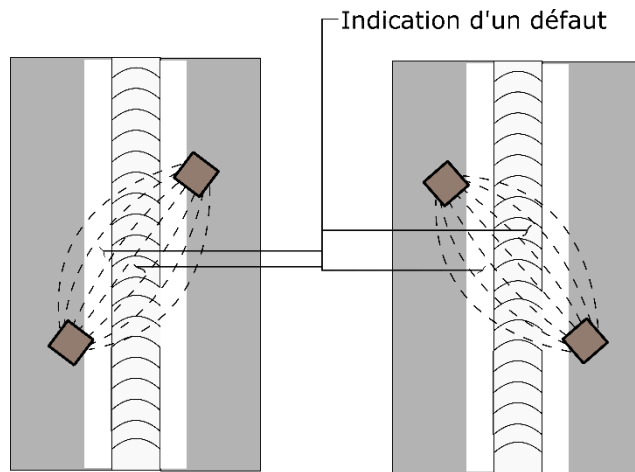


Figure 3 : Vue 2D de l'essai par magnétoscopie

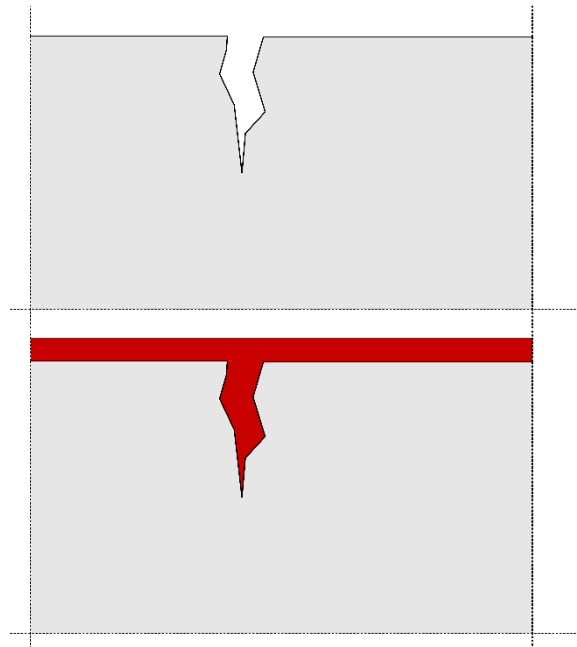
Essai par ressuage (PT)

L'essai par ressuage, normalisé dans la norme NF EN ISO 3452-1, est un test régulièrement utilisé, notamment quand il n'est pas possible de faire appel à un essai par magnétoscopie. Toutefois, on peut considérer les essais PT et MT comme essais alternatifs dans la majorité des cas. Le principe général de l'essai par ressuage consiste dans la détection d'un défaut débouchant à l'aide d'un pénétrant qui s'infiltre dans le défaut et qui est ensuite « aspiré » par un révélateur. Les différentes étapes de l'essai PT sont détaillées ci-après :

La pièce doit être nettoyée entièrement de tout résidu d'eau, d'huile et de saleté d'origines diverses.

Un pénétrant est appliqué sur la pièce, par exemple à l'aide d'un pinceau ou sous la forme d'un spray. Le contraste de couleur entre pénétrant et révélateur facilite la détection de défauts. C'est pourquoi, le pénétrant est souvent de couleur rouge tandis que le révélateur est de couleur blanche.

Le processus de pénétration peut durer jusqu'à 60 min, ce qui conduit à une durée de l'essai assez importante par rapport à l'essai MT.



La surface à tester est ensuite nettoyée à nouveau pour enlever les résidus du pénétrant.

Le révélateur est ensuite appliqué sur la zone à tester, souvent sous forme de spray. Le pénétrant se trouvant dans des défauts débouchant est aspiré par le révélateur, ce qui conduit à une indication visible.

Après une attente d'environ 10 à 20 minutes, la zone à tester peut être inspectée. On peut noter que la taille de l'indication n'est pas en lien direct avec la taille du défaut.

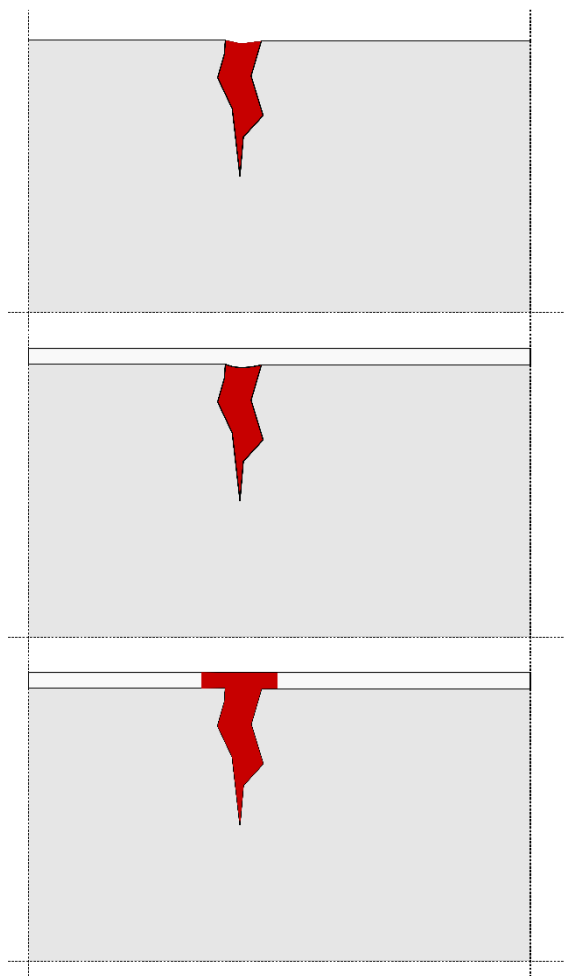


Figure 4 : Etapes de l'essai par ressuage

Suite à l'enregistrement du résultat de l'essai PT, le contrôleur nettoie la pièce une dernière fois.

L'essai PT est relativement facile à réaliser. Toutefois, le temps d'attente pour la pénétration et pour le développement de l'indication ainsi que les différentes phases de nettoyage représentent un désavantage important par rapport à l'essai MT. L'essai PT est alors notamment utilisé quand il est nécessaire de contrôler des grandes longueurs de soudure.

Essai par ultrason (UT)

Contrairement aux essais présentés dans les paragraphes précédents, l'essai par ultrason est capable de détecter des défauts à l'intérieur de la soudure. Cet essai est normalisé par la NF EN ISO 17640. Le principe de l'essai UT est à nouveau relativement simple. Une onde ultrason est envoyée par l'émetteur dans la pièce à tester. Cette onde est réfléchiée aux différentes interfaces. Comme montré à la Figure 5, l'onde (représentée par le trait en pointillé) est réfléchiée au bord inférieur de la pièce (interface entre la pièce et l'air ambiant) et ensuite elle est réfléchiée au défaut, par exemple une manque de fusion (représentée en rouge à la Figure 5). Le défaut génère alors un écho (une réflexion de l'onde). Si le défaut est surfacique et approximativement perpendiculaire à l'onde, l'onde de l'écho est renvoyée vers l'émetteur qui l'enregistre. Afin de couvrir toute la hauteur de la soudure, il est nécessaire de déplacer l'émetteur dans la « zone de balayage » (voir les flèches orange sur la Figure 5). En fonction de la distance par rapport à la soudure (et ainsi au défaut possible), on contrôle par exemple au « demi-bond » ou au « bond » (voir Figure 6).

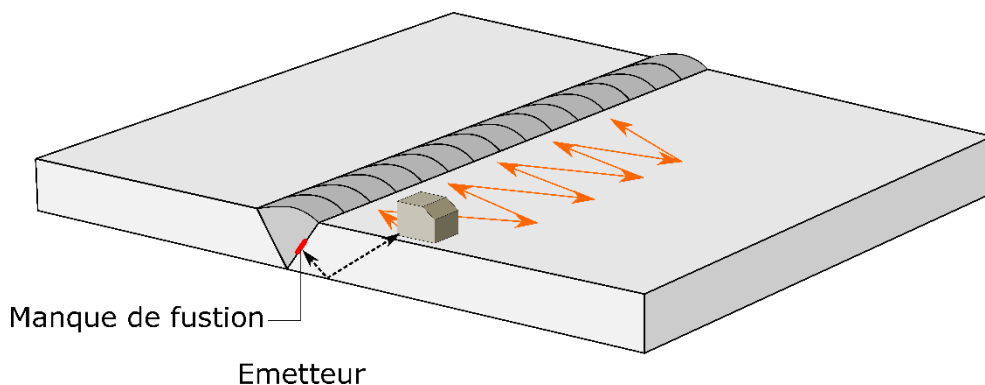


Figure 5 : Vue 3D de l'essai par ultrason

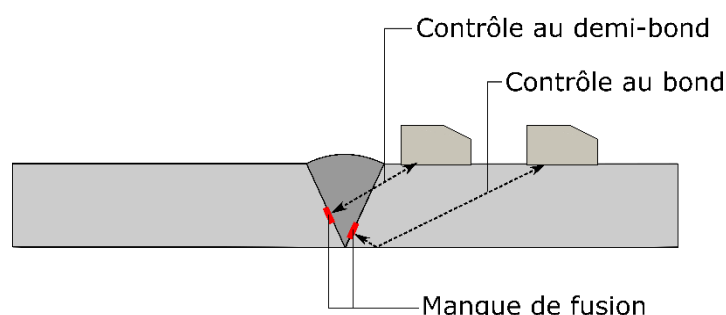


Figure 6 : Vue en coupe de l'essai par ultrason

On peut noter que, en raison des différents échos à l'intérieur de la pièce, l'interprétation des résultats est plus délicate que pour les essais présentés avant, qui donnent une indication directe du défaut. En revanche, lors d'un essai UT, l'écho reçu est représenté sur un écran afin de le comparer à une courbe précédemment calibrée.

Finalement, il est important de noter qu'il n'est, en général, pas possible de tester des cordons d'angle par ultrason. En effet, pour les soudures à pénétration partielle et pour les cordons d'angle, l'interface entre la racine et l'aire peut empêcher le bon fonctionnement du contrôle. En revanche, des assemblages en T à pleine pénétration peuvent être testés.

Synthèse

Les informations clés des essais non destructifs présentés dans cette publication sont synthétisées au Tableau 1. On peut noter qu'il existe d'autres END qui peuvent être utilisés en fonction des dispositions particulières d'une soudure. En tout cas, il appartient au coordinateur de soudage de sélectionner la méthode END adaptée à l'assemblage testé. On peut noter que la norme NF EN ISO 17635 donne des informations utiles pour guider le choix d'une méthode d'END.

Finalement, il est également important de signaler que les essais END doivent être effectués par un personnel spécifiquement formé et certifié (voir la NF EN ISO 9712). Le contrôle visuel représente une exception, étant donné que l'EN 1090-2 n'exige pas de qualification particulière pour l'essai VT.

Tableau 1 : Synthèse des essais END présentés ici

	VT	MT	PT	UT
Défauts détectables	<ul style="list-style-type: none"> • Défauts débouchant (porosité de surface, fissures...); • Défauts de forme; • Défauts de dimension. 	<ul style="list-style-type: none"> • Défauts débouchant (fissures...); • Défauts intérieurs proches de la surface. 	<ul style="list-style-type: none"> • Défauts débouchant (porosité de surface, fissures...). 	<ul style="list-style-type: none"> • Défauts à l'intérieur de la soudure.
Taille minimale de défaut (largeur)	0,05 mm – 0,1 mm	1 µm avec une longueur minimale de 0,2 mm	>0,6 µm	>0,2 mm (taille supérieure à la taille du grain)
Domaine d'application	<ul style="list-style-type: none"> • Tous types de matériaux métalliques et d'assemblages soudés. 	<ul style="list-style-type: none"> • Matériaux métalliques magnétisables (par exemple acier de construction); • Assemblages en bout et cordons d'angle. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tous types de matériaux métalliques; • Assemblages bout à bout; • L'essai sur cordon d'angle est plus difficile. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tous types de matériaux métalliques (difficile pour un acier austénitique en raison de la taille du grain); • Epaisseur de la tôle > 8 mm; • Assemblages bout à bout et en T à pénétration totale.
Norme de référence	NF EN ISO 17637	NF EN ISO 17638	NF EN ISO 3452-1 NF EN ISO 3452-2 NF EN ISO 3452-3	NF EN ISO 17640

Références

NF EN 1090-2 : Exécution des structures en acier et des structures en aluminium – Partie 2 : Exigences techniques pour les structures en acier. AFNOR. Juin 2018.

NF EN ISO 3452-1 : Essais non destructifs – Examen par ressuage – Partie 1 : Principes généraux. AFNOR. Juillet 2013.

NF EN ISO 9712 : Essais non destructifs – Qualification et certification du personnel END. AFNOR. Août 2012.

NF EN ISO 17635 : Contrôle non destructif des assemblages soudés – Règles générales pour les matériaux métalliques. AFNOR. Février 2017.

NF EN ISO 17637 : Contrôle non destructif des assemblages soudés – Contrôle visuel des assemblages soudés par fusion, AFNOR, Mars 2017.

NF EN ISO 17638 : Essais non destructifs pour des assemblages soudés – Magnétoscopie. AFNOR. Décembre 2016.

NF EN ISO 17640 : Essais non destructifs pour des assemblages soudés – Contrôle par ultrasons – Techniques, niveaux d'essai et évaluation. AFNOR. Novembre 2018.