



# TECHNIQUE



→ **RÉUNIONS DE TRAVAIL ASME SUR LE BPV CODE ET  
ASME/API SUR LE CODE API 579/ASME FFS**

# RÉUNIONS DE TRAVAIL ASME SUR LE BPV CODE ET ASME/API SUR LE CODE API 579/ASME FFS



AVRIL 2015

## Equipements Neufs

Les réunions de printemps 2015 de l'ASME Boiler and Pressure Vessel Code Week se sont déroulées fin Avril à Colorado Spring (CO). En pratique, on retiendra les points suivants :

### Côté conception (Section VIII)

Des règles d'analyses en fluage et en fatigue-fluage sont en cours d'incorporation dans la Section VIII Division 2. Ces règles sont dérivées de la Section III Subsection NH qui disparaît pour être intégrée dans la nouvelle Division 5 (high-temperature reactors) de la Section III. Ces évolutions s'accompagnent d'une migration des courbes utilisées dans ces analyses dans la Section II Part D. A plus long terme, les durées de vie en fluage prédites par la méthode Omega utilisée dans l'API 579-1/ASME FFS-1 devraient enrichir les données matériaux issues de la Section III. Une action est, par ailleurs, initiée par l'ASME pour l'établissement des courbes de fatigue manquantes nécessaire pour couvrir tous les matériaux autorisés dans les Sections de construction. Dans un avenir plus immédiat, les courbes de fatigue réapparaîtront dans la Section VIII Division 2. Cette forme de présentation avait disparu dans l'édition 2007 lors de la réécriture de la Division 2 pour être remplacée par la fourniture exclusive de formules, ce qui rendait les résultats en fatigue moins parlants.

Un Code Case similaire au Code Case 2795 qui concerne des tubes en PTFE est en phase finale d'adoption pour des tubes en PFA (Perfluoroalkoxy, type de fluoropolymère), un autre matériau thermoplastique utilisé actuellement surtout en

Europe et au Canada. Tout comme le PTFE il a été développé par Dupont mais il permet de monter à des températures supérieures. La résine elle-même, conforme à l'ASTM D3307 Type II, est plus chère que celle du PTFE, mais sa mise en œuvre est beaucoup moins onéreuse dans la mesure où l'on peut la faire fondre et l'utiliser avec des techniques d'injection et de moulage conventionnelles. Son utilisation est aussi plus souple, les tubes peuvent notamment être soudés bien que cette possibilité ne soit pas retenue dans le Code Case demandé. Comme le Code Case 2795, le nouveau Code Case concernera des échangeurs à tubes en U verticaux, avec des tubes de diamètre maximum de 16 mm ne pouvant contenir que de l'eau et avec une température maximale de conception égale à 163°C. La pression maximale sera égale à 758 kPa, soit un peu inférieure à celle fixée pour le PTFE.

### Côté matériaux (Section II)

Des Codes Cases sont en cours de développement pour des matériaux fabriqués suivant les techniques PM/HIP (Powder Metal / Hot Isostatic Pressing) pour des tuyaux ou des récipients: alliage 91 suivant ASTM A989 pour le B31.1 et alliage austéno-ferritique S32906, de composition chimique nominale 29Cr-6.5Ni-2Mo-N, pour Section VIII. Il est prévu que des demandes plus nombreuses pour ce type de matériaux soient reçues. Ceux-ci pourraient ne pas tenir aussi bien dans le domaine du fluage que les matériaux corroyés ou moulés. L'Appendix 5 de la Section II Part D qui décrit les données à fournir avec les demandes de nouveaux matériaux sera complétée pour les traiter spécifiquement.



Deux actions concernant l'utilisation de matériaux en acier austéno-ferritique dans la Section VIII Division 1 ont été approuvées. La première concerne le matériau SA-995 Grade CD3MN (UNS J92205) avec une température de conception maximale de 260°C qui est en fait une incorporation du Code Case 2402. La deuxième action est l'extension du Code Case 2780 pour l'utilisation du matériau UNS 82441 (24Cr-4Ni-3Mn-1.6Mo-0.27N), avec une température de conception maximale qui reste 316°C. Jusqu'ici utilisable uniquement avec des produits sous forme de plaques, le Code Case est étendu aux barres, et tubes (and pipes). Les normes d'approvisionnement sont les ASTM A240, A479, A789 et A790 avec leurs éditions les plus récentes à ce jour.

### **Côté soudage (Section IX)**

Deux Code Cases devront permettre l'utilisation de la Section IX plus largement dans le monde.

La qualification des soudeurs pourra être effectuée, sans tests complémentaires, par un organisme tierce partie pour autant que celui-ci soit accrédité par l'AWS selon les spécifications AWS QC4/QC7 éditions 1993 ou AWS QC47 édition 2015 qui regroupera les deux précédentes sous le nom "AWS Certification of Welders and Accreditation of Test Facilities", ou accrédité par un organisme d'accréditation national conformément à la norme ISO 17024 "Conformity Assessment - General Requirements for Bodies Operating Certification of Persons". Les superviseurs du fabriquant seront qualifiés conformément à l'AWS B5.16 "Qualification of Welding Engineers", ou l'AWS QC13 "Certification of Welding Supervisors" dans le premier cas, l'ISO 14731 "Welding coordination - Tasks and responsibilities" dans le deuxième. Si la qualification date de plus de six mois, le superviseur devra vérifier auprès de l'employeur précédent que le soudeur répond bien aux exigences pour un renouvellement de qualification conformément à QW-322.

Actuellement le paragraphe QW-191.2.2 impose que le personnel de contrôle non destructif par ultrasons pour la qualification des soudeurs soit qualifié selon SNT-TC-1 "Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing", ou alternativement selon l'ASNT Central Certification Program (ACCP) ou le CP-1891 "Qualification and Certification of Nondestructive Testing Personnel". Ces documents ne seront plus mentionnés dans l'édition 2017 du Code qui renverra simplement à la Section V Article 1 qui a incorporé la norme ISO 9712 "Essais non destructifs - Qualification et certification du personnel END" dans son édition 2013. Dans l'intervalle, un Code Case donnera les mêmes possibilités en autorisant les qualifications et certifications effectuées conformément à la norme ISO 9712 ou tout autre norme nationale ou internationale dans le cadre du paragraphe T-120 de la Section V Article 1.

### **Côté contrôles non destructifs (Section V)**

Les qualifications des contrôles par ressuage à des températures supérieures à 52°C vont être étendues et précisées. Des qualifications simplifiées permettront une extension de température en qualifiant uniquement la procédure à la température maximale avec les temps de pénétration utilisés en dessous de 52°C. La possibilité de qualifier un intervalle de température restera. Les temps de

pénétration qualifiés seront les temps les plus longs en qualification. Si ces temps dépendent de la température, il sera possible d'effectuer des qualifications à des températures intermédiaires. Un Code Case est rédigé en parallèle afin de permettre une utilisation anticipée de ces nouvelles règles.

Les essais d'étanchéité reconnaissent actuellement deux types de détection de fuite : fuite par perméation ou fuite par capillarité. Ces technologies sont anciennes et leurs références ne sont pas toujours très cohérentes. Elles seront remplacées par des technologies plus récentes regroupées en essais avec réservoirs (et gaz traceur) et essais sans réservoirs (à l'air libre). Les références seront mises à jour en conséquence, notamment pour tous les tests à l'hélium.

### **Equipements en Service**

Les réunions de travail de printemps sur les API 579/ASME FFS se sont tenues mi-Avril à Seattle (WA) dans le cadre des 80<sup>th</sup> Spring Refining Meetings de l'API. L'édition 2015 du Code API 579-1/ASME FFS-1 Fitness-For-Service est en vue. Initialement prévue pour 2012, soit cinq ans après la première édition ANSI de ce Code, la réorganisation complète du texte a eu des répercussions sur le délai de publication des révisions techniques. Pour que cette nouvelle édition puisse elle-aussi être reconnue comme norme ANSI 2015, les textes doivent tout d'abord avoir été approuvés par les Comités de supervision ASME (Board of Pressure Technology Codes and Standards) et API (Committee on Refinery Equipment) et avoir été soumis à commentaires publiques par l'ASME et par l'ANSI. Les textes doivent donc avoir été approuvés par le Joint API/ASME Committee on Fitness-For-Service avant la prochaine réunion de mi-Novembre. Pour tenir cet objectif, la nouvelle Partie dédiée à la fatigue conventionnelle renverra à la Partie 5, Analyse des contraintes, de la Section VIII Division 2 du BPV Code, ne faisant apparaître dans le Code FFS que les adaptations par rapport aux règles applicables aux équipements neufs.

Les discussions techniques des réunions d'Avril ont porté principalement sur les règles de prévention de rupture fragile. Les révisions portant sur les règles pour les fissures sont approuvées. Si, globalement, les règles d'évaluation de l'admissibilité des fissures sont inchangées, de nombreux détails évoluent. Pour les règles de Niveau 1 qui peuvent être réalisées par des inspecteurs et qui fournissent, dans des configurations simples, des longueurs de fissure maximales admissibles en fonction de la différence entre température d'évaluation et température de référence (température à 20J ou 27J en fonction du type d'acier), ces dernières sont révisées, en général à la baisse c'est-à-dire favorablement. Les coefficients de sécurité disparaissent des règles de Niveau 2 mais les ténacités utilisables sont beaucoup plus restreintes et sélectionnées parmi les plus conservatives de l'Annexe qui traite des caractéristiques matériaux. La prise en compte de l'interaction entre contraintes mécaniques et contraintes d'origine thermique est alignée avec celle du BS 7910. Les analyses de Niveau 3 qui doivent être réalisées par des spécialistes ne subissent pas changement, ni pour les analyses en rupture brutale, ni pour les analyses de propagation de fissure en fatigue, ni pour la procédure de fuite avant rupture. L'application de coefficients de sécurité relèvera désormais de ce niveau d'évaluation.

Parmi les six annexes qui fournissent les données et formules nécessaires aux analyses des fissures, deux évoluent fortement. L'annexe consacrée aux contraintes résiduelles de soudage a été totalement réécrite, ses formules sont maintenant très proches de celles de la norme BS 7910 et du document R6 de British Energy, maintenant EDF Energy. Ces contraintes, généralement négligées dans les Codes de Construction, doivent impérativement être prises en compte dans l'analyse des fissures situées dans les joints soudés ou en zone affectée thermiquement, que les joints aient été détentionnés ou non. Les chapitres sur la ténacité de l'annexe consacrée aux propriétés matériaux retiennent moins de formules de corrélation entre résilience et ténacité que l'édition en cours, avec, en premier lieu, l'estimation de la température de transition à partir d'un nombre limité d'essais Charpy.

Les procédures à partir de la Master Curve sont détaillées. Les lois de propagation des fissures en fatigue sont, par contre, inchangées. L'annexe consacrée aux analyses en mécanique de la rupture par Eléments Finis, jusqu'ici focalisée sur les post-traitements à mettre en œuvre pour obtenir des courbes d'admissibilité, est complétée par des considérations sur la réalisation des analyses et notamment les maillages en fond de fissure qui sont déterminants pour la qualité des résultats obtenus. Les autres annexes n'évoluent que ponctuellement, voire pas du tout.

# ERRATUM

Suite à l'article paru dans le cahier technique de la Revue du SNCT Edition : 2<sup>e</sup> trimestre 2015

Suite à la parution de l'article intitulé « *Hydrogène diffusible en soudage MAG avec fil fourré* » en page VIII du cahier technique, vous trouverez ci-après la conclusion et les sources bibliographiques.

L'intégralité du cahier technique du 2<sup>e</sup> Trim. 2015 est disponible en version PDF sur simple demande auprès de Valérie FLAURAUD : [v.flauraud@snct.org](mailto:v.flauraud@snct.org)



## 5 Conclusion

Certaines réticences à utiliser les fils fourrés sont liées à la méconnaissance qu'ont parfois les utilisateurs potentiels quant aux propriétés de ces produits en termes de taux d'hydrogène diffusible.

Les résultats de la présente étude montrent que les taux d'hydrogène diffusible rencontrés en soudage MAG avec fils fourrés couvrent une plage allant des taux usuellement rencontrés en soudage MAG fil nu à ceux de l'électrode enrobée rutile. Ce constat corrobore les résultats des anciennes études. Selon le fil utilisé, les taux d'hydrogène diffusible rencontrés en soudage MAG avec fil fourré peuvent varier dans des proportions très importantes : le rapport entre le taux le plus élevé rencontré sur le taux le plus bas rencontré est voisin de vingt.

Dans l'état actuel des fournitures, les meilleurs résultats semblent donnés par les fils tubulaires. Toutefois, d'excellents taux ont également été mesurés avec des fils roulés, suivant le type de fourrage concerné.

Au regard de l'ensemble de ces résultats, il est toutefois possible de dégager une tendance générale, à savoir :

- Pour un produit commercial donné, des variations limitées de la teneur en hydrogène diffusible peuvent être constatées d'une fourniture à l'autre. Ceci semble toutefois moins valable pour certaines technologies de fils roulés présentant un « chemin de pénétration de l'humidité plus large » ;
- Pour un même type de fourrage, l'ensemble des fournisseurs semble s'accorder sur des teneurs similaires, hormis pour les fils tubulaires ;
- La teneur en hydrogène diffusible semble constante le long de la bobine. Il est de ce fait inutile de supprimer plusieurs dizaines de mètres de fil à l'ouverture du sachet. L'étude bibliographique réalisée en parallèle des essais montre de plus que les spires extérieures ne protègent pas les autres spires ;
- Les plus basses teneurs sont obtenues par les fils fourrés de poudre métallique (100% des fils testés sont conformes), suivis par les fourrages basiques (dans 60% des cas) puis par les fils rutilés (30%). Cette différence de comportement peut à priori être attribuée à l'affinité de certains composants des fourrages avec l'eau ou certaines molécules hydrogénées.

Enfin, avant de choisir un produit d'apport, il semble judicieux de prendre en compte les différences de conditions opératoires pour les différents fils envisagés. Un produit à très basse teneur en hydrogène du type tubulaire, plus onéreux qu'un fil roulé, pourrait permettre de limiter fortement voire supprimer certaines conditions opératoires (préchauffage, postchauffage, ...) ayant un impact nettement plus élevé sur le coût de la fabrication.

Le point le plus critique est malgré tout la dérive de la teneur réelle en hydrogène sur produit par rapport à la valeur garantie par la symbolisation. Une telle dérive avait été malheureusement déjà mise en évidence sur les électrodes enrobées en emballage étanche [8]. Cet état de fait est préoccupant dans le sens où une variation de la teneur en hydrogène diffusible de part et d'autre de la barrière H5 en passant, par exemple, de 4 ml/100 gMD (soit 2 ml en Métal Fondu) à 7 ml/100gMD (soit 3,5 ml en Métal Fondu) conduit globalement à une augmentation de la température de préchauffage d'au moins 50°C pour limiter le risque de fissuration à froid en ZAT. [10]

## Références

- [1] FIM Fédération des Industries de la Mécanique
- [2] J. Haouas (2011), Evaluation de la teneur en hydrogène des fils fourrés classifiés H5, Rapport IS n°49650, Etude CETIM 035634
- [3] Norme NF EN 1011-2, édition de juillet 2002 – recommandations pour le soudage des matériaux métalliques, partie 2 : soudage à l'arc des aciers ferritiques
- [4] Norme NF EN ISO 14175, édition de juin 2008, Produits consommables pour le soudage - Gaz et mélanges gazeux pour le soudage par fusion et les techniques connexes
- [5] Norme NF EN ISO 17632, édition de août 2008, Produits consommables pour le soudage - Fils-électrodes fourrés pour soudage à l'arc avec ou sans gaz de protection des aciers non alliés et des aciers à grains fins – Classification
- [6] F. Maltrud, (2002) Action pour une valorisation du soudage MAG avec fil fourré auprès des donneurs d'ordre de chaudronnerie, Rapport IS n°38702, Etude CETIM 1C1980
- [7] NF EN ISO 3690, édition de février 2001, Soudage et techniques connexes, Détermination de la teneur en hydrogène dans le métal fondu pour le soudage à l'arc des aciers ferritiques
- [8] D. Cartaud, F. Maltrud (2003) Taux d'hydrogène diffusible des électrodes enrobées conditionnées sous vide, Rapport IS n° 37579, Etude CETIM 1G2880
- [9] F. Maltrud (2003) Objectif du pré et du postchauffage – Nécessité ou non du postchauffage pour le soudage des aciers du groupe 1 avec apport à bas hydrogène, Rapport IS n°37581, Etude CETIM 1G2900

## Abstract :

*The results presented in this article are extracted from a study carried out by Institut de Soudure and financed by the CIS-FIM commission. The purpose of this study was to evaluate H5 classified flux cored wire conformity regarding to diffusible hydrogen level.*

*They show that a large range of diffusible hydrogen level can be obtained with this kind of products, going from GMAW to SMAW with rutil covered electrode. Best results are obtained for tubular wire and basic or metal cored rolled wire.*