

Méthodologie à appliquer pour l'élaboration d'une procédure de contrôle par émission acoustique applicable aux ESP en matériaux composites

Journée Technique AFIAP du 14 Octobre 2014

C Hervé (CETIM) & G Cassand (COMPOSITES AQUITAINE)

Présentation

I. Spécificités des ESP en matériaux composites

II. Besoins et Intérêt des industriels

III. Elaboration d'une procédure de contrôle

1. Objet et domaine d'application
2. Documents de référence
3. Spécificités des matériaux composites concernés par la présente annexe
4. Description de l'instrumentation et réglages
5. Détermination et vérification de l'implantation des capteurs
6. Mode opératoire
7. Séquence de sollicitation
8. Critères

IV. Conclusion

I. Spécificités des ESP en matériaux composites

Généralement constitués

- d'un **liner d'étanchéité** qui peut être thermoplastique ou métallique
- d'une **structure résistante**
 - constituée de fibres de verre ou carbone ou un mélange de ces 2 fibres ,imprégnées de résine
 - obtenue par enroulement filamentaire ou stratification suivant des orientations, empilements et épaisseurs spécifiques à chaque type d'ESP
- de **piquages, embouts ou embases** qui peuvent êtres métalliques , thermoplastiques ou composites

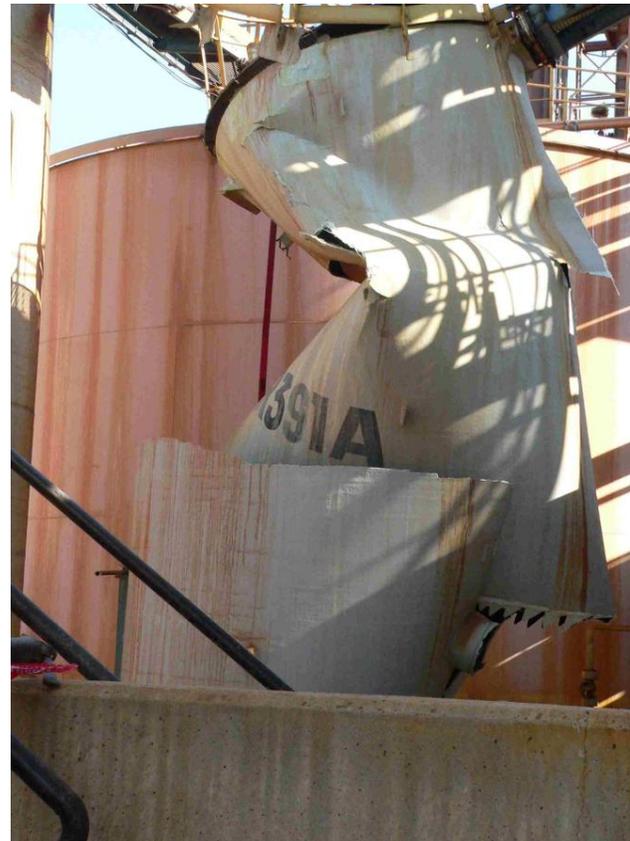
→ **Structures complexes**

→ **Matériaux hétérogènes**

II. Besoins et Intérêt des industriels

- L' émission acoustique est utilisée depuis de nombreuses années par les industriels exploitant des équipements en matériaux composites , notamment dans un souci de sécurité afin de s'assurer de leur intégrité mécanique.

Rupture d'un bac d'acide en
Composite Verre-Résine



II. Besoins et Intérêt des industriels

- L'émission acoustique est parfaitement adaptée au contrôle des ESP en matériaux composites mais leur hétérogénéité influence la propagation des ondes acoustiques
 - Nécessité de connaître le mieux possible la constitution des équipements à contrôler
 - Nécessité de connaître les conditions ambiantes lors de l'essai

Contrôle d'intégrité d'un
réservoir vertical
composite Verre-Epoxy



II. Besoins et Intérêt des industriels

- L'émission acoustique permet de surveiller ou contrôler des équipements sans nécessité de les démonter ou d'utiliser de fluide ou gaz autre que celui utilisé en service
 - Pour des contrôles après intervention ou réparation
 - Dans le cas de requalification périodique réglementaire

Contrôle d'intégrité sur site d'un réservoir horizontal en composite Verre-Epoxy



III. Elaboration d'une procédure de contrôle spécifique: annexe 7



**Guide des bonnes pratiques pour le
 contrôle par émission acoustique
 des équipements sous pression**

2^e édition 2009



Groupe de travail AFIAP: GEA

- Industriels
- Prestataires
- Administration



Guide des Bonnes Pratiques :

- Corps du guide: généralités
- Annexes détaillées par type d'équipements

III. Elaboration d'une procédure de contrôle spécifique: annexe 7

Constitution d'un Groupe de travail spécifique en 2010 :

Industriels:

- Air Liquide
- Arkema
- Airbus Defense and Space
- Composites Aquitaine
- Solvay

Prestataires:

- Aetech/Cybernetix
- Cetim
- Institut de Soudure
- Mistrasgroup

Expert:

- UTC

III. Elaboration d'une procédure de contrôle spécifique: annexe 7

➤ Etat de l'art: Procédures CARP/Normes ASTM/Code ASME

- Documents initiés dans les années 1980
- Mise en œuvre assez lourde
- Sévérité des critères

➤ Elaboration d'une annexe basée sur un retour d'expérience de plus de 8000 équipements de différents types, testés depuis 1995.

III. Elaboration d'une procédure de contrôle spécifique: annexe 7

1. Objet et domaine d'application:

Réservoirs ou bouteilles
de stockage de Gaz



Récipients (colonne à
distiller, ballon, réservoirs
tampons, ...)



III. Elaboration d'une procédure de contrôle spécifique: annexe 7

2. Documents de référence:

Idem Annexe 1 GBP et

- EN 15857 – Essais non destructifs – Emission acoustique – Essai des polymères renforcés par des fibres – Méthodologie spécifique et critères d'évaluation généraux
- ASTM E 2478 - 06a - Standard Practice for Determining Damage-Based Design Stress for Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) Materials Using Acoustic Emission
- NF EN ISO 11623. Contrôle et essais périodiques des bouteilles à gaz en matériau composite

III. Elaboration d'une procédure de contrôle spécifique: annexe 7

3. Spécificités des matériaux composites concernés par la présente annexe

Les principaux mécanismes d'endommagement, sources d'émission acoustique, sont :

- la fissuration de la matrice
- la rupture de fibres
- la rupture des interfaces "fibres -matrice", le déchaussement de fibres
- les délaminages
- les ruptures de joints collés, ...

III. Elaboration d'une procédure de contrôle spécifique: annexe 7

4. Description de l'instrumentation et réglages

- **Capteurs** : résonnants

Le domaine de fréquence généralement utilisé se situe dans la bande de fréquence de 100 à 200 kHz.

- **Préamplificateurs**

Ils peuvent être intégrés aux capteurs ou déportés. Le gain des préamplificateurs est compris entre 30 et 40 dB.

- **Filtre**

Filtrage global en dehors de la bande 30 à 1000 kHz.

- **Réglages**

La valeur du seuil d'acquisition est d'au moins 6 dB au-dessus de la valeur du bruit de fond.(ASL/RMS)

III. Elaboration d'une procédure de contrôle spécifique: annexe 7

5. Détermination et vérification de l'implantation des capteurs

- **Mesure de la vitesse et de l'atténuation**

Importance de l'anisotropie:

- ✓ Mesure de l'atténuation dans deux directions à $+45^\circ$
- ✓ Influence de la direction sur la vitesse de propagation

Importance de la position des capteurs par rapport au niveau de liquide

- **Distance entre capteurs**

Déterminée à partir de la courbe d'atténuation

- **Localisation zonale**

Vérification de la détectabilité sur l'ensemble de la structure

III. Elaboration d'une procédure de contrôle spécifique: annexe 7

6. Mode opératoire

- **Couplage des capteurs**
 - Prise en compte de l'état de surface.
 - Compatibilité de l'agent de couplage
 - Système de fixation
- **Vérification de la sensibilité des voies**
 - Utilisation de la source Hsu Nielsen
 - Prise en compte de la position de la zone du capteur
- **Vérification de la détectabilité et de la localisation**
- **Vérification de la valeur du bruit de fond**
 - Avant le début de l'essai, pendant un durée de 15 min.
 - Critères de validation

III. Elaboration d'une procédure de contrôle spécifique: annexe 7

7. Séquence de sollicitation

Sollicitation progressive jusqu'à $P_{max} > 110\%$ PMA

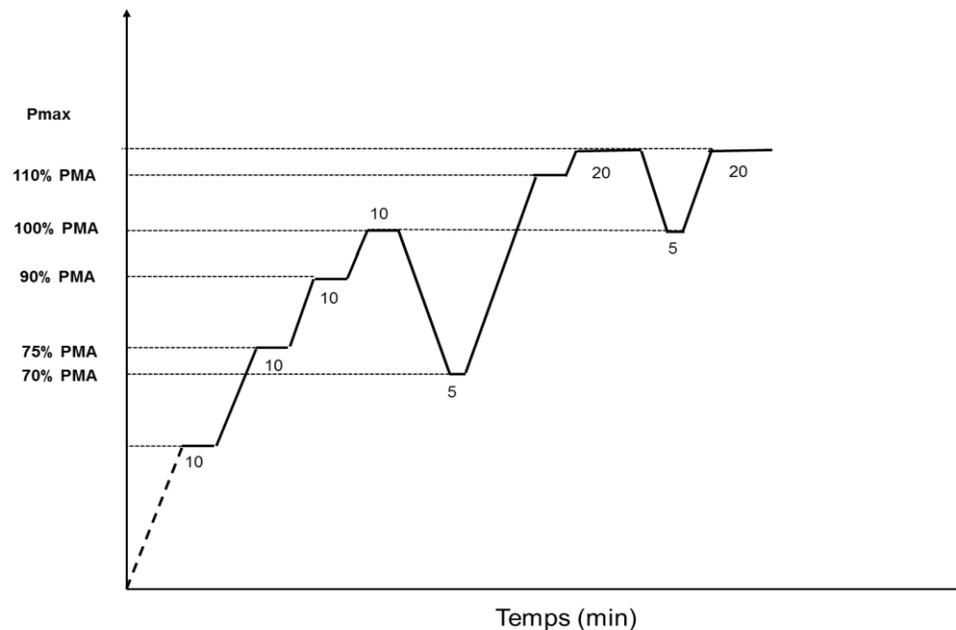
Durée minimale des paliers 10 min

Vitesse de sollicitation max 1% pneumatique-5% hydraulique

Vitesse de dépressurisation (recommandations constructeur)

Niveau et durée des différents paliers

Séquences de chargement-palier-déchargement pour évaluation de l'effet
 Felicity



III. Elaboration d'une procédure de contrôle spécifique: annexe 7

8. Critères

- **Conditions de validation de l'essai**

 - Seuil d'acquisition

 - Seuil d'évaluation

 - Bruit de fond

- **Critères spécifiques aux matériaux composites**

 - ✓ Rapport Felicity R_f

 - ✓ Nombre d'alternances N_a

 - Prise en compte de la structure

 - Prise en compte de l'anisotropie

 - ✓ Durée minimale des salves attribuées à un délaminage : D_m

 - ✓ Clusters de localisation

III. Elaboration d'une procédure de contrôle spécifique: annexe 7

- Critères d'analyse en temps réel

Seuil d'évaluation : $50 \text{ dB}_{\text{EA}}$.

Seuil de référence : $75 \text{ dB}_{\text{EA}}$

- ✓ Émission continue
- ✓ Valeur du bruit de fond
- ✓ Evolution de l'activité
- ✓ Evolution de l'intensité
- ✓ Nombre d'alternances cumulé
- ✓ Nombre de salves (1^{er} capteur atteint) > Amplitude de référence
- ✓ Nombre de salves (1^{er} capteur atteint) en palier
- ✓ Activité /cluster
- ✓ Intensité/cluster

III. Elaboration d'une procédure de contrôle spécifique: annexe 7

- Critères d'analyse en temps différé et interprétation des données

Seuil d'évaluation : $50 \text{ dB}_{\text{EA}}$.

Seuil de référence : $75 \text{ dB}_{\text{EA}}$

- ✓ Evolution de l'activité
- ✓ Evolution de l'intensité
- ✓ Nombre d'alternances cumulé
- ✓ Nombre de salves 1^{er} capteur atteint (verre/carbone) > Amplitude de référence
- ✓ Nombre de salves 1^{er} capteur atteint en palier
- ✓ Nombre de salves de durée > **Dm**
- ✓ Rapport Felicity (verre/carbone)
- ✓ Activité /cluster
- ✓ Intensité/cluster

III. Elaboration d'une procédure de contrôle spécifique: annexe 7

- **Critères d'analyse en temps différé et interprétation des données**

Classification en 3 catégories:

- ✓ Catégorie 1: aucune action complémentaire
- ✓ Catégorie 2: CND complémentaires recommandés
- ✓ Catégorie 3: CND complémentaires doivent être effectués

IV. CONCLUSION

- **Validation de l'annexe 7 lors de la CCAP du 3 juin 2014**
- **Publication de la Décision BSEI no 14-079 du 4 juillet 2014**
- **Intégration dans la prochaine édition du guide GEA prévue en 2015**

Remerciements à tous les participants au GT pour leur collaboration et l'apport de leur retour d'expérience dans la rédaction de ce document.

III. Elaboration d'une procédure de contrôle spécifique: annexe 7

Merci de votre attention