

▼ **L'EMISSION ACOUSTIQUE DANS L'INDUSTRIE**
APPLICATION A LA PROPULSION NAVALE

Françoise LE GUEN
NAVAL RESEARCH - CESMAN

PRECEND 13/12/2018

SOMMAIRE

1. Présentation de la technique
2. Applications industrielles – Cas des ESP
3. L'EA à Naval Group
4. Bilan

PRÉSENTATION DE LA TECHNIQUE

- Moins connue que les autres techniques de CND, mais largement répandue dans le contrôle périodique des Equipements Sous Pression. Elle permet notamment d'évaluer l'intégrité de l'équipement et son aptitude au service.

- EA : Phénomène physique résultant de la **libération d'énergie** dans les matériaux sous forme d'ondes ultrasonores élastiques transitoires.

PRÉSENTATION DE LA TECHNIQUE MÉCANISMES SOURCES

L'application d'une charge ou d'un environnement contraignant produit des modifications structurelles internes, engendrant des salves d'EA.

Matériaux métalliques

Propagation de fissures

Déformation plastique locale

Corrosion, érosion

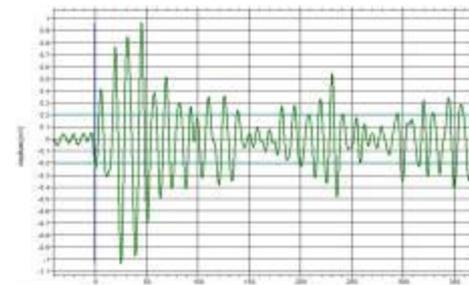
Transformation de phase...

Matériaux composites

Rupture de Fibre

Fissuration matrice

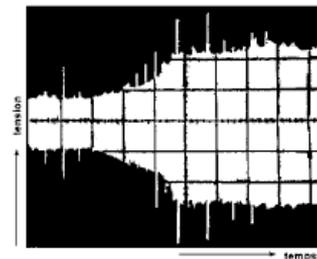
Dé laminages



Fuite en régime turbulent : bruit continu

Recherche de défaut évolutif : Nécessité d'appliquer une contrainte

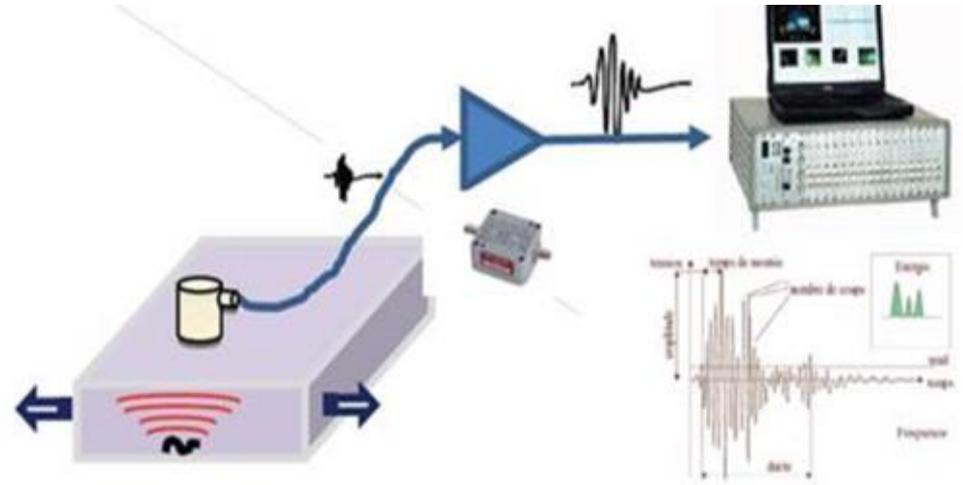
-> Suivi des Epreuves Hydrauliques de Résistance bien adapté



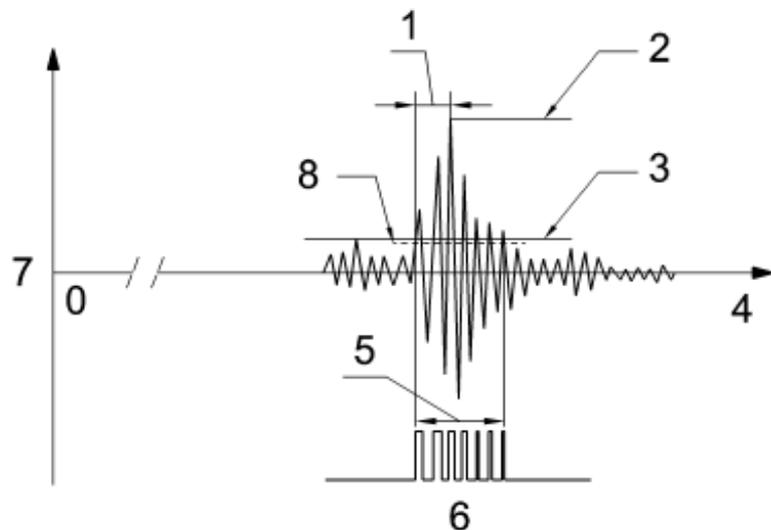
PRÉSENTATION DE LA TECHNIQUE INSTRUMENTATION

- Capteurs piézoélectriques : détection d'onde de surface Fréquence : 150 kHz
- Préamplificateurs
- Système d'acquisition : de 2 à plus de 200 voies

Nécessité d'un couplage



Analyse des paramètres temporels – possibilité de numériser les salves



- 1 Temps de montée
- 2 Amplitude maximale
- 3 Seuil de détection
- 4 Temps
- 5 Durée de la salve
- 6 Nombre de coups
- 7 Tension
- 8 Premier dépassement du seuil

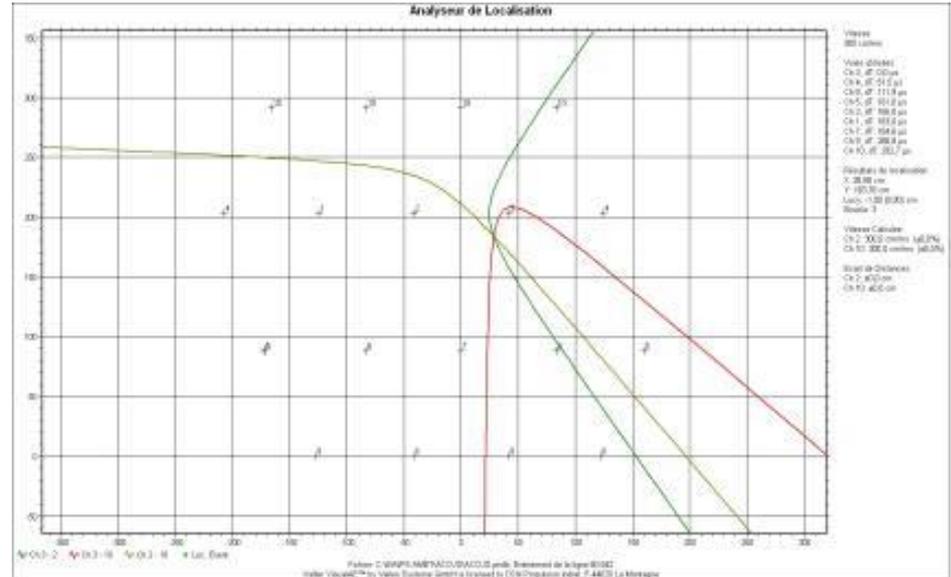
PRÉSENTATION DE LA TECHNIQUE LOCALISATION

Contrôle volumique global

Maillage : Détection et localisation de sources
(linéaire, zonale ou planaire)

Localisation par mesure des temps d'arrivée

- triangulation pour les structures isotropes
- zonale pour les structures anisotropes



Précision: fonction du nombre et de la distance entre capteurs.

L'EA permet la localisation mais ne donne ni nature et profondeur du défaut

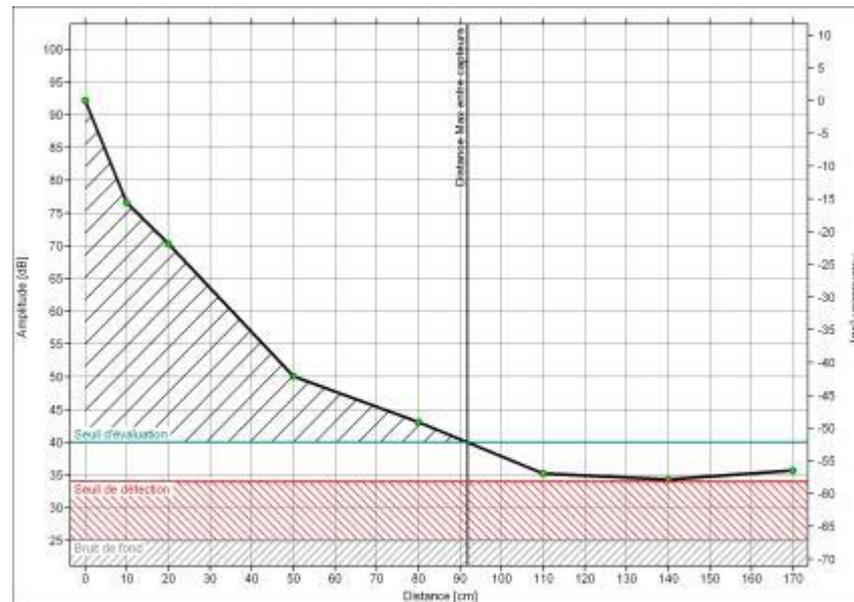
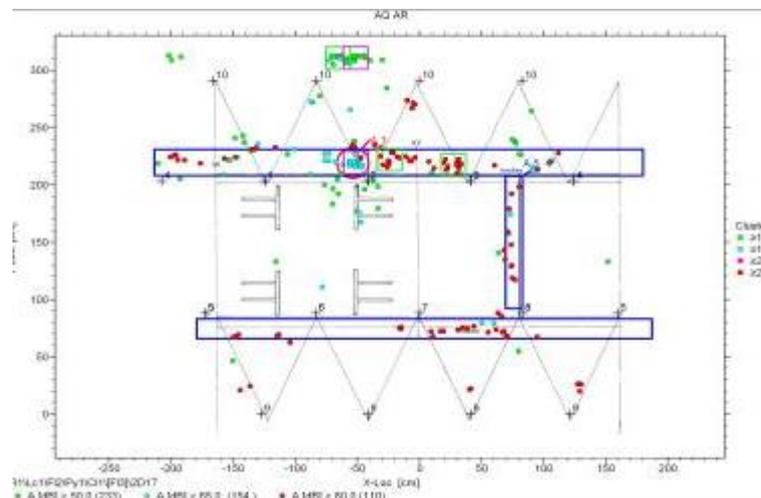
PRÉSENTATION DE LA TECHNIQUE RÉALISATION DU CONTRÔLE

Pré-requis pour la définition du maillage , via source HSU-Nielsen

- Mesure atténuation
- Vitesse de propagation

Selon matériau, épaisseur, calorifuge,...

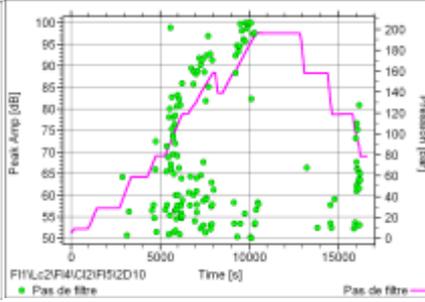
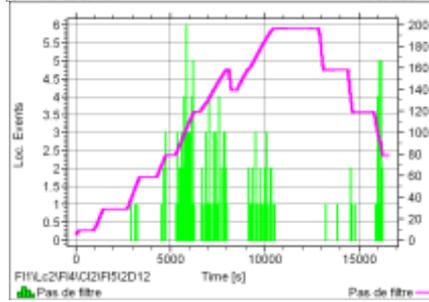
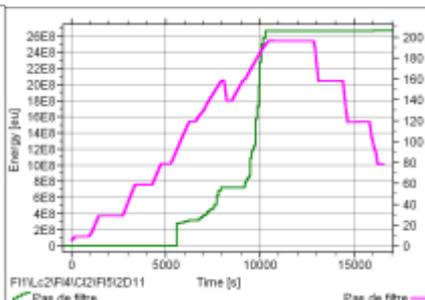
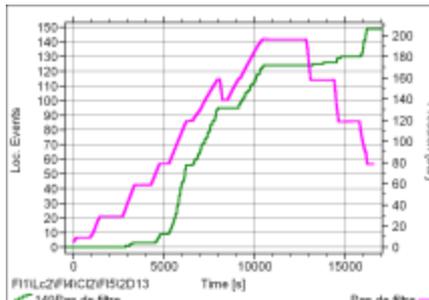
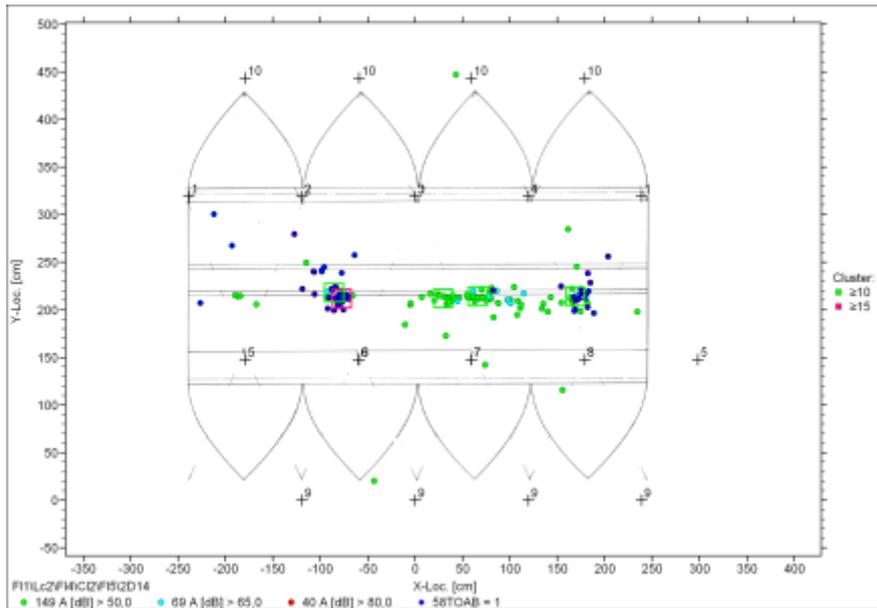
Différences composites et métalliques



Etalonnage in situ
Soudures – Zones tourmentées

PRÉSENTATION DE LA TECHNIQUE ANALYSE

Densité de localisation (cluster), évolution des paramètres temporels
Cycles de pressurisation - Effet Kaiser – Analyse en montée et en palier



PRÉSENTATION DE LA TECHNIQUE EFFET KAISER / FELICITY

Les phénomènes générateurs d'EA sont de nature irréversible.

Lors d'une seconde sollicitation,

- l'activité acoustique sera donc nulle ou très faible tant que le niveau local de contrainte ne dépasse pas la valeur précédemment atteinte.

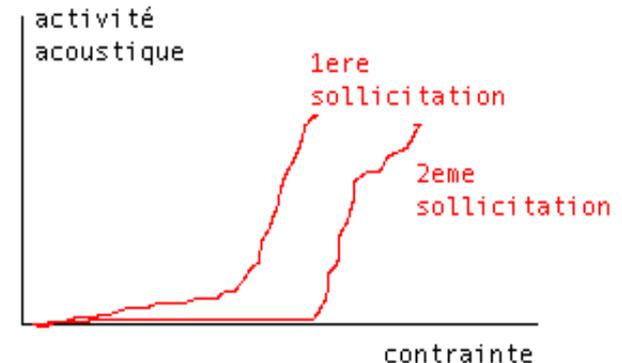
Effet Kaiser : Métalliques

- l'activité redémarre vers 95% de la charge précédemment appliquée. Le rapport Felicity permet de quantifier l'endommagement global cumulé d'une structure.

Effet Felicity : Organiques

Conséquences

- nécessité de connaître l'historique de la pièce, σ subie
- pas d'épreuve de répétition
- nécessité de travailler en surpression : 110% min



APPLICATIONS INDUSTRIELLES

CAS DES ESP

APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Conception/ fabrication/ suivi en service / détection de fuite

Domaines couverts : matériaux, mécanique, chimie, pétrochimie, génie civil

Equipements Sous Pression

Réseaux de canalisations

Réservoirs de stockage

Génie civil (fissuration roches et bétons)

Chaudières nucléaires

...

Qualification du personnel : la certification COFREND AT niveaux 2 et 3, garantit le savoir-faire nécessaire pour mettre en œuvre les contrôles réglementaires.

Besoin d'un référentiel pour les requalifications périodique

**Guide des Bonnes Pratiques pour le contrôle par
émission acoustique des Equipements Sous Pression – AFIAP**
1ère édition 2004, 3ème édition en 2016

Fin de fabrication et requalifications périodiques
Essais hydrauliques ou pneumatiques

Méthodologies à appliquer pour l'élaboration
d'une procédure applicable aux :

- Sphères
- Réservoirs GPL « petit vrac » enterrés
- ESP cylindriques
- ESP composites
- Réacteurs
- Autoclaves
- ESP inox
- Echangeurs



- Analyse temps réel et différé

- Critères d'alarme et d'arrêt

Tableau 1

	Critères temps réel			
	Alarme		Arrêt	
❶ Bruit de fond (évolution)	+ 5 dB _{EA}		+ 10 dB _{EA}	
❷ Activité, évolution/zone*	Taux constant avec la pression		Taux croissant avec la pression	
❸ Intensité, évolution/zone*	Taux croissant avec la pression		Taux constant avec la pression	
	Configuration de localisation			
	1 ^{re} séquence (2)	N ^{ième} séquence (3)	Zonale	Planaire
❹ N ₁₅ /zone*	≥ 100	≥ N. 100	≥ 1 000	≥ 500
❺ N ₂₅ /zone*	≥ 10	≥ N. 10	≥ 100	≥ 50
❻ N ₃₅ /zone*	≥ 10	≥ N. 10	≥ 100	≥ 40
❼ Activité N _{CE} /cluster ⁽¹⁾	≥ 10	≥ N. 10		≥ 50

- Classification

Catégorie 1 : sources et/ou zones non significatives

Catégorie 2 : investigations complémentaires recommandées

Catégorie 3 : investigations complémentaires à effectuer

L'EMISSION ACOUSTIQUE À NAVAL GROUP

L'EA À NAVAL GROUP

Historique

Application depuis 1975 de la localisation lors des EHR des capacités à pression des chaufferies nucléaires embarquées



L'EA À NAVAL GROUP

Procédures : Normes, GBP

Contrôles systématiques :

Réacteurs prototypes

SNLE

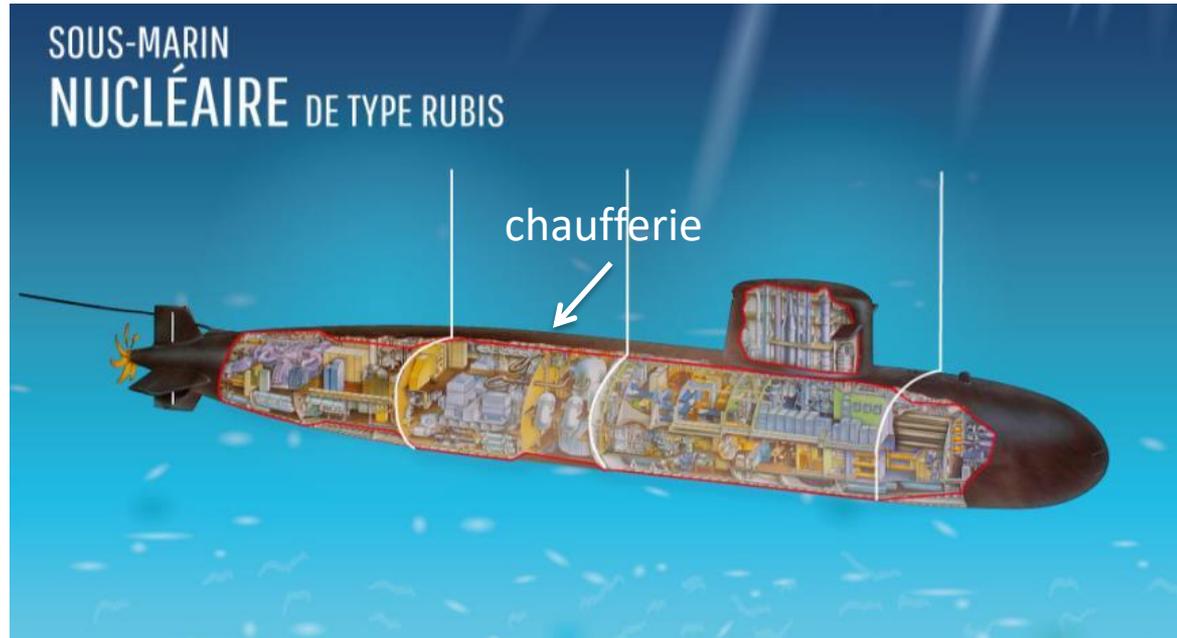
SNA

SNLE-NG et PA

BARRACUDA

Principaux composants
de la chaufferie

Environnement contraignant



L'EA À NAVAL GROUP

FIN DE FABRICATION - SUIVI EN SERVICE

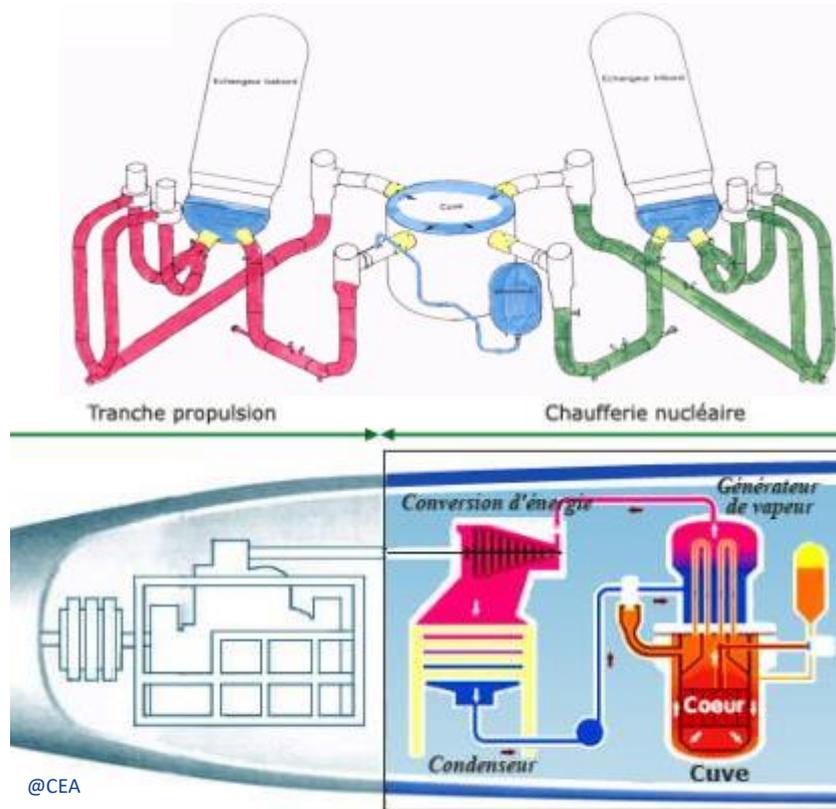
Dimensions : Φ 1 à 2,5 m, h3 à 4 m

Personnel : 1AT2, 1 AT3
Système VALLEN 42 voies

Suivi en service :

Nombre de voies sur circuit primaire
(capacités+ circuits) en IPER

SNLE type Le Redoutable: 120
SNLE type Le Triomphant : \approx 60
SNA - Barracuda : \approx 40

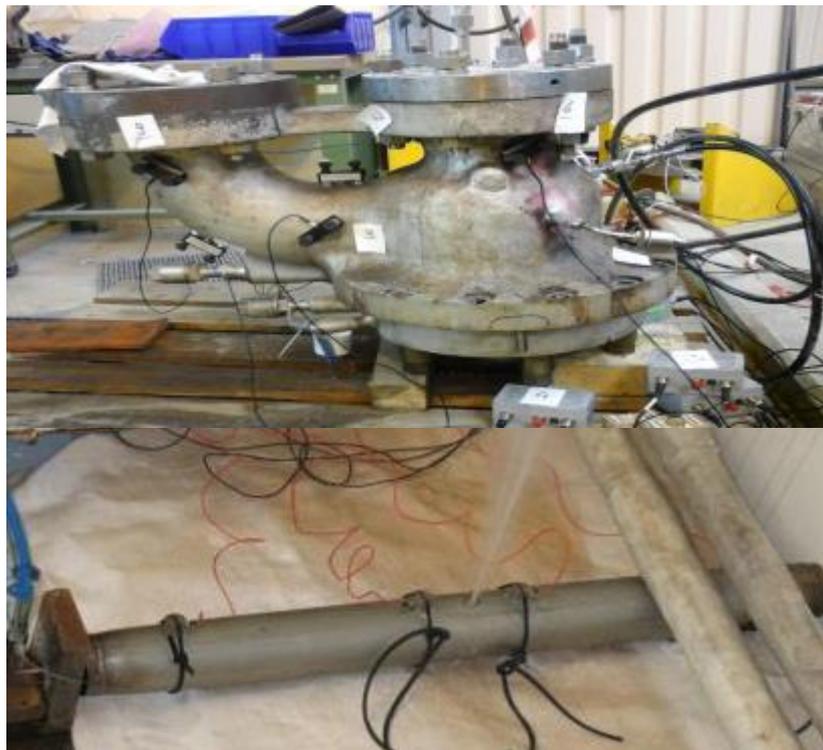


L'EA À NAVAL GROUP ETAT ZÉRO – FIN DE FABRICATION



L'EA À NAVAL GROUP

EXPERTISES – DÉTECTION DE FUITE



BILAN

BILAN

Avantages

méthode globale et dynamique
localisation surfacique
surveillance possible en continu
appréciation de la criticité des défauts

Inconvénients

pas de dimensionnement
couplage nécessaire
matériel et technologie complexe

- Depuis 40 ans, suivi de tous les composants des chaufferies nucléaires embarquées
Aucune source active n'a été détectée.

- Utilisation pour expertises: suivi de l'amorçage et de la propagation de fissures, des mécanismes d'endommagement
- Détection de fuites, localisation, pression associée

NAVAL
GROUP