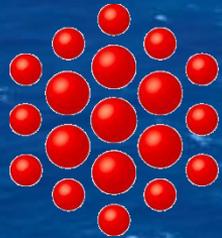


SIMULATION D'UN CONTROLE PAR SONDE AXIALE D'UNE EPINGLE DE TUBE GV PAR L'INTERMEDIAIRE DU LOGICIEL ELEMENTS FINIS « FLUX[®] »

STRENGTH at sea



EXTENDE
CIVA



cofrend

Dunkerque 2011

Bastien LAVIE, Fabrice FOUCHER

25/05/2011

Session n°143

SOMMAIRE

1. CONTEXTE
2. DESCRIPTIF DU CAS D'ETUDE
3. MODELISATIONS REALISEES
4. RESULTATS
5. CONCLUSION



1. CONTEXTE

QUALIFICATION

- **Contexte : Qualification des contrôles de chaufferies nucléaires embarquées :**
 - Évolution réglementaire
 - Qualification des procédés END utilisés pour le suivi en service
 - Générateur de vapeur
- **Procédé de contrôle ici considéré :**
 - Faisceau tubulaire des générateurs de vapeur type K15
 - Examen par courants de Foucault en sonde axiale

QUALIFICATION

- **Nécessite une étude de sensibilité aux paramètres influents du contrôle :**
 - **Exemples de paramètres**
 - Paramètres liés à l'élément à examiner (diamètre, épaisseur, etc.)
 - Paramètres liés à la sonde CF (excentricité de la sonde dans le tube, etc.)
 -
- **Paramètre considéré dans cette étude : Position des défauts dans la partie cintrée de l'épingle**
 - **Les maquettes d'essais incluent des entailles externes**
 - **Cas supposés le plus défavorable en terme de détection (amplitude la plus faible)**
- **Objet de l'étude de simulation :**
 - **Confirmer cette hypothèse selon laquelle**
 - **Comparaison des réponses de défauts internes et externes**

EXTENDE

- DCNS a fait appel à EXTENDE pour la réalisation des travaux de simulation



- Activités d'EXTENDE:

- Distribution de CIVA et services associés:

- Support, Formation, Calculs,...

- Consulting en CND:

- Simulation et Méthodologie: Conseils et expertise
- Outils de Simulation: CIVA, FLUX





2. DESCRIPTIF DU CAS D'ETUDE

FAISCEAU TUBULAIRE GV K15

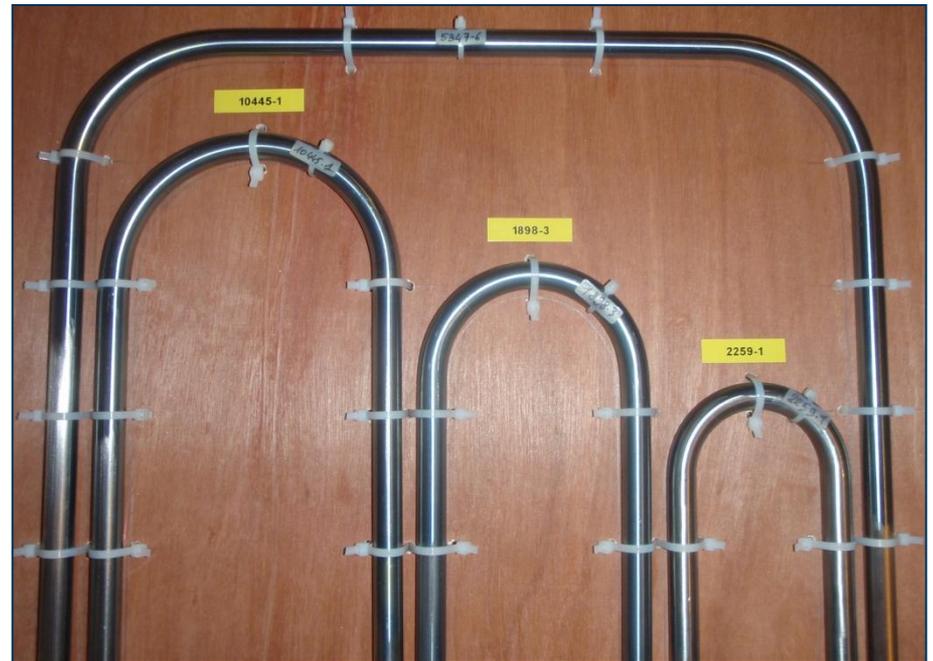
- Zone cintrée du faisceau tubulaire GV K15 :

- Données géométriques :

- Diamètre Externe : 14 mm
- Épaisseur : 1.35 mm
- Rayon de cintrage : 38 mm

- Matériau : INCOLOY 800

- Conductivité 1 MS/m
- Non ferromagnétique



ENTAILLES ETUDIEES

- **Deux géométries d'entailles :**
 - **Entailles Longitudinales :**
 - Longueur 10mm - Ouverture 0,2mm – Profondeur 50%
 - **Entailles Transversales :**
 - Extension axiale 0.2mm – Extension angulaire 180° – Profondeur 50%

- **Positionnement**
 - **En plein cintre : Position angulaire 45°**
 - **Interne et Externe :**
 - La comparaison de leur réponse est l'objet de l'étude
 - **Intrados et Extradados**

SONDE SAX

- **SAX Type A138098B ZETEC**



- **Sonde constituée de 2 bobinages à double fonction Émetteurs et Récepteurs**
- **Caractéristiques :**
 - **Diamètre externe : 9.8mm**
 - **Fréquences : 170kHz et 35kHz**

METHODOLOGIE D'EXAMEN

- **2 Fréquences d'examen : F1= 170kHz et F3=35kHz**
- **Étalonnage des 2 voies F1 et F3 :**
 - **3 trous Phi0.8mm espacés de 120° dans tube droit de même section et matériau**
- **Combinaison de fréquences C2**
 - Objectif: Annulation du signal de géométrie du à la transition Tube Droit / Coude
 - Expression mathématique: Matrice de combinaison [M] à 4 coefficients tel que:
$$C2 = F1 + [M] * F3$$
- **Étalonnage de la voie C2 :**
 - **Défauts étalons identiques: 3 trous Phi0.8mm espacés de 120° dans tube droit de même section et matériau**



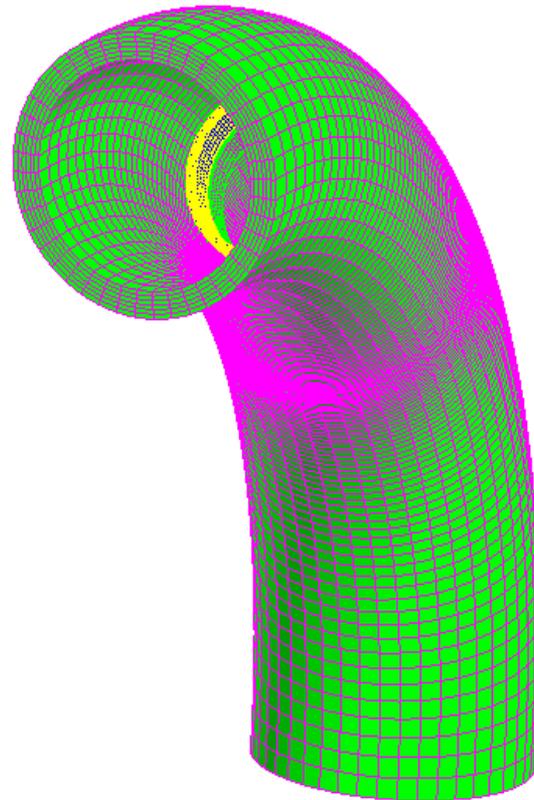
3. MODELISATIONS REALISEES



- Logiciel de calcul par éléments finis en électromagnétisme et thermique
- Développé par la société CEDRAT 
- Applications : Machines Électriques, Actionneurs électromagnétiques, Traitements thermiques, etc.
- Applications en CND :
 - Courant de Foucault
 - Autres méthodes électromagnétiques (Magnetoscopie, etc.)
- Version utilisée : 10.3 (version commerciale courante lors de l'étude)

MODELISATION SOUS FLUX

- **Nombreuses contraintes de contrôle CF**
 - Méthodologie de bruit numérique
 - Néanmoins,
- **Modèle Elem**
 - Arc de 90° reconstruits
 - Symétries planes
 - Demi-tubulure
 - Réduit la taille

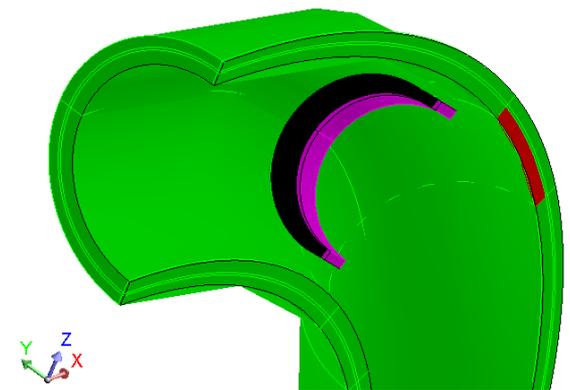


Vue du modèle avec symétries reconstruites et maillage

pour la thématique

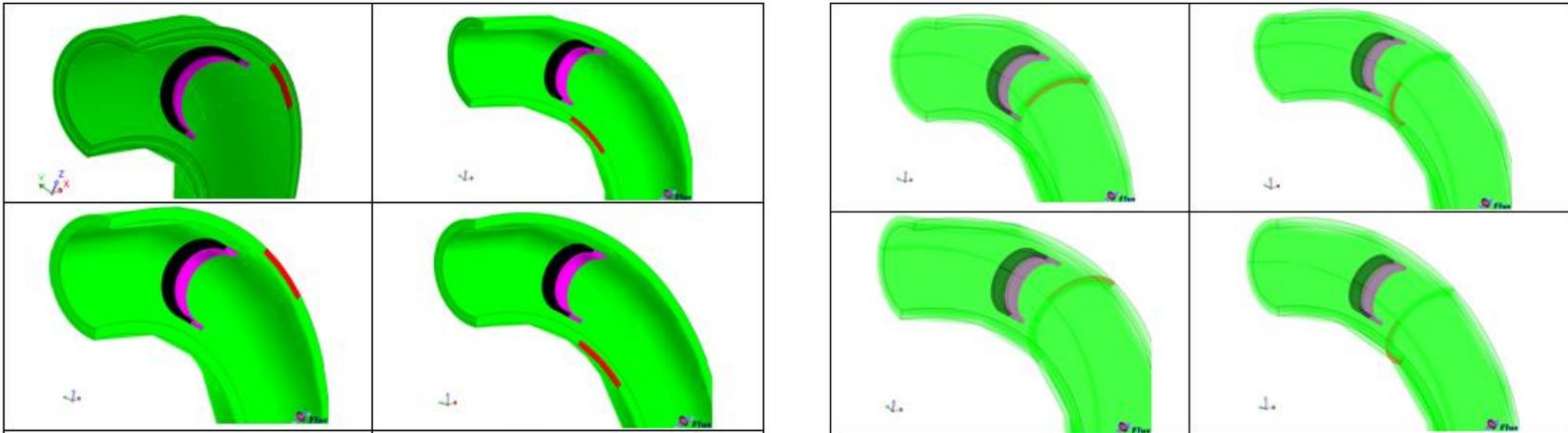
de la géométrie, Maillage (Limitation du

de l'angle de cintre 45°



SIMULATIONS REALISEES

- Les 8 configurations de défauts ont été simulées
 - Entailles longitudinales / Entailles Circonférentielles



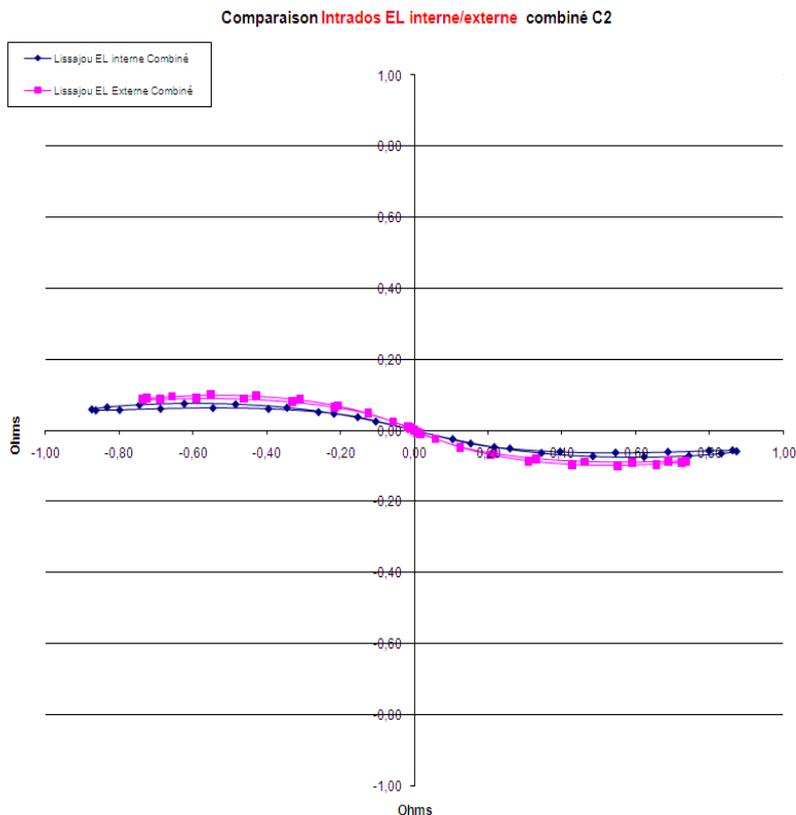
- L'ensemble de la procédure d'examen a été reproduit
 - 2 Fréquences 35kHz et 170 kHz
 - Étalonnage des voies
 - Combinaison des voies



4. RESULTATS

RESULTATS OBTENUS EN INTRADOS

- Après simulations et applications des traitements liés à la procédure d'examen, la voie C2 est analysée :
 - Entailles Longitudinales : Interne / Externe



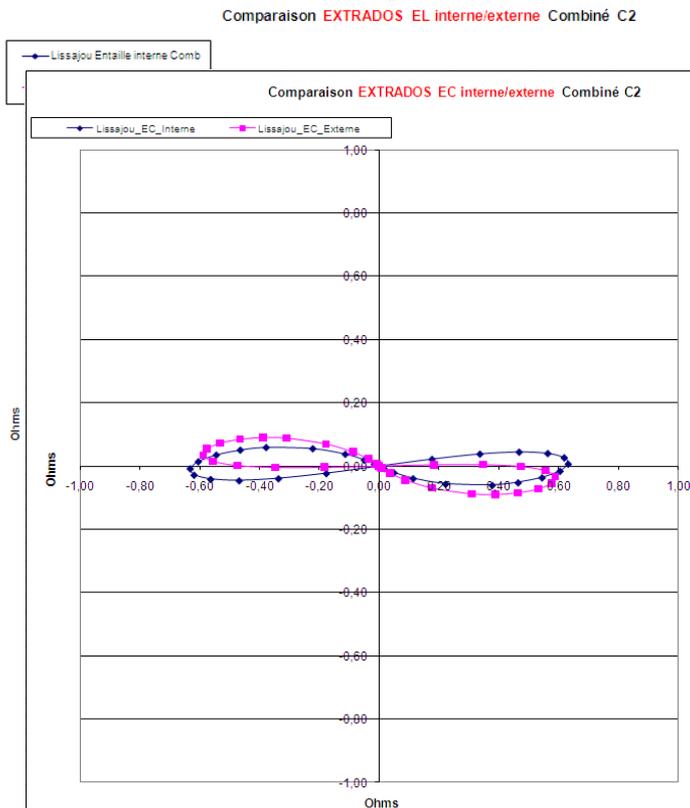
Défaut / Externe	Voie	Amplitude (mV)	Phase (degrés)*
ELI - Entaille longitudinale interne	C2	1749.7	3.9
ELE - Entaille longitudinale externe	C2	1483.2	6.8

Défaut	Voie	Amplitude (mV)	Phase (degrés)*
ECI - Entaille circonférentielle interne	C2	1349.5	-1.4
ECE - Entaille circonférentielle externe	C2	1334.3	2.7

* Convention: Positif dans le sens horaire

RESULTATS OBTENUS EN EXTRADOS

- Après simulations et applications des traitements liés à la procédure d'examen, la voie C2 est analysée :
 - Entailles Longitudinales : Interne / Externe



Défaut / Externe	Voie	Amplitude (mV)	Phase (degrés)*
ELI - Entaille longitudinale interne	C2	1931.7	4.1
ELE - Entaille longitudinale externe	C2	1732.0	7.1

Défaut	Voie	Amplitude (mV)	Phase (degrés)*
ECI - Entaille circonférentielle interne	C2	1264.2	-0.7
ECE - Entaille circonférentielle externe	C2	1178.0	3.3

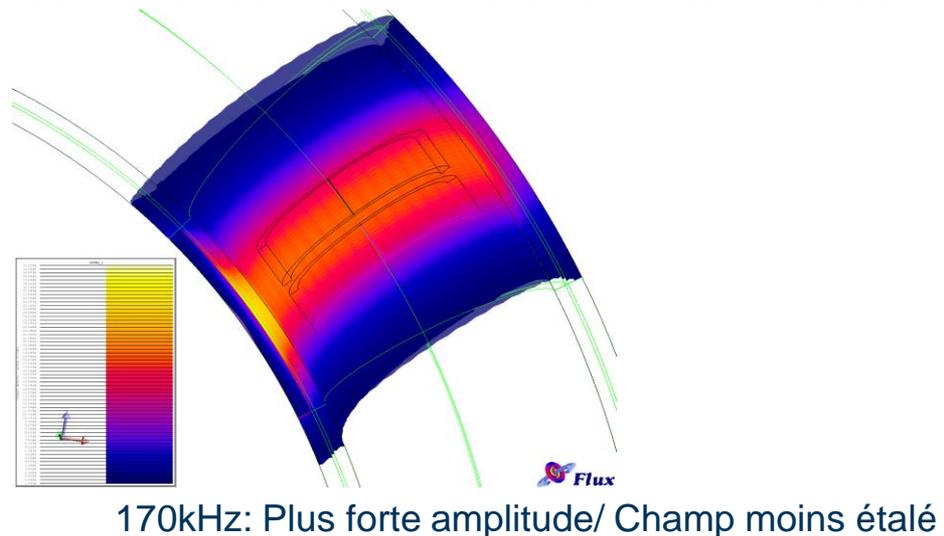
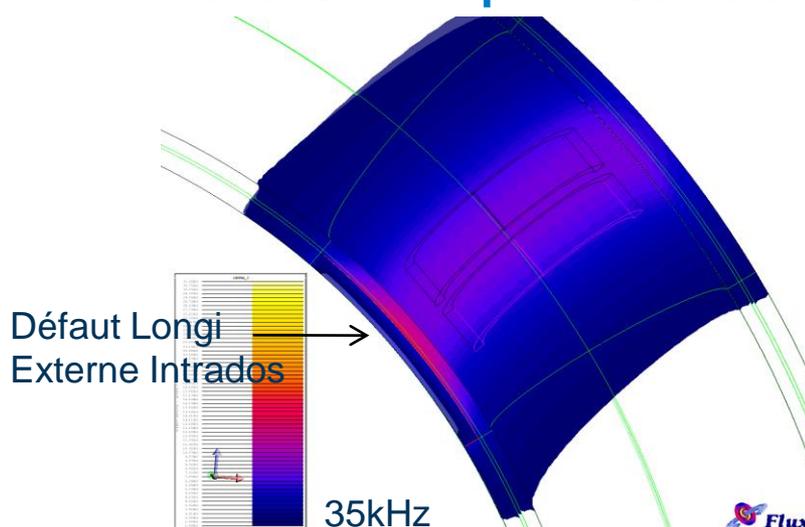
* Convention: Positif dans le sens horaire

SYNTHESE SUR LES RESULTATS

- **Sur les 4 couples d'entailles, l'amplitude de la réponse de l'entaille interne est toujours supérieure**
 - **Entailles longitudinales**
 - Intrados: + 18%
 - Extrados: +11%
 - **Entailles Circonférentielles**
 - Intrados: +1%
 - Extrados: + 7%
- **L'étude de simulation confirme l'hypothèse considérée**

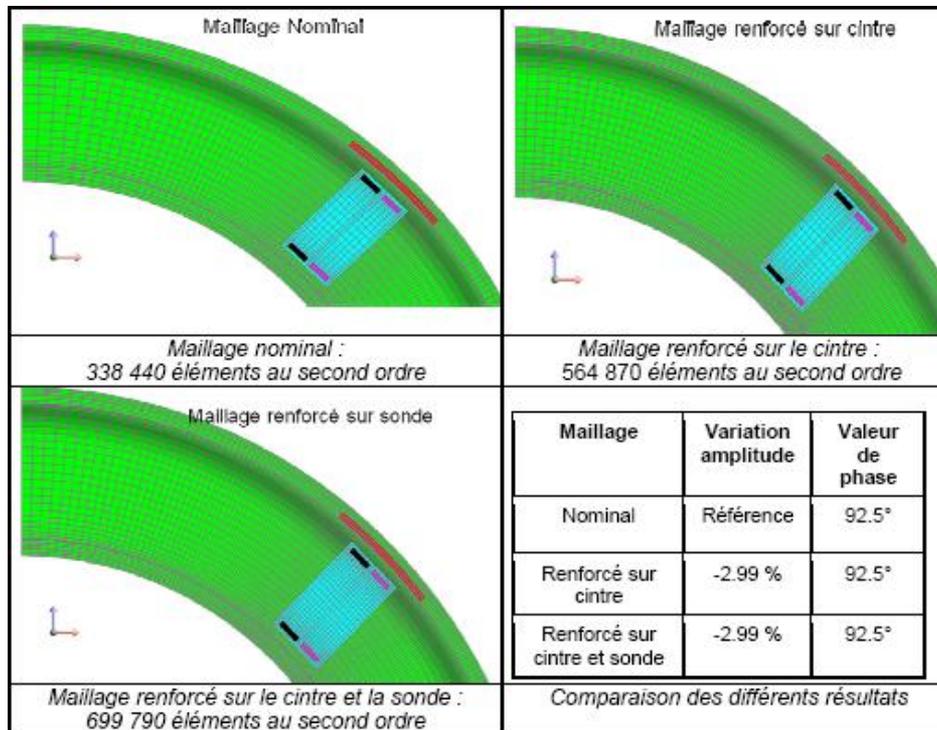
VISUALISATION DES CHAMPS

- La modélisation permet également une visualisation des champs induits :
 - Visualiser la couverture de zone du capteur CF
 - Visualiser l'impact des paramètres (fréquence, matériau) sur les courants induits
 - Visualiser l'impact des défauts sur la circulation des courants induits



SENSIBILITE AU MAILLAGE

- Une étude de sensibilité au maillage a été réalisée pour valider le modèle :



- Maillage nominal validé

VALIDATION EXPERIMENTALE

- **Comparaison avec acquisition expérimentale : Voie C2**
 - **Cas : Entailles Longitudinales Extrados**

Défaut	Simulation	Expérience	Différence
EL Interne - Amplitude	1931.7mV	1912mV	1%
EL Interne - Phase	4.1	5	0.9
EL Externe - Amplitude	1732mV	1656mV	4%
EL Externe - Phase	7.1	7	0.1

- **Très bon accord**



5. CONCLUSION

CONCLUSION

- **Contexte de qualification du contrôle SAX des tubes GV de chaufferies nucléaires embarquées**
- **Etude de simulation réalisée pour évaluer l'impact de la position interne ou externe d'une entaille dans la partie cintrée**
- **Réalisation sous FLUX avec intégration de l'ensemble de la procédure d'examen**
- **Les résultats confirment l'hypothèse selon laquelle la réponse de l'entaille interne est plus forte en amplitude**
- **Bonne Corrélation Simulation/Expérience**
- **Permet d'alléger la procédure de qualification en réalisant des essais sur maquettes ne comportant que des entailles externes**