

**Session 1: Off-Shore - Inspection - Maintenance - Réparation**

**DETECTION DE FISSURE SUR STRUCTURE EN MER EN  
PRÉSENCE DE SALISSURE MARINE PROJET "CRABE"**

S. Daste

Sté Travocéan - 148 rue sainte - 13007 MARSEILLE

Parmi les techniques de Contrôle Non Destructif (C.N.D.), certaines se proposent de détecter des fissures au niveau des soudures, la plus utilisée est la magnétoscopie qui permet une bonne localisation du défaut. Pour les dimensionnements, on a recours à deux techniques complémentaires : les Ultrasons et la Mesure de potentiel (Alternative Current POTENTIAL Drop (A.C.P.D.)) Pour certaines applications la technique Radiographie peut être utilisée (problème d'accessibilité)

Toutes ces techniques ont un point commun : elles nécessitent que les zones inspectées soient nettoyées de toutes incrustations marines et de revêtements anti-corrosion (nettoyage type 3 métal à nu). Cela représente la part la plus importante des coûts de l'inspection.

Le procédé "CRABE" est une technique de détection de fissures basée sur une méthode électromagnétique opérant dans le domaine des basses fréquences. Cette méthode (brevetée) comporte un système d'injection global de courant dans l'ensemble de la structure métallique. La présence d'une fissure provoque une perturbation sur la circulation du courant, cette perturbation est mise en évidence à l'aide d'un capteur magnétique qui détecte l'anomalie de champ correspondante.

L'intérêt majeur du procédé présenté par TRAVOCEAN et la Division LETI du CEA avec le concours d'IFREMER, apparaît clairement.

Ce projet propose en effet une technique de détection de fissures sur les noeuds sans opérer de nettoyage. Il sera ainsi possible d'inspecter la totalité d'une structure, avec un coût d'autant plus bas que l'équipement pourra être manipulable par un véhicule.

Les avantages par rapport aux systèmes existant sont :

- \* Détection de défauts jusqu'à 2cm de la structure (épaisseur de salissure)
- \* Possibilité de révéler des défauts volumiques
- \* Peu ou pas de sensibilité aux mouvements de l'opérateur (réseau)
- \* Correction des effets géométriques par utilisation d'un signal à plusieurs fréquences
- \* Système d'injection et de mesure séparés.

- **Session 1 : Off-shore - Inspection - Maintenance - Repair**
- **UNDERWATER CRACK DETECTION ON OFFSHORE STEEL STRUCTURES IN PRESENCE OF MARINE FOULING**
- S.Daste
- Company TRAVOCEAN - 148 Rue sainte - 13007 MARSEILLE

Among (Underwater) NDT (Non Destructive Testing) methods available, some are specifically aimed at localizing weld cracks, MPI (Magnetic Particle Inspection) being the most widely used. As far as sizing of cracks is concerned, two complementary methods must be used, namely UT (Ultrasonic Testing) and ACPD (Alternating Current Potential Drop) (The radiographic method may sometimes be applicable, depending on access to the job)..

All these techniques have in common to require a thorough (Bright metal) cleaning of surfaces to be inspected, in order to remove all marine fouling and corrosion prevention coatings present. This task represents the most costly part of inspection programmes.

The "CRABE" method is a crack detection technique based on the use of low electromagnetic frequencies. This (patented) method relies on a global injection of current within the structure under inspection. The presence of a crack shall cause a disruption in the current flow, and consequently of the magnetic field off the surface in the vicinity of a defect. It is this magnetic signature which is detected by the magnetic sensor used with "CRABE".

The major advantage of this process, developed by TRAVOCEAN and the LETI Division of CEA with the help of IFREMER, appears clearly :

No preliminary cleaning of the welds to be inspected is required, since no contact is necessary. Similarly, it shall be possible to inspect the whole of structures to a total cost all the more reduced than the detection equipment can be operated by means of a ROV (Remotely Operated Vehicle).

The advantages listed to date by comparison with other existing methods are as follows :

- \*defect detection capability up to 2cm off the surface undergoing inspection
- \*possibility to detect volumic (as opposed to planar) defects,
- \*little or no susceptibility to operator movements, by way of the use of a network of sensors
- \*correction of magnetic effects linked with structure geometry by way of using dual frequency signals,
- \*physical separation between the injection system and the sensors.

## DETECTION DE FISSURES SUR JACKETS EN PRESENCE DE SALISSURES MARINES

### INTRODUCTION

Le nombre de plateformes de forages pétroliers en mer n'a cessé d'augmenter. L'installation de structures de plus en plus massives dans des eaux plus profondes et plus hostiles constitue un continuel défi technologique.

La réglementation sur les programmes d'inspection des structures pétrolières en mer est défini par les autorités de certifications des pays concernés.

Les différents types de contrôle adoptés par les pétroliers sont en général :

- Contrôle visuel général de la structure
- Contrôle visuel détaillé
- Contrôle non destructif

Pour l'inspection détaillée des noeuds, les opérateurs utilisent plusieurs techniques de contrôle non destructif. Celles-ci ont toutes un point commun : elles nécessitent que les zones inspectées soient nettoyées de toutes salissures marines ainsi que du revêtement anti-corrosion.

Les techniques les plus employées sont :

- La MAGNETOSCOPIE (M.P.I Magnetic Particle Inspection)
- Les ULTASONS
- La MESURE DE POTENTIEL (A.C.P.D. Alternative Current Potential Drop)
- la RADIOGRAPHIE

Le nettoyage est difficile et compte pour 70% du temps de l'inspection. Cela représente la part la plus importante des coûts de maintenance.

L'intérêt du procédé "CRABE" qui est présenté ici apparaît clairement. En effet, ce procédé propose une technique de détection de fissure sans enlèvement de salissure.

### LE PROCEDE CRABE

Le procédé "CRABE" est donc une nouvelle technique de détection de fissures à distance, basée sur une méthode électromagnétique opérant dans le domaine des basses fréquences (< 10 khz).

Cette méthode comporte un système d'induction de courant dans la structure à analyser et un système de mesure de champ magnétique.

Ni l'ensemble inducteur ni l'ensemble récepteur ne sont en contact avec le matériau inspecté.

L'ensemble inducteur génère un courant alternatif dans une maille métallique du jacket ; ce courant est réparti uniformément le long du tube. La présence d'une fissure, vue comme isolant électrique, provoque alors une perturbation sur la circulation du courant.

Cette perturbation est mise en évidence à l'aide d'un capteur magnétique qui détecte l'anomalie de champ magnétique correspondante. L'utilisation d'un réseau de capteurs magnétiques solutionne le problème de localisation sous recouvrement mal défini (Fig.1.).

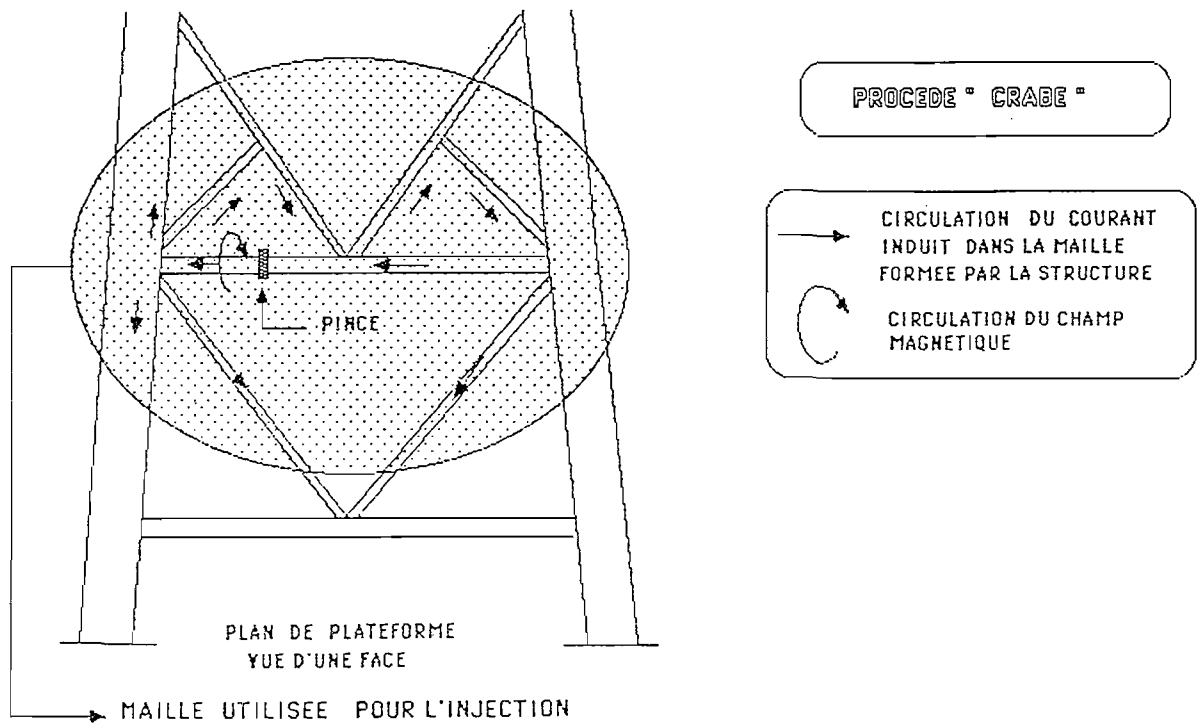


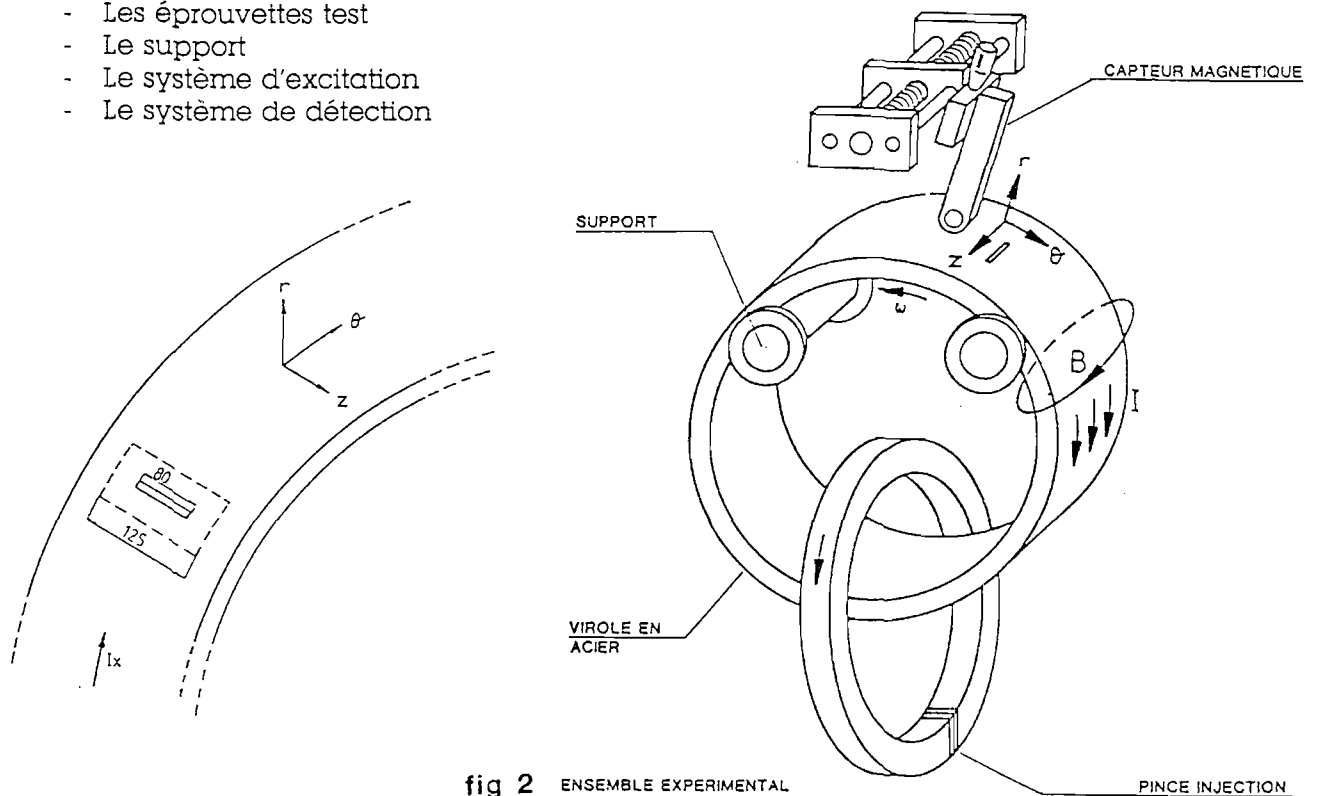
fig 1

### ESSAIS EN LABORATOIRE

Des essais en laboratoire ont été effectués sur des éprouvettes en acier comportants des défauts calibrés, afin de définir les performances de cette technique. Les anomalies du signal provoquées par les différents défauts ont été analysées, compte tenu des fréquences des courants injectés ainsi que la hauteur de survol du capteur par rapport à la pièce.

L'ensemble expérimental est composé de quatre parties (Fig.2).

- Les éprouvettes test
- Le support
- Le système d'excitation
- Le système de détection



Les éprouvettes sont des viroles en acier TU52B, dont la perméabilité initiale est 250. Les dimensions sont 400mm de diamètre, épaisseur 25mm, largeur 200mm. Trois défauts espacés à 120° ont été réalisés à la surface de chaque virole. Ces défauts dont la taille varie de 30 à 80mm de long et de 1mm à 5mm de profondeur ont été réalisés par électro-érosion.

Le support a été conçu pour faire tourner les viroles.

Le système d'injection est un tore magnétique fermé sur l'éprouvette ainsi la virole peut, elle, être considérée comme la partie secondaire d'un transformateur. Quand un courant alternatif est appliqué au primaire du tore, un courant alternatif est induit dans la virole. Les fréquences utilisées sont 11 Hz, 111 Hz, 1011 Hz, 9997 Hz, ceci pour éviter les interférences avec le 50 Hz et 60 Hz. La pénétration à ces fréquences sont respectivement 4.5mm, 1.1mm, 0.5mm, 0.1mm.

Le courant induit génère un champ magnétique autour de la virole, qui est détecté par une bobine placée au-dessus. Le capteur est connecté à un module de détection synchrone ; l'amplitude et la phase du signal sont enregistrées sur un ordinateur. Pour chaque tour de virole, un moteur pas à pas déplace le capteur de 3.5mm dans la direction Z. Les cartographies de  $B(0,z)$  sont ainsi obtenues à la surface de la virole avec une hauteur (sonde/surface) constante. Une simple opération mathématique est alors introduite pour éliminer les effets de bord et conserver uniquement les signaux dus aux défauts (Fig.3).

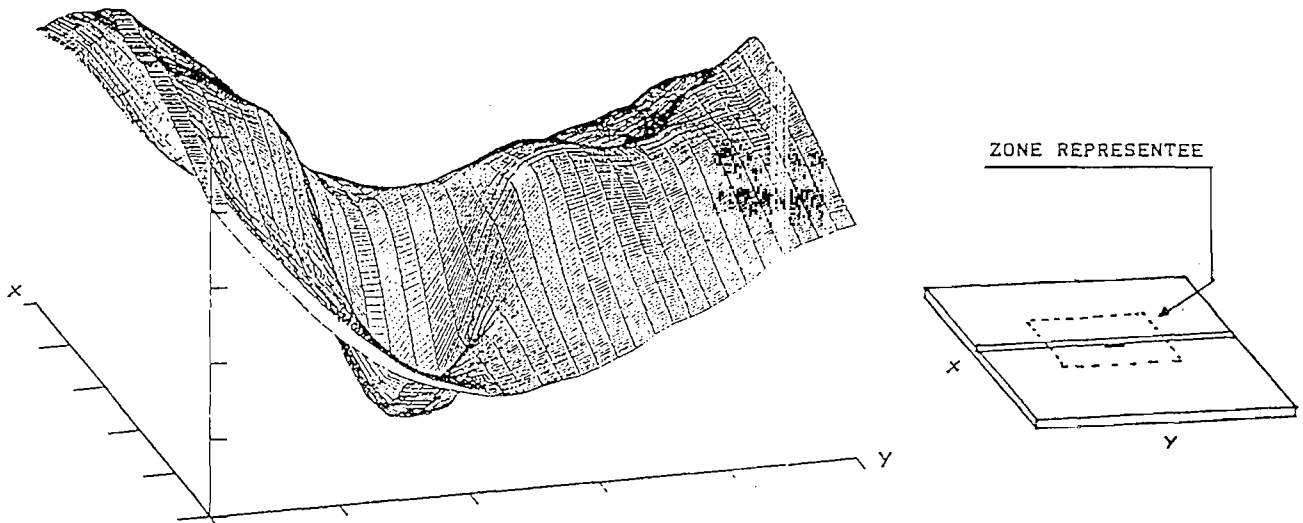


fig 3

Les enregistrements d'un passage le long de l'axe 0 au-dessus de trois défauts de 30mm de long et 1, 5, 3mm de profondeur ont été réalisés avec quatre fréquences (a : 11 Hz, b : 111 Hz, c : 1011 Hz, d : 9997 Hz).

Le défaut de 1mm de profondeur est plus visible à 111 Hz qu'à 1011 Hz ou 9997 Hz, et invisible à 11 Hz.

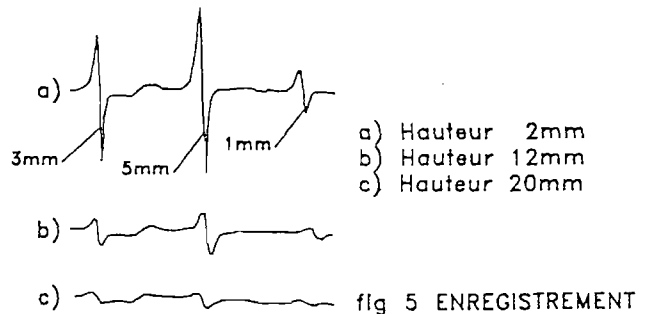
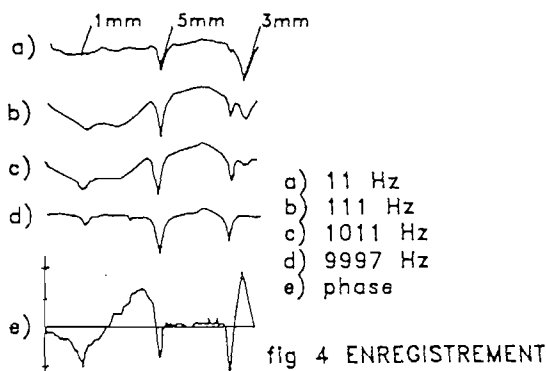
Le défaut de 3mm donne une plus petite variation significative pour 1011 Hz comparée à 9997 Hz.

A la plus haute fréquence, les pics sont proportionnels à la profondeur des défauts. La perturbation à la fin de l'enregistrement est plus significative que les autres. Ceci est dû en fait à un défaut interne ; à haute fréquence il n'est plus visible alors qu'il est très visible à basse fréquence. Il est possible de différencier un défaut superficiel d'un défaut dans la masse en examinant l'enregistrement de la phase (Fig.4).

Une autre série d'expérience a été effectuée sur la même virole pour examiner l'influence de la hauteur entre la sonde et la surface à examiner.

Pour cet essai, une sonde différentielle a été utilisée et trois enregistrements effectués selon le même axe que précédemment, à trois hauteurs: 2mm, 12mm, 20mm.

Les résultats montrent que le défaut de 30mm de long, et de 3mm de profondeur est détecté à 20mm de hauteur (Fig.5).



### ESSAIS DANS L'EAU

Suite aux essais en laboratoire, il est permis de conclure que cette technique est très prometteuse pour les inspections sous-marines, et peut réduire les coûts des opérations de nettoyage. Un prototype pour des essais dans l'eau a été réalisé. Il se compose de deux parties :

- un système d'injection qui induit un courant électrique alternatif à différentes fréquences,
- un système de palpeur multicapteur qui détecte les variations de l'induction magnétique.

Les deux ne sont pas en contact avec la structure inspectée.

Des essais ont été effectués sur noeud en K en acier au carbone E24. Les soudures des tubes ont été effectuées suivant les mêmes procédures que celles utilisées pour les structures offshore. Une fissure de fatigue a été créée à l'aide d'un vérin hydraulique (Fig.6).

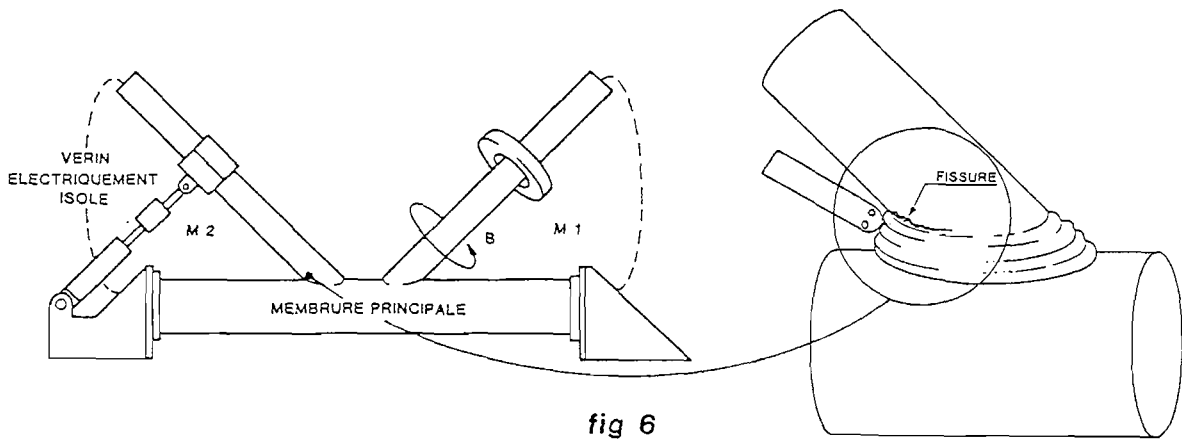


fig 6

Un enregistrement à 5mm de la surface a été effectué dans l'air et dans l'eau. La sonde a été déplacée le long des soudures point par point, sur des positions prédéterminées.

La figure n°7, est un enregistrement des variations de la composante normale le long des soudures fissurées et non fissurées. On remarquera que les pics d'amplitude entre les mesures faites dans l'air et dans l'eau sont légèrement différentes. La fissure est dans les deux cas détectée et les pics indiquent les extrémités.

La figure n°8 est un enregistrement différentiel de la composante tangentielle de l'induction magnétique. La comparaison entre la soudure fissurée et non fissurée montre clairement la perturbation due à la fissure.

Un enregistrement à 10mm de la surface a été également effectué.

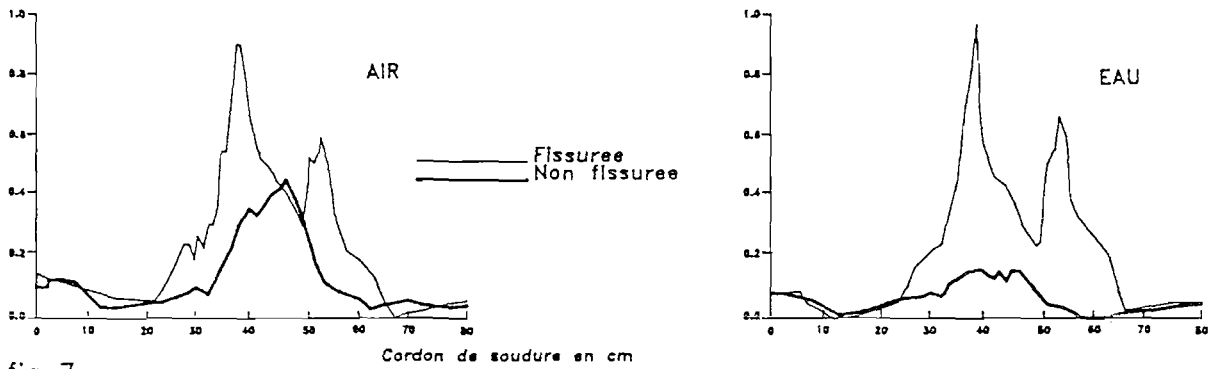


fig 7

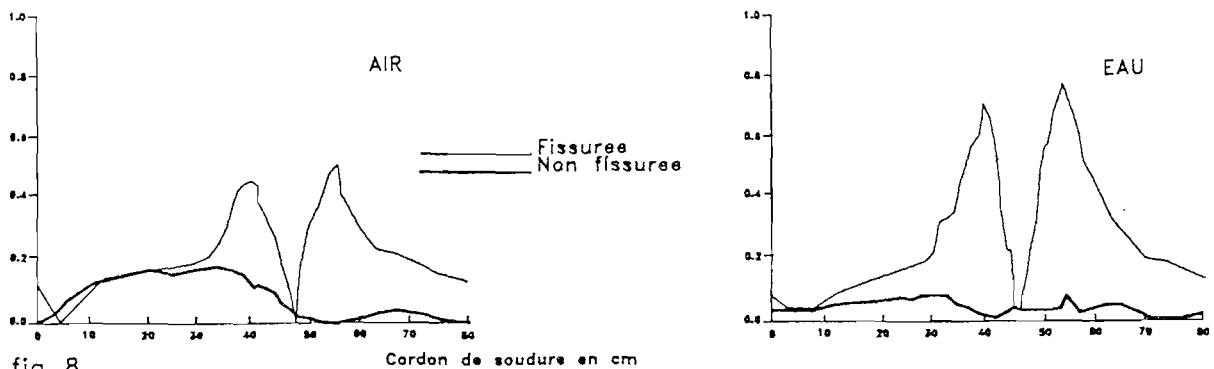


fig 8

## **CONCLUSION**

La principale conclusion de ce travail expérimental est que cette nouvelle technique semble très prometteuse pour l'inspection sous-marine.

En considérant les trois principales remarques .

- Premièrement, cette technique paraît être très économique car elle supprime les coûts de l'opération de nettoyage : la détection de défaut a bien été réalisée à une hauteur de 10mm par rapport à la surface lors des essais.
- Deuxièmement, elle est répétitive et ne nécessite pas un entraînement très spécialisé pour l'opérateur. La séparation entre le système injection et détection réduit les risques d'erreur ou indication erronées, les signaux enregistrés sont peu sensibles aux erreurs de mouvement de l'opérateur.
- Troisièmement, il est encourageant de noter que la caractérisation des défauts peut être donnée. La longueur des fissures peut être aisément déterminée en plaçant un réseau de capteurs le long de la soudure. L'analyse de la composante tangentielle combinée avec l'utilisation de courant induit multifréquence donne une estimation de la profondeur du défaut. D'autre part l'analyse du signal de la phase peut indiquer si un défaut est interne ou débouchant.

Cependant le développement de cette technique qui est récente nécessite encore des améliorations avant de devenir une technique correspondant aux nécessités de l'inspection offshore.

Des essais sont prévus fin 1990, pour tester le prototype du système d'injection et du palpeur multicapteurs, sur une structure comportant des défauts masqués, ceci afin de permettre de confirmer les mesures réalisées en laboratoire.