



NON DESTRUCTIVE DETERMINATION OF THE MECHANICAL STRENGTH OF A BRAZED JOINT WITH ELECTRICAL POTENTIAL MEASUREMENTS  
CONTROLE NON DESTRUCTIF DE LA RESISTANCE MECANIQUE D'UNE BRASURE PAR MESURE DE POTENTIEL ELECTRIQUE

DAGUET J. - BEAUBRON A.  
MANARANCHE J. C.

IS-sur-TILLE

C. E. A.

FRANCE

**SUMMARY:** A method is described which allows the quantification of the mechanical strength of a brazed joint by measuring the surface voltage when a current runs through the joint. The results are discussed and compared with those obtained from traditional destructive tests.

**RESUME :** On décrit une méthode permettant de quantifier la résistance mécanique d'un assemblage brasé à partir de mesures de potentiel de surface effectuées alors que l'assemblage est parcouru par un courant électrique. Les résultats obtenus sont présentés et comparés à ceux des essais destructifs classiques.

## I - INTRODUCTION

L'évaluation non destructive de la résistance mécanique d'une brasure constitue pour le contrôleur un problème plus ardu encore que celui posé par la caractérisation des collages. En effet, les méthodes conventionnelles telles que la radiographie ou l'échographie ultrasonore ne donnent que des renseignements qualitatifs sur la présence de "défauts" dans la brasure sans permettre une quantification de leurs effets, et la méthode bien connue fondée sur la résonance d'un traducteur ultrasonore (méthode FOKKER) se heurte à la forte raideur de la brasure et ne permet plus qu'une approche par tout ou rien.

On propose ici un procédé fondé sur la mesure de la résistance électrique de la brasure. Cette méthode avait été développée dans un premier temps pour permettre une mesure de la résistance thermique de la jonction d'une plaque sur un réservoir cylindrique comportant un embrèvement, l'ensemble constituant un assemblage axi-symétrique. Elle s'est avérée ensuite conduire à une très bonne corrélation avec les valeurs de résistance mécanique obtenues par des essais destructifs de traction.

## II - PRINCIPE DU CONTROLE PAR RHEOMETRIE

La méthode générale de contrôle par rhéométrie consiste à mettre en évidence des variations de résistance électrique.

Dans le cas du contrôle d'un joint brasé les variations de résistance électrique que nous cherchons à détecter peuvent être dues :

- soit à des manques de brasure
- soit à des défauts de mouillage des surfaces par la brasure
- soit encore à des décollements ou à une mauvaise adhérence des dépôts de préparation de surface.

III - MISE EN OEUVRE DE LA METHODE

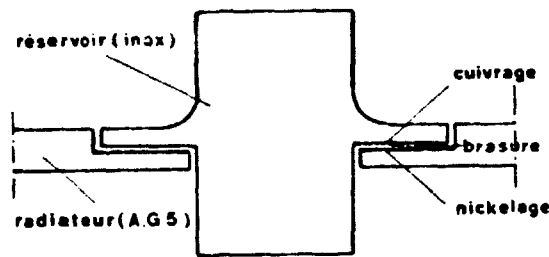


Fig.1 schéma de l'assemblage brasé

Nous avons appliqué cette méthode de contrôle d'un joint brasé assurant la solidation d'un ensemble composé d'un réservoir cylindrique en acier inoxydable et d'une plaque circulaire en alliage léger. Le schéma de principe de la chaîne de mesure utilisée est représenté sur la figure 2.

III.1 - Description de la chaîne de contrôle

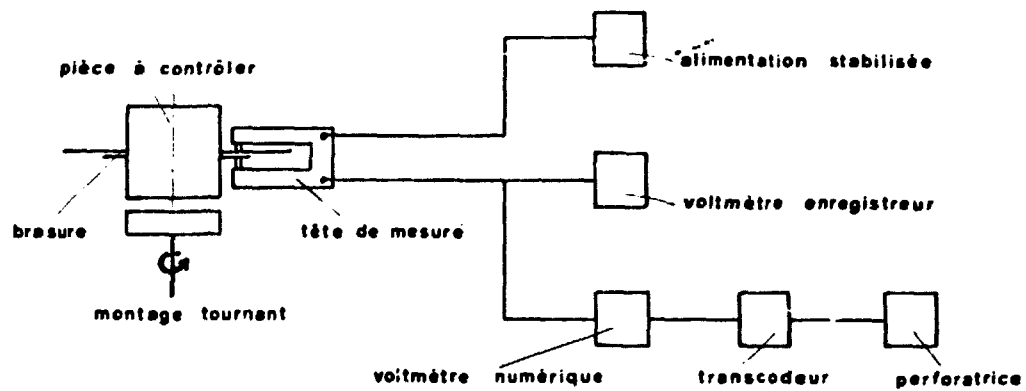
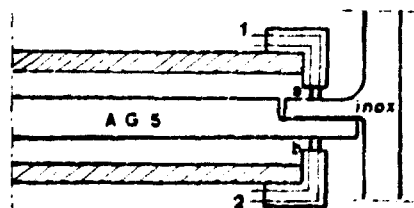


Fig.2 schéma de principe de la chaîne de contrôle

III.1.1 - La tête de mesure



a.b. électrodes de mesure  
1 2. électrodes d'amenée de courant

Fig.3 schéma de la tête

Très simple, elle est conçue à la manière d'une pince dont l'ouverture des mâchoires permet l'introduction de la pièce à contrôler sans risque de détérioration des électrodes réalisées en fil d'acier. Le corps de l'électrode constitue lui-même le ressort assurant le contact reproductible avec la surface de la pièce. Les électrodes d'alimentation en courant et de mesure, disposées symétriquement par rapport au plan de la brasure, sont amenées au contact de la surface de la pièce par un dispositif de fermeture.

## CONTROLE DE LA RESISTANCE MECANIQUE d'UNE BRASURE

La mise en forme des extrémités des électrodes leur permet de franchir sans difficulté les accidents de surface éventuels (trous, rainures).

La tête est fixée sur un support à mouvement micrométrique assurant le déplacement radial nécessaire à l'exploration de la brasure suivant une succession de cercles concentriques.

### III. 1. 2 - Le montage tournant

Ce dispositif permet de faire défiler la zone brasée entre les électrodes de mesure et d'alimentation par rotation autour de l'axe du réservoir cylindrique.

Il comprend :

- un plateau support de pièce
- un motoréducteur assurant la rotation de la pièce à vitesse constante
- un dispositif d'accouplement débrayable
- un dispositif de contrôle de rotation qui délivre d'une part un signal tous les dix degrés, d'autre part un signal "fin de cycle" entraînant l'arrêt de la rotation et de l'alimentation en courant de la tête de mesure à la fin de chaque tour.

### III. 1. 3 - Dispositifs électroniques d'alimentation, de mesure et d'enregistrement des données

- Une alimentation stabilisée délivre le courant nécessaire à la tête de mesure pendant la rotation.
- Les différences de potentiel existant entre les électrodes de mesures sont traitées par un voltmètre numérique et un transcodeur avant enregistrement sur bande perforée.
- Un enregistrement parallèle du signal analogique sur enregistreur potentiométrique permet de s'assurer du bon déroulement des opérations de contrôle et donne une première indication sur l'importance des défauts de brasure.

### III. 2 - Performances de l'installation

Nous avons procédé en particulier à la vérification des points suivants :

- effet de bord

Avec la disposition relative retenue pour les électrodes et le mode opératoire utilisé, aucun effet de bord sensible n'a été observé en l'absence de défaut. En présence de défaut l'effet de bord augmente légèrement la différence de potentiel alors mesurée.

- Influence de l'intensité

Avec les intensités ne dépassant pas 4A les résultats sont très semblables, le signal est proportionnel à celle-ci. Le bruit de fond est inférieur à la sensibilité de l'appareillage.

- Influence de la température globale de la pièce

Entre 25 et 57°C aucune influence sensible n'a été relevée.

## CONTROLE DE LA RESISTANCE MECANIQUE D'UNE BRASURE

### - Reproductibilité

La reproductibilité est excellente.

L'inversion de la polarité du courant d'alimentation entraîne un décalage dû aux effets thermoélectriques, mais, l'allure des courbes obtenues est tout à fait identique.

### - Sensibilité

La comparaison de l'enregistrement analogique et de l'aspect de la brasure après arrachement montre la finesse de la détection obtenue : une absence de métal d'apport sur une surface de 1,5mm<sup>2</sup> est parfaitement détectée.

## IV - PRESENTATION DES RESULTATS OBTENUS

### IV.1 - Données fournies par le contrôle potentiométrique

Les valeurs du potentiel électrique en chaque point des cercles explorés sont traitées par ordinateur suivant un programme qui permet d'obtenir :

- la valeur moyenne de la différence de potentiel sur l'ensemble de la brasure.
- la valeur moyenne de la ddp par secteurs de 30°

### IV.2 - Recherche d'une régression entre résistance à l'arrachement et valeurs moyennes des ddp

Le graphique de la figure N° 4 présente les résultats obtenus :

- sur des éprouvettes découpées après sélections de secteurs de réponse potentiométrique uniforme. Les différences de potentiel retenues ont été mesurées après découpe pour se prémunir contre toute dégradation éventuelle durant l'opération d'usinage.

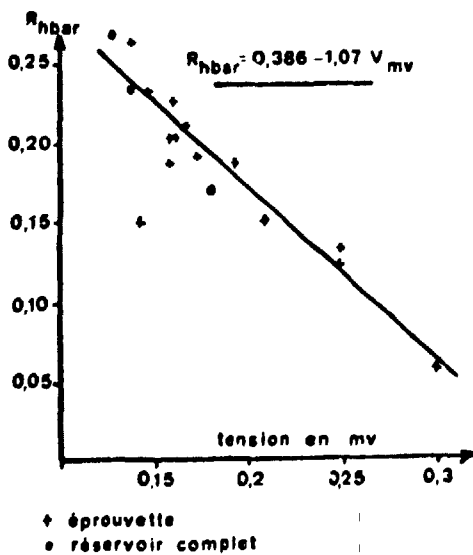


Fig. 4 droite d'étalonnage

-sur trois réservoirs brasés soumis à l'essai d'arrachement après contrôle potentiométrique.

Le simple examen de la disposition des points montre leur bonne répartition linéaire.

Le calcul de la droite des moindres carrés, effectué avec les résultats obtenus sur éprouvettes, conduit à la fonction :

$$R = 0,386 - 1,07 \frac{V}{mV}$$

avec un coefficient de régression = 0,92 >>> 0,6 valeur limite au seuil de probabilité 0,01. Ceci confirme bien l'existence d'une excellente régression.

## CONTROLE DE LA RESISTANCE MECANIQUE D'UNE BRASURE

La connaissance de la surface brasée permet de relier résistance et force à l'arrachement et donc de garantir tant la qualité par zones que la qualité globale de la brasure.

On voit en particulier que les résultats obtenus sur réservoirs complets soumis à l'essai d'arrachement se situent parfaitement de part et d'autre de la droite d'étalonnage, très près d'elle.

### V - CONCLUSIONS

L'évaluation non destructive de la résistance mécanique d'une brasure se trouve parfaitement réalisée d'une manière simple et efficace par le contrôle potentiométrique.

Le traitement informatique des données permet par ailleurs un rendu rapide des résultats sous une forme bien adaptée puisque l'on obtient à la fois la résistance globale de l'assemblage et son évolution par secteurs.

### BIBLIOGRAPHIE

- 1 BUCHANAN J. G. - THURSTON R. C. A., The measurement of crack Depths by the Direct. current conduction method, J. of Soc NDT, Vol. 14 (1956)
- 2 Non Destructive Testing Handbook, Vol. 2, Chapitre 35.1 (1963)
- 3 BECKER E., Zur Risstiefen Bestimmung mit electrischen Verfahren, Cong. Budapest , T. 3 (1967)
- 4 ANDREESSEN N - PASCU A, Méthode de contrôle non destructif des soudures par mesure de conductibilité électrique, Saclay , 12° Colloque de Métallurgie (Juin 1968)
- 5 STRASSER M., Contrôle non destructif des criques dans les pièces en acier à l'aide de sondes de potentiel en CC, Thyssensforschung, COD. 11.U-259 N. 3 (1969)
- 6 BELTZER - LACOSTE - RADENAC, Dispositif de CND de cordons de soudure sur pièces de révolution, Brevet EN 70 21897, (1970)
- 7 GILLE, La méthode rhéométrique et son utilisation pour les CND, 6ème Int. Conf. on NDT Hanovre (1970)
- 8 STRASSER M., Développements et résultats obtenus avec la méthode rhéométrique à courant continu pour les CND d'éléments de construction, 6ème Int. Conf. on NDT Hanovre (1970)
- 9 GILLE G., The electrical potentiel method and its application to non destructive testing, NTD Journal, Vol. 4, N. 1 (1971)
- 10 BARDON J. P - CASSAGNE B. - DAGUET J. - MANARANCHE JC., Non Destructive Testing of welds by temperature field or potential field analysis, The British Jour. of NDT (Jan. 1974)
- 11 BARDON J. P - CASSAGNE B. - DAGUET J. - MANARANCHE JC, Contrôle par analyse thermique ou potentiométrique de soudures effectuées par bombardement électronique, 7è Conf. Int. sur les essais non-destructifs, Varsovie (1973)