

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 723 869

②1 N° d'enregistrement national : **94 10433**

⑤1 Int Cl[®] : B 23 P 6/00, B 23 K 33/00 B 23 K 101:06, 103:04

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 30.08.94.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : 01.03.96 Bulletin 96/09.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : FRAMATOME SOCIETE ANONYME
— FR.

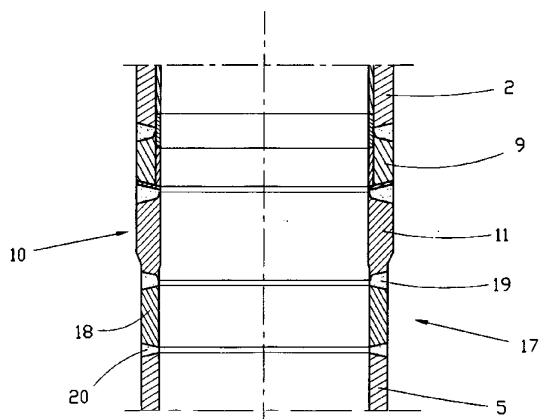
⑦2 Inventeur(s) : SORT MICHEL.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire : CABINET LAVOIX.

⑤4 PROCÉDE DE REPARATION D'UNE LIAISON SOUDEE HETEROGENE ENTRE UNE TUBULURE D'UN
COMPOSANT D'UN REACTEUR NUCLEAIRE ET UNE TUYAUTERIE.

⑤7 La tubulure (2) est en acier de construction faiblement allié et la tuyauterie (5) est en acier inoxydable austénitique. On découpe et on sépare de la tubulure (2) et de la tuyauterie (5), un tronçon tubulaire de liaison comportant au moins une partie de la liaison soudée hétérogène. On réalise un tronçon tubulaire de remplacement (10) par soudage bout à bout d'une première pièce tubulaire en acier ferritique (9) et d'une seconde pièce tubulaire (11) en acier inoxydable austénitique, on soude bout à bout l'extrémité libre de la première pièce (9) sur une extrémité libre de la tubulure (2) et on raccorde par soudage l'extrémité libre de la seconde pièce (11) du tronçon de remplacement (10) à l'extrémité laissée en attente de la tuyauterie (5) en acier inoxydable austénitique. L'invention s'applique en particulier à la réparation de la soudure hétérogène entre la tubulure d'un pressuriseur et une tuyauterie d'expansion reliée au circuit primaire d'un réacteur nucléaire.



FR 2 723 869 - A1



L'invention concerne un procédé de réparation d'une liaison soudée hétérogène entre une tubulure d'un composant d'un réacteur nucléaire en acier de construction faiblement allié, appelé acier ferritique, et une tuyauterie en acier inoxydable austénitique.

Les réacteurs nucléaires, et en particulier les réacteurs nucléaires à eau sous pression, comportent des composants tels que la cuve du réacteur, les générateurs de vapeur et le pressuriseur qui sont réalisés en acier de construction à haute résistance faiblement allié, revêtus intérieurement d'une couche d'acier inoxydable et reliés par l'intermédiaire d'une ou plusieurs tubulures, à une ou plusieurs tuyauteries en acier inoxydable austénitique constituant par exemple des canalisations de liaison au circuit primaire du réacteur.

La cuve d'un réacteur nucléaire présente une forme générale cylindrique et comporte une virole portetubulures dans laquelle sont formées un ensemble de tubulures permettant le raccordement de la cuve aux tuyauteries des différentes boucles.

Les générateurs de vapeur des réacteurs nucléaires à eau sous pression comportent une boîte à eau ayant une paroi de forme hémisphérique constituant la partie inférieure du générateur de vapeur, dans laquelle sont formées deux tubulures qui sont reliées par soudage à deux canalisations du circuit primaire du réacteur.

Le pressuriseur d'un réacteur nucléaire à eau sous pression comporte une enveloppe de forme générale cylindrique ayant deux fonds bombés, le fond inférieur présentant une tubulure de raccordement au circuit primaire du réacteur nucléaire par l'intermédiaire d'une tuyauterie d'expansion en acier inoxydable austénitique, le fond supérieur étant raccordé de la même manière à d'autres tuyauteries en acier inoxydable austénitique.

Dans tous les cas, les tubulures de raccordement du composant qui sont en acier de construction et revêtues intérieurement d'acier inoxydable doivent être fixées par soudage bout à bout sur une tuyauterie en acier inoxydable austénitique.

Il est donc nécessaire de réaliser une soudure de jonction hétérogène entre la tubulure et la tuyauterie, cette soudure hétérogène étant généralement réalisée en utilisant un alliage de nickel comme métal d'apport pour le remplissage d'un chanfrein ménagé entre la tubulure et la tuyauterie ou entre la tubulure et un tronçon intermédiaire de raccordement en acier inoxydable austénitique.

Préalablement à la réalisation de la soudure hétérogène entre la tubulure et la tuyauterie ou le tronçon intermédiaire, il est nécessaire de déposer une couche épaisse d'alliage de nickel, souvent nommée "beurrage", sur la partie d'extrémité de la tubulure constituant une surface de délimitation du chanfrein dans lequel on dépose le métal d'apport, lors du soudage.

Des contrôles effectués par ressuage de la zone de liaison hétérogène entre les tubulures et les tuyauteries des réacteurs nucléaire à eau sous pression ont mis en évidence, dans certains cas, des défauts dans ces zones de liaison.

Bien que les défauts détectés à ce jour ne portent pas atteinte réellement à la sûreté de la liaison soudée en ce qui concerne son étanchéité et sa résistance, il est préférable d'envisager des réparations des liaisons soudées présentant des défauts, de manière à éviter tout risque d'évolution de ces défauts pendant l'utilisation du réacteur nucléaire, les tubulures et tuyauteries étant soumises au contact de l'eau sous pression du réacteur à très haute température et sous une très forte pression.

Une opération de réparation de la liaison soudée hétérogène entre une tubulure et une tuyauterie en acier

inoxydable austénitique présente des difficultés, du fait que le composant et la tuyauterie ont été activés pendant le fonctionnement du réacteur nucléaire et qu'il faut en conséquence effectuer la réparation en zone irradiée. De plus, la réparation qui pose des problèmes métallurgiques importants doit être effectuée dans une zone généralement exigüe à proximité du composant logé dans le bâtiment du réacteur. Il est donc nécessaire de réaliser les opérations de réparation en utilisant des dispositifs de soudage automatique et en diminuant les temps d'intervention en zone fortement irradiée.

Pour refaire la soudure hétérogène, il est d'autre part nécessaire d'effectuer un usinage de l'extrémité de la tubulure et de revêtir l'extrémité réusinée par une couche de beurrage en alliage de nickel.

Il faut également reconstituer la couche de revêtement inoxydable destinée à venir en contact avec l'eau sous pression du réacteur nucléaire, à l'intérieur de la liaison soudée.

Les opérations de réparation sont donc généralement très délicates et très difficiles à mettre en oeuvre.

Dans le cas de la réparation de la liaison soudée de la ligne d'expansion d'un pressuriseur, il est également nécessaire de tenir compte de la présence d'une manchette thermique dans une disposition coaxiale à l'intérieur de la tubulure dans sa zone de jonction avec la tuyauterie.

Dans tous les cas, il est nécessaire de contrôler soigneusement la soudure hétérogène réalisée lors de la réparation, et de faciliter les inspections ultérieures appelées "inspections en service" auxquelles cette zone est soumise, ces opérations étant difficiles à mettre en oeuvre, en particulier dans le cas où la tubulure comporte une manchette thermique.

Jusqu'ici, on ne connaissait pas de procédé de réparation d'une liaison soudée hétérogène entre une tubulure et une tuyauterie qui puisse être mis en oeuvre de manière simple, avec une qualité parfaite de la réparation et une possibilité de contrôle de la soudure hétérogène réalisée.

Le but de l'invention est donc de proposer un procédé de réparation d'une liaison soudée hétérogène entre une tubulure d'un composant d'un réacteur nucléaire en acier de construction faiblement allié, appelé acier ferritique, et une tuyauterie en acier inoxydable austénitique, ce procédé pouvant être réalisé de manière simple, avec une qualité d'exécution parfaite et des possibilités de contrôle simple des soudures réalisées et en particulier de la soudure hétérogène entre l'acier ferritique et l'acier austénitique.

Dans ce but :

- on découpe et on sépare de la tubulure et de la tuyauterie, un tronçon tubulaire de liaison comportant une partie au moins de la liaison soudée,
- on réalise un tronçon tubulaire de remplacement ayant une longueur adaptée à la longueur axiale du tronçon de liaison, par soudage bout à bout d'une première pièce tubulaire en acier ferritique et d'une seconde pièce tubulaire en acier inoxydable austénitique,
- on soude bout à bout l'extrémité libre de la première pièce du tronçon de remplacement située à l'opposé de la seconde pièce, sur l'extrémité libre de la tubulure séparée du tronçon de liaison et laissée en attente, de manière que l'extrémité libre de la seconde pièce soit disposée en vis-à-vis de l'extrémité libre laissée en attente de la tuyauterie, et
- on raccorde par soudage l'extrémité libre de la seconde pièce du tronçon de remplacement située à l'opposé de la première pièce, à l'extrémité laissée en at-

tente de la tuyauterie en acier inoxydable austénitique, pour refermer complètement l'espace entre l'extrémité libre de la seconde pièce du tronçon de remplacement et la tuyauterie.

5 Afin de bien faire comprendre l'invention, on va maintenant décrire, à titre d'exemple non limitatif, en se référant aux figures jointes en annexe, un mode de réalisation du procédé de réparation suivant l'invention, dans le cas de la liaison soudée entre la tubulure d'un pressuriseur et la tuyauterie d'expansion de ce pressuriseur
10 reliée à une canalisation du circuit primaire d'un réacteur nucléaire.

 La figure 1 est une vue partielle en élévation de la partie inférieure du pressuriseur et de la tuyauterie d'expansion.
15

 La figure 2 est une vue en coupe axiale d'un tronçon tubulaire de remplacement d'un tronçon de liaison entre la tubulure et la tuyauterie d'expansion du pressuriseur, pour la mise en oeuvre du procédé de réparation
20 suivant l'invention.

 Les figures 3A, 3B, 3C et 3D sont des vues en coupe axiale d'une partie du pressuriseur et de sa tuyauterie d'expansion, au cours de différentes phases successives du procédé de réparation suivant l'invention.

25 Les figures 4A, 4B et 4C sont des vues en élévation et en coupe partielle d'un pressuriseur, d'une cuve et d'un générateur de vapeur et de leurs tubulures de raccordement.

 Sur la figure 1, on voit la partie inférieure 1 de l'enveloppe d'un pressuriseur comportant un fond de forme hémisphérique reposant par l'intermédiaire d'un support 3 sur un plancher 4 du bâtiment d'un réacteur nucléaire à eau sous pression.
30

 Une tubulure 2 solidaire du fond du pressuriseur dans sa partie centrale permet d'assurer le raccordement
35

entre le pressuriseur et une tuyauterie d'expansion 5 reliée, à l'une de ses extrémités, à la tubulure 2 et, à son extrémité opposée non représentée, à une canalisation du circuit primaire du réacteur nucléaire. La tuyauterie d'expansion 5 met en communication le volume intérieur du pressuriseur avec une branche de l'une des boucles du circuit primaire. La tuyauterie 5 assure la liaison entre le circuit primaire et le volume intérieur du pressuriseur dans lequel pénètrent, à travers le fond bombé, des cannes chauffantes 6 reliées à une source électrique et permettant de participer à la régulation de pression du circuit primaire rempli d'eau, par dégagement de chaleur et de maîtriser l'évaporation dans le pressuriseur d'un réacteur nucléaire à eau sous pression.

Par l'intermédiaire du pressuriseur dont le volume intérieur communique avec le circuit primaire, on assure le maintien en pression de l'eau de refroidissement du circuit primaire.

La tuyauterie d'expansion 5 comporte une branche droite 5a sensiblement horizontale qui est reliée, par l'intermédiaire d'un embout 5b et d'un coude 5c, à un tronçon 5d sensiblement vertical passant à travers le plancher 4 de support du pressuriseur 1 et relié à son extrémité supérieure à la tubulure 2 du pressuriseur.

La tuyauterie d'expansion 5 qui est fixée par soudage sur une canalisation du circuit primaire est réalisée en une nuance d'acier identique à la nuance d'acier dans laquelle sont réalisées les canalisations du circuit primaire. Généralement, les canalisations du circuit primaire et la tuyauterie d'expansion 5 sont en un acier inoxydable austénitique à faible teneur carbone.

La paroi du pressuriseur 1 et la tubulure 2 sont en un acier de construction faiblement allié tel que l'acier 16 MND 5 à 0,16 % de carbone.

De ce fait, la soudure 8 entre l'extrémité du tronçon vertical 5d de la tuyauterie d'expansion 5 et la tubulure 2 est une soudure hétérogène joignant deux aciers de nuances très différentes.

5 Cette jonction 8 par soudure hétérogène est généralement appelée liaison bimétallique.

 Par la suite, pour distinguer les aciers constituant les composants chaudronnés tels que les pressuriseurs et leurs tubulures de jonction, des aciers inoxydables austénitiques constituant les tuyauteries de liaison,
10 on désignera ces aciers comme aciers ferritiques.

 On effectue, dans le cadre du contrôle des composants des réacteurs nucléaires, un contrôle périodique de la liaison bimétallique entre la tubulure du pressuriseur et la tuyauterie d'expansion.
15

 Dans le cas où des anomalies sont décelées au niveau de cette liaison bimétallique, par exemple dans le cas où l'on décèle des fissures ou amorces de fissure, il peut être nécessaire d'effectuer une réparation de la
20 liaison soudée entre la tubulure et la tuyauterie, de manière à obtenir une liaison bimétallique exempte de défaut.

 Cette réparation peut être effectuée de manière avantageuse par le procédé selon l'invention.

25 De manière générale, ce procédé consiste à découper et à séparer de la tubulure et de la tuyauterie un tronçon de liaison entre la tubulure et la tuyauterie comportant une partie au moins de la liaison bimétallique 8, puis à fixer par soudure un tronçon de remplacement sur
30 la tubulure et sur la tuyauterie.

 Un tronçon de remplacement permettant la mise en oeuvre de l'invention a été représenté sur la figure 2.

 Le tronçon de remplacement 10 est constitué par une première pièce tubulaire 9 et une seconde pièce tubulaire 11 assemblées entre elles par soudage bout à bout.
35

Les opérations d'élaboration du tronçon de remplacement 10 peuvent être réalisées en usine, de sorte qu'on dispose pour la réalisation du tronçon 10 de tous les moyens d'usinage, de soudage et de traitement thermique d'une usine de fabrication de composants nucléaires.

La première pièce tubulaire 9 du tronçon 10 est une pièce en acier ferritique de la même nuance que la nuance constituant la paroi et la tubulure du pressuriseur.

La première pièce tubulaire 9 en acier ferritique est usinée à ses extrémités, de manière à présenter deux bords chanfreinés 9a et 9b ayant une forme géométrique bien définie.

Le bord chanfreiné 9a est délimité vers l'intérieur par un rebord annulaire 9'a légèrement en saillie vers l'extérieur dans la direction axiale et usiné sur sa face interne pour constituer une gorge 9"a.

On réalise le revêtement du second bord chanfreiné 9b de forme tronconique, par une couche épaisse d'alliage de nickel 12, appelée couche de beurrage. Ce revêtement est réalisé par fusion et dépôt d'un fil en alliage de nickel en utilisant une installation de soudage qui peut être manuelle ou automatique.

La seconde pièce tubulaire 11 est réalisée en acier inoxydable austénitique et mise en forme et usinée de manière à présenter une première partie d'extrémité délimitée par un bord chanfreiné tronconique 11a dont l'épaisseur est sensiblement égale à l'épaisseur de la première pièce 9 et une seconde partie d'extrémité délimitée par un bord chanfreiné 11b de forme tronconique ayant une épaisseur réduite par rapport à l'épaisseur de la première extrémité, cette épaisseur étant sensiblement égale à l'épaisseur de la paroi de la tuyauterie d'expansion 5 du pressuriseur.

Les bords chanfreinés 11a et 11b sont délimités au voisinage de la surface intérieure de la pièce tubulaire 11, chacun par un rebord annulaire en saillie dans la direction axiale vers l'extérieur.

5 On réalise le soudage bout à bout des pièces 9 et 11 en déposant dans la gorge annulaire délimitée par le bord chanfreiné 11a de la pièce 11 et la couche de beurrage 12 de la pièce 9, lorsque ces pièces sont en position d'assemblage, un métal d'apport 13 constitué par un
10 alliage de nickel tel que l'alliage 82.

Il est à remarquer que cette opération de soudage peut se faire à plat, par dépôt de métal de soudure dans le fond de la cavité, les pièces 9 et 11 étant disposées avec leurs axes horizontaux et mises en rotation
15 pour réaliser le dépôt du cordon de soudage.

On réalise ensuite un contrôle non destructif suivi d'un traitement thermique de détensionnement de la soudure hétérogène réalisée entre les pièces 9 et 11. Ce traitement de détensionnement peut être réalisé sans
20 difficulté, du fait que le tronçon 10 peut être facilement placé à l'intérieur d'un moyen de chauffage assurant la mise à la température de traitement.

On dépose alors une couche de revêtement 14 en acier inoxydable sur la surface intérieure de la pièce
25 tubulaire en acier ferritique du tronçon de remplacement 10. Ce dépôt est contrôlé après exécution.

Bien entendu, les caractéristiques géométriques du tronçon de remplacement 10 sont définies en fonction de l'opération de réparation à effectuer et en particulier en
30 fonction du découpage du tronçon de liaison à remplacer.

Le tronçon de remplacement peut présenter une longueur inférieure, sensiblement égale ou légèrement supérieure à la longueur du tronçon de liaison.

Comme représenté sur la figure 3A, pour effectuer une opération de réparation, on réalise sur le site
35

du réacteur nucléaire, dans un premier temps, le découpage d'un tronçon de liaison de la tubulure 2 à la tuyauterie 5, ce tronçon de liaison comportant tout ou partie de la liaison bimétallique 8. On réalise donc une première coupe
5 de séparation de la tubulure 2 et de la tuyauterie d'expansion 5, au niveau de la liaison bimétallique 8, au plus près de la tubulure 2 en acier ferritique.

Préalablement au découpage du tronçon à remplacer, on effectue des relevés dimensionnels pour définir de
10 façon précise la position des zones de coupe. Pendant le découpage, la tuyauterie est immobilisée.

On réalise une seconde coupe de la tuyauterie 5, par exemple au-dessus du coude 5c, ou au niveau de la soudure de liaison 5c-5d.

15 Le tronçon tubulaire séparé de la tubulure et de la tuyauterie est évacué et éliminé.

On effectue un usinage de l'extrémité de la tubulure 2 revêtue intérieurement d'une couche d'acier inoxydable de revêtement 2', pour éliminer la couche de
20 beurrage en alliage de nickel présente entre la tubulure 2 et la liaison bimétallique 8 et pour réaliser un bord chanfreiné de forme tronconique 2a.

On réalise également l'usinage de l'extrémité de la tuyauterie 5 qui a été découpée, de manière à obtenir
25 un très bon état de surface et un bord chanfreiné de raccordement.

Dans une deuxième phase, comme représenté sur la figure 3B, on met en place le tronçon de remplacement 10 en-dessous et dans le prolongement de la tubulure 2, de
30 manière que les bords chanfreinés 2a et 9a délimitent une cavité annulaire dans laquelle on dépose un métal de soudage 15 par soudage en corniche, la tête de soudage étant mise en rotation autour de l'axe vertical de la tubulure 2 et du tronçon 10.

La soudure 15 est une soudure homogène entre deux aciers ferritiques constituant la tubulure 2 et la pièce supérieure 9 du tronçon de remplacement 10. La soudure 15 peut donc être réalisée de manière classique soit avec un chanfrein tel que dessiné à la figure 3B, soit avec un chanfrein à joint étroit. On réalise ensuite le traitement thermique relatif à cette soudure. Dans le cas d'un chanfrein pour joint étroit, les bords du chanfrein sont peu inclinés et font un angle au plus égal à 5° avec un plan perpendiculaire aux axes de la tubulure et de la tuyauterie. La largeur maximale du chanfrein est au plus égale à 15 mm.

Les couches de revêtement inoxydatable 2' de la tubulure 2 et 14 de la pièce 9 du tronçon de remplacement 10 sont séparées par un espace annulaire 16 disposé au niveau de la partie interne de la soudure 15, de sorte qu'il est nécessaire de compléter le revêtement inoxydatable interne de la tubulure et de la partie supérieure en acier ferritique du tronçon de remplacement.

Comme il est visible sur la figure 3C, il subsiste un passage 17 entre la partie inférieure de la pièce 11 en acier inoxydatable du tronçon de remplacement 10 et l'extrémité supérieure découpée et usinée de la tuyauterie d'expansion 5.

On peut faire pénétrer un outillage de soudage par l'espace 17, de manière à effectuer d'une part la reprise de la partie interne de la soudure si nécessaire et d'autre part un revêtement inoxydatable 16' dans l'espace libre 16 entre les couches 2' et 14, ainsi que le contrôle de la soudure par l'intérieur.

Comme il est visible sur la figure 3D, on réalise la fermeture de l'espace 17 entre le tronçon de remplacement 10 et la tuyauterie 5 en soudant bout à bout un tronçon de fermeture 18, d'une part à l'extrémité infé-

rieure de la pièce en acier inoxydable 11 et d'autre part à l'extrémité supérieure de la tuyauterie d'expansion 5.

Le tronçon de fermeture désigné par le terme anglais "closer" est usiné à des dimensions assurant le remplissage de l'espace 17 à l'exception de deux gorges annulaires dans lesquelles est déposé du métal de soudure pour constituer les joints soudés 19 et 20.

Il est à remarquer que le raccordement du tronçon de fermeture 18, au tronçon de remplacement 10 et à la tuyauterie 5 est réalisé par des opérations de soudure homogène entre deux aciers inoxydables de même nuance, le tronçon de fermeture 18 étant en acier inoxydable austénitique.

Les soudures réalisées sur le site du réacteur nucléaire sont donc des soudures homogènes qui ne présentent pas de difficulté d'exécution. Ces soudures peuvent être contrôlées.

La soudure hétérogène entre l'acier ferritique et l'acier austénitique qui est réalisée en usine peut être soigneusement détensionnée et contrôlée.

Le procédé de l'invention permet donc d'obtenir une réparation telle qu'on puisse garantir une qualité parfaite de la soudure hétérogène de la liaison et d'éloigner cette soudure des zones fortement irradiées.

Il est possible de remplacer au moins partiellement la manchette thermique qui est disposée axialement à l'intérieur de la tubulure dans la zone de liaison de la tubulure et de la tuyauterie et qui a été découpée et enlevée au moins partiellement, lors du découpage du tronçon de liaison. Il est possible également de ne pas remplacer la manchette thermique du fait de la qualité des soudures, ce qui permet de faciliter les contrôles non destructifs ultérieurs de la liaison bimétallique.

On peut réduire le nombre d'opérations et le temps d'exécution nécessaires pour la réparation en

prévoyant un tronçon de remplacement assurant une fermeture complète de l'espace laissé libre après enlèvement du tronçon qui a été découpé dans la phase représentée sur la figure 3A. La longueur du tronçon de remplacement peut
5 être sensiblement égale ou légèrement supérieure à l' longueur du tronçon de liaison. La tuyauterie 5 doit être déplacée et maintenue par bridage pour permettre la mise en place et le soudage du tronçon de remplacement sur la tubulure.

10 Après fixation du tronçon de remplacement par sa partie supérieure ferritique sur la tubulure, il ne subsiste qu'une gorge annulaire de faible largeur entre l'extrémité inférieure du tronçon de remplacement en acier austénitique et l'extrémité supérieure de la tuyauterie
15 d'expansion laissée en attente. On peut alors réaliser directement la fixation par soudage de l'extrémité inférieure du tronçon de remplacement en acier austénitique sur l'extrémité supérieure de la tuyauterie d'expansion, par une soudure homogène.

20 Cette pratique impose, pour permettre l'introduction du tronçon 10 et les opérations de réalisation du joint soudé sur la tubulure 2, de pouvoir déplacer suffisamment l'extrémité de la tuyauterie d'expansion 5, le déplacement admissible étant fonction de la souplesse de
25 la tuyauterie d'expansion 5.

Pour le soudage de tronçon sur la tubulure, lorsqu'on réalise les premières passes de soudage en fond de chanfrein de manière très soigneuse en utilisant de l'acier inoxyuable ou un alliage de nickel résistant à la
30 corrosion tel que l'alliage 52, il devient possible d'éviter des passes de reprise sur l'envers de la soudure et le dépôt d'un complément de revêtement anti-corrosion à l'intérieur de la liaison soudée.

Il est alors possible de mettre en oeuvre le
35 procédé dans lequel le tronçon de remplacement est soudé

directement à son extrémité inférieure sur l'extrémité supérieure de la tuyauterie d'expansion, puisqu'il n'est plus nécessaire de faire pénétrer un outil de soudage à l'intérieur de l'assemblage soudé pour effectuer des opérations de reprise et de revêtement sur l'envers de la soudure.

Dans ce cas, il est toutefois nécessaire de déplacer légèrement la tuyauterie lors de la mise en place du tronçon de remplacement et de la remettre en place et de la brider dans sa position d'assemblage pour réaliser la soudure de raccordement.

Sur les figures 4A, 4B et 4C, on a représenté de manière schématique et partielle trois composants d'un réacteur nucléaire dont les liaisons soudées à des tuyauteries en acier inoxydable, par l'intermédiaire de tubulures, peuvent être réparées par le procédé de l'invention.

Sur la figure 4A, on voit un pressuriseur 21 d'un réacteur nucléaire à eau sous pression comportant dans sa partie inférieure une tubulure 22 de raccordement à une ligne d'expansion identique à la tubulure 2 du pressuriseur 1 représenté sur la figure 1. Le pressuriseur 21 comporte de plus, dans son fond supérieur, des tubulures 23 de raccordement à une ligne de décharge et à une ligne d'aspersion en acier inoxydable. Les liaisons des tubulures du pressuriseur 23 avec les tuyauteries en acier inoxydable des lignes correspondantes peuvent être réparées par le procédé de l'invention, de même que la liaison de la tubulure 22 à la ligne d'expansion.

Sur la figure 4B, on voit une partie de la cuve 24 d'un réacteur nucléaire à eau sous pression comportant une tubulure 25 de raccordement de la cuve à une canalisation primaire en acier inoxydable et éventuellement d'autres tubulures reliées à des canalisations en acier inoxydable différentes de canalisations primaires.

Sur la figure 4C, on voit la partie inférieure d'un générateur de vapeur 26 d'un réacteur nucléaire à eau sous pression constituant une boîte à eau qui est reliée par deux tubulures telles que 27 à deux canalisations du circuit primaire du réacteur en acier inoxydable.

Les liaisons soudées des tubulures 25 de la cuve 24 et des tubulures 27 du générateur de vapeur 26 peuvent être réparées par le procédé suivant l'invention.

L'invention ne se limite pas au mode de réalisation qui a été décrit.

C'est ainsi qu'on peut imaginer de réaliser le tronçon de remplacement d'une manière différente de celle qui a été décrite, par exemple en utilisant, pour réaliser la première pièce du tronçon de remplacement, un acier ferritique différent de l'acier constituant la tubulure.

Il est possible de donner toute forme et longueur au tronçon de remplacement et à ses bords chanfreinés d'extrémité, qui soit compatible avec la forme des sections de raccordement de la tubulure et de la tuyauterie d'expansion.

Les soudures homogènes peuvent être réalisées en utilisant, tout métal d'apport qui soit compatible avec les pièces à joindre.

La soudure hétérogène peut être réalisée soit en utilisant un alliage de nickel pour constituer le métal d'apport et le matériau de beurrage de la pièce en acier ferritique soit par un procédé de soudage direct à joint étroit du tronçon ferritique sur le tronçon austénitique sans beurrage. Dans ce cas, les bords du chanfrein font un angle au plus égal à 5° avec un plan perpendiculaire aux axes de la première pièce et de la seconde pièce du tronçon de remplacement et la largeur du chanfrein est au plus égale à 15 mm.

L'invention s'applique dans le cas de toute liaison soudée entre une pièce tubulaire en acier de

construction au carbone ou faiblement allié d'un composant tel que la cuve d'un réacteur nucléaire d'un type quelconque et une tuyauterie en acier inoxydable austénitique.

REVENDICATIONS

- 1.- Procédé de réparation d'une liaison soudée hétérogène entre une tubulure (2) d'un composant d'un réacteur nucléaire en acier de construction faiblement allié, appelé acier ferritique, et une tuyauterie (5) en acier inoxydable austénitique, caractérisé par le fait :
- qu'on découpe et qu'on sépare de la tubulure (2) et de la tuyauterie (5) un tronçon tubulaire de liaison comportant une partie au moins de la liaison soudée (8),
 - qu'on réalise en atelier un tronçon tubulaire de remplacement (10) ayant une longueur adaptée à la longueur axiale du tronçon de liaison, par soudage bout à bout d'une première pièce tubulaire (9) en acier ferritique et d'une seconde pièce tubulaire (11) en acier inoxydable austénitique,
 - qu'on soude bout à bout l'extrémité libre (9a) de la première pièce (9) du tronçon de remplacement (10) située à l'opposé de la seconde pièce (11), sur une extrémité libre (2a) de la tubulure (2) séparée du tronçon de liaison, de manière que l'extrémité libre (11b) de la seconde pièce (11) soit disposée en vis-à-vis de l'extrémité libre laissée en attente de la tuyauterie (5), et
 - qu'on raccorde par soudage l'extrémité libre (11b) de la seconde pièce (11) du tronçon de remplacement (10) située à l'opposé de la première pièce (9) à l'extrémité laissée en attente de la tuyauterie (5) en acier inoxydable austénitique, pour refermer complètement l'espace entre l'extrémité libre (11b) de la seconde pièce du tronçon de remplacement et la tuyauterie (5).
- 2.- Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait qu'on place un tronçon tubulaire de fermeture (18) en acier inoxydable austénitique entre l'extrémité libre (11b) de la seconde pièce (11) et l'extrémité libre laissée en attente de la tuyauterie (5) et

qu'on raccorde par deux cordons de soudure homogène (19, 20) deux extrémités du tronçon de fermeture (18) disposées en vis-à-vis de l'extrémité libre (11b) de la seconde pièce (11) et en vis-à-vis de l'extrémité libre laissée en attente, de la tuyauterie (5), respectivement, à la
5 seconde pièce (11) et à la tuyauterie (5).

3.- Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait qu'on prévoit un tronçon tubulaire de remplacement (10) ayant une longueur sensiblement égale au
10 tronçon de liaison découpé et séparé de la tubulure (2) et de la canalisation (5) et qu'on raccorde par une seule soudure homogène l'extrémité de la seconde pièce (11) du tronçon de remplacement à l'extrémité libre laissée en attente de la tuyauterie (5).

15 4.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait que le soudage bout à bout de la première pièce tubulaire (9) en acier ferritique et de la seconde pièce tubulaire (11) en acier inoxydable austénitique du tronçon tubulaire de remplacement est réalisé par remplissage d'une cavité annulaire
20 ménagée entre un bord chanfreiné (9b) de la première pièce (9) et un bord chanfreiné (11a) de la seconde pièce (11) par dépôt d'un alliage de nickel.

5.- Procédé suivant la revendication 4, caractérisé par le fait qu'on dépose préalablement au soudage
25 bout à bout de la première pièce (9) et de la seconde pièce (11) du tronçon tubulaire de remplacement (10), une couche (12) d'alliage de nickel sur le bord chanfreiné (9b) de la première pièce (9) délimitant la cavité dans
30 laquelle on dépose un métal d'apport en alliage de nickel.

6.- Procédé suivant la revendication 4, caractérisé par le fait que la cavité annulaire entre le bord chanfreiné (9b) de la première pièce (9) et le bord chanfreiné (11a) de la seconde pièce (11) est une cavité
35 étroite dont les bords font un angle au plus égal à 5°

avec un plan perpendiculaire aux axes de la première pièce (9) et de la seconde pièce (11) et dont la largeur maximale est au plus égale à 15 mm, le soudage bout à bout de la première pièce (9) et de la seconde pièce (11) étant un soudage à joint étroit sans dépôt préalable d'une couche en alliage de nickel.

7.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 4, 5 et 6, caractérisé par le fait qu'on effectue un recuit de détensionnement du tronçon tubulaire de remplacement (10) après soudage bout à bout de la première pièce tubulaire (9) et de la seconde pièce tubulaire (11).

8.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé par le fait qu'on réalise le soudage bout à bout de l'extrémité libre (9a) de la première pièce (9) du tronçon de remplacement (10) et de la tubulure (2), en remplissant par un métal d'apport une cavité annulaire ménagée entre un bord chanfreiné de la partie d'extrémité (9a) de la première pièce tubulaire (9) du tronçon tubulaire de remplacement et un bord chanfreiné (2a) de l'extrémité libre de la tubulure (2).

9.- Procédé suivant la revendication 8, caractérisé par le fait qu'on réalise dans le fond intérieur de la cavité annulaire entre la tubulure (2) et la première pièce (9) du tronçon tubulaire de remplacement (10), une couche d'acier inoxydable ou d'alliage de nickel à forte résistance à la corrosion.

10.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé par le fait qu'on réalise un revêtement en acier inoxydable sur la surface intérieure de la première pièce (9) du tronçon tubulaire de remplacement (10).

11.- Procédé suivant la revendication 2, caractérisé par le fait que, préalablement au raccordement par soudage du tronçon de fermeture (18), on introduit par un espace libre entre la seconde extrémité (11b) de la secon-

de pièce (11) et l'extrémité libre laissée en attente de la tuyauterie (5), un outillage de soudage pour effectuer une reprise et un revêtement inoxydable de la partie de la soudure (15) de jonction entre la tubulure (2) et la première pièce (9) du tronçon de remplacement (10) située du côté de la surface intérieure de la tubulure (2) et du tronçon de remplacement (10).

12.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans le cas où une manchette thermique est disposée coaxialement à l'intérieur de la tubulure (2) dans la zone de liaison de la tubulure (2) à la tuyauterie (5), caractérisé par le fait qu'on découpe et qu'on enlève au moins partiellement la manchette thermique avec le tronçon de liaison et qu'on réalise la réparation sans remplacement de la manchette thermique.

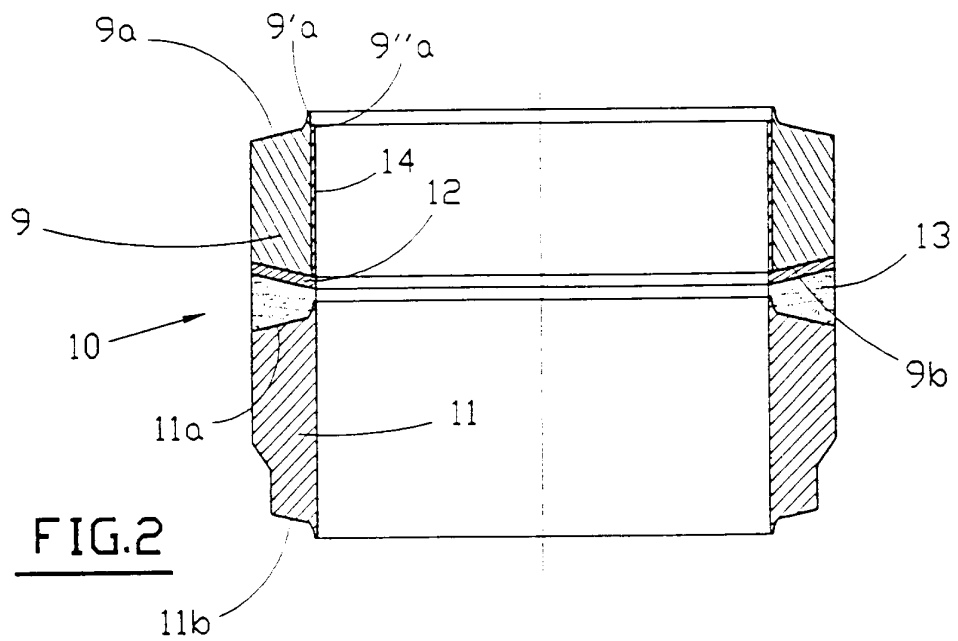
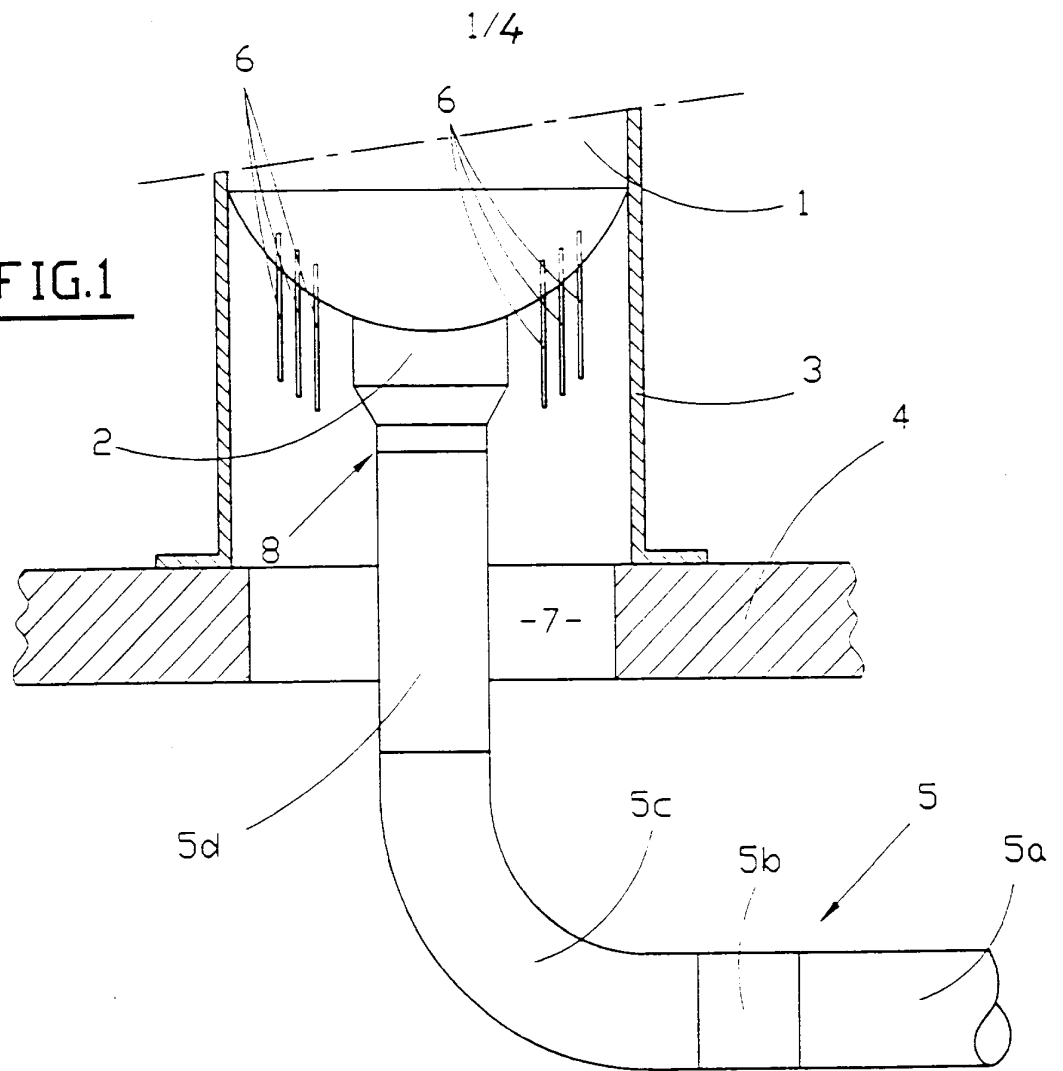
13.- Procédé de réparation d'une liaison soudée suivant l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé par le fait que la tubulure (22) est une tubulure fixée sur le fond inférieur d'un pressuriseur (21) d'un réacteur nucléaire à eau sous pression et que la tuyauterie en acier inoxydable austénitique est la tuyauterie d'expansion du pressuriseur.

14.- Procédé de réparation d'une liaison soudée suivant l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé par le fait que la tubulure (23) est une tubulure fixée sur le fond supérieur d'un pressuriseur (21) d'un réacteur nucléaire et que la tuyauterie en acier inoxydable austénitique est une tuyauterie et une ligne de décharge ou d'aspersion du pressuriseur (21).

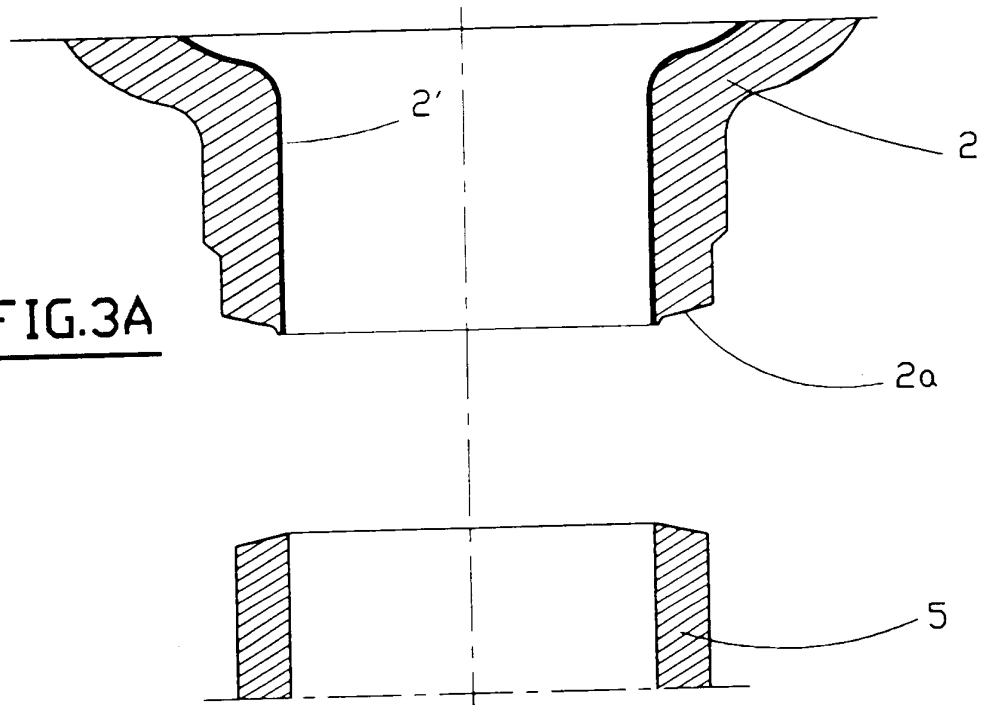
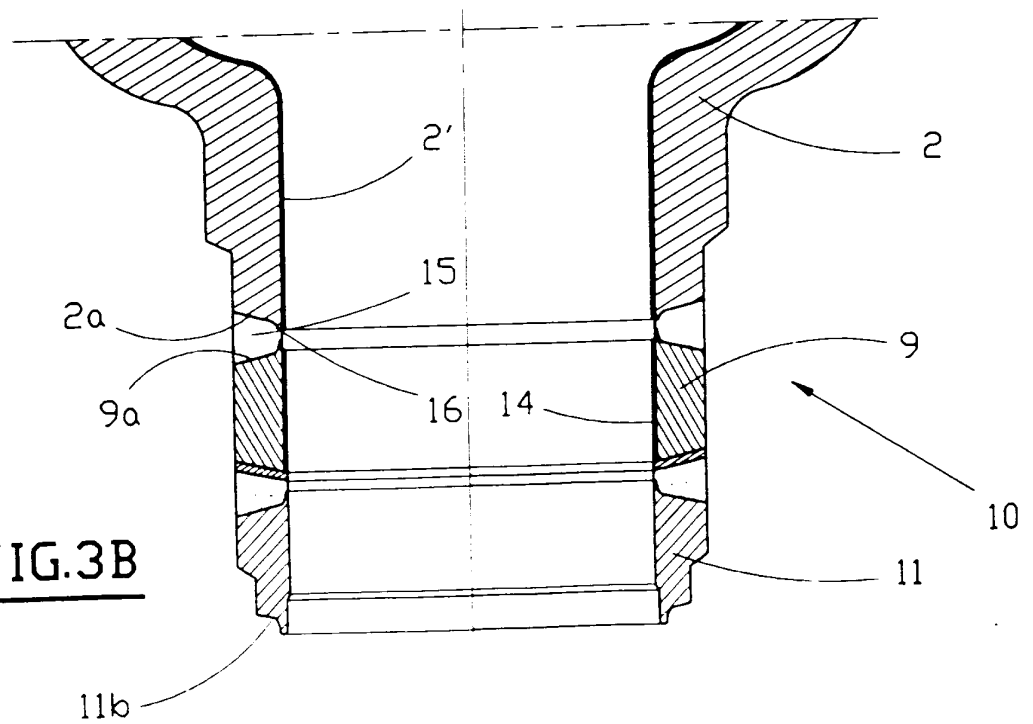
15.- Procédé de réparation d'une liaison soudée suivant l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé par le fait que la tubulure (27) est une tubulure d'un générateur de vapeur (26) d'un réacteur nucléaire à eau sous pression et que la tuyauterie en acier inoxydable

austénitique est une canalisation du circuit primaire du réacteur nucléaire.

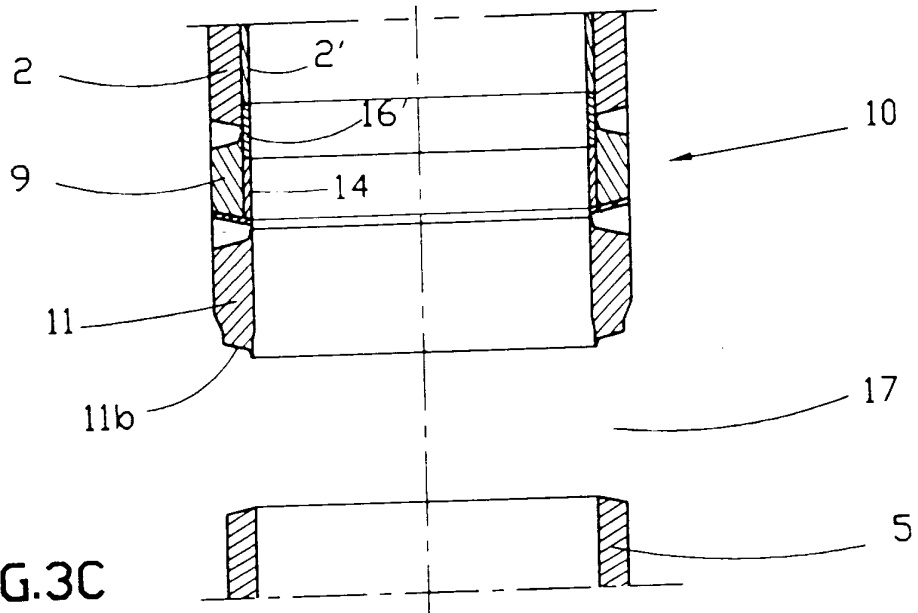
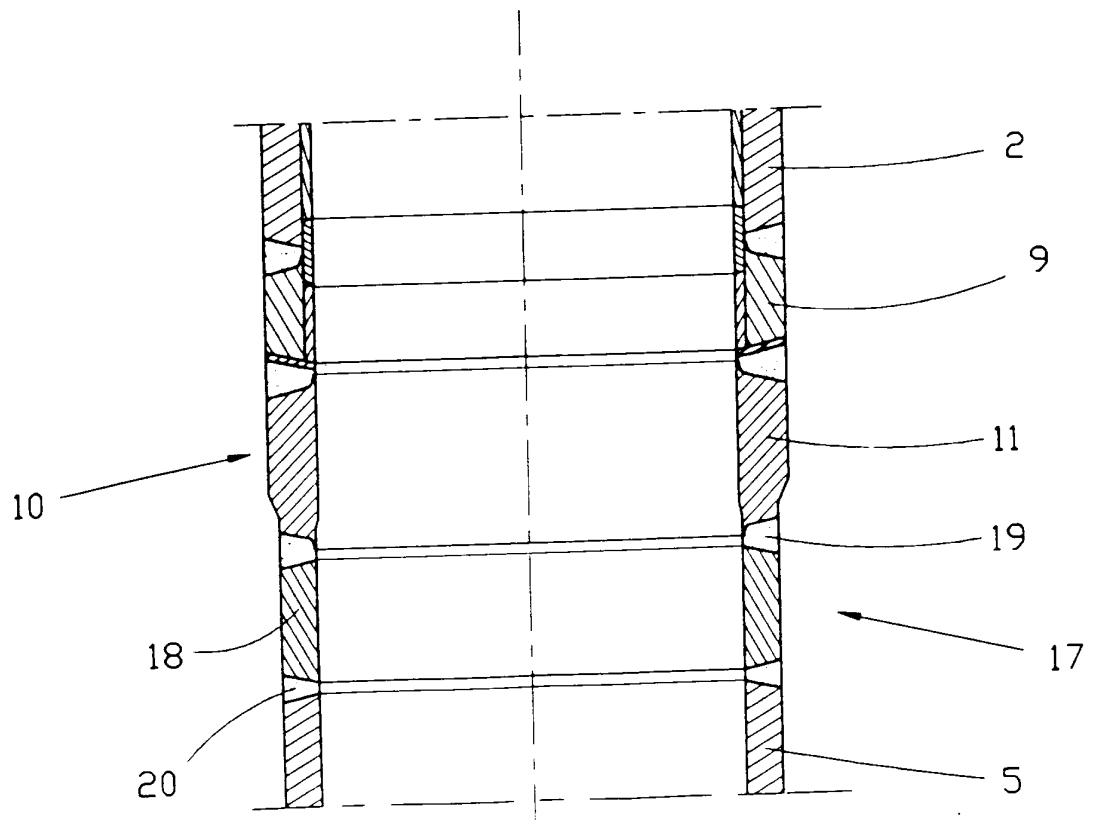
16.- Procédé de réparation d'une liaison soudée suivant l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé par le fait que la tubulure (25) est une tubulure d'une cuve (24) d'un réacteur nucléaire et que la tuyauterie est une canalisation en acier inoxydable austénitique reliée à cette cuve (24) telle qu'une canalisation du circuit primaire d'un réacteur nucléaire à eau sous pression.

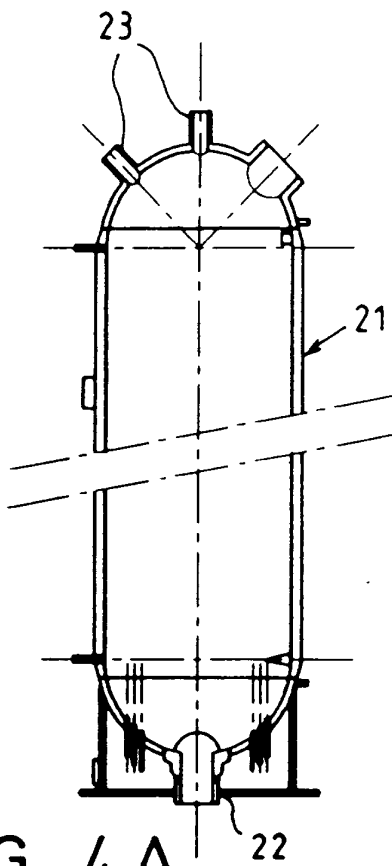
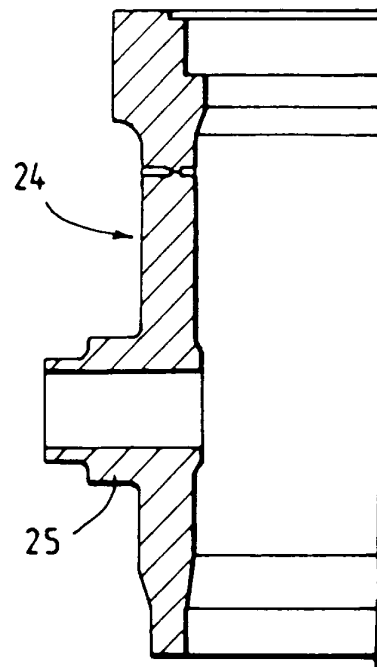
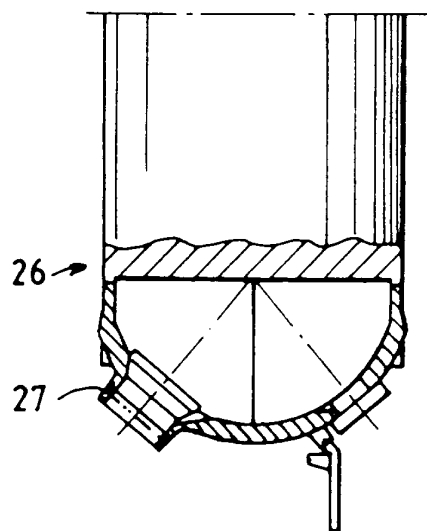
FIG.1

2/4

FIG.3AFIG.3B

3/4

FIG. 3CFIG. 3D

FIG. 4 AFIG. 4 BFIG. 4 C

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	FR-A-2 692 972 (FRAMATOME SA) 31 Décembre 1993 * revendication 1; figures 3-5 * ---	1
A	US-A-4 703 885 (LINDGREN JAMES R ET AL) 31 Novembre 1987 * colonne 2, ligne 32 - ligne 57 * ---	1
A	EP-A-0 433 179 (ELECTRICITE DE FRANCE) 19 Juin 1991 ---	
A	EP-A-0 131 237 (STEIN INDUSTRIE) 16 Janvier 1985 ---	
A	FR-A-2 685 950 (FRAMATOME SA) 9 Juillet 1993 -----	
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
		B23K G21D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
22 Mai 1995		Rausch, R
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>		