DESCRIPTION

Titre de l'invention : Système et procédé de soudage par transparence d'une plaque d'étanchéité sur une plaque d'ancrage

La présente invention se rapporte au domaine des cuves de gaz à l'état liquide, par exemple de gaz naturel liquéfié (GNL), notamment pour le transport maritime ou fluvial ou pour un réservoir terrestre. Plus précisément, l'invention concerne un système de soudage d'une membrane d'étanchéité adaptée pour une telle cuve, et un procédé de soudage associé.

Les cuves de gaz à l'état liquide ont une capacité de plusieurs milliers de mètres cubes de gaz à l'état liquide chacune, voire plusieurs dizaines de milliers de mètres cubes de gaz à l'état liquide. Les navires de transport de gaz liquéfié ont des cales aménagées spécifiquement pour contenir ces cuves, leurs cales étant souvent cloisonnées en plusieurs cuves. Une telle cuve peut également être réalisée en dehors d'un navire pour un stockage terrestre de gaz naturel à l'état liquide.

Le gaz est maintenu à l'intérieur de la cuve à l'état liquide, par exemple à -163°C (degré Celsius) pour le GNL, à la pression atmosphérique. Il faut donc que la cuve soit étanche et thermiquement isolée. De ce fait, la surface interne d'une telle cuve est recouverte d'une membrane d'étanchéité, faite généralement d'un assemblage de plaques d'étanchéité métalliques (typiquement des plaques en acier inoxydable) soudées les unes aux autres, chaque plaque d'étanchéité étant une partie de la membrane d'étanchéité de la cuve.

Les parois de la cuve comportent de plus, successivement sous la membrane d'étanchéité destinée à être au contact du gaz liquéfié, cette membrane d'étanchéité étant dite membrane d'étanchéité primaire :

- une couche d'isolation primaire, par exemple réalisée avec des caissons de bois remplis de mousse de polyuréthane renforcée,

- une autre membrane d'étanchéité, dite membrane d'étanchéité secondaire, par exemple en tôle fine,

- une couche d'isolation secondaire, par exemple également réalisée avec des caissons de bois remplis de mousse de polyuréthane renforcée.

La fixation de la membrane d'étanchéité primaire sur la couche d'isolation primaire s'effectue par soudage des plaques d'étanchéité sur des plaques d'ancrage, solidaires de la couche d'isolation primaire, qui peuvent notamment être rivetées sur les caissons de bois de la couche isolante primaire. Ces plaques d'ancrage dessinent un quadrillage sur l'ensemble des caissons mais ne les recouvrent pas entièrement.

Ce soudage s'effectuant par transparence, il est nécessaire, pour que la soudure soit bien réalisée, que la distance entre la plaque d'étanchéité et la plaque d'ancrage soit inférieure à 0,3 mm. En effet, dans le soudage par transparence, on assure un point de plaquage des deux plaques l'une contre l'autre, que l'on soude d'un seul côté de ces deux plaques, au voisinage du point de plaquage. Etant donné les différences de hauteur des différents caissons de la couche d'isolation primaire, dues aux tolérances de montage et de fabrication autorisées, il n'est pas possible d'être certain d'un bon plaquage entre la plaque d'étanchéité et la plaque d'ancrage sans exercer une force de plaquage par défaut, de 60kg force, nécessaire pour assurer un contact entre la plaque d'étanchéité et la plaque d'ancrage lorsque la différence de hauteur entre ces deux plaques correspond à une différence de hauteur maximale autorisée.

Ce processus de soudage est cependant très long et peut provoquer des soudures de mauvaise qualité lorsque la force appliquée par défaut provoque un effet de levier soulevant la plaque d'étanchéité au niveau de la zone de soudure.

La présente invention vise à remédier au moins en partie aux inconvénients précités en fournissant notamment un système de soudage et un procédé de soudage qui permettent de garantir une bonne qualité de soudure, et qui permettent une automatisation du processus de soudage.

A cette fin, l'invention propose un système de soudage d'une plaque d'étanchéité d'une cuve destinée à contenir du gaz liquéfié, à une plaque d'ancrage, la plaque d'étanchéité et la plaque d'ancrage étant métalliques, le système de soudage comportant un dispositif de soudage comprenant :

- un outil de soudure par transparence destiné à effectuer au moins une soudure dans une zone de soudure,
- des moyens de plaquage de la plaque d'étanchéité sur la plaque d'ancrage, et
- des moyens de contrôle d'une force exercée par les moyens de plaquage sur la plaque d'étanchéité, aptes à détecter un contact entre la plaque d'ancrage et la plaque

d'étanchéité, et à agir sur les moyens de plaquage dès qu'un contact entre la plaque d'ancrage et la plaque d'étanchéité est détecté.

L'outil de soudure est par exemple une torche de soudure à plasma ou un dispositif de soudure laser. Lorsque le système de soudage est utilisé pour effectuer une soudure de la plaque d'étanchéité sur la plaque d'ancrage, l'outil de soudure est positionné au-dessus de la plaque d'ancrage, et plus précisément au-dessus d'une zone de soudure de la plaque d'étanchéité sur cette plaque d'ancrage. De telles zones de soudure se trouvent par exemple le long d'un bord de la plaque d'étanchéité situé au-dessus de la plaque d'ancrage. Par exemple la plaque d'étanchéité comporte entre 3 et 21 zones de soudure le long du bord, et de préférence 15 zones de soudure le long du bord lorsque la plaque d'étanchéité fait 3 mètres de long. Ces zones de soudure sont situées sur des « zones à souder » qui sont des zones plates de plaque d'étanchéité, espacées entre elles par exemple d'une trentaine de centimètres lorsque la plaque d'étanchéité est quadrillée d'ondes. Chaque zone de soudure n'est pas située au-dessus de rivets permettant la fixation de la plaque d'ancrage sur des caissons d'une couche d'isolation primaire sous-jacente. On comprend qu'une zone de soudure, sur laquelle une soudure est effectuée, ne peut être de dimensions plus grandes que celles d'une plaque d'ancrage. Par exemple une zone de soudure forme un rectangle de 10 cm (centimètres) de long et de 5 cm de large, et la plaque d'ancrage est par exemple de dimensions 100 mm (millimètres) par 70 mm. Les moyens de plaquage sont plaqués sur la zone de soudure ou de manière adjacente à cette zone de soudure afin que la distance entre la plaque d'étanchéité et la plaque d'ancrage soit inférieure à 0,3 mm sur toute cette zone de soudure. Bien sûr ces données numériques sont données à titre indicatif et doivent être adaptées aux différents types de parois de cuve et de fixation des plaques d'étanchéité de ces parois de cuve.

Grâce à l'invention, on détecte un contact entre la plaque d'ancrage et la plaque d'étanchéité pour adapter la force exercée par les moyens de plaquage et garantir une soudure de qualité entre la plaque d'ancrage et la plaque d'étanchéité, indépendamment de la distance initiale entre la plaque d'étanchéité et la plaque d'ancrage, qui dépend des différences de hauteur entre les différents caissons sur lesquels est disposé la plaque d'étanchéité. Il est à noter que la plaque d'ancrage est fixée sur un caisson de manière à dépasser de peu la hauteur du caisson. Le dépassement prévu est par exemple de 0.2mm. De ce fait, une fois les soudures effectuées entre la plaque d'étanchéité et la ou les plaques d'ancrage sous-jacentes, la plaque d'étanchéité est au contact des caissons.

Les moyens de contrôle agissent sur les moyens de plaquage en bloquant leur mouvement, ou en diminuant celui-ci ou encore en modulant celui-ci, lorsqu'un contact entre la plaque d'ancrage et la plaque d'étanchéité est détecté.

L'invention permet de plus d'automatiser un procédé de soudage utilisant le système de soudage selon l'invention.

Dans l'invention, les moyens de plaquage sont aptes à plaquer localement la plaque d'étanchéité au niveau de la surface de la zone à souder, donc à plaquer localement la plaque d'étanchéité au niveau de l'endroit où l'outil de soudure doit opérer, de sorte à mettre en contact la plaque d'étanchéité et la plaque d'ancrage au niveau de cette zone à souder. Ces moyens de plaquage sont distincts de moyens de maintien de la plaque d'étanchéité contre la paroi de la cuve en cours de montage comportant cette plaque d'étanchéité. Le maintien en position de la plaque d'étanchéité contre la couche d'isolation primaire, notamment lorsque la plaque d'étanchéité s'étend verticalement par rapport à une paroi de fond de la cuve, peut nécessiter un dispositif externe qui ne fait pas l'objet de l'invention.

Lorsque le système de soudage comporte un châssis comportant au moins un rail et un chariot coulissant monté sur le rail, le dispositif de soudage étant fixé au chariot, le châssis peut comporter des moyens de fixation à la plaque d'étanchéité et/ou à une paroi de la cuve en cours de montage, à laquelle appartient la plaque d'étanchéité. Les moyens de plaquage du dispositif de soudage sont distincts des moyens de fixation du châssis à la plaque d'étanchéité et/ou à la paroi de la cuve en cours de montage.

Autrement dit, les moyens de plaquage ne permettent pas de maintenir en position le châssis contre la plaque d'étanchéité ou contre la paroi de la cuve, ni de maintenir en position la plaque d'étanchéité contre la paroi de la cuve en cours de montage. En effet, les moyens de plaquage ne sont pas destinés à assurer le maintien de la plaque d'étanchéité contre les plaques d'ancrage et les caissons sous-jacents.

Selon une caractéristique optionnelle de l'invention, les moyens de plaquage comprennent par exemple un poussoir comportant une surface d'appui définissant un plan destiné à s'étendre parallèlement à la zone de soudure, et un vérin dont la tête est solidarisée au poussoir. Le vérin est par exemple un vérin hydraulique ou électrique. La tête du vérin est par exemple une zone d'attache disposée à l'extrémité d'une tige d'extension du vérin. La tige d'extension du vérin est préférentiellement disposée

orthogonalement au plan défini par la surface d'appui. Cependant, elle peut également être inclinée par rapport à ce plan.

Comme expliqué précédemment, la zone de soudure est une portion d'une zone à souder (entourée par des ondes lorsque la plaque d'étanchéité en comporte), la surface d'appui venant contre une surface de la zone à souder ou en appui sur la surface de la zone à souder. La surface d'appui définit un plan qui est parallèle à la zone à souder, voir le plan est confondu avec la surface de la zone à souder.

Selon une caractéristique optionnelle de l'invention, l'outil de soudure est solidarisé aux moyens de plaquage. Cela permet de fixer une première distance entre une tête de l'outil de soudure et le poussoir, parallèlement au plan, et une deuxième distance entre la tête de l'outil de soudure et le plan, orthogonalement à celui-ci. La première distance est par exemple comprise entre 2 mm et 20 mm, et est par exemple de 5 mm. La deuxième distance est par exemple comprise entre 1 mm et 5 mm et est par exemple de 2 mm.

La première distance est mesurée entre les projections bord à bord de la tête de l'outil de soudure d'une part et entre le poussoir d'autre part, ces projections se trouvant sur un plan parallèle au plan de la surface d'appui.

L'intérêt de fixer la première distance est de s'assurer d'un bon plaquage entre la plaque d'étanchéité et la plaque d'ancrage juste en dessous de l'outil de soudure, et de protéger thermiquement le poussoir du rayonnement thermique de l'outil de soudure. La « souplesse » de la plaque d'étanchéité fait que cette première distance ne sera pas la même suivant le mode de plaquage choisi. Elle sera plus petite lorsque les moyens de plaquage utilisent un galet que lorsque les moyens de plaquage utilisent une cale. Cette première distance est aussi liée à la présence ou non d'une protection thermique des moyens de plaquage.

L'intérêt de fixer la deuxième distance est d'assurer une bonne tension de l'arc électrique pour effectuer la soudure, sans utiliser de capteur de distance sur l'outil de soudure.

Selon une caractéristique optionnelle de l'invention, le poussoir comporte au moins un galet. Le poussoir est par exemple formé d'un unique galet fixé à la tête du vérin, ou bien le poussoir comporte un carter porteur de plusieurs galets, c'est-à-dire plusieurs roues, le carter étant fixé à la tête du vérin. Une telle réalisation du poussoir permet de déplacer l'outil de soudure pour effectuer une soudure par transparence sur plusieurs centimètres de la zone de soudure. De plus, un tel poussoir permet d'exercer une

pression sur la plaque d'étanchéité sans abîmer celle-ci. Afin de ne pas abîmer le galet ni la soudure, l'outil de soudure est déplacé en aval du mouvement dudit au moins un galet lors d'une soudure sur plusieurs centimètres. Lorsque le poussoir comporte un carter support de plusieurs roues, ledit au moins un galet forme une roue avant du carter, les autres roues associées au carter étant des roues arrière aptes à passer de part et d'autre de la soudure lors du déplacement de la tête de l'outil de soudure, solidaire du poussoir.

Selon une caractéristique optionnelle de l'invention, le système de soudage comporte des moyens de protection thermique du poussoir. Ces moyens de protection sont par exemple un bouclier en céramique ou une chemise de refroidissement. Ils sont particulièrement utiles lorsque le poussoir comporte un galet. Ils permettent de protéger le galet du rayonnement thermique de l'outil de soudure et donc d'empêcher la déformation du galet, prolongeant ainsi sa durée de vie. Le bouclier thermique est au moins en partie interposé entre le poussoir et l'outil de soudure.

Selon une caractéristique optionnelle de l'invention, le poussoir comporte au moins une cale sur laquelle l'outil de soudure est apte à coulisser parallèlement au plan. Dans cette alternative, le vérin est solidarisé à une douille montée sur un guide tel qu'un rail ou une glissière fixée à la cale. Ainsi l'effort de plaquage exercé par le vérin plaque la cale sur la plaque d'étanchéité par l'intermédiaire de l'effort de plaquage exercé par le vérin sur la douille, tandis que l'outil de soudure, solidarisé aux moyens de plaquage et donc au vérin, est apte à coulisser le long du guide, ce qui permet d'effectuer une soudure par transparence sur plusieurs centimètres, en maîtrisant la trajectoire de l'outil de soudure. En effet, la première distance entre la tête de l'outil de soudure et la cale étant fixe, l'outil de soudure coulissant le long du guide va suivre la forme d'un bord de la cale, parallèle au guide. Il est à noter que la cale peut comporter plusieurs guides. Par exemple elle peut former un U entre les branches duquel l'outil de soudure peut se déplacer. Le poussoir peut également comporter plusieurs cales entre lesquelles l'outil de soudure peut se déplacer. Plus que la maîtrise de la trajectoire de l'outil de soudure, qui peut être effectuée différemment (par exemple grâce à un rail sur lequel est monté le dispositif de soudage), l'intérêt d'utiliser une cale plutôt qu'un galet est d'avoir une meilleure qualité de plaquage, la cale déformant moins la plaque d'étanchéité qu'un galet, grâce à sa surface de contact avec la plaque d'étanchéité, plus grande celle d'un galet.

Selon une caractéristique optionnelle de l'invention, les moyens de contrôle du système de soudage selon l'invention comportent des moyens d'arrêt des moyens de plaquage

couplés à des moyens de détection qu'une vitesse du vérin est inférieure à un seuil bas de vitesse, ou à des moyens de détection qu'une variation d'une force exercée sur le poussoir est supérieure à un seuil haut de variation d'effort, ou encore à des moyens de détection d'une variation d'une mesure d'épaisseur métallique.

La force exercée sur le poussoir correspond à la force de réaction exercée par le support sur lequel le poussoir est plaqué, aussi appelée « réaction normale ». La vitesse du vérin est par exemple mesurée orthogonalement au plan défini par la surface d'appui du poussoir, ou bien selon l'axe de la tige d'extension du vérin.

Les moyens de contrôle comportent par exemple :

- un moyen de détection de position tel qu'un potentiomètre linéaire couplé au vérin et permettant de mesurer avec précision l'extension de celui-ci, ce qui permet de détecter que la vitesse du vérin est inférieure au seuil bas de vitesse,

- ou bien un capteur de force, tel qu'un capteur de force à jauge de contrainte, ce qui permet de détecter que la variation d'une force exercée sur le poussoir est au seuil haut de variation d'effort,

- ou encore un moyen de mesure d'épaisseur utilisant par exemple un capteur à ultrasons, ce qui permet de détecter la variation d'une mesure d'épaisseur métallique. La variation de la mesure d'épaisseur métallique correspond ici au contact de la plaque d'étanchéité à la plaque d'ancrage. Le moyen de mesure d'épaisseur mesure une épaisseur métallique au contact du poussoir. Une première variation de mesure d'épaisseur est par exemple détectée par le moyen de mesure d'épaisseur lorsque le poussoir entre en contact avec la plaque d'étanchéité, puis une deuxième variation de mesure d'épaisseur est détectée par le moyen de mesure d'épaisseur lorsque la plaque d'étanchéité entre en contact avec la plaque d'ancrage. La détection du contact entre la plaque d'ancrage et la plaque d'étanchéité correspond donc à cette deuxième variation de mesure d'épaisseur, lorsque le moyen de mesure d'épaisseur est activé avant que le poussoir ne soit en contact avec la plaque d'étanchéité.

Le moyen de détection de position, le capteur de force ou le moyen de mesure d'épaisseur est couplé mécaniquement aux moyens de plaquage et électriquement à un organe de traitement d'au moins un signal électrique de sortie du moyen considéré, cet organe de traitement pouvant être distant du système de soudage. Les moyens de contrôle comportent de préférence une interface homme-machine couplée à un

dispositif comportant au moins un processeur, par exemple un ordinateur, lui-même couplé à l'organe de traitement. L'interface homme-machine et le dispositif peuvent également être distants du système de soudage.

Dans le cas où le système de soudage comporte un moyen de détection de position, l'ordinateur détermine la vitesse de déplacement du vérin à l'aide des positions fournies par le moyen de détection de position, ce qui lui permet de détecter un contact entre la plaque d'étanchéité et la plaque d'ancrage, par l'atteinte d'une vitesse quasi nulle de déplacement du vérin, par exemple une vitesse inférieure à 1mm par seconde.

Dans le cas où le système de soudage comporte un capteur de force, l'ordinateur détermine les variations des mesures de force fournies par le capteur de force par exemple toutes les secondes, ce qui lui permet de détecter un contact entre la plaque d'étanchéité et la plaque d'ancrage, lorsqu'une variation ainsi déterminée est supérieure à un seuil haut fixé par exemple à 500 N (Newton). En effet lorsque ce contact est obtenu, la réaction normale appliquée par la plaque d'ancrage à la plaque d'étanchéité augmente d'un seul coup la force mesurée par le capteur de force.

Dans le cas où le système de soudage comporte un moyen de mesure d'épaisseur, l'ordinateur détecte un contact entre la plaque d'étanchéité et la plaque d'ancrage dès que le signal de sortie du moyen de mesure d'épaisseur varie, l'épaisseur métallique se trouvant au contact du poussoir étant alors augmentée de l'épaisseur de la plaque d'ancrage.

Selon une caractéristique optionnelle du système de soudage selon l'invention, celui-ci comporte un châssis comportant au moins un rail et un chariot coulissant monté sur le rail, le dispositif de soudage étant fixé au chariot. Un tel châssis permet de positionner plus facilement les moyens de plaquage et l'outil de soudure le long de zones de soudure d'une plaque d'étanchéité. Grâce au chariot coulissant sur le rail, plusieurs zones de soudure peuvent être traitées de manière consécutive et de manière automatisée. Le chariot est par exemple motorisé et comporte un organe de coulissement tel qu'une nervure apte à coulisser dans une glissière du rail, ou une glissière apte à coulisser sur le rail, en fonction de la configuration de celui-ci. Le chariot est par exemple programmable pour activer l'outil de soudure et les moyens de plaquage uniquement sur les zones de soudure, au fur et à mesure de sa progression sur le rail. Les moyens de contrôle de la force exercée par les moyens de plaquage sur la plaque d'étanchéité sont de préférence également montés sur le chariot.

Selon une caractéristique optionnelle de l'invention, la plaque d'étanchéité comportant des ondes, le châssis comporte des moyens de fixation amovibles sur des ondes délimitant entre elles des zones de soudure, le châssis formant un cadre sur lequel est disposé le rail et dont une périphérie interne est apte à permettre à l'outil de soudure d'accéder aux zones de soudure. Les ondes sur la plaque d'étanchéité correspondent à des nervures formant un quadrillage sur la plaque d'étanchéité, permettant d'absorber les déformations de la cuve du fait des variations thermiques de celle-ci. Dans ce mode de réalisation de l'invention, les moyens de fixation amovibles sont par exemple des pinces de nœuds d'onde. Une telle pince coulisse sur une première onde de part et d'autre d'une deuxième onde intersectant la première onde, pour venir serrer la deuxième onde.

Selon une autre caractéristique optionnelle de l'invention, des premières zones de soudure étant alignées selon un premier axe, entre une première extrémité de la plaque d'étanchéité et une deuxième extrémité de la plaque d'étanchéité, et des deuxièmes zones de soudure étant alignées selon un deuxième axe, entre une troisième extrémité de la plaque d'étanchéité et une quatrième extrémité de la plaque d'étanchéité, le rail est configuré pour permettre à l'outil de soudure de traiter toutes les premières zones de soudure lorsqu'il est aligné selon le premier axe, le châssis comportant des moyens de fixation amovibles aptes à fixer au moins une portion du châssis sur un support externe à la plaque d'étanchéité. Le premier axe et le deuxième axe sont distincts, ils sont par exemple orthogonaux l'un à l'autre.

Le rail s'étend par exemple de la première extrémité de la plaque d'étanchéité à la deuxième extrémité de la plaque d'étanchéité lorsqu'il positionné le long du premier axe. Les moyens de fixation sont par exemple des ventouses hydrauliques fixées de part et d'autre du rail sur une autre plaque d'étanchéité déjà ancrée à la couche d'isolation primaire, ou sur des caissons de la couche d'isolation primaire. A titre indicatif, la plaque d'étanchéité forme par exemple un rectangle de trois mètres sur un mètre de tôle métallique. Le rail permet de traiter toutes les zones de soudure sur la longueur de trois mètres ou sur la largeur d'un mètre de la plaque d'étanchéité. Le système de soudage comportant principalement le rail, le chariot, les moyens de fixation du rail, les moyens de plaquage, l'outil de soudure et les moyens de contrôle, reste facile à manier et donc à déplacer le long des zones de soudure au fur et à mesure du soudage des plaques

d'étanchéité de la membrane d'étanchéité primaire de la cuve aux plaques d'ancrage de la couche d'isolation primaire.

Selon une caractéristique optionnelle de l'invention, le système de soudage comporte deux dispositifs de soudage fixés au chariot de part et d'autre du rail. Ainsi le système de soudage permet de traiter deux zones de soudure simultanément, situées de part et d'autre du rail.

Selon une caractéristique optionnelle de l'invention, le système de soudage comporte deux organes de guidage en arc de cercle, sur chacun desquels est montée coulissante une extrémité distincte du rail, les organes de guidage étant aptes à faire passer le rail d'une première configuration dans laquelle le système de soudage est apte à traiter toutes les premières zones de soudure, à une deuxième configuration dans laquelle le système de soudage est apte à traiter des deuxièmes zones de soudure. Dans ce cas, le rail peut permettre à l'outil de soudure de traiter les premières zones puis les deuxièmes zones sans déplacer les moyens de fixation du châssis.

Par ailleurs, le système de soudage comprend éventuellement un poste externe au châssis, le poste étant relié par des connexions électriques et éventuellement hydrauliques aux moyens de fixation du châssis, au chariot, à l'outil de soudure et au vérin, le poste externe comportant un générateur électrique, et éventuellement un compresseur d'air ainsi que du liquide pour le vérin, si celui-ci est hydraulique, ou pour le refroidissement d'un galet du système de soudage, si ce galet est protégé thermiquement par une chemise de refroidissement.

L'invention concerne aussi un procédé de soudage d'une plaque d'étanchéité d'une cuve destinée à contenir du gaz liquéfié, à une plaque d'ancrage, utilisant le système de soudage selon l'invention, et comportant des étapes de :

- positionnement des moyens de plaquage au-dessus de la plaque d'étanchéité et de la plaque d'ancrage,
- actionnement des moyens de plaquage,
- contrôle d'une force exercée par les moyens de plaquage sur la plaque d'étanchéité,
- verrouillage des moyens de plaquage dès qu'un contact entre la plaque d'ancrage et la plaque d'étanchéité est détecté, pour conserver un contact entre la plaque d'ancrage et la plaque d'étanchéité, et
- soudure par transparence de la plaque d'étanchéité à la plaque d'ancrage.

L'invention concerne de plus un procédé de soudage d'une plaque d'étanchéité d'une cuve destinée à contenir du gaz liquéfié, à une plaque d'ancrage, utilisant le système de soudage selon l'invention, dans lequel les moyens de plaquage comprennent un poussoir comportant une surface d'appui définissant un plan destiné à venir parallèlement contre une zone de soudure, et un vérin dont une tête est solidarisée au poussoir, et dans lequel les moyens de contrôle comportent des moyens d'arrêt des moyens de plaquage couplés à des moyens de détection qu'une vitesse du vérin est inférieure à un seuil bas de vitesse, le procédé de soudage comportant des étapes de :

- positionnement de la surface d'appui au-dessus de la plaque d'étanchéité et de la plaque d'ancrage,
- actionnement du vérin,
- contrôle de la vitesse de déplacement du vérin,
- verrouillage du vérin dès que la vitesse de déplacement passe en dessous du seuil bas de vitesse, pour conserver un contact entre la plaque d'ancrage et la plaque d'étanchéité, et
- soudure par transparence de la plaque d'étanchéité à la plaque d'ancrage.

Le verrouillage du vérin correspond à un arrêt de l'extension de sa tige d'extension, celle-ci étant maintenue fixe par rapport au tube creux dans lequel elle a coulissé.

L'invention concerne encore un procédé de soudage d'une plaque d'étanchéité d'une cuve destinée à contenir du gaz liquéfié, à une plaque d'ancrage, utilisant le système de soudage selon l'invention, dans lequel les moyens de plaquage comprennent un poussoir comportant une surface d'appui définissant un plan destiné à venir parallèlement contre une zone de soudure, et un vérin dont une tête est solidarisée au poussoir, et dans lequel les moyens de contrôle comportent des moyens d'arrêt des moyens de plaquage couplés à des moyens de détection qu'une variation d'une force exercée sur le poussoir est supérieure à un seuil haut de variation d'effort, le système de soudage comportant un capteur de force, le procédé de soudage comportant des étapes de :

- positionnement de la surface d'appui au-dessus de la plaque d'étanchéité et de la plaque d'ancrage,
- actionnement du vérin,
- contrôle d'un signal de sortie du capteur de force,
- verrouillage du vérin dès qu'une variation du signal de sortie est supérieure au seuil haut de variation d'effort, pour conserver un contact entre la plaque d'ancrage et la

plaque d'étanchéité, et

- soudure par transparence de la plaque d'étanchéité à la plaque d'ancrage.

L'invention concerne également un procédé de soudage d'une plaque d'étanchéité d'une cuve destinée à contenir du gaz liquéfié, à une plaque d'ancrage, utilisant le système de soudage selon l'invention, dans lequel les moyens de plaquage comprennent un poussoir comportant une surface d'appui définissant un plan destiné à venir parallèlement contre une zone de soudure, et un vérin dont une tête est solidarisée au poussoir, et dans lequel les moyens de contrôle comportent des moyens d'arrêt des moyens de plaquage couplés à des moyens de détection d'une variation d'une mesure épaisseur métallique, le système de soudage comportant un moyen de mesure d'une épaisseur métallique au contact du poussoir, le procédé de soudage comportant des étapes de :

- positionnement de la surface d'appui au-dessus de la plaque d'étanchéité et de la plaque d'ancrage,
- actionnement du vérin,
- contrôle d'un signal de sortie du moyen de mesure,
- verrouillage du vérin dès qu'une variation du signal de sortie est détectée, pour conserver un contact entre la plaque d'ancrage et la plaque d'étanchéité, et
- soudure par transparence de la plaque d'étanchéité à la plaque d'ancrage.

Une variation du signal de sortie est détectée lorsque cette variation se démarque bien sûr des variations liées au bruit de mesure.

Lorsque le poussoir comporte au moins un galet, ou une cale sur laquelle l'outil de soudure est apte à coulisser parallèlement au plan, l'étape de soudure des procédés selon l'invention comporte préférentiellement une étape de déplacement du galet sur la plaque d'étanchéité, ou une étape de coulissement de l'outil de soudure sur la cale.

De plus dans chacun des procédés de soudage selon l'invention, lorsque le système de soudage comporte un châssis comportant au moins un rail et un chariot coulissant monté sur le rail, le dispositif de soudage étant fixé au chariot, l'étape de positionnement est par exemple précédée d'une étape de fixation du châssis par rapport à la plaque d'étanchéité puis d'une étape de programmation du chariot apte à faire déplacer celui-ci successivement sur plusieurs zones de soudure, et à activer les étapes suivantes du procédé de soudage dès qu'une des zones de soudure est atteinte. Bien sûr entre chaque répétition des étapes d'un des procédés de soudage selon l'invention, ceux-ci comportent une étape de désactivation des moyens de plaquage, donc par exemple du

vérin, ce qui permet de déplacer le dispositif de soudage jusqu'à la prochaine zone de soudure sans déformer la plaque d'étanchéité.

Le programme issu de l'étape de programmation comporte des instructions qui lorsqu'elles sont exécutées sur un processeur, active des actionneurs du système de soudage selon l'invention, notamment le vérin, un moteur permettant le déplacement du chariot, et/ou des commandes de ces actionneurs telles qu'une commande de verrouillage ou de désactivation du vérin.

Les procédés de soudage selon l'invention comportent des avantages analogues à ceux du système de soudage selon l'invention.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront encore au travers de la description qui suit d'une part, et de plusieurs exemples de réalisation donnés à titre indicatif et non limitatif en référence aux dessins schématiques annexés d'autre part, sur lesquels :

[fig 1] représente, vue de dessus, une portion d'une paroi d'une cuve destinée à contenir du gaz liquéfié, cette portion étant en cours de montage et comportant une plaque d'étanchéité sur laquelle apparaissent des soudures permettant sa fixation à des plaques d'ancrage sous-jacentes à la plaque d'étanchéité,

[fig 2] représente, selon un premier mode de réalisation de l'invention, un système de soudage selon l'invention, comportant notamment des moyens de plaquage munis d'un galet, et un outil de soudure,

[fig 3] représente en perspective le système de soudage de la figure 2 opérant sur une plaque d'étanchéité représentée en transparence au-dessus de caissons d'une couche d'isolation primaire de la paroi de cuve mentionnée en relation avec la figure 1,

[fig 4] représente en perspective un poussoir dans un mode alternatif au galet de la figure 2, apte à être utilisé par le système de soudage de la figure 2,

[fig 5] représente en perspective, selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, un système de soudage selon l'invention, dans lequel des moyens de plaquage comportent une cale, le long de laquelle un outil de soudure du système de soudage est apte à coulisser,

[fig 6] représente en perspective, selon un troisième mode de réalisation de l'invention, un système de soudage selon l'invention, dans lequel des moyens de plaquage

comportent une cale en forme de U, entre les branches duquel un outil de soudure du système de soudage est apte à coulisser,

[fig 7] représente vue de dessus, la cale des moyens de plaquage de la figure 6,

[fig 8] représente différents états en fonction du temps du système de soudage de la figure 5 ou de la figure 6, lors du soudage d'une plaque d'étanchéité sur une plaque d'ancrage, dans un mode de réalisation d'un procédé de soudage selon l'invention,

[fig 9] représente en perspective, selon un quatrième mode de réalisation de l'invention, un système de soudage selon l'invention, comportant un châssis en forme de cadre, muni d'un rail sur lequel est apte à circuler le système de soudage de la figure 2, le châssis étant représenté fixé sur un rectangle d'ondes de la plaque d'étanchéité de la figure 1,

[fig 10] représente vu de dessus, selon un cinquième mode de réalisation de l'invention, un système de soudage selon l'invention, comportant un rail sur lequel un chariot est apte à circuler, deux systèmes de soudage conformes au premier mode de réalisation de l'invention étant fixés sur le chariot de part et d'autre du rail,

[fig 11] représente deux vues d'une ventouse hydraulique susceptible d'être utilisée comme moyen de fixation du rail de la figure 10,

[fig 12] représente, vu de dessus, selon un sixième mode de réalisation de l'invention, un système de soudage selon l'invention, comportant un châssis muni d'un rail amovible sur lequel est apte à circuler le système de soudage de la figure 2, et

[fig 13] représente des étapes de procédés de soudage selon l'invention, dans plusieurs modes de réalisation de l'invention.

Sur la figure 1 est illustrée une portion d'une paroi de cuve destinée à contenir du gaz liquéfié, c'est-à-dire un liquide cryogénique tel que du gaz naturel liquide ou du dihydrogène liquide, à très basse température, par exemple à -163°C (degré Celsius) pour du gaz naturel liquide. Une telle cuve est destinée à contenir au moins plusieurs milliers de mètres cubes de gaz liquéfié. Ses parois sont étanches et isolées.

La portion de paroi de cuve représentée figure 1 comporte notamment :

- une couche d'isolation secondaire, formée par exemple de caissons en bois remplis de mousse isolante,

- une membrane d'étanchéité secondaire, formée de plaques de tôles ondulées,

- une couche d'isolation primaire, formée de caissons 72 de bois remplis par exemple de mousse en polyuréthane renforcée, et

- une membrane d'étanchéité primaire, formée de plaques d'étanchéité 1 soudées entre elles de manière à tapisser l'intérieur de la cuve.

Des plaques d'ancrages 21, 22 quadrillent la surface de la couche d'isolation primaire, et sont fixées sur les caissons 72 par des rivets. Ces plaques d'ancrage 21, 22 permettent la fixation des plaques d'étanchéité 1 par soudage par transparence sur les plaques d'ancrage 21, 22. D'autres plaques d'ancrage (par exemple la plaque d'ancrage 24 figure 3) sont plus petites et peuvent être agencées en diagonale sur certains caissons.

La portion de cuve représentée sur la figure 1 s'étend principalement selon un premier axe A1 et un deuxième axe A2 orthogonal au premier axe A1, et en épaisseur selon un troisième axe A3 orthogonal aux premier et deuxième axes A1, A2. La portion de cuve peut être horizontale et faire partie d'une paroi inférieure ou supérieure de la cuve, ou bien être verticale et faire partie d'une paroi latérale de la cuve.

Les plaques d'étanchéité 1 font par exemple chacune environ trois mètres de long et un mètre de large, et sont soudées à clin sur leurs bords les unes aux autres. Elles comportent de plus des ondes formant un quadrillage sur la membrane d'étanchéité primaire.

Notamment elles comportent des grandes ondes 12 s'étendant selon la direction du premier axe A1, et des petites ondes 14 s'étendant selon la direction du deuxième axe A2. Les grandes ondes 12 sont plus larges que les petites ondes 14 qui relient les grandes ondes 12 entre elles. Ces ondes 12, 14 dessinent des rectangles d'ondes dont deux côtés adjacents comportent une petite onde 14 et une portion de grande onde 12.

Une des plaques d'étanchéité 1, représentée entièrement sur la figure 1, s'étend dans la direction du premier axe A1 depuis une première de ses extrémités 17 jusqu'à une deuxième de ses extrémités 19, ces extrémités 17, 19 étant des bords de la plaque d'étanchéité 1 parallèles au deuxième axe A2. Cette plaque d'étanchéité 1 s'étend de plus dans la direction du deuxième axe A2 depuis une troisième de ses extrémités 16 jusqu'à une quatrième de ses extrémités 18, ces extrémités 16, 18 étant des bords de la plaque d'étanchéité 1 parallèles au premier axe A1.

La plaque d'étanchéité 1 est soudée le long de la direction du premier axe A1 par des premiers traits de soudure 31 formés dans des rectangles d'ondes sur une portion périphérique de la plaque d'étanchéité 1, ces rectangles d'ondes recouvrant des premières plaques d'ancrages 21 orientées selon le premier axe A1, de longueur 100mm et de largeur 70mm, dans cet exemple d'utilisation de l'invention.

La plaque d'étanchéité 1 est soudée le long de la direction du deuxième axe A2 par des deuxièmes traits de soudure 32 formés dans des rectangles d'ondes de la plaque d'étanchéité 1 recouvrant des deuxièmes plaques d'ancrage 22 orientées selon le deuxième axe A2, de longueur 100mm et de largeur 70mm, dans cet exemple d'utilisation de l'invention. Ces deuxièmes plaques d'ancrage 22 sont disposées sous la plaque d'étanchéité 1 tous les trois rectangles d'ondes. La plaque d'étanchéité 1 est ainsi soudée selon le deuxième axe A2 sur des deuxièmes plaques d'ancrage 22 réparties régulièrement le long du premier axe A1.

Les deuxièmes plaques d'ancrage 22 recouvrent en partie les premières plaques d'ancrage 21 sous trois rectangles d'ondes dans lesquels la plaque d'étanchéité 1 comportent quatre troisièmes traits de soudure 34 obliques par rapport aux directions des premier et deuxième axes A1, A2. Il est à noter que ces traits de soudure obliques 34 sont réalisables avec un système de soudage présenté plus loin en relation avec la figure 9, mais que lorsque les traits de soudures 31, 32 sont réalisés avec d'autres systèmes de soudage présentés plus loin en relation avec les figures 10 et 12, les traits de soudure réalisés au niveau des croisements des plaques d'ancrage 21 et 22 sont en forme de L correspondant à un demi-trait de soudure 31 adjacent à un demi-trait de soudure 32 (comme visible sur les figures 10 et 12).

Les premiers, deuxièmes et troisièmes traits de soudure 31, 32, 34 correspondent à des soudages de la plaque d'étanchéité 1 effectués par transparence sur une première ou deuxième plaque d'ancrage 21, 22. Ces traits de soudure 31, 32, 34 sont effectués sur des zones de soudure prédéterminées, correspondant notamment à des portions de plaques d'ancrage 21, 22 dénuées de rivets.

Bien sûr, l'invention n'est pas limitée à cette composition particulière de paroi de cuve, l'invention pouvant être appliquée de plus à différentes formes et tailles de plaques d'étanchéité, pouvant ne pas contenir d'ondes. De plus l'invention est applicable à une fixation des plaques d'étanchéité par des points de soudure et pas seulement par des

traits de soudure. Les emplacements des zones de soudure ne sont bien sûr pas limités à ceux de l'exemple de la figure 1.

La figure 2 montre un système de soudage S1 dans un premier mode de réalisation de l'invention, permettant d'effectuer les traits de soudures 31, 32, 34 de la plaque d'étanchéité 1 sur les plaques d'ancrage 21, 22 par transparence.

Le système de soudage S1 comporte un outil de soudure 5 par transparence qui est ici une torche de soudage à plasma. Il permet, en étant positionné sur la plaque d'étanchéité 1, de souder celle-ci sur une des plaques d'ancrage 21, 22. A titre d'exemple, la plaque d'étanchéité a une épaisseur d'environ 1,2 mm, et les plaques d'ancrage ont une épaisseur d'environ 2 mm.
L'outil de soudure 5 est fixé par une bride de fixation 47 à une tige d'extension d'un vérin 45 disposé parallèlement à l'outil de soudure 5. Le vérin 45 comporte un moteur électrique 44 relié à un tube extérieur 46 du vérin dans lequel est montée la tige d'extension du vérin. Un potentiomètre 6 linéaire intégré au vérin permet de mesurer le déplacement de la tige d'extension par rapport au tube extérieur 46.

L'extrémité de la tige d'extension est liée à un poussoir. Plus particulièrement, l'extrémité de la tige d'extension est ici liée à un galet, en étant munie d'une attache en forme de U dans laquelle est monté en rotation l'essieu du galet 48 en acier. Enfin un dispositif de refroidissement 42 est formé au voisinage du poussoir, ici en entourant la tige d'extension juste au-dessus de la zone d'attache, de sorte à refroidir le galet 48 lorsque l'outil de soudure 5 est en fonctionnement. La tige d'extension et l'attache étant eux-mêmes en acier, ils sont susceptibles de conduire le froid produit par le dispositif de refroidissement 42 jusqu'au galet 48. Bien sûr d'autres matières que l'acier sont utilisables pour le galet et/ou les éléments évoqués du vérin s'ils ont une résistance mécanique et thermique suffisante pour réaliser l'invention. Par ailleurs, le dispositif de refroidissement peut prendre une autre forme qu'une chemise de refroidissement entourant cylindriquement la tige d'extension du vérin et par exemple comporter une patte formant barrière thermique et destinée à s'interposer entre le galet 48 et l'outil de soudure 5.

La bride de fixation 47 de l'outil de soudure 5 au vérin 45 permet de fixer une première distance d1 entre la tête 52 de l'outil de soudure 5 et le galet 48, mesurée parallèlement à un plan P coplanaire à la surface d'une zone de soudure sur la plaque d'étanchéité P, le

galet 48 étant positionné sur cette surface qui définit une surface d'appui du galet 48, et l'axe X de la tige d'extension du vérin 45 étant orthogonal au plan P.

De même, la bride de fixation 47 de l'outil de soudure 5 au vérin 45 permet de fixer une deuxième distance d2 entre l'extrémité de la tête 52 de l'outil de soudure et le plan P, par exemple à 2 mm, ce qui permet de garantir une bonne qualité de soudure par transparence. Bien sûr cette valeur doit être adaptée en fonction de l'outil de soudure utilisé et des plaques à souder.

Lorsque le poussoir, ici le galet 48, est positionné sur la zone de soudure juste avant de souder la plaque d'étanchéité 1, le vérin 45 étant orthogonal à la surface souder, le vérin 45 est apte à exercer une force F sur la zone de soudure qui augmente jusqu'au contact de la plaque d'étanchéité 1 avec la plaque d'ancrage 21 ou 22 sous-jacente, détectée grâce au potentiomètre 6 qui mesure une diminution subite de l'extension de la tige d'extension du vérin 45. Une fois le contact détecté, l'outil de soudure 5 est activé et le système de soudage S1 déplacé sur la plaque d'étanchéité 1 grâce au galet 48 de sorte à former un trait de soudure 31, 32 ou 34.

Le capteur associé au vérin, ici le potentiomètre 6, est en variante différent et mesure d'autres données permettant elles aussi de constater l'augmentation du retour d'effort exercé sur la tige du vérin 45. Le capteur est en variante un capteur de force, tel qu'un capteur de force à jauge de contrainte, ou encore un moyen de mesure d'épaisseur utilisant par exemple les ultrasons, la position du capteur sur le vérin ou plus généralement dans le système de soudage dépendant bien sûr du type de capteur utilisé. Notamment le moyen de mesure d'épaisseur par ultrasons n'est pas forcément lié physiquement au vérin, il suffit qu'il soit agencé à proximité du poussoir.

Le potentiomètre 6 fait donc partie de moyens de contrôle du système de soudage S1, ces moyens comportant un organe de traitement du signal de sortie du potentiomètre, pouvant être localisé sur le vérin ou à distance de celui-ci.

On comprend que grâce à la fixation de l'outil de soudure 5 à la tige d'extension du vérin 45, et grâce à la mise en œuvre des moyens de contrôle qui permettent de s'assurer qu'une pression adéquate est exercée pour le plaquage de la plaque d'étanchéité sur la plaque d'ancrage associée, l'outil de soudure 5 vient se positionner à la bonne distance de la plaque d'étanchéité 1 pour effectuer une soudure par transparence, lorsque le vérin vient plaquer la plaque d'étanchéité 1 sur une zone de soudure.

Le galet 48 et le vérin 45 forment quant à eux des moyens de plaquage 4 de la plaque d'étanchéité sur la plaque d'ancrage 21 ou 22.

La figure 3 illustre la soudure par transparence de la plaque d'étanchéité 1 sur une plaque d'ancrage 23 fixée sur un coin d'un caisson 72, par le système de soudage S1. Afin de visualiser les différences de hauteur entre les caissons 72 sous la plaque d'étanchéité 1, celle-ci est rendue transparente sur la figure 3 tout en étant figurée par quelques traits de relief 15. Le galet 48 permet d'accéder facilement à ce recoin de la plaque d'étanchéité 1 et d'effectuer un trait de soudure 33 par transparence sur la plaque d'ancrage 23, entre les rivets fixant celle-ci au caisson 72. Il est à noter qu'en utilisant un outil de soudure qui est un dispositif de soudure laser, l'optique peut être déportée ce qui permet de plaquer le galet 48 au plus proche de la soudure 33 à effectuer.

On voit bien sur cette figure 3 qu'il faut déformer davantage la plaque d'étanchéité 1 pour la plaquer sur la plaque d'ancrage 23, pour effectuer le trait de soudure 33, que s'il fallait effectuer celui-ci sur une plaque d'ancrage 24 d'un caisson 72 situé plus en hauteur que celui sur lequel est fixée la plaque d'ancrage 23. Cela signifie que la force F exercée par le vérin 45 doit être plus importante. A titre indicatif, les normes de fabrication de la cuve sont fixées de telle sorte que cette force F ne doit pas dépasser 60kg, c'est-à-dire qu'on établit un seuil maximal de différence de hauteur entre les caissons 72.

La figure 4 présente un poussoir alternatif 48b au galet 48 pour le système de soudage S1, pouvant être fixé à l'attache de la tige d'extension du vérin 45. Ce poussoir alternatif 48b comporte un galet fixé par exemple par son essieu à l'attache de la tige d'extension du vérin. Ce galet forme une roue avant 482 du poussoir alternatif 48b, son essieu traversant également des extrémités de flancs 480 parallèles entre eux et s'étendant orthogonalement à l'axe X de la tige d'extension du vérin. Les extrémités opposées des flancs 480 comportent chacune une roue arrière 484 du côté opposé à la roue avant 482 par rapport au flanc 480 correspondant.

Les roues avant 482 et arrières 484 sont destinées à rouler sur une zone de soudure sans rouler sur le trait de soudure en cours de formation, lors de l'utilisation du système de soudage S1. Pour cela la tête 52 de l'outil de soudure 5 est par exemple positionnée sur les parois supérieures des flancs 480, dans une zone 488 médiane située entre les roues arrière 484 et la roue avant 482.

Selon un deuxième mode de réalisation de l'invention représenté figure 5, un système de soudage S2 selon l'invention comporte des éléments similaires à ceux du système de soudage S1 du premier mode de réalisation et référencés de la même manière, notamment l'outil de soudure 5, les éléments du vérin 45 et le potentiomètre 6.

A la différence du système de soudage S1 du premier mode de réalisation, le poussoir des moyens de plaquage du système de soudage S2 du deuxième mode de réalisation est formé d'une cale 43, comportant :

- une plaque longiligne destinée à venir au contact de la plaque d'étanchéité 1,

- un guide 432 sous forme d'un rail de section circulaire fixé à deux portants faisant saillie de la plaque longiligne de part et d'autre de l'outil de soudure 5 fixé au vérin 45,

- une douille à billes montée coulissante sur le guide 432,

- une patte de fixation 430, dont une première partie est solidarisée à la douille à billes et dont une deuxième partie, orthogonale à la première partie, est fixée en bout de la tige d'extension du vérin, ici par une vis traversante, et

- un ressort de rappel 434, apte à être compressé entre la patte de fixation 430 et une paroi d'un des portants, comme représenté dans un état initial S2(t0) du système de soudage S2, représenté figure 8.

Selon un troisième mode de réalisation de l'invention représenté figure 6, un système de soudage S3 selon l'invention est également similaire au système de soudage S1 du premier mode de réalisation à l'exception du fait que le poussoir fixé au vérin 45 est une cale 43b, comme dans le deuxième mode de réalisation de l'invention, mais comportant deux guides 432b de sections circulaires.

Plus précisément, la cale 43b du système de soudage S3, représentée également figure 7, comporte :

- une plaque en forme de U destinée à venir au contact de la plaque d'étanchéité 1,

- les deux guides 432b sous forme de rails de sections circulaires, fixés chacun à deux portants faisant saillie sur chaque branche de la plaque en forme de U, de part et d'autre de l'outil de soudure 5 fixé au vérin 45, l'outil de soudure 5 étant disposé entre les deux branches de la plaque en forme de U,

- deux douilles à billes montées chacune coulissante sur un des guides 432b,

- une patte de fixation 430b, dont une première partie est solidarisée aux douilles à billes et dont une deuxième partie, orthogonale à la première partie, est fixée en bout de la tige d'extension du vérin, ici par une vis traversante, et

- deux ressorts de rappel 434b, aptes à être compressés entre la patte de fixation 430b et les portants, dans un état initial du système de soudage S2.

Comme visible sur les figures 5, 6 et 8, les systèmes de soudage S2 et S3 avec cale permettent à une zone de rayonnement 54 créée par la tête 52 de l'outil de soudure 5 de longer la plaque longiligne ou en forme de U du système de soudage S2 ou respectivement S3, lors de la réalisation d'un trait de soudure 31, 32, 33 ou 34 sur la plaque d'étanchéité 1. Le poussoir reste fixe le temps du déplacement de la tête de soudage, ce qui permet de s'assurer d'un plaquage uniforme de la plaque d'étanchéité sur la plaque d'ancrage pendant toute la durée de la réalisation du trait de soudure.

La figure 8 illustre la réalisation d'un trait de soudure avec le système de soudage S2 du deuxième mode de réalisation, cette réalisation étant transposable à la réalisation d'un trait de soudure avec le système de soudage S3 du troisième mode de réalisation.

Lors de l'état initial S2(t0) du système de soudage S2, à un instant t0, les moyens de contrôle du système de soudage S2 détectent un contact entre la plaque d'étanchéité 1 et une plaque d'ancrage 22, et arrêtent le déploiement de la tige d'extension du vérin 45, fixant ainsi la valeur de la force F de plaquage entre la plaque d'étanchéité 1 et une plaque d'ancrage 22. Lors de cet état initial S2(t0), le ressort de rappel 434 est comprimé entre un premier des portants du guide 432 et la douille qui permet au vérin 45 et à l'outil de soudure 5 de coulisser le long de la cale 43.

Puis un trait de soudure est effectué en activant l'outil de soudure 5 et en faisant coulisser le vérin 45 et l'outil de soudure 5 le long de la cale 43 grâce à la coulisse à billes, dans une direction D, parallèle au guide 432, la force de plaquage F étant maintenue constante. Le mouvement du vérin 45 et de l'outil de soudure 5 est par exemple assuré par un chariot sur lequel le vérin 45 et l'outil de soudure 5 sont montés. La douille à billes termine sa course le long du guide 432 à un instant t1, le ressort de rappel 434 étant étiré en direction d'un deuxième des portants, et le système de soudage S2 se trouvant dans un état S2(t1).

Enfin lors d'un instant t2 suivant l'instant t1, à la fin de l'opération de soudage, le vérin 45 est déverrouillé et sa tige d'extension rentrée, de sorte à annuler la force F de

plaquage. A l'état correspondant S2(t2) du système de soudage S2, la cale 43 est décollée de la plaque d'étanchéité 1, et le système de soudage S2 est prêt à être réutilisé sur une autre zone de soudure.

Tel que cela a été évoqué précédemment, l'utilisation d'une cale 43, 43b plutôt qu'un galet assure un plaquage homogène le long du trait de soudure, et moins de détérioration de la surface de la plaque d'étanchéité 1.

On décrit maintenant en relation avec la figure 9, dans un quatrième mode de réalisation de l'invention, un système de soudage S4 intégrant les éléments du système de soudage S1 du premier mode de réalisation de l'invention.

Le système de soudage S4 comporte un châssis 8 en forme de cadre, venant se fixer sur des nœuds d'un rectangle d'ondes de la plaque d'étanchéité 1. Pour cela, il comporte à chacun des coins de sa face inférieure (c'est-à-dire tournée vers la plaque d'étanchéité 1), des pinces 84 comportant chacune deux mâchoires coulissantes sur des petites ondes 14 situées de part et d'autre d'une grande onde 12, et venant serrer cette grande onde 12. Chaque pince 84 comporte de plus un organe de verrouillage 840 permettant de la maintenir serrée sur le nœud du rectangle d'ondes correspondant à l'intersection de la grande onde 12 et des petites ondes 14 sur laquelle elle est installée.

Des poignées 82 installées chacune sur deux côtés opposés du châssis 8 permettent de transporter facilement le système de soudage S4.

Le châssis 8 comporte sur sa face supérieure (c'est-à-dire à l'opposé de la plaque d'étanchéité 1) un rail 86 délimitant son pourtour intérieur, et un chariot 9 monté coulissant sur le rail 86. Le rail 86 dessine un cadre parallèle au plan P coplanaire ou sensiblement coplanaire avec les zones de soudure dans le rectangle d'ondes. Le rail 86 est en effet disposé le plus parallèlement possible aux zones de soudure, de façon sensiblement coplanaire avec le plan d'allongement principal de la plaque d'étanchéité 1, c'est-à-dire coplanaire à 10 degrés près.

Les moyens de plaquage 4, munis de son capteur 6 formant partie des moyens de contrôle, et l'outil de soudure 5, fixé aux moyens de plaquage 4, sont fixés à un bras 92 du chariot 9, s'étendant vers l'intérieur du châssis 8, de sorte que l'axe X de la tige d'extension du vérin 45 soit orthogonal au plan P. La position du bras 92 est réglable de sorte à pouvoir avancer plus ou moins les moyens de plaquage 4 et l'outil de soudure 5 vers le centre du rectangle d'ondes.

On comprend que grâce à la fixation de l'outil de soudure 5 à la tige d'extension du vérin 45, et grâce à la mise en œuvre des moyens de contrôle qui permettent de s'assurer qu'une pression adéquate est exercée pour le plaquage de la plaque d'étanchéité sur la plaque d'ancrage associée, l'outil de soudure 5 vient se positionner à la bonne distance de la plaque d'étanchéité 1 pour effectuer une soudure par transparence, lorsque le vérin vient plaquer la plaque d'étanchéité 1 sur une zone de soudure. De plus, le déplacement de l'outil de soudure 5 parallèlement au plan P pour effectuer un trait de soudure s'effectue par la mise en mouvement du chariot 9 le long du rail 86, ce mouvement étant suivi par le galet 48 sur la distance nécessaire pour effectuer ce trait de soudure.

Enfin, comme visible sur la figure 8, lorsque le chariot 9 parcourt le pourtour du rail 86, il permet de former avec l'outil de soudure 5 des traits de soudure 31 ou 32 lorsqu'il est positionné sur une zone médiane d'un côté du rail 86, ou des traits de soudure 34 lorsqu'il est positionné sur des coins obliques 862 du rail 86.

Ce quatrième mode de réalisation de l'invention est particulièrement adapté à des réparations ciblées sur des rectangles d'ondes épars de la membrane d'étanchéité de la cuve.

Bien sûr en variante de réalisation de ce quatrième mode de réalisation, le galet 48 est remplacé par la cale 43 ou 43b. Dans ce cas, le déplacement de l'outil de soudure 5 parallèlement au plan P pour effectuer un trait de soudure s'effectue par la mise en mouvement du chariot 9 le long du rail 86, ce mouvement étant suivi par la ou les douilles de la cale 43, 43b plaquée à la plaque d'étanchéité 1, sur la distance nécessaire pour effectuer ce trait de soudure. Une fois le trait de soudure effectué, la remontée de la tige d'extension relativement au plan P décolle la cale 43, 43b ce qui fait revenir la ou les douilles à leur position initiale sur la cale 43, 43b par l'effet du ou des ressorts de rappel 434, 434b.

Selon un cinquième mode de réalisation de l'invention représenté figure 10, un système de soudage S5 selon l'invention comporte également un rail 86b sur lequel un chariot 9b est monté coulissant, ce rail 86b étant rectiligne et de longueur plus importante que la dimension principale de la plaque d'étanchéité 1.

Sur l'exemple d'utilisation de l'invention représenté figure 10, le rail 86b est disposé parallèlement au premier axe A1 sur une ligne de rectangles d'ondes de la plaque d'étanchéité 1 située au-dessus de premières plaques d'ancrage 21.

Une première extrémité du rail 86b est apte à être fixée sur un caisson 72, au-delà du bord 19 de la plaque d'étanchéité 1 et en dehors de celle-ci, par un pied 83 vissé au caisson 72.

Une deuxième extrémité du rail 86b est apte à être fixée au-delà du bord 17 de la plaque d'étanchéité 1 et en dehors de celle-ci, sur une autre plaque d'étanchéité par une fixation par ventouse 84b, décrite plus loin en relation avec la figure 11.

L'ensemble formé par le pied 83 et la fixation par ventouse 84b forme un châssis 8b sur lequel est monté le rail 86b.

Deux pattes de gabarit 80 coulissant ensemble sur le rail 86b sont distantes entre elles de la longueur de la plaque d'étanchéité 1 dans la direction de l'axe A1. Elles sont donc adaptées au gabarit de la plaque d'étanchéité 1. Elles permettent de disposer le rail 86b de façon optimale au-dessus de la plaque d'étanchéité 1 pour effectuer des traits de soudure 31 parallèlement au premier axe A1.

Pour cela, deux systèmes de soudage S1, conformes au premier mode de réalisation de l'invention, sont fixés de part et d'autre du chariot 9b, de telle sorte que l'axe X de la tige d'extension du vérin 45 soit orthogonal au plan P des zones de soudure sur la plaque d'étanchéité 1.

La réalisation des traits de soudure 31 s'effectue de manière similaire à celle des traits de soudure 31 avec le système de soudage S4 du quatrième mode de réalisation de l'invention. Le chariot 9b est néanmoins commandé, dans ce cinquième mode de réalisation de l'invention, par des moyens de programmation 90 fixés au chariot 9b et comportant une interface homme-machine. Ces moyens de programmation 90 comportent un ordinateur et sont aptes à programmer le mouvement du chariot 9b pour effectuer plusieurs traits de soudure 31 de part et d'autre du rail 86b sur la longueur de la plaque d'étanchéité 1. Les instructions du programme correspondant comportent donc des moyens d'activation d'une motorisation du chariot 9b, des moyens d'activation et d'arrêt du vérin 45, couplés à des moyens de détection d'un contact entre la plaque d'étanchéité 1 et la première plaque d'ancrage 21 sous- jacente, et des moyens d'activation et d'arrêt de l'outil de soudure 5. Les instructions comportent aussi éventuellement des moyens d'adaptation de la vitesse du chariot 9b en fonction de l'état activé ou éteint de l'outil de soudure 5.

Il est à noter qu'en variante de réalisation de l'invention, les pattes de gabarit 80 sont fixes ce qui permet de ne pas modifier la programmation du chariot 9b pour traiter les zones de soudure le long d'un même axe A1 ou A2 sur différentes plaques d'étanchéité 1.

De plus, plusieurs châssis 8b avec leurs rails 86b peuvent être agencés les uns à la suite des autres de façon à permettre au chariot 9b de réaliser des soudures sur deux plaques d'étanchéité adjacentes sans avoir à déplacer tout le système de soudage S5.

Dans un autre exemple d'utilisation de l'invention non représenté, le rail 86b est disposé parallèlement au deuxième axe A2 sur une ligne de rectangles d'ondes de la plaque d'étanchéité 1 située au-dessus de deuxièmes plaques d'ancrage 22. Dans cet autre exemple d'utilisation, le système de soudage S5 est utilisé pour effectuer les traits de soudure 32 de la plaque d'étanchéité 1 sur ces deuxièmes plaques d'ancrage 22, de manière similaire à l'exécution des traits de soudure 31 sur les premières plaques d'ancrage 21.

Il est à noter que dans ce cinquième mode de réalisation de l'invention, les traits de soudure obliques 34 sont remplacés chacun par un demi-trait de soudure 31 prolongé d'un demi-trait de soudure 32 de sorte à suivre un coin du rectangle d'ondes recouvrant une intersection de plaques d'ancrage 21 et 22. Ainsi le système de soudage S5 est suffisant pour traiter toutes les zones de soudure de la plaque d'étanchéité 1.

La figure 11 montre plus en détail une fixation par ventouse 84b du châssis 8b. Cette fixation comporte une ventouse 846 et une pompe à vide 841 comportant une entrée 844 d'air comprimé pour activer et désactiver la ventouse 846. La pompe à vide 841 crée une différence de pression permettant à la ventouse 846 de maintenir une charge lourde telle que le système de soudage S5. Une rotule 848 permet de bouger le rail 86b en rotation autour de la fixation par ventouse 84b tant que le pied 83 n'est pas vissé.

La pompe à vide 841 et la rotule 848, fixée mobile en rotation à la ventouse 846, enserrent par une liaison élastique les bords d'une boutonnière agencée dans une équerre 843 et dans laquelle elles peuvent coulisser dans une direction sensiblement parallèle à la surface d'accroche de la ventouse 846. L'équerre 843 est fixée par une charnière 845 à un support 847 du rail 86b, la charnière 845 réalisant une liaison pivot d'axe orthogonal à l'axe d'extension principale de la boutonnière (selon sa longueur) et sensiblement parallèle à la surface d'accroche de la ventouse 846.

Des vérins à gaz 842 couplés à des entrées d'air comprimé 849 pour bloquer le mouvement de leurs pistons, permettent de tourner le support 847 par rapport à l'équerre 843 autour de la charnière 845. Pour cela, chacun des vérins à gaz 842 comporte à une de ses extrémités, fixée sur son corps, un œillet monté mobile en rotation dans une tige fixée à une extrémité de l'équerre 843, distale au support 847, et à l'autre de ses extrémités, fixée au piston du vérin 842, un œillet monté mobile en rotation dans une tige fixée sur le support 847.

On comprend que cette fixation par ventouse 84b permet de fixer la distance du rail 86b par rapport à la position de la ventouse 846 grâce à la boutonnière agencée dans l'équerre 843. De plus, le système de vérins 842 couplés à l'équerre 843 et au support 847 qui sont fixés l'un à l'autre par la charnière 845, permet au rail 86b de s'adapter aux écarts angulaires et de hauteur entre la surface d'accroche de la ventouse 846 par rapport à une zone de soudure, et de maintenir le rail 86b parallèle au plan P de la zone de soudure et à une même hauteur de celle-ci, même lors du plaquage de la plaque d'étanchéité 1 sur une plaque d'ancrage 21, 22 ou 23 par le vérin 45.

Selon un sixième mode de réalisation de l'invention représenté figure 12, un système de soudage S6 selon l'invention, comporte un châssis 8c muni d'un rail 86c amovible sur lequel est monté coulissant un chariot 9b identique à celui du cinquième mode de réalisation de l'invention et référencé de la même manière. Comme dans le cinquième mode de réalisation de l'invention, deux systèmes de soudage S1 conformes au premier mode de réalisation de l'invention sont fixés de part et d'autre du chariot 9b, de telle sorte que l'axe X de la tige d'extension du vérin 45 soit orthogonal au plan P des zones de soudure sur la plaque d'étanchéité 1. Des moyens de programmation 90 du chariot 9b, identiques à ceux du cinquième mode de réalisation de l'invention, sont fixés au chariot 9b.

A la différence du cinquième mode de réalisation cependant, le châssis 8c comporte un cadre. Des fixations par ventouse 84b sont fixées sur la face inférieure du cadre de sorte à permettre la fixation du châssis 8c de part et d'autre de la plaque d'étanchéité 1, sur des caissons 72 ou sur d'autres plaques d'étanchéité 1. De plus, des poignées 82c sont fixées sur deux barres opposées du cadre pour la maniabilité du châssis 8c.

Le cadre est de dimension un mètre sur un mètre environ, de sorte à englober un tiers des zones de soudure de la plaque d'étanchéité 1. Dans l'exemple d'utilisation de la figure 12, le cadre du châssis 8c englobe 8 zones de soudure alignées selon le premier

axe A1 et 8 zones de soudure alignées selon le deuxième axe A2. Ces seize zones de soudure sont aptes à être traitées par le système de soudage S6 sans déplacer le châssis 8c, grâce au rail amovible 86c.

Pour cela, un premier rail de guidage 85 en arc de cercle est fixé au cadre en joignant deux coins opposés de celui-ci. Une extrémité du rail 86c amovible comporte une glissière apte à coulisser sur ce premier rail de guidage 85 en arc de cercle et dont le centre de courbure est proche d'un coin du cadre près duquel est fixé un deuxième rail de guidage en arc de cercle 87, moins étendu que le premier rail de guidage 85. Le deuxième rail de guidage en arc de cercle 87 est plus précisément fixé sur le châssis 8c à l'extérieur du cadre. L'autre extrémité du rail 86c amovible comporte une glissière apte à coulisser sur ce deuxième rail de guidage 87 en arc de cercle. Autrement dit, les rails de guidage 85, 87 en arc de cercle sont disposés l'un par rapport à l'autre de telle sorte à ce que la distance entre les deux extrémités du rail 86c amovible soit constante lors de la course du rail 86c d'une extrémité à l'autre de chaque rail de guidage 85, 87.

Ainsi le rail 86c amovible est apte à passer d'une position alignée selon le premier axe A1, ce qui permet au système de soudage S6 d'effectuer tous les traits de soudure 31 sur les zones de soudure alignées selon ce premier axe et englobées dans le cadre, à une position alignée selon le deuxième axe A2, ce qui permet au système de soudage S6 d'effectuer tous les traits de soudure 32 sur les zones de soudure alignées selon ce deuxième axe et englobées dans le cadre.

Il est à noter que comme dans le cinquième mode de réalisation de l'invention, les traits de soudure obliques 34 sont remplacés chacun par un demi-trait de soudure 31 prolongé d'un demi-trait de soudure 32 de sorte à suivre un coin du rectangle d'ondes recouvrant une intersection de plaques d'ancrage 21 et 22. Ainsi le système de soudage S6 est suffisant pour traiter toutes les zones de soudure de la plaque d'étanchéité 1.

Le système de soudage S6 permet donc de traiter toutes les zones de soudure d'une plaque d'étanchéité 1 avec trois étapes de positionnement du châssis 8c sur trois portions distinctes de la plaque d'étanchéité 1, là où quatre étapes de positionnement du châssis 8b sont nécessaires avec le système de soudage S5 du cinquième mode de réalisation de l'invention.

Des pattes de gabarit sont éventuellement fixées au châssis 8c pour ne pas avoir à modifier la programmation du chariot 9b d'une portion de plaque d'étanchéité 1 à traiter à une autre.

On décrit maintenant en relation avec la figure 13, un procédé de soudage 100a de la plaque d'étanchéité 1 sur une des plaques d'ancrage 21, 22 ou 23. Ce procédé de soudage 100a utilise l'un des systèmes de soudage S4, S5 ou S6.

Une première étape 102 du procédé de soudage 100a est la fixation du châssis 8, 8b ou 8c de sorte à positionner le rail 86, 86b ou 86c parallèlement à au moins une zone de soudure à traiter, c'est-à-dire parallèlement au plan P, et parallèlement à au moins une direction d'un des axes A1, A2 sur au moins une portion du rail 86, 86b, 86c. Cette étape de fixation 102 utilise les pinces 84, ou une ou plusieurs ventouse 84b et/ou un pied 83 qui est vissé dans un caisson 72, ainsi qu'éventuellement des pattes de gabarit lorsque le châssis 8b, 8c en est équipé, selon le système de soudage S4, S5 ou S6 utilisé.

Une deuxième étape 104 du procédé de soudage 100a est éventuellement la programmation du chariot 9b, en lui donnant des instructions aptes à faire déplacer successivement celui-ci sur plusieurs zones de soudure, et à activer les étapes suivantes du procédé de soudage 100a dès qu'une des zones de soudure est atteinte. Cette deuxième étape 104 peut avoir lieu avant la première étape 102 de positionnement si des pattes de gabarit sont utilisées.

Une troisième étape 106 du procédé de soudage 100a est le positionnement de la surface d'appui du poussoir, et notamment du galet 48, au-dessus d'une zone de soudure. Lors de cette étape, l'outil de soudure 5 et le vérin 45 sont disposés grâce au chariot 9, 9b, au-dessus de la zone de soudure de sorte à permettre ensuite la formation d'un trait de soudure sur la zone de soudure. Cette étape de positionnement 106 est éventuellement commune à l'étape 102 de fixation du châssis 8, 8b, 8c.

Une quatrième étape 108 du procédé de soudage 100a, après l'étape 106 de positionnement, est l'actionnement du vérin 45, de sorte à plaquer la plaque d'étanchéité 1 au niveau de la zone de soudure progressivement contre la plaque d'ancrage 21, 22 ou 23 sous-jacente.

L'étape suivante 110a est le contrôle de la vitesse de déplacement V du vérin, grâce au signal de sortie du potentiomètre 6, traité par exemple par un circuit de conversion analogique-numérique, relié à une entrée de l'ordinateur, que celui-ci soit embarqué sur

le système de soudage ou agencé à distance et relié par une liaison filaire ou sans fil au circuit de conversion. L'ordinateur déduit du signal de sortie traité par le circuit de conversion, la vitesse de déplacement V du vérin.

Le déplacement du vérin, c'est-à-dire le rapprochement de la plaque d'étanchéité vers la plaque d'ancrage, se poursuit tant que la vitesse de déplacement reste sensiblement la même, ce qui reflète que la plaque d'étanchéité n'est pas plaquée contre la plaque d'ancrage. Dès que cette vitesse de déplacement V est inférieure à un seuil bas Sb de vitesse, fixé par exemple à 1 mm/s, il est estimé que la plaque d'étanchéité est suffisamment plaquée contre la plaque d'ancrage pour pouvoir réaliser l'opération de soudage par transparence, et on passe (branche Y) à l'étape suivante 114a de verrouillage du vérin 45. Dans le cas contraire, (branche N) on continue le déploiement de la tige d'extension du vérin 45.

L'étape 114a de verrouillage du vérin 45 correspond à l'arrêt du déploiement de la tige d'extension du vérin 45. Lorsque le vérin 45 est verrouillé, on est ainsi sûr que la plaque d'étanchéité 1 est au contact de la plaque d'ancrage 21, 22 ou 23 au niveau de la zone de soudure, puisque l'ajustement de la force de plaquage pour obtenir ce contact, sans qu'il soit nécessaire d'appliquer une force trop importante, permet d'éviter un effet de levier qui tendrait à éloigner les deux plaques l'une de l'autre au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la surface d'appui.

L'étape suivante 116a est alors la soudure par transparence de la plaque d'étanchéité 1 à la plaque d'ancrage 21, 22 ou 23. Cette étape 116a peut consister en la réalisation d'un seul point de soudure, ou d'un trait de soudure 31, 32, 33 ou 34, par déplacement du chariot 9, 9b, faisant déplacer le galet 48 en amont de l'outil de soudure 5.

On décrit maintenant toujours en relation avec la figure 13, un procédé de soudage 100b de la plaque d'étanchéité 1 sur une des plaques d'ancrage 21, 22 ou 23. Ce procédé de soudage 100b utilise une variante de l'un des systèmes de soudage S4, S5 ou S6, dans laquelle, au lieu d'être équipé d'un potentiomètre 6, le système de soudage S4, S5 ou S6 est équipé d'un capteur de force, disposé par exemple au niveau de l'essieu du galet 48.

Comme représenté figure 13, le procédé de soudage 100b comporte des premières étapes 102 à 108 identiques à celles du procédé de soudage 100a précédemment décrites.

A la différence du procédé de soudage 100a, dans le procédé de soudage 100b, l'étape d'actionnement 108 du vérin 45 est suivie d'une étape 110b de contrôle d'un signal de

sortie du capteur de force. Ce signal de sortie est là encore traité par exemple par un circuit de conversion analogique-numérique, relié à une entrée de l'ordinateur fixé au chariot 9b, ou à un ordinateur distant.

L'ordinateur déduit de ce signal de sortie traité par le circuit de conversion, une variation ΔN de la force de réaction exercée par la plaque d'étanchéité 1 sur le galet 48. Dès que cette variation ΔN dépasse un seuil haut Sh de variation d'effort, fixé par exemple à 70 N/mm, alors on passe (branche Y) à l'étape suivante 114b de verrouillage du vérin 45, sinon (branche N) on continue le déploiement de la tige d'extension du vérin 45.

L'étape 114b de verrouillage du vérin 45 correspond à l'arrêt du déploiement de la tige d'extension du vérin 45. Lorsque le vérin 45 est verrouillé, on est sûr que la plaque d'étanchéité 1 est au contact de la plaque d'ancrage 21, 22 ou 23 au niveau de la zone de soudure.

L'étape suivante 116b est alors la soudure par transparence de la plaque d'étanchéité 1 à la plaque d'ancrage 21, 22 ou 23. Cette étape 116b peut consister en la réalisation d'un seul point de soudure, ou d'un trait de soudure 31, 32, 33 ou 34, par déplacement du chariot 9, 9b, faisant déplacer le galet 48 en amont de l'outil de soudure 5.

En variante de ces procédés de soudage 100a, 100b, lorsque le système S4, S5 ou S6 utilise un moyen de mesure d'épaisseur à ultrasons pour mesurer l'épaisseur métallique sous le galet 48, un procédé de soudage de la plaque d'étanchéité 1 à une plaque d'ancrage 21, 22 ou 23 sous-jacente comporte des premières étapes de fixation du châssis 8, 8b ou 8c, de programmation éventuelle du chariot 9b, de positionnement du galet 48 au-dessus d'une zone de soudure et d'actionnement du vérin 45, identiques à celles des procédés 100a, 100b précédemment décrits. Ces premières étapes sont suivies, dans cette variante de procédé de soudage, par une étape de contrôle d'un signal de sortie du moyen de mesure d'épaisseur par ultrasons, traité par un circuit de conversion analogique-numérique, relié à un ordinateur fixé au chariot 9b ou distant du chariot 9, 9b.

Dès qu'une variation d'épaisseur métallique sous le galet 48 est détectée, le vérin 45 est verrouillé, puisque cela signifie que le contact entre la plaque d'étanchéité 1 et la plaque d'ancrage sous-jacente 21, 22, 23, au niveau de la zone de soudure, a été obtenu. Puis, dans cette variante du procédé de soudage, la soudure par transparence est effectuée, de manière similaire aux étapes 116a, 116b déjà décrites.

Bien sûr, l'invention est utilisable sans le châssis 8, 8b ou 8c. Un procédé de soudage correspondant selon l'invention ne comporte pas alors les étapes 102 de fixation du châssis et 104 de programmation du chariot 9b, mais comporte les étapes suivantes, identiques à celles des procédés de soudage précédemment décrits en fonction du moyen de contrôle utilisé pour détecter un contact entre la plaque d'étanchéité 1 et la plaque d'ancrage sous-jacente 21, 22 ou 23 au niveau de la zone de soudure.

Enfin les procédés de soudage décrits sont adaptables à l'utilisation du système de soudage S2, utilisant une cale 43 ou 43b plutôt qu'un galet 48. Une autre variante consiste à utiliser un chariot 9b programmable avec le châssis 8 du quatrième mode de réalisation de l'invention.

L'invention n'est bien sûr pas limitée aux exemples qui viennent d'être décrits et de nombreux aménagements peuvent être apportés à ces exemples sans sortir du cadre de l'invention. Notamment les caractéristiques de différentes variantes ou des différents modes de réalisation de l'invention peuvent être combinées pour réaliser l'invention, dans la mesure où ces variantes ou ces modes ne sont pas incompatibles entre eux.

REVENDICATIONS

1- Système de soudage (S1, S2, S3, S4, S5, S6) d'une plaque d'étanchéité (1) d'une cuve destinée à contenir du gaz liquéfié, à une plaque d'ancrage (21, 22, 23), la plaque d'étanchéité (1) et la plaque d'ancrage (21, 22, 23) étant métalliques, le système de soudage (S1, S2, S3, S4, S5, S6) comportant un dispositif de soudage comprenant :
- un outil de soudure (5) par transparence destiné à effectuer au moins une soudure dans une zone de soudure,
- des moyens de plaquage (4) de la plaque d'étanchéité (1) sur la plaque d'ancrage (21, 22, 23), et
- des moyens de contrôle (6) d'une force (F) exercée par les moyens de plaquage (4) sur la plaque d'étanchéité (1), aptes à détecter un contact entre la plaque d'ancrage (21, 22, 23) et la plaque d'étanchéité (1), et à agir sur les moyens de plaquage (4) dès qu'un contact entre la plaque d'ancrage (21, 22, 23) et la plaque d'étanchéité (1) est détecté.

2- Système de soudage (S1, S2, S3, S4, S5, S6) selon la revendication 1, dans lequel l'outil de soudure (5) est solidarisé aux moyens de plaquage (4).

3- Système de soudage (S1, S2, S3, S4, S5, S6) selon la revendication 1 ou 2, dans lequel les moyens de plaquage (4) comprennent un poussoir comportant une surface d'appui définissant un plan (P) destiné à s'étendre parallèlement à la zone de soudure, et un vérin (45) dont une tête est solidarisée au poussoir.

4- Système de soudage (S1, S2, S3, S4, S5, S6) selon la revendication 3, comportant des moyens de protection thermique du poussoir.

5- Système de soudage (S1, S4, S5, S6) selon la revendication 3 ou 4, dans lequel le poussoir comporte au moins un galet (48, 482).

6- Système de soudage (S2, S3) selon la revendication 3 ou 4, dans lequel le poussoir comporte au moins une cale (43, 43b) sur laquelle l'outil de soudure (5) est apte à coulisser parallèlement au plan (P).

7- Système de soudage (S1, S2, S3, S4, S5, S6) selon l'une quelconque des revendications 3 à 6, dans lequel les moyens de contrôle (6) comportent des moyens d'arrêt des moyens de plaquage (4) couplés à des moyens de détection qu'une vitesse (V) du vérin (45) est inférieure à un seuil bas (Sb) de vitesse, ou à des moyens de détection qu'une variation (ΔN) d'une force exercée sur le poussoir est supérieure à un seuil haut

(Sh) de variation d'effort, ou encore à des moyens de détection d'une variation d'une mesure d'épaisseur métallique.

8- Système de soudage (S4, S5, S6) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, comportant un châssis (8, 8b, 8c) comportant au moins un rail (86, 86b, 86c), et un chariot (9, 9b) coulissant monté sur le rail (86, 86b, 86c), le dispositif de soudage étant fixé au chariot (9, 9b).

9- Système de soudage (S4) selon la revendication 8, dans lequel la plaque d'étanchéité (1) comportant des ondes (12, 14), le châssis (8) comporte des moyens de fixation (84) amovibles sur des ondes délimitant entre elles des zones de soudure, le châssis (8) formant un cadre sur lequel est disposé le rail (86) et dont une périphérie interne est apte à permettre à l'outil de soudure (5) d'accéder aux zones de soudure.

10- Système de soudage (S5, S6) selon la revendication 8, dans lequel, des premières zones de soudure étant alignées selon un premier axe (A1, A2), entre une première extrémité (17, 16) de la plaque d'étanchéité (1) et une deuxième extrémité (19, 18) de la plaque d'étanchéité (1), et des deuxièmes zones de soudure étant alignées selon un deuxième axe (A2, A1), entre une troisième extrémité (16, 17) de la plaque d'étanchéité (1) et une quatrième extrémité (18, 19) de la plaque d'étanchéité (1), le rail (86b, 86c) est configuré pour permettre à l'outil de soudure de traiter toutes les premières zones de soudure lorsqu'il est aligné selon le premier axe (A1, A2), le châssis (8b, 8c) comportant des moyens de fixation (84b) amovibles aptes à fixer au moins une portion du châssis (8b, 8c) sur un support externe à la plaque d'étanchéité (1).

11- Système de soudage (S5, S6) selon la revendication 10, comportant deux dispositifs de soudage fixés au chariot (9b) de part et d'autre du rail (86b, 86c).

12- Système de soudage (S6) selon la revendication 10 ou 11, comportant deux organes de guidage (85, 87) en arc de cercle, sur chacun desquels est montée coulissante une extrémité distincte du rail (86c), les organes de guidage (85, 87) étant aptes à faire passer le rail (86c) d'une première configuration dans laquelle le système de soudage (S6) est apte à traiter toutes les premières zones de soudure, à une deuxième configuration dans laquelle le système de soudage (S6) est apte à traiter des deuxièmes zones de soudure.

13- Procédé de soudage (100a) d'une plaque d'étanchéité (1) d'une cuve destinée à contenir du gaz liquéfié, à une plaque d'ancrage (21, 22, 23), utilisant le système de

soudage (S1, S2, S3, S4, S5, S6) selon l'une des revendications 1 à 12, comportant des étapes de :

- positionnement (106) des moyens de plaquage (4) au-dessus de la plaque d'étanchéité (1) et de la plaque d'ancrage (21, 22, 23) à souder,
- actionnement (108) des moyens de plaquage (4),
- contrôle (110a) d'une force (F) exercée par les moyens de plaquage (4) sur la plaque d'étanchéité (1),
- verrouillage (114a) des moyens de plaquage (4) dès qu'un contact entre la plaque d'ancrage (21, 22, 23) et la plaque d'étanchéité (1) est détecté pour conserver un contact entre la plaque d'ancrage (21, 22, 23) et la plaque d'étanchéité (1), et
- soudure (116a) par transparence de la plaque d'étanchéité (1) à la plaque d'ancrage (21, 22, 23).