

Description

Dispositif de décapage pour cuve de transport/stockage d'un gaz à l'état liquide

La présente invention concerne un dispositif de décapage de membrane métallique de cuve destinée à contenir un gaz sous forme liquide. L'invention se rapporte au domaine de la fabrication ou de la maintenance de telle cuve.

Dans l'industrie du transport et/ou du stockage de gaz sous forme liquide, il est connu d'utiliser des cuves dont la structure assure des fonctions d'étanchéité et de protection thermique. De telles cuves comprennent au moins une membrane métallique qui assure la fonction d'étanchéité. La membrane métallique se compose d'une pluralité de tôles métalliques soudées entre elles lors de la construction de la cuve. Dans un cas habituel, l'utilisation d'un acier inoxydable impose un décapage des soudures. Actuellement, ce décapage de la membrane métallique s'effectue manuellement, par exemple à l'aide d'une brosse métallique, ou par passivation à l'acide.

Dans d'autres situations, la membrane métallique peut s'oxyder ou se salir, par exemple lors d'opérations de soudage de tôles métalliques ou bien lorsqu'un évènement tel qu'une défaillance de générateur d'air sec ou lorsqu'un incendie accidentel survient, ou encore lors d'une entrée d'eau de mer, un tel évènement étant alors générateur d'un dépôt sur la membrane. La membrane étant destinée à venir en contact du gaz à l'état liquide, il est alors indispensable de procéder au décapage de la membrane métallique de la cuve afin d'éviter un développement de corrosion.

Ces deux types de décapage sont longs à mettre en œuvre et implique des moyens financiers conséquents.

Il existe par ailleurs des têtes de projection laser portatives aptes à décaper une paroi métallique, mais celles-ci sont manuelles et ne sont pas adaptées à une utilisation dans une cuve à membranes de stockage ou de transport d'un gaz à l'état liquide. Elles ne résolvent donc pas le problème de perte de temps passé au décapage de la membrane métallique.

La présente invention permet de procéder au décapage de la membrane métallique d'une cuve de manière automatisée, tout en économisant du temps et des moyens financiers.

L'invention consiste en un dispositif de décapage d'une membrane métallique d'une cuve de transport et/ou de stockage de gaz sous forme liquide comprenant :

- 5 - au moins un rail configuré pour être solidarisé à la membrane métallique,
- au moins une tête de projection d'un faisceau laser configuré pour décaper la membrane métallique,
- au moins un support interposé entre la tête de projection et le rail et configuré pour se déplacer le long du rail,
- 10 caractérisé en ce que le dispositif de décapage comprend un moyen autorisant un mouvement, par rapport à la membrane métallique, d'un point d'impact du faisceau laser sur la membrane métallique, le mouvement étant distinct d'un déplacement opéré par le support sur le rail.

Par décapage de la membrane métallique, il faut comprendre l'élimination par exemple
15 d'une couche d'impuretés ou d'oxydation qui s'est déposée sur une face interne de la membrane métallique, par exemple après une opération de soudage ou bien après une pollution de la cuve survenant sur le chantier. Le dispositif de décapage selon l'invention est donc configuré pour décaper la membrane métallique pendant les opérations de fabrication de la membrane, par exemple la soudure entre deux tôles constitutrices de
20 cette membrane, ou postérieurement à cette fabrication. Dans ce dernier cas, l'invention est très avantageuse car elle évite d'avoir à remonter un échafaudage à l'intérieur de la cuve pour atteindre les zones polluées.

Le dispositif de décapage comprend le rail solidaire de la membrane métallique. Le rail peut être fixé, par exemple en agrippant des formes particulières de la membrane,
25 comme par exemple les nœuds qui se forment aux croisements des ondes, lorsque la membrane en est pourvue.

Il est également possible d'utiliser un élément de la membrane métallique afin que ce dernier fasse office de rail, par exemple un bord relevé de la membrane métallique tel

que cela est décrit par la suite. Le rail peut présenter une trajectoire entièrement droite ou bien courbée.

Le support est solidarisé sur le rail, par exemple par engagement au niveau d'une extrémité du rail, et il est configuré pour coulisser le long du rail. Le support peut par exemple être alimenté électriquement pour opérer un déplacement dépendant de la trajectoire du rail.

La tête de projection du faisceau laser est liée au support par un quelconque moyen de fixation. Elle est ainsi entraînée par le support lors du déplacement de celui-ci sur le rail. La tête de projection est configurée pour projeter le faisceau laser dont les caractéristiques sont adaptées pour une opération de décapage de la membrane métallique, tel que cela est présenté par la suite. Le faisceau laser est projeté contre une zone à découper de la membrane métallique, formant le point d'impact du faisceau laser sur la membrane métallique. C'est au niveau de ce point d'impact que le décapage est effectué.

Le mouvement du point d'impact du faisceau laser peut dépendre du déplacement du support le long du rail. En effet, la tête de projection étant portée par le support, le point d'impact du faisceau laser peut suivre le déplacement du support. L'invention est reconnaissable en ce qu'elle comprend le moyen autorisant le mouvement de la tête de projection du faisceau laser par rapport au support, quand ce dernier se déplace le long du rail. Cette définition exclue tout mouvement intervenant pendant une opération de montage de la tête de projection sur le support, lors de la fabrication ou de la maintenance du dispositif de décapage. On comprend donc que le point d'impact du faisceau laser n'est pas exclusivement guidé par le déplacement du support le long du rail.

Les moyens autorisant le mouvement de la tête de projection par rapport au support sont divers. Il peut s'agir par exemple de moyens entraînant un mouvement de la tête de projection ou d'un quelconque autre élément agissant sur la trajectoire du faisceau laser, et ce indépendamment du support. Ainsi, en fonction du mode de réalisation de l'invention, la tête de projection peut par exemple pivoter ou bien translater, par rapport

au support. Le moyen est alors un moyen de pivotement et/ou un moyen de translation de la tête de projection par rapport au support. Dans un tel mode de réalisation, la tête de projection peut pivoter et/ou translater aussi librement qu'un degré de liberté du moyen autorisant le mouvement de la tête de projection puisse le permettre. Il est également possible de paramétrer le dispositif de décapage afin que celui-ci n'autorise qu'un nombre limité de positions de la tête de projection. Dans ce mode de réalisation, le moyen autorisant le mouvement de la tête de projection n'est actif qu'en cas de changement de position de la tête de projection. De manière alternative ou complémentaire, le moyen peut comprendre une surface réfléchissante qui dévie le faisceau vers la membrane à décaper. La surface réfléchissante peut par exemple se présenter sous la forme d'un module réfléchissant directement intégré au sein de la structure de la tête de projection et autorisant le mouvement du point d'impact du faisceau laser dans au moins deux plans différents, ou bien par exemple sous la forme d'un miroir intégré au support et disposé au niveau de la trajectoire du faisceau laser émanant de la tête de projection.

Le mouvement du point d'impact du faisceau laser est effectué en fonction des formes de la membrane métallique ou du type d'opération de décapage à effectuer sur celle-ci. Les détails concernant le mouvement et le ou les moyens autorisant un tel mouvement sont présentés au cours de la description de l'invention.

Selon une caractéristique de l'invention, la tête de projection est configurée pour projeter le faisceau laser à une puissance de faisceau comprise entre 20W et 200W. Afin d'assurer la fonction de décapage sans destruction de la membrane, le faisceau laser projeté est d'une puissance suffisante pour décaper efficacement la face interne de la membrane métallique sur laquelle il est projeté. La puissance du faisceau laser présente une valeur seuil maximale afin de ne pas endommager la membrane métallique de la cuve.

Selon une caractéristique de l'invention, la tête de projection est configurée pour projeter le faisceau laser à une fréquence de pulsation comprise entre 100kHz et 250kHz. Selon une caractéristique de l'invention, la tête de projection est configurée pour projeter le faisceau laser à une fréquence de pulsation comprise entre 100kHz et 200kHz. La tête de

projection laser projette un faisceau laser dit pulsé. Un laser pulsé émet des pulsations lumineuses permettant de multiplier la puissance du laser durant les pulsations tout en conservant une consommation d'énergie identique. Les pulsations génèrent de la chaleur qui aide au décapage de la surface de la membrane métallique. La fréquence des pulsations du faisceau laser est ainsi comprise entre 100kHz à 200kHz. Autrement dit, la tête de projection projette une pulsation par intervalle de temps compris entre 5 et 10 microsecondes.

Selon une caractéristique de l'invention, la tête de projection est configurée pour projeter le faisceau laser à une longueur d'onde de 1064nm +/-5%.

Selon une caractéristique de l'invention, la tête de projection comprend au moins une lentille de focalisation du faisceau laser. Le fait d'avoir la lentille au niveau de l'émission du faisceau laser permet de densifier celui-ci. Ainsi le décapage laser est plus efficace.

Selon une caractéristique de l'invention, une distance focale de la lentille de focalisation du faisceau laser est comprise entre 80mm et 360mm. Le point du faisceau laser où la densité lumineuse est la plus élevée correspond à la distance focale de la lentille, soit la distance séparant la lentille dudit point. Autrement dit, pour un décapage optimal, la distance entre la lentille et la zone de la membrane métallique à décaper doit être identique ou sensiblement identique à la distance focale de la lentille, soit entre 80mm et 360mm en fonction de la lentille utilisée.

Selon une caractéristique de l'invention, le support est configuré pour se déplacer sur le rail à une vitesse comprise entre 25 et 72 cm/min. Bien que le dispositif de décapage comprenne le moyen autorisant le mouvement du point d'impact du faisceau laser distinct du déplacement du support, la vitesse de ce dernier joue un rôle dans le mouvement du point d'impact du faisceau laser. Ainsi, un déplacement du support à une vitesse trop rapide peut engendrer un mouvement du point d'impact du faisceau laser également trop rapide, ce qui provoque un décapage peu efficace. A l'inverse, un mouvement du point d'impact trop lent peut maintenir ce dernier au niveau d'un certain point de la membrane métallique et entraîner des dommages matériels sur celle-ci au vu de la puissance du

faisceau laser. Pour éviter ces deux cas de figures, la vitesse de déplacement du support doit être maintenue au sein d'un écart de vitesse compris entre 25 et 72 cm/min.

5 Selon une caractéristique de l'invention, le moyen autorisant le mouvement du point d'impact par rapport au support peut être configuré pour que la tête de projection suive un profil complémentaire d'un profil de la membrane métallique. Comme indiqué précédemment, le mouvement du point d'impact du faisceau laser est effectué en fonction des formes de la membrane métallique. Ainsi, la position de la tête de projection peut être modifiée pour s'adapter au profil de la membrane métallique afin que l'opération de

10 Selon une caractéristique de l'invention, le moyen autorisant le mouvement du point d'impact peut comprendre un module de réflexion disposé au sein de la tête de projection et configuré pour assurer le mouvement du point d'impact dans au moins deux plans différents. Le module de réflexion est mis en place au niveau d'une extrémité de la tête de projection d'où émane le faisceau laser. Le module de réflexion peut par exemple se
15 présenter sous la forme d'un jeu de miroirs mobiles assurant l'orientation du faisceau laser en sortie de la tête de projection en fonction du besoin. Le module de réflexion permet ainsi le mouvement du point d'impact du faisceau laser dans au moins deux plans différents. Autrement dit, le mouvement du point d'impact par rapport à la membrane métallique peut s'effectuer selon une pluralité de directions limitées par les capacités du
20 module de réflexion.

Selon une caractéristique de l'invention, le moyen autorisant le mouvement du point d'impact est configuré pour incliner la tête de projection selon un angle d'incidence compris entre 5° et 70° par rapport à une normale à la membrane métallique. Autrement dit, le faisceau laser projeté atteint la surface à décaper selon un angle d'incidence compris
25 entre 5° et 70°. Une telle inclinaison présente un intérêt lorsque la membrane métallique à décaper est par exemple la membrane métallique d'une cuve de transport et/ou de stockage d'un gaz sous forme liquide de type Mark.

Selon une caractéristique de l'invention, la tête de projection peut être configurée pour adopter au moins une position fixe d'inclinaison par rapport à la normale à la membrane

métallique. La tête de projection peut être paramétrée pour n'autoriser qu'un certain nombre de positions qui diffèrent en fonction de l'angle d'inclinaison de la tête de projection. Ainsi, ces positions demeurant fixes, le mouvement du point d'impact du faisceau laser dépend entièrement du déplacement du support le long du rail. Autrement dit, le moyen autorisant le mouvement du point d'impact par rapport à la membrane métallique distinct du déplacement du support le long du rail est actif uniquement lorsque la tête de projection passe d'une position fixe à une autre lorsqu'elle est configurée pour adopter au moins deux positions fixes.

Selon une caractéristique de l'invention, le dispositif de décapage est configuré pour décaper au moins un cordon de soudure de la membrane métallique. Il est nécessaire de décaper le cordon de soudure formé après l'opération de soudage de la membrane métallique. L'opération de soudage peut par exemple être effectuée au niveau d'une jonction entre deux tôles métalliques de la membrane métallique afin de les solidariser. Une telle opération de soudage entraîne l'apparition du cordon de soudure, et inévitablement de la couche d'impuretés et/ou d'oxydation provoquée par un appareil de soudage. Une telle couche d'impuretés et/ou d'oxydation doit être éliminée avant la mise en service de la cuve. Le passage du dispositif de décapage, plus particulièrement du faisceau laser sur le cordon de soudure, permet d'éliminer la couche d'impuretés et/ou d'oxydation du cordon de soudure.

Selon une caractéristique de l'invention, le support peut porter au moins une tête de soudage. Ainsi, le dispositif de décapage effectue les deux opérations en simultanée, à savoir le soudage de la membrane métallique, puis le décapage du cordon de soudure formé par la tête de soudage. Les deux têtes sont donc disposées l'une derrière l'autre, la tête de projection étant disposée après la tête de soudage par rapport au déplacement du support sur le rail.

Selon une caractéristique de l'invention, le moyen autorisant le mouvement du point d'impact est configuré pour séparer ce point d'impact du faisceau laser d'un arc de soudage formé par la tête de soudage d'une distance supérieure ou égale à 80mm. L'opération de soudage étant effectuée à température élevée, le cordon de soudage nouvellement formé

5 suite à l'opération de soudage est à une température de plusieurs centaines de degrés. Afin d'éviter la création d'une nouvelle couche d'oxydes lors du décapage, la température du cordon de soudage doit être inférieure à 150°C avant le passage du faisceau laser sur celui-ci. Pour cela, une distance d'au moins 80mm doit être appliqué entre l'arc de soudage de la tête de soudage et le point d'impact du faisceau laser, afin que le cordon de soudure puisse refroidir suffisamment.

10 Selon une caractéristique de l'invention, la membrane métallique peut comprendre au moins une onde, le moyen autorisant le mouvement du point d'impact étant configuré pour que la tête de projection du faisceau laser suive un profil de l'onde de la membrane métallique. La présence de l'onde au niveau de la membrane métallique de la cuve permet la déformation de celle-ci lorsque le navire qui la porte est en mouvement. Lorsque la membrane métallique comprend au moins l'onde, et que la tête de soudage forme le cordon de soudure parcourant la forme de l'onde, l'opération de décapage s'avère plus délicate que pour le décapage d'une section plane de la membrane métallique. Le moyen autorisant le mouvement pallie cette difficulté en faisant pivoter ou translater la tête de projection pour que celle-ci, plus particulièrement l'extrémité d'où émane le faisceau laser, suive la forme de l'onde et décape ainsi de manière efficace l'onde de la membrane métallique. Le pivotement peut par exemple être effectué à l'aide d'un arbre de rotation disposé entre la tête de projection et le support, et par un moteur intégré à la tête de projection ou au support. Une telle organisation permet de conserver un angle d'incidence du faisceau laser sur la membrane, même en présence des ondes.

25 Selon une caractéristique de l'invention, le dispositif de décapage peut comprendre au moins deux têtes de projection d'un faisceau laser sur un même support. Dans ce mode de réalisation, le dispositif de décapage comprend une pluralité de têtes de projection. Chacune des têtes de projection projette son propre faisceau laser et peut pivoter grâce au moyen autorisant le mouvement qui lui est propre.

Selon une caractéristique de l'invention, une première tête de projection est orientée selon un angle compris entre 5° et 70° mesuré dans un sens anti-horaire et une deuxième tête de projection est orientée selon un angle compris entre 5° et 70° mesuré selon un sens

horaire. Autrement dit, les têtes de projection sont orientées de telle sorte que lorsque la membrane métallique est plane, les têtes de projection projettent chacune leur faisceau laser ne formant qu'un seul et unique point d'impact au contact de la membrane métallique. Lorsque les faisceaux laser des têtes de projection parcourent l'onde de la

5 membrane métallique, chacune des têtes de projection projette son faisceau laser sur une portion de l'onde relative à l'orientation de chacune desdites têtes de projection. Un tel agencement des têtes de projection permet d'éviter des mouvements trop extrêmes au sein du dispositif de décapage. Par ailleurs, il est possible de limiter la consommation d'énergie du dispositif de décapage en stoppant la projection du faisceau laser de la première tête de

10 projection ou de la deuxième tête de projection lorsque l'une d'entre elles est au niveau de la portion de l'onde décapée par l'autre tête de projection.

Selon une caractéristique de l'invention, le moyen qui provoque le mouvement du point d'impact du faisceau laser par rapport à la membrane métallique peut comprendre au moins un dispositif réfléchissant sur lequel le faisceau laser de la tête de projection est

15 réfléchi vers la membrane métallique. Dans ce mode de réalisation, la tête de projection est fixe et projette le faisceau laser sans possibilité de pivotement de celui-ci. C'est le dispositif réfléchissant, disposé sur la trajectoire du faisceau laser, qui dévie le faisceau laser par réflexion directe, et le renvoie en direction de la membrane métallique. Le pivotement du dispositif de réflexion peut par exemple s'effectuer à l'aide d'un moteur et d'un arbre

20 de rotation.

Selon une caractéristique de l'invention, le support peut se présenter sous la forme d'un portique surplombant la membrane métallique. Dans ce mode de réalisation, le portique fait office de support et peut par exemple comprendre deux montants s'étendant de part de d'autre de la zone de la membrane métallique à décapier. La tête de projection

25 surplombe ainsi ladite zone de la membrane métallique depuis le portique tel que cela est décrit par la suite.

Selon une caractéristique de l'invention, la membrane métallique peut comprendre au moins deux bandes métalliques jointes l'une à l'autre par au moins un bord relevé, le rail étant formé par au moins un des bords relevés, et avantageusement par les deux bords

relevés, la tête de projection étant configurée pour décaper au moins un des bords relevés. Contrairement aux modes de réalisation précédents, au sein desquels le rail est distinct de la membrane et solidarisé à la cuve par un quelconque moyen de fixation, ici c'est le bord relevé de la membrane métallique qui fait office de rail. Ce mode de réalisation évite ainsi
5 l'apport du rail, ainsi que son montage et son démontage une fois l'opération de décapage achevée. Ce mode de réalisation est tout particulièrement applicable par exemple pour une cuve à membranes métalliques de type NO96.

Selon une caractéristique de l'invention, le support peut être entraîné le long du rail par un organe d'entraînement comprenant au moins un galet en appui contre le rail et au
10 moins un rouleau en appui sur une section plane de la membrane métallique. Autrement dit, l'organe d'entraînement, lorsque celui-ci est en fonctionnement, permet le déplacement du portique le long du bord relevé, ou plus généralement le déplacement du support le long du rail. Le galet est en appui sur le bord relevé afin de suivre la trajectoire du bord relevé. Le galet peut être mis en rotation par un moteur électrique, entraînant
15 ainsi la rotation du galet. Le rouleau est en appui sur la section plane de la membrane métallique et sa mise en rotation par le galet garantit le déplacement du portique sur la membrane métallique, le long du bord relevé de celle-ci.

Selon une caractéristique de l'invention, le moyen autorisant le mouvement du point d'impact comprend un dispositif de translation de la tête de projection sur une glissière
20 interposée entre deux montants du portique. La glissière a une fonction de maintien mécanique et de coulissement de la tête de projection au-dessus de la membrane métallique. La glissière peut par exemple être interposée entre deux montants du support formant ainsi le portique.

Selon une autre caractéristique, le moyen comprend une roue dentée solidaire de la tête
25 de projection et une vis sans fin. Cette dernière peut s'étendre d'un montant à l'autre du support. La tête de projection comprend la roue dentée, par exemple un écrou, qui peut être fixe par rapport à la tête de projection. Alternativement, la vis sans fin peut être fixe et c'est la roue dentée qui est mise en rotation, entraînant ainsi une translation de la tête de projection.

La roue dentée peut ainsi translater le long de la vis sans fin en entraînant la tête de projection dans son parcours. L'association entre la vis sans fin et la roue dentée forme un sous-ensemble constitutif du moyen autorisant le mouvement de la tête de projection du faisceau laser. Ainsi, la tête de projection est apte à effectuer un mouvement de va-et-vient
5 selon une direction différente d'une direction de déplacement du portique, notamment perpendiculairement à cette direction de déplacement. La combinaison du déplacement du portique et du mouvement de translation de la tête de projection permet un décapage intégral de la section de la membrane métallique délimitée par le portique. Alternativement, la roue dentée peut également être disposée au sein d'un bras mécanique
10 qui coulisse sur la glissière et porte la tête de projection, créant un décalage entre cette dernière et le portique. Cette alternative permet à la tête de projection de décaper certaines zones de la membrane métallique sans que le portique ne gêne l'opération de décapage en faisant obstacle entre le faisceau laser et la membrane métallique.

Grâce au module de réflexion décrit précédemment, la tête de projection, lorsque celle-ci
15 est située à l'une des extrémités de la vis sans fin, peut projeter un faisceau laser dont la trajectoire est modifiée par le module de réflexion afin de décaper le bord relevé faisant office de rail pour le portique, malgré le fait que la tête de projection ne soit pas verticalement centrée sur le bord relevé. Il s'agit là d'une fonction avantageuse du module de réflexion car le bord relevé est un élément de la membrane métallique particulièrement
20 fastidieux à décaper. D'une manière plus générale, et comme cela a été décrit précédemment, le module de réflexion permet au point d'impact du faisceau laser de se mouvoir dans au moins deux plans différents, par exemple perpendiculaire l'un par rapport à l'autre. Ainsi, le point d'impact du faisceau laser est apte à couvrir une zone de la membrane métallique s'étendant selon deux plans différents, et ce sans nécessité de
25 mouvement de la tête de projection le long de la vis sans fin.

Selon une caractéristique de l'invention, la tête de projection est à une distance constante de la membrane métallique. Dans ce mode de réalisation, le dispositif de décapage a pour fonction de décaper la section plane de la membrane métallique.

L'invention couvre également un procédé de décapage d'une membrane métallique d'une cuve de transport et/ou de stockage de gaz sous forme liquide, mettant en œuvre un dispositif de décapage tel que présenté précédemment, et comprenant :

- 5 - une étape de mise en place du support sur le rail au niveau d'une zone de la membrane métallique à décaper,
- une étape d'activation de la tête de projection du faisceau laser,
- une étape de mise en mouvement du point d'impact du faisceau laser par rapport à la membrane métallique,
- une étape de déplacement du support sur le rail.

10 Les trois dernières étapes évoquées ci-dessus peuvent être réalisées successivement et dans n'importe quel ordre. Alternativement, ces trois dernières étapes peuvent être réalisées de manière simultanée.

 Selon une caractéristique de l'invention, le procédé de décapage peut comprendre une étape d'interruption du faisceau laser lorsque la tête de projection est positionnée à $0^\circ \pm 1^\circ$ par rapport à la normale à la membrane métallique. Comme indiqué précédemment, le moyen autorisant le mouvement du point d'impact est configuré pour incliner la tête de projection selon un angle d'incidence compris entre 5° et 70° . Cet angle d'inclinaison, au-delà de faciliter le décapage de l'onde de la membrane métallique, permet d'éviter les réflexions directes sur la tête de projection et de causer des dommages à celle-ci. Toutefois, le moyen autorisant le mouvement du point d'impact pouvant dans certains cas entraîner le pivotement de la tête de projection, cette dernière, lors de son fonctionnement, sera au moins ponctuellement positionnée à $0^\circ \pm 1^\circ$ par rapport à la normale. Cet événement peut survenir lorsque le dispositif de décapage décape un sommet de l'onde ou que la tête de projection pivote pour se réajuster après le décapage de l'onde. Ainsi, la tête de projection peut par exemple comprendre un capteur apte à interrompre le faisceau laser à chaque fois que la tête de projection est positionnée à $0^\circ \pm 1^\circ$ par rapport à la normale à la membrane métallique. Cette étape supplémentaire du procédé de décapage permet d'éviter l'endommagement de la tête de projection. On comprend que cet angle se mesure

entre la direction du faisceau laser et la normale à la membrane métallique prise au point d'impact.

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
5 indicatif et non limitatif en référence aux dessins schématiques annexés d'autre part, sur lesquels :

[Fig 1] est une représentation schématique d'un premier mode de réalisation du dispositif de décapage selon l'invention,

[Fig 2] est une représentation d'une tête de projection comprenant un module de
10 réflexion,

[Fig 3] illustre le dispositif de décapage selon le premier mode de réalisation en deux positions différentes,

[Fig 4] est une représentation schématique d'un deuxième mode de réalisation du dispositif de décapage selon l'invention,

[Fig 5] est une représentation schématique d'un troisième mode de réalisation du
15 dispositif de décapage selon l'invention,

[Fig 6] est une représentation schématique d'un quatrième mode de réalisation du dispositif de décapage selon l'invention,

[Fig 7] est une représentation schématique du quatrième mode de réalisation du dispositif
20 de décapage lorsque celui-ci décape une onde de la membrane métallique,

[Fig 8] est une représentation schématique d'un cinquième mode de réalisation du dispositif de décapage selon l'invention,

[Fig 9] est une représentation schématique d'un sixième mode de réalisation du dispositif de décapage selon l'invention,

25 [Fig 10] est une vue de dessus du sixième mode de réalisation.

Dans la description ci-dessous du dispositif de décapage et des éléments qui le composent, les repères LV, VT et LT représentent l'orientation des différents éléments de la

description détaillée. La direction longitudinale L correspond à un axe parallèle à un cordon de soudure formé sur la membrane métallique ou à un bord relevé de la membrane métallique, la direction verticale V correspond à un axe vertical, et la direction transversale T correspond à un axe perpendiculaire à l'axe longitudinal L et à l'axe vertical V.

5 La figure 1 représente un dispositif de décapage 1 disposé sur une membrane métallique 5 d'une cuve pour un ouvrage terrestre ou flottant. La membrane métallique 5 forme une barrière d'étanchéité à l'égard du gaz à l'état liquide que la cuve contient.

La membrane métallique 5 comprend au moins une section plane 55, s'étendant selon un axe longitudinal L, et au moins une onde 52 qui, à titre indicatif, permet d'autoriser
10 les déformations de la cuve. Bien entendu, la membrane métallique 5 comprend plusieurs séries d'ondes qui se croisent de manière perpendiculaire.

Le dispositif de décapage 1 comprend un rail 4, une tête de projection 3 et un support 2 interposé entre la tête de projection 3 et le rail 4. Le rail 4 est rendu solidaire de la membrane métallique 5 par le biais de pied de liaison 16 fixé par exemple sur les nœuds
15 qui se forment au croisement des ondes.

Sur la figure 1, le dispositif de décapage 1 est destiné à décaper une couche d'impuretés ou d'oxydation 54 formée sur un cordon de soudure 51 de la membrane métallique 5. Le cordon de soudure 51 peut par exemple être formé par un robot de soudage, indépendant du dispositif de décapage 1 et non représenté sur la figure 1. Ainsi, le rail 4
20 est rendu solidaire de la membrane métallique 5 de manière à se déplacer de manière parallèle au cordon de soudure 51, afin que le dispositif de décapage 1 puisse décaper la couche d'impuretés ou d'oxydations 54 formée sur le cordon de soudure 51.

Le support 2 est rendu solidaire du rail 4, par exemple par engagement de formes complémentaires de celle du rail 4. Le support 2 est alimenté électriquement et
25 comprend un dispositif de déplacement pour se déplacer sur le rail 4, le long d'une direction parallèle à l'axe longitudinal L et illustrée par une flèche 22. Pour simplifier la description détaillée et pour l'ensemble des figures, le déplacement du support est illustré dans un seul sens, mais il est évident que le support peut se déplacer dans un premier sens illustré par la flèche 22 ou dans un sens opposé à celui illustré par la flèche 22.

Le déplacement du support 2 est établi à une vitesse pouvant varier en fonction du besoin, la vitesse étant néanmoins comprise entre 25 et 72 cm/min pour l'ensemble des modes de réalisation selon l'invention.

Le support 2 comprend un arbre de rotation 21 s'étendant jusqu'à la tête de projection 3. L'arbre de rotation 21 présente une dimension d'extension principale telle que la tête de projection 3 surplombe le cordon de soudure 51. Sur la figure 1, la tête de projection 3 présente une forme de pyramide tronquée. Il est toutefois évident que tant que la tête de projection 3 assure ses fonctions, celle-ci peut présenter une autre forme.

De par ses caractéristiques, la tête de projection 3 est configurée pour projeter un faisceau laser 6 apte à découper le cordon de soudure 51. Ainsi, la tête de projection 3 comprend un générateur de faisceau, non représenté sur la figure 1, apte à émettre le faisceau laser 6. Afin de répondre à la fonction de découpage, et pour l'ensemble des figures, la tête de projection 3 est configurée pour projeter le faisceau laser 6 à une puissance du faisceau laser comprise entre 20W et 200W, à une fréquence de pulsations comprise entre 100kHz et 250kHz et en présentant une longueur d'onde de 1064nm +/-5%.

A titre d'exemple pour un acier de type 304L sous forme de membrane d'une épaisseur de 1 à 1,5 mm, le faisceau laser 6, à une puissance de 100W +/-20%, à une fréquence de pulsations de 200kHz +/-5% et en présentant une longueur d'onde de 1064nm +/-5%, a démontré son efficacité pour le découpage.

Selon un autre exemple pour un alliage de fer avec 36% de Nickel utilisé sous forme de membrane d'une épaisseur de 1 à 1,5 mm, le faisceau laser 6, à une puissance de 100W +/-20%, à une fréquence de pulsations de 150kHz +/-5% et en présentant une longueur d'onde de 1064nm +/-5%, a démontré son efficacité pour le découpage d'une surface à corrosion généralisée.

La tête de projection 3 peut comprendre une ou plusieurs lentilles de focalisation 34 du faisceau laser 6, d'une distance focale comprise entre 80mm et 360mm. Le faisceau laser 6 s'étend à partir de la tête de projection 3 jusqu'à atteindre le cordon de soudure 51, au niveau d'un point d'impact 61. C'est au niveau de ce point d'impact 61 que la couche

d'impuretés ou d'oxydation 54 est éliminée du cordon de soudure 51 qui est ainsi décapé. Le support 2 se déplaçant sur le rail 4 selon le déplacement 22, la tête de projection 3 est ainsi entraînée par le support 2 en survolant une trajectoire du cordon de soudure 51. Le faisceau laser 6 est ainsi projeté jusqu'au point d'impact 61 qui, de par le déplacement du support, parcourt le cordon de soudure 51 en éliminant la couche d'impuretés ou d'oxydation 54 de manière progressive.

A titre d'exemple pour un acier de type 304L sous forme de membrane d'une épaisseur de 1 à 1,5 mm, la distance focale est de 330 mm+/-10 mm.

Selon un autre exemple pour un alliage de fer avec 36% de Nickel utilisé sous forme de membrane d'une épaisseur de 1 à 1,5 mm, la distance focale est de 330 mm+/-10 mm.

La tête de projection 3 comprend un moteur électrique 23 relié à l'arbre de rotation 21. Le moteur électrique 23 est configuré pour faire pivoter l'arbre de rotation 21, entraînant ainsi le pivotement de la tête de projection 3 selon un mouvement horaire 31 ou selon un mouvement anti-horaire 32. L'association entre le moteur électrique 23 et l'arbre de rotation 21 forme ainsi un moyen 11 autorisant un mouvement par rapport à la membrane métallique 5 du point d'impact 61 du faisceau laser 6 sur cette membrane métallique 5. Ce mouvement est distinct du déplacement du support 2 sur le rail 4, tel qu'illustré par la flèche 22. Autrement dit, le mouvement par rapport à la membrane métallique 5 permet la modification d'une position du point d'impact 61 du faisceau laser 6 sur la membrane métallique 5 indépendamment du déplacement 22 du support 2. Il est donc possible selon l'invention que le point d'impact 61 du faisceau laser 6 ne se meut pas le long du cordon de soudure 51 à la même vitesse que la vitesse de déplacement 22 du support 2.

Le moyen 11 autorisant le mouvement de la tête de projection 3 est utile dans plusieurs cas de figures. Il permet notamment de mettre en œuvre une inclinaison de la tête de projection 3, et donc du faisceau laser 6, par rapport à une normale 14 à la membrane métallique 5. La normale 14 à la membrane métallique 5 est une droite virtuelle perpendiculaire au plan général d'extension de la membrane métallique 5.

Au cours du fonctionnement du dispositif de décapage 1, la tête de projection 3 est inclinée selon un angle d'incidence 15 compris entre 5° et 70°, par rapport à la normale 14 à la membrane métallique 5. Ces valeurs angulaires garantissent l'efficacité du phénomène d'abrasion généré par le faisceau laser.

5 Le faisceau laser 6 entre donc en contact avec la membrane métallique 5 selon l'angle d'incidence 15, égal à l'inclinaison de la tête de projection 3. L'angle d'incidence 15 permet d'éviter une réflexion directe du faisceau laser 6 sur le cordon de soudure 51 en direction de la tête de projection 3, créant ainsi un risque d'endommagement de la tête de projection 3 au vu de la puissance du faisceau laser 6.

10 Le moyen 11 qui met en œuvre le mouvement de la tête de projection 3 par rapport au support 2 est également utile lorsque le dispositif de décapage 1 décape l'onde 52 de la membrane métallique 5, tel que cela est décrit par la suite.

La figure 2 représente la tête de projection 3 plus en détails, particulièrement au niveau de la structure de celle-ci. Le trièdre LVT représente l'orientation des éléments
15 constitutifs de la figure 2.

La tête de projection 3 comprend le générateur de faisceau 36 qui génère le faisceau laser 6, et dont le fonctionnement est connu. Le faisceau laser 6 est ainsi projeté vers un module de réflexion 37. Sur la figure 2, le module de réflexion 37 est représenté schématiquement, mais peut par exemple correspondre à un ensemble de miroirs. Le
20 module de réflexion 37 est disposé au niveau d'une extrémité de la tête de projection 3 d'où émane le faisceau laser 6. Autrement dit, le faisceau laser 6 est réfléchi ou non par le module de réflexion 37 avant d'émaner de la tête de projection 3. Le module de réflexion 37 permet de dévier la trajectoire du faisceau laser 6 en sortie de la tête de projection 3, générant ainsi un faisceau laser 6 dévié par rapport à la trajectoire qu'il
25 présentait en sortie du générateur de faisceau 36. Le module de réflexion 37 est donc apte à modifier le mouvement du point d'impact du faisceau laser 6, formant ainsi un élément du moyen 11 autorisant le mouvement du point d'impact du faisceau laser 6 par rapport à la membrane métallique.

Dans cet exemple, le mouvement du point d'impact peut être assuré selon deux plan différents. Le point d'impact peut en effet se mouvoir selon un plan LV formé par l'axe longitudinal L et un axe vertical V, correspondant à une direction D1, ou bien selon un plan TV formé par un axe transversal T et l'axe vertical V, correspondant à une direction D2. Les directions D1 et D2 peuvent s'étendre autant que puisse le permettre la déviation du faisceau laser 6 par le module de réflexion 37. Ainsi, le point d'impact du faisceau laser 6 peut couvrir une zone de la membrane métallique sans nécessité de mouvement de la tête de projection 3.

Le module de réflexion 37 peut être présent dans la tête de projection 3 de chacun des modes de réalisation présentés selon l'invention, à l'exception de l'un d'entre eux tel que cela est précisé par la suite.

La figure 3 est une représentation du dispositif de décapage 1 selon le premier mode de réalisation lorsque celui-ci décape l'onde 52 de la membrane métallique 5. L'onde 52 est divisée en deux portions : une portion montante 521 et une portion descendante 522, vue selon le sens de déplacement 22.

Comme la section plane 55, l'onde 52 comporte le cordon de soudure 51. Le dispositif de décapage 1 décape donc l'onde 52 et le point d'impact 61 du faisceau laser 6 parcourt l'onde 52, en longeant la portion montante 521 et la portion descendante 522. Ce profil d'onde modifie l'orientation de la normale 14 à la membrane métallique 5, qui demeure perpendiculaire à la membrane métallique 5 au niveau de l'onde 52. La modification de l'orientation de la normale 14 à la membrane métallique 5 au niveau de l'onde 52 modifie également la valeur de l'angle d'incidence 15. Afin que la tête de projection 3 soit maintenue selon un angle d'incidence compris entre 5° et 70° lorsque le point d'impact 61 du faisceau laser 6 parcourt l'onde 52, le moyen 11 autorisant le mouvement, ici le moteur électrique 23 associé à l'arbre de rotation 21, assure le pivotement de la tête de projection 3 selon le sens horaire 31 ou selon le sens anti-horaire 32, en fonction du besoin.

La figure 3 montre le dispositif de décapage 1 en traits pleins et le même dispositif de décapage 1 en pointillés, symbolisant la position du dispositif de décapage 1 au cours de

son déplacement au-dessus de la membrane métallique 5. Sur la figure 3, le dispositif de décapage 1 décape une fraction du cordon de soudure 51 située sur la portion montante 521 de l'onde 52, puis décape une fraction du cordon de soudure 51 de la portion descendante 522 de l'onde 52. Lors du parcours du point d'impact 61 du faisceau laser 6 sur la fraction du cordon de soudure 51 situé sur l'onde 52, le moyen 11 fait pivoter la tête de projection 3 afin que cette dernière suive le profil de l'onde 52. La fraction du cordon de soudure 51 située sur l'onde 52 est alors entièrement parcourue par le point d'impact 61 du faisceau laser 6, ce dernier étant constamment orienté selon l'angle d'incidence 15 qui convient. Étant donné que la tête de projection 3 suit la forme de l'onde 52, la tête de projection 3, plus particulièrement l'extrémité d'où émane le faisceau laser 6 est en permanence orientée vers l'onde 52 comme l'illustre la figure 3.

Lors du décapage de l'onde 52, la tête de projection 3 pivote nécessairement de manière à être ponctuellement positionnée à $0^\circ \pm 1^\circ$ par rapport à la normale 14 à la membrane métallique 5. Dans ce positionnement, il existe un risque de réflexion du faisceau laser 6 contre le cordon de soudure 51, renvoyant le faisceau laser 6 vers la tête de projection 3 et risquant d'endommager celle-ci. Ce positionnement peut par exemple survenir au moment où le dispositif de décapage 1 décape un sommet 523 de l'onde 52. Dans cette situation, le dispositif de décapage 1 peut par exemple comprendre un capteur, non représenté sur la figure 3, configuré pour détecter le positionnement à $0^\circ \pm 1^\circ$ de la tête de projection 3, et interrompre la projection du faisceau laser 6 afin d'éviter l'endommagement de la tête de projection 3.

La figure 4 représente un deuxième mode de réalisation du dispositif de décapage 1. Dans ce mode de réalisation, le dispositif de décapage 1 est paramétré pour que la tête de projection 3 adopte une pluralité de positions fixes. Ainsi, en guise d'exemple, la tête de projection 3 selon la figure 4 présente trois positions fixes :

- une première position 301, orientée selon un premier angle d'incidence 151 par rapport à la normale 14 à la membrane métallique 5. Le premier angle d'incidence 151 présente une valeur comprise entre 5° et 15° selon le

- sens antihoraire 32. La première position 301 est utilisée lorsque le dispositif de décapage 1 décape la section plane 55 de la membrane métallique 5,
- 5 - une deuxième position 302, orientée selon un deuxième angle d'incidence 152 par rapport à la normale 14 à la membrane métallique 5. Le deuxième angle d'incidence 152 présente une valeur comprise entre 45° et 70° selon le sens antihoraire 32. La deuxième position 302 est utilisée lorsque le dispositif de décapage 1 décape la portion montante 521 de l'onde 52 de la membrane métallique 5,
- 10 - une troisième position 303, orientée selon un troisième angle d'incidence par rapport à la normale 14 de la membrane métallique 5. Ce troisième angle d'incidence n'est pas représenté sur la figure 4, mais il est d'une valeur identique à la valeur du deuxième angle d'incidence 152, c'est-à-dire une valeur comprise entre 45° et 70°. En revanche, contrairement au deuxième angle d'incidence 152, le troisième angle d'incidence est orienté selon le sens
- 15 horaire 31. La troisième position 303 est utilisée lorsque le dispositif de décapage 1 décape la portion descendante 522 de l'onde 52 de la membrane métallique 5.

Ainsi la tête de projection 3 est configurée pour adopter l'une des trois positions présentées ci-dessus en fonction du besoin. Le moyen 11 n'est alors actif que lorsque la

20 tête de projection 3 passe de l'une des positions fixes à une autre. Tout comme pour le mode de réalisation précédent, le faisceau laser 6 peut être interrompu lorsque la tête de projection 3 est positionnée à 0° +/- 1° par rapport à la normale 14 à la membrane métallique 5. Il est évident que ce cas de figure ne se produit qu'en cas de transition d'une des positions fixes à une autre.

25 La figure 5 représente un troisième mode de réalisation du dispositif de décapage 1. Dans ce mode de réalisation, le dispositif de décapage 1 reprend l'ensemble des éléments du premier mode de réalisation. Le dispositif de décapage 1 comprend également une tête de soudage 7, liée au support 2 par un bras 71. Le bras 71 présente une dimension principale de sorte à ce que la tête de soudage 7 surplombe une jonction de deux tôles

métalliques de la membrane métallique 5 où il convient de réaliser une jonction par soudage.

La tête de soudage 7 est guidée par le support 2 opérant le déplacement 22, tout en étant configurée pour générer un arc de soudage 72, ce dernier étant généré à la jonction entre deux tôles métalliques de la membrane métallique 5. La fonction de la tête de soudage 7 est donc de souder ces deux tôles métalliques entre elles, formant ainsi le cordon de soudage 51 et la couche d'impuretés ou d'oxydation 54 qui l'accompagne. La tête de soudage 7 est disposée en amont de la tête de projection 3 par rapport au déplacement 22 du support 2, afin que la tête de projection 3 puisse projeter le faisceau laser 6 sur le cordon de soudage 51 formé par la tête de soudage 7, et ainsi de procéder au décapage du cordon de soudure 51 en y éliminant la couche d'impuretés ou d'oxydation 54.

Tout comme la tête de projection 3, la tête de soudage 7 est apte à pivoter selon le sens horaire 31 ou le sens anti-horaire 32 lorsque la jonction entre deux tôles métalliques de la membrane métallique 5 se situe au niveau de l'onde 52 de la membrane métallique 5. Ce pivotement est possible grâce au bras 71 liant la tête de soudage 7 au support 2. La tête de soudage 7 est également apte à effectuer un mouvement de translation 73 afin de pouvoir suivre le contour de l'onde 52 de la membrane métallique 5 tout en procédant à l'opération de soudage.

Lors de l'opération de soudage, le cordon de soudure 51 formé est à une température élevée. Il est nécessaire d'attendre que la température du cordon de soudure 51 redescende en dessous de 150°C avant de procéder au décapage de celui-ci, afin d'éviter de créer de nouveaux oxydes lors du décapage. C'est pour cela que l'arc de soudage 72 de la tête de soudage 7 et l'impact 61 du faisceau laser 6 sont séparés d'une distance 13 l'un par rapport à l'autre. Cette distance 13 est établie en fonction de la vitesse de déplacement 22 du support 2, afin de laisser un délai suffisant au cordon de soudure pour passer en dessous des 150°C entre le moment où il est généré par la tête de soudage 7 et le moment où il est décapé par l'impact 61 du faisceau laser 6. Il a été établi que pour éviter la création d'oxydes lors du décapage, la distance 13 doit être supérieure ou égale à 80mm.

La figure 6 et la figure 7 représentent un quatrième mode de réalisation du dispositif de décapage 1. Dans ce mode de réalisation, le dispositif de décapage 1 comprend deux têtes de projection 3, chacune comprenant son propre moyen 11 autorisant un mouvement de la tête de projection 3 par rapport au support 2. Ainsi, le dispositif de projection 1 comprend une première tête de projection 3a et une deuxième tête de projection 3b. La première tête de projection 3a est configurée pour projeter un premier faisceau laser 6a. Tout comme les modes de réalisation précédents, la première tête de projection 3a peut effectuer un mouvement de pivotement par le biais d'un premier moteur électrique 23a et d'un premier arbre de rotation 21a. La deuxième tête de projection 3b est configurée pour projeter un deuxième faisceau laser 6b et est apte à effectuer un mouvement de pivotement par le biais d'un deuxième moteur électrique 23b et d'un deuxième arbre de rotation 21b. La première tête de projection 3a et la deuxième tête de projection 3b sont donc identiques ou similaires de par leur structure et leur fonction.

Lorsque le dispositif de décapage 1 est en fonctionnement au niveau de la section plane 55 de la membrane métallique 5 tel que représenté sur la figure 6, la première tête de projection 3a et la deuxième tête de projection 3b sont orientées de façon à ce que leur faisceau laser 6a et 6b respectifs s'étendent jusqu'à former un unique point d'impact 61, commun aux deux faisceaux laser 6a et 6b. En d'autres termes, les moyens 11 autorisant le mouvement des deux têtes de projection 3a, 3b placent ces dernières de manière à ce que leur faisceau laser 6a, 6b convergent sur le point d'impact 61.

Les deux têtes de projection sont orientées selon un angle d'incidence identique, à l'exception du sens d'orientation dudit angle d'incidence. Autrement dit, la première tête de projection 3a est inclinée selon un angle d'incidence orienté selon le sens anti-horaire 32, tandis que la deuxième tête de projection 3b est inclinée selon un angle d'incidence d'une valeur angulaire identique à l'angle d'incidence de la première tête de projection 3a, mais tourné selon le sens horaire 31.

Lorsque le dispositif de décapage 1 décape l'onde 52 de la membrane métallique tel que représenté sur la figure 7, chacun des faisceaux laser 6a et 6b forment un point d'impact

distinct, respectivement un premier point d'impact 61a et un deuxième point d'impact 61b. Au vu de l'orientation des têtes de projection 3a et 3b, le premier point d'impact 61a parcourt la portion montante 521 de l'onde 52 et le deuxième point d'impact 61b parcourt la portion descendante 522 de l'onde 52.

- 5 La première tête de projection 3a suit le profil de la portion montante 521 et la tête de projection 3b suit le profil de la portion descendante 522, chacune en respectant une inclinaison selon l'angle d'incidence compris entre 5° et 70°. Il est tout à fait envisageable, par exemple grâce à un capteur non représenté sur la figure 7, de stopper temporairement l'émission du premier faisceau laser 6a lors d'un passage au niveau de la
- 10 portion descendante 522 de l'onde 52, et/ou l'émission du deuxième faisceau laser 6b lors d'un passage au niveau de la portion montante 521 de l'onde 52, et ce afin de limiter la consommation d'énergie des deux têtes de projection 3a et 3b.

- La figure 8 représente un cinquième mode de réalisation du dispositif de décapage 1. Il s'agit du seul mode de réalisation où la tête de projection 3 n'inclut pas de module de réflexion. Dans ce mode de réalisation, la tête de projection 3 est liée au support 2 de
- 15 manière fixe. Sur la figure 8, la tête de projection 3 projette le faisceau laser 6, par exemple parallèlement au rail 4 ou à la membrane métallique 5. Le dispositif de décapage 1 comprend un dispositif réfléchissant 8, par exemple un miroir, disposé sur la trajectoire du faisceau laser 6 et sur lequel celui-ci est réfléchi. Le dispositif réfléchissant
- 20 8 est disposé de sorte à projeter le faisceau laser 6 en direction du cordon de soudure 51, jusqu'au point d'impact 61 du faisceau laser 6 sur la membrane métallique 5.

- Dans ce mode de réalisation, c'est le dispositif réfléchissant 8 qui est lié à l'arbre de rotation 21, ce dernier établissant la liaison mécanique entre le dispositif réfléchissant 8 et le support 2. L'arbre de rotation 21 peut être mis en rotation par le moteur électrique
- 25 23 afin de faire pivoter le dispositif réfléchissant 8 et ainsi de modifier la trajectoire du faisceau laser 6 après réflexion contre le dispositif réfléchissant 8. Le point d'impact 61 peut alors se mouvoir distinctement du déplacement 22 du support 2, et ce en fonction du pivotement du dispositif réfléchissant 8 selon le sens horaire 31 ou selon le sens anti-horaire 32. Ainsi, le moyen 11 autorisant le mouvement du point d'impact 61 du

faisceau laser 6 sur la membrane métallique 5 est formé de l'association entre l'arbre de rotation 21 et le moteur électrique 23, mais ledit moyen 11 autorisant le mouvement entraîne le pivotement du dispositif réfléchissant 8 et non de la tête de projection 3, comme c'est le cas des modes de réalisation illustrés aux figures 1 et 3 à 7.

5 La figure 9 et la figure 10 représentent un sixième mode de réalisation du dispositif de décapage 1, respectivement en vue de face et en vue du dessus. Ce mode de réalisation est adapté à une membrane métallique 5 comprenant au moins deux bandes métalliques jointes l'une à l'autre par au moins un bord relevé 53. Dans cet exemple, les bandes métalliques sont en alliage de Fer avec 36% de Nickel, matériau particulièrement
10 sensible à l'oxydation.

Dans ce mode de réalisation, c'est le bord relevé 53 qui joue le rôle du rail du dispositif de décapage 1. Le bord relevé 53 est formé par un bandeau plié à angle droit, de manière à venir prendre appui sur le bandeau de la bande métallique immédiatement adjacente.

Le support 2 du dispositif de décapage 1 se présente sous la forme d'un portique 9 qui
15 surplombe la membrane métallique 5. Sur la figure 9, le portique 9 comprend deux montants 94 qui comprennent chacun une base 95 posée en appui sur la membrane métallique 5. Chaque montant 94 s'étend principalement selon l'axe vertical V et l'une des extrémités du montant 94 est en contact direct avec la base 95. La base 95 présente une encoche 96 configurée pour accueillir le bord relevé 53.

20 La base 95 comprend également un organe d'entraînement 91 au sein de sa structure. L'organe d'entraînement 91 comprend au moins un galet 93 et un rouleau 92, respectivement représentés en pointillés et en traits pleins sur la figure 9. Le galet 93 présente une forme cylindrique dont un axe de rotation est parallèle à l'axe vertical V, par exemple une direction perpendiculaire à un plan majoritaire de la membrane
25 métallique 5 et parallèle à un plan dans lequel s'inscrit le bord relevé 53. Le galet 93 est en contact direct avec le bord relevé 53 et roule sur celui-ci. Ainsi, la coopération entre le galet 93 et le bord relevé 53 assure la fonction de solidarisation et/ou de guidage entre le rail, ici le bord relevé 53, et le support, ici le portique 9. L'organe d'entraînement 91

comprend une alimentation électrique, non représentée sur la figure 9, configurée pour entraîner la rotation du galet 93 autour de son axe de rotation.

Le rouleau 92 présente également une forme cylindrique dont un axe de rotation est parallèle au plan général d'extension de la membrane métallique 5 et perpendiculaire à un plan dans lequel s'inscrit le bord relevé 53. Le rouleau 92 est en contact direct avec la membrane métallique 5 et porte le dispositif de décapage 1, quand celui-ci est posé sur un plan horizontal. Lorsque l'organe d'entraînement 91 est activé, le galet 93 entre en rotation et entraîne la rotation du rouleau 92. Le rouleau 92 étant le seul contact direct entre le portique 9 et la section plane 55 de la membrane métallique 5, c'est le rouleau 92 qui, par rotation contre la section plane 55 de la membrane métallique 5, garanti le déplacement 22, visible sur la figure 10, du portique 9 le long de la membrane métallique 5.

Grâce au contact du galet 93 contre le bord relevé 53, le portique 9 se déplace de manière parallèle au bord relevé 53. Par ailleurs, le portique 9 comprenant ici un organe d'entraînement 91 par base 95, chacun des organes d'entraînement 91 est paramétré pour entraîner une rotation des galets 93 identiques afin que la vitesse du portique 9 soit égale pour chacune des bases 95. Le portique 9 peut opérer le déplacement 22 à une vitesse constante ou bien pas-à-pas.

Chacune des extrémités des montants 94 opposées aux bases 95 sont reliées entre elles par une glissière 10, s'étendant principalement selon l'axe transversal T. La glissière 10 fait office de guide mécanique d'un bras mécanique 18 relié à la tête de projection 3, tel que visible sur la figure 10, afin de créer un décalage longitudinal de la tête de projection 3 selon l'axe longitudinal L. Ainsi, la tête de projection 3 est maintenue au-dessus de la membrane métallique 5 et peut projeter le faisceau laser 6 sur celle-ci.

Tel que visible sur la figure 10, le dispositif de décapage 1 comprend un dispositif de translation 101 de la tête de projection 3, réalisant une liaison entre les deux montants 94. Ce dispositif de translation 101 s'étend au niveau de la glissière 10 de manière parallèle à celle-ci. Le dispositif de translation 101 traverse le bras mécanique 18 de part en part, ce dernier portant la tête de projection 3. Ainsi, par l'intermédiaire du bras

mécanique 18, le dispositif de translation 101 assure le déplacement de la tête de projection 3. Le dispositif de translation 101 peut par exemple être une vis sans fin 35, apte à coopérer avec une roue dentée 33 solidaire du bras mécanique 18. La roue dentée 33 peut par exemple être un écrou et peut être mis en rotation pour tout dispositif adapté. Alternativement, la vis sans fin 35 peut être mise en rotation et ainsi induire une translation du bras mécanique 18, et conséquemment de la tête de projection 3, entre les deux montants 94. Le bras mécanique 18 et la tête de projection 3 sont ainsi aptes à se mouvoir le long du dispositif de translation 101 selon un mouvement transversal 12. Le mouvement transversal 12 de la tête de projection 3 le long de la glissière 10 permet au point d'impact 61 du faisceau laser 6 de balayer la membrane métallique 5 en effectuant des aller-retours transversaux, ces allers-retours étant effectués selon le mouvement transversal 12. Ainsi, le point d'impact 61 du faisceau laser 6 décape la membrane métallique 5 selon le mouvement distinct du déplacement 22 du portique 9 faisant office de support dans ce mode de réalisation. Un tel mouvement est autorisé par le moyen 11 formé par l'association entre le dispositif de translation 101 et de la roue dentée 33. Par ailleurs la tête de projection 3 comprend également le module de réflexion, non visible sur les figures 9 et 10, dans ce mode de réalisation. Le module de réflexion, grâce à une déviation de la trajectoire du faisceau laser 6, permet le décapage du bord relevé 53 de la membrane métallique 5. Un tel décapage est possible lorsque la tête de projection 3 est situé au niveau de l'une des extrémités du dispositif de translation 101, tel que cela est représenté en pointillés sur la gauche de la figure 9 et sur la gauche de la figure 10. Le module de réflexion permet ainsi au dispositif de décapage 1 de décaper le bord relevé 53 de la membrane métallique 5 malgré le fait que la tête de projection 3 ne soit pas verticalement centrée au niveau du bord relevé 53 selon l'axe vertical V. De plus, le bras mécanique 18 assure le décalage longitudinal de la tête de projection 3 afin que le portique 9 ne fasse pas obstacle au faisceau laser 6 pour le décapage du bord relevé 53.

Une autre représentation en pointillés de la tête de projection 3 et du bras mécanique 18 est visible sur la droite de la figure 10. Il est possible d'y observer que le module de réflexion permet au point d'impact du faisceau laser 6 d'être mis en mouvement sur

l'ensemble d'une surface d'impact 19 de la membrane métallique 5. La surface d'impact 19 est représentée en pointillés et inclus également le bord relevé 53 de la membrane métallique 5. La surface d'impact 19 délimite une zone de mouvement du point d'impact 61 du faisceau laser 6 lorsque la tête de projection 3 est au niveau de la représentation en pointillés sur la droite de la figure 10. Le point d'impact 61 du faisceau laser 6 peut ainsi, grâce au module de réflexion, se mouvoir selon un mouvement longitudinal L1 et/ou selon un mouvement transversal T1 au sein de la surface d'impact 19.

Le mouvement transversal 12 de la tête de projection 3 associé au déplacement 22 du portique 9 permet le décapage de la membrane métallique 5. Il est possible d'imaginer le décapage de la membrane métallique 5 en plusieurs étapes. Tout d'abord, la tête de projection 3 effectue au moins un mouvement transversal 12 le long de l'entièreté du dispositif de translation 101 afin que le point d'impact 61 du faisceau laser 6 parcourt une section transversale de la membrane métallique 5. Puis, le portique 9 effectue le déplacement 22 afin de décaler la tête de projection 3 de manière longitudinale. L'étape du mouvement transversal 12 de la tête de projection 3 se répète ensuite pour que le point d'impact 61 du faisceau laser 6 parcourt une autre section transversale de la membrane métallique, adjacente à celle qui a été décapée précédemment. Le portique 9 effectue à nouveau le déplacement 22, et ainsi de suite jusqu'à ce que la membrane métallique 5 soit entièrement décapée. Le décapage peut s'effectuer le long d'une distance longitudinale tant que le portique 9 est solidaire du ou des bords relevés 53. Les étapes peuvent se répéter de la sorte l'une après l'autre, entraînant un va-et-vient transversal de la tête de projection 12, en même temps que celle-ci avance le long de la bande métallique. Il est également possible, après paramétrage de la vitesse de déplacement du dispositif de décapage 1, de faire en sorte que la vitesse du mouvement transversal 12 soit plus élevée que la vitesse de déplacement 22 du support par rapport à la membrane 5. Ainsi, la tête de projection 3 peut se déplacer à une vitesse suffisamment rapide pour décaper intégralement la membrane métallique 5 alors que le portique 9 se déplace de manière continue. Durant l'opération de décapage, la tête de projection 3 se maintient à un écart 17 constant de la membrane métallique 5, le mouvement de la tête

de projection 3 étant transversal et le dispositif de décapage 1 décapant la section plane 55 de la membrane métallique 5.

Bien sûr, l'invention n'est 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.

L'invention, telle qu'elle vient d'être décrite, atteint bien le but qu'elle s'était fixée, et permet de proposer un dispositif de décapage pour une cuve de transport et/ou de stockage de gaz sous forme liquide, comprenant un rail, un support et une tête de projection projetant un faisceau laser, ainsi qu'un moyen autorisant un mouvement d'un point d'impact du faisceau laser par rapport à la membrane distinct du déplacement du support.

Des variantes non décrites ici pourraient être mises en œuvre sans sortir du contexte de l'invention, dès lors que, conformément à l'invention, elles comprennent un dispositif de décapage conforme à l'aspect de l'invention.

REVENDEICATIONS

- 1- Dispositif de décapage (1) d'une membrane métallique (5) d'une cuve de transport et/ou de stockage de gaz sous forme liquide comprenant :
- au moins un rail (4) configuré pour être solidarisé à la membrane métallique (5),
 - 5 - au moins une tête de projection (3) d'un faisceau laser (6) configuré pour décaper la membrane métallique (5),
 - au moins un support (2) interposé entre la tête de projection (3) et le rail (4) et configuré pour se déplacer le long du rail (4),
- caractérisé en ce que le dispositif de décapage (1) comprend un moyen (11) autorisant
- 10 un mouvement, par rapport à la membrane métallique (5), d'un point d'impact (61) du faisceau laser (6) sur la membrane métallique (5), le mouvement étant distinct d'un déplacement (22) opéré par le support (2) sur le rail (4).
- 2- Dispositif de décapage (1) selon la revendication 1, dans lequel la tête de projection (3) est configurée pour projeter le faisceau laser (6) à une puissance comprise
- 15 entre 20W et 200W.
- 3- Dispositif de décapage (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la tête de projection (3) est configurée pour projeter le faisceau laser (6) à une fréquence de pulsations comprise entre 100kHz et 250kHz.
- 4- Dispositif de décapage (1) selon l'une quelconque des revendications
- 20 précédentes, dans lequel la tête de projection (3) est configurée pour projeter le faisceau laser (6) à une longueur d'onde de 1064nm +/-5%.
- 5- Dispositif de décapage (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la tête de projection (3) comprend au moins une lentille de focalisation (34) du faisceau laser (6).
- 25 6- Dispositif de décapage (1) selon la revendication précédente, dans lequel une distance focale de la lentille de focalisation (34) du faisceau laser (6) est comprise entre 80mm et 360mm.

- 7- Dispositif de décapage (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le support (2) est configuré pour se déplacer sur le rail (4) à une vitesse comprise entre 25 et 72 cm/min.
- 5 8- Dispositif de décapage (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le moyen (11) autorisant le mouvement du point d'impact (61) est configuré pour que la tête de projection (3) suive un profil complémentaire d'un profil de la membrane métallique (5).
- 9- Dispositif de décapage (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le moyen (11) autorisant le mouvement du point d'impact (61)
- 10 comprend un module de réflexion (37) disposé au sein de la tête de projection (3) et assurant le mouvement du point d'impact (61) dans au moins deux plans différents.
- 10- Dispositif de décapage (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le moyen (11) autorisant le mouvement du point d'impact (61) est configuré pour incliner la tête de projection (3) selon un angle d'incidence (15)
- 15 compris entre 5° et 70° par rapport à une normale (14) à la membrane métallique (5).
- 11- Dispositif de décapage (1) selon la revendication précédente, dans lequel la tête de projection (3) est configurée pour adopter au moins une position fixe d'inclinaison par rapport à la normale (14) à la membrane métallique (5).
- 12- Dispositif de décapage (1) selon l'une quelconque des revendications
- 20 précédentes, configuré pour décapier au moins un cordon de soudure (51) de la membrane métallique (5).
- 13- Dispositif de décapage (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le support (2) porte au moins une tête de soudage (7).
- 14- Dispositif de décapage (1) selon la revendication précédente, dans lequel le
- 25 moyen (11) autorisant le mouvement du point d'impact (61) est configuré pour séparer ce point d'impact (61) du faisceau laser (6) d'un arc de soudage (72) formé par la tête de soudage (7) d'une distance (13) supérieure ou égale à 100 mm.
- 15- Dispositif de décapage (1) l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la membrane métallique (5) comprend au moins une onde (52), le moyen (11)

autorisant le mouvement du point d'impact (61) étant configuré pour que la tête de projection (3) suive un profil de l'onde (52) de la membrane métallique (5).

16- Dispositif de décapage (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 en combinaison avec l'une quelconque des revendications 12 à 15, dans lequel le moyen (11) autorisant le mouvement du point d'impact (61) comprend au moins un dispositif réfléchissant (8) sur lequel le faisceau laser (6) de la tête de projection (3) est réfléchi vers la membrane métallique (5).

17- Dispositif de décapage (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel le support (2) se présente sous la forme d'un portique (9) surplombant la membrane métallique (5).

18- Dispositif de décapage (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 en combinaison avec la revendication précédente, dans lequel la membrane métallique (5) comprend au moins deux bandes métalliques jointes l'une à l'autre par au moins un bord relevé (53), le rail (4) étant formé par au moins un des bords relevés (53), la tête de projection (3) étant configurée pour décaper au moins un des bords relevés (53).

19- Dispositif de décapage (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 en combinaison avec l'une quelconque des revendications 17 à 18, dans lequel le support (2) est entraîné le long du rail (4) par un organe d'entraînement (91) comprenant au moins un galet (93) en appui contre le rail (4) et au moins un rouleau (92) en appui sur une section plane (55) de la membrane métallique (5).

20- Dispositif de décapage (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 en combinaison avec l'une quelconque des revendications 17 à 19, dans lequel le moyen (11) autorisant le mouvement du point d'impact (61) comprend un dispositif de translation (101) de la tête de projection (3) sur une glissière (10) interposée entre deux montants (94) du portique (9).

21- Procédé de décapage d'une membrane métallique (5) d'une cuve de transport et/ou de stockage de gaz sous forme liquide, mettant en œuvre un dispositif de décapage (1) selon l'une des quelconques revendications précédentes, comprenant :

- une étape de mise en place du support (2) sur le rail (4) au niveau d'une zone de la membrane métallique (5) à décaper,

- une étape d'activation de la tête de projection (3) du faisceau laser (6),
 - une étape de mise en mouvement du point d'impact (61) du faisceau laser (6) par rapport à la membrane métallique (5),
 - une étape de déplacement du support (2) sur le rail (4).
- 5 22- Procédé de décapage d'une membrane métallique (5) selon la revendication précédente, comprenant une étape d'interruption du faisceau laser (6) lorsque la tête de projection (3) est positionnée à $0^\circ \pm 1^\circ$ par rapport à la normale (14) à la membrane métallique (5).