

**ASSEMBLAGE COLLE ET PROCEDES D'ASSEMBLAGE ET DE
RENFORCEMENT EN COMPORTANT APPLICATION**

[0001] La présente invention concerne les techniques de réalisation d'assemblages collés.

5 [0002] Elle trouve des applications dans des domaines très variés parmi lesquels on peut citer la connexion d'un élément à un substrat, notamment à un substrat sur lequel aucun élément d'accrochage n'a été initialement prévu, ou encore le renforcement de structures ayant besoin d'être rendues plus résistantes afin de réparer ou prévenir l'apparition de défauts structurels.

10 [0003] L'assemblage d'un élément métallique sur un substrat métallique est souvent effectué par soudage. Cette technique requiert une forte augmentation de température, qui se propage du fait de la conductibilité thermique du substrat métallique. Elle est parfois proscrite en raison d'incompatibilités environnementales, par exemple si un milieu inflammable se trouve à proximité
15 de la zone d'assemblage. Sa mise en œuvre peut en outre être problématique si la structure comportant le substrat présente des peintures ou revêtements qui se dégradent à haute température, puisque le soudage de l'élément entraîne alors la nécessité de refaire la peinture ou revêtement, ce qui peut être long et coûteux.

20 [0004] Pour ces raisons, les techniques de soudage posent de sérieux problèmes à bord de plates-formes off-shore ou de navires ou conduites de transport d'hydrocarbures ou autres substances inflammables. Elles y sont couramment employées mais ont pour inconvénient de requérir une interruption plus ou moins longue de l'exploitation ainsi que des mesures
25 parfois contraignantes pour assurer le niveau de sécurité requis. Les techniques de soudage sont également très difficiles à mettre en œuvre sous l'eau ou en zone de marnage.

[0005] Une autre solution est de coller l'élément sur le substrat au moyen d'un adhésif thermodurcissable ou thermoplastique. Une difficulté est alors de
30 garantir l'obtention des propriétés souhaitées de l'adhésif. En général, les

- 2 -

fournisseurs caractérisent les propriétés des adhésifs lorsqu'ils sont mis en œuvre dans des conditions bien contrôlées, notamment en termes de température, de degré d'hygrométrie, etc. Or ces conditions ne sont pas nécessairement réunies dans la pratique, particulièrement en cas d'intervention
5 en milieu marin. En outre, il est extrêmement difficile de garantir la tenue dans le temps de l'adhésif si l'environnement est relativement agressif, ce qui est également défavorable aux interventions en milieu marin.

[0006] Le renforcement d'une structure est parfois réalisé en appliquant un renfort en matériau métallique ou composite sur la structure. Néanmoins, il se
10 pose des problématiques analogues à celles précédemment évoquées dans le cas du collage d'un élément sur un substrat. Dans le cas d'un renfort de type métallique, ce dernier est lié à la structure au moyen d'un adhésif, tel qu'une résine. Le matériau composite comporte habituellement une résine qui joue notamment un rôle d'adhésif, et il est difficile d'en garantir le bon comportement
15 si elle est appliquée dans des conditions mal contrôlées. Le matériau composite peut se dégrader au fil du temps si l'environnement du renfort est agressif. Il en est de même pour l'adhésif dans le cadre d'un renfort métallique. Le renforcement conféré à la structure n'est alors pas pérenne.

[0007] La présente invention vise à écarter certaines des limitations des techniques précitées et notamment vise à fournir un assemblage collé qui soit
20 fiable et pérenne y compris si le milieu est potentiellement agressif.

[0008] Il est ainsi proposé un assemblage collé, comprenant:

- un substrat;
- un élément rigide disposé avec un intervalle par rapport au substrat;
- 25 - au moins un joint comprimé entre le substrat et l'élément rigide et délimitant un volume étanche dans ledit intervalle; et
- un adhésif durci occupant ledit volume, le joint étant comprimé par l'élément rigide retenu sur le substrat par l'adhésif durci.

[0009] L'adhésif, contenu dans le volume étanche entre le joint, le substrat
30 et l'élément rigide, est avantageusement isolé du milieu qui environne l'assemblage collé. Le joint permet cet isolement à la fois lors de la réalisation

de l'assemblage, de sorte qu'on peut maîtriser les conditions de mise en œuvre et donc les propriétés de l'adhésif, et lors de l'utilisation ultérieure de l'assemblage qui présente ainsi une bonne durabilité. On peut dès lors choisir l'adhésif en fonction des propriétés recherchées et être confiant dans
5 l'obtention effective et durable de ces propriétés.

[0010] Suivant un deuxième aspect, l'invention propose un procédé d'assemblage d'un élément rigide sur un substrat. Ce procédé comprend les étapes suivantes :

10 /a/ disposer l'élément rigide par rapport au substrat, au moins un joint permanent étant placé entre l'élément rigide et le substrat de manière à délimiter un volume dans un intervalle entre l'élément rigide et le substrat ;

/b/ rapprocher l'élément rigide du substrat de manière à comprimer le joint permanent et à rendre étanche ledit volume ; et

15 /c/ faire durcir un adhésif dans le volume étanche.

[0011] Dans une autre application d'un assemblage collé selon l'invention, il est proposé un procédé de renforcement d'une structure comprenant les étapes suivantes :

20 /a/ disposer un élément rigide en regard d'un substrat que comporte ladite structure, au moins un joint permanent étant placé entre l'élément rigide et le substrat de manière à délimiter un volume dans un intervalle entre l'élément rigide et le substrat ;

/b/ rapprocher l'élément rigide du substrat de manière à comprimer le joint permanent et à rendre étanche ledit volume ; et

25 /c/ faire durcir un adhésif dans le volume étanche pour y former un renfort composite isolé de l'extérieur par le joint permanent maintenu comprimé par l'élément rigide.

[0012] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront dans la description ci-après d'exemples de réalisation non
30 limitatifs, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- 4 -

- la figure 1 est une vue schématique d'un mode de réalisation d'un assemblage collé selon l'invention ;
- les figures 2 à 8 sont des représentations schématiques d'étapes successives d'un exemple de procédé ;
- 5 - la figure 9 est une vue schématique d'un autre mode de réalisation d'un assemblage collé selon l'invention.

[0013] Sur les différentes figures, les mêmes références désignent des éléments identiques ou similaires.

10 [0014] En référence à la figure 1, un assemblage collé selon l'invention comporte un substrat 1 et un élément rigide 2 qui, dans l'exemple représenté, est en forme de plaque couvrant une partie du substrat. Un joint permanent 3 est comprimé entre la plaque rigide 2 et le substrat 1. Le joint 3, délimite dans l'intervalle entre la plaque 2 et le substrat 1, un volume occupé par un adhésif durci 13.

15 [0015] Un joint d'installation 4 peut éventuellement être placé entre la plaque 2 et le substrat 1, autour du joint permanent 3. Ce joint d'installation 4 est plus souple que le joint permanent 3. Son rôle sera explicité plus loin.

20 [0016] L'adhésif durci 13 maintient l'écartement entre l'élément rigide 2 et le substrat 1, de sorte que l'élément rigide 2 applique de façon permanente un effort de compression sur le joint 3. Le joint 3 ainsi comprimé assure l'étanchéité vis-à-vis du milieu extérieur du volume occupé par l'adhésif 13, ce qui le protège de l'agressivité que peut présenter le milieu extérieur. Par « élément rigide » 2, on entend un élément, en forme de plaque ou autre, dont la rigidité suffit à transmettre au joint périphérique 3 un effort de compression
25 lorsque cet élément 2 est sollicité dans sa région centrale en direction du substrat 1. La surface de contact entre l'adhésif durci 13 et le joint 3 contribue également au maintien du joint 3.

30 [0017] L'élément rigide 2 est typiquement réalisé en métal, en matériau composite ou en tout autre matériau ayant une rigidité suffisante et une tenue adéquate dans l'environnement où l'assemblage sera utilisé. Le joint

- 5 -

permanent 3 est réalisé dans un matériau, tel qu'un élastomère, choisi pour sa tenue dans cet environnement. Par exemple, en milieu marin, il est possible d'utiliser pour le joint 3 un élastomère de type EPDM ou du Viton®.

[0018] Dans un mode de réalisation, l'assemblage collé peut comprendre un ou plusieurs capteurs 7-9 situés dans l'intervalle entre l'élément rigide 2 et le substrat 1. De tels capteurs permettent de détecter des paramètres physiques dans cet intervalle, comme par exemple :

- la température qui peut notamment être mesurée par un thermocouple 8 ;
- le taux d'humidité qui peut être mesuré par une sonde hygrométrique 7 ;
- 10 et
- la déformation qui peut être mesurée par une jauge de contrainte 9 de préférence disposée sur le substrat 1.

[0019] Les signaux de mesure issus du ou des capteurs 7-9 sont acheminés hors de l'assemblage collé par des liaisons 14 qui traversent la plaque rigide 2 dans un faisceau de connexion 10 intégré de manière étanche à la plaque 2. Ces signaux peuvent ainsi être exploités pour évaluer principalement les conditions d'installation de l'assemblage collé mais également les conditions de vieillissement de l'adhésif durci 13, s'assurer de sa bonne tenue dans le temps et déterminer un besoin éventuel de réparer l'assemblage.

[0020] En particulier, l'étanchéité du volume occupé par l'adhésif durci 13 entre le substrat 1 et la plaque 2 est une propriété qu'il peut être souhaitable de vérifier au fil du temps. À cette fin, un capteur d'hygrométrie 7 peut être placé au contact d'un élément hydrophile 6 placé pour capter de l'humidité susceptible de pénétrer dans le volume occupé par l'adhésif durci 13. Dans le mode de réalisation représenté à la figure 1, l'élément hydrophile 6 est inséré dans une rainure annulaire que présente le joint permanent 3, afin de capter l'humidité tendant à pénétrer le long du substrat 1 vers l'adhésif.

[0021] L'adhésif utilisé est typiquement une résine thermodurcissable, par exemple de type EPONAL® ou ARA LDITE®. Des fibres et/ou des charges de renforcement peuvent être ajoutées à sa composition. La présence de fibres

dans l'adhésif durci 13 permet d'augmenter sa résistance aux contraintes mécaniques.

[0022] Si l'adhésif est injecté dans le volume délimité par le joint dans l'intervalle entre le substrat 1 et la plaque 2, les fibres enrobées par l'adhésif peuvent être des fibres courtes mélangées à l'adhésif injecté. Les directions d'orientation des fibres courtes sont alors aléatoires dans l'adhésif durci 13, ce qui confère à celui-ci des propriétés mécaniques sensiblement isotropes.

[0023] Les fibres peuvent aussi être des fibres longues d'un matelas ou tissu de fibres placé entre le substrat 1 et la plaque 2 lors de la pose. L'utilisation de fibres longues permet de les orienter selon une ou plusieurs directions majoritaires si l'application faite de l'assemblage requiert une plus grande résistance de l'adhésif durci 13 suivant de telles directions.

[0024] Dans une autre réalisation, des fibres longues peuvent être placées dans l'intervalle entre le substrat 1 et la plaque 2 en utilisant un pré-imprégné, c'est-à-dire un ensemble de fibres noyé dans une résine maintenue à basse température pour en retarder la prise. Lors de la pose de la plaque 2, le pré-imprégné est disposé dans l'intervalle puis la résine durcit lors de la remontée en température.

[0025] Le joint permanent 3 joue un rôle important lorsque l'assemblage collé est utilisé après avoir été posé. Comprimé par la plaque rigide 2, il protège l'adhésif 13 du milieu extérieur, ce qui procure de meilleures conditions de durabilité.

[0026] Le rôle du joint 3 est également important pendant l'installation de l'assemblage. Pendant cette installation, la plaque rigide 2 est sollicitée en direction du substrat 1, soit au moyen d'une dépression dans le volume délimité par le joint, soit par l'application d'une force au dos de la plaque 2. Cette sollicitation comprime le joint 3 en rendant ainsi étanche le volume qu'occupera l'adhésif durci. Le volume rendu étanche permet d'y réaliser des conditions physiques, notamment en termes de température, pression et hygrométrie, adaptées à la mise en œuvre de l'adhésif. Cette mise en œuvre pourra ainsi avoir lieu de la manière préconisée par le fournisseur de l'adhésif.

On obtient ainsi les performances souhaitées de l'assemblage, même s'il est réalisé dans un environnement difficile comme par exemple en milieu marin.

[0027] Un procédé d'installation d'un assemblage collé selon l'invention est illustré par les figures 2 à 8. Dans cet exemple, il s'agit d'assembler un élément rigide 2 en forme de plaque sur un substrat 1. En vue de permettre le montage d'autres éléments sur le substrat, la plaque 2 peut être équipée de systèmes de connexion tels que des chapes, des barres d'ancrage, des boulons ou filetages, etc., non représentés sur les dessins. Le substrat 1 peut être métallique, par exemple une partie du pont ou de la coque d'un navire ou d'une plate-forme off-shore.

[0028] Dans une première étape (optionnelle) illustrée par la figure 2, le substrat est nettoyé dans la zone 20 qui sera couverte par la plaque rigide 2, au moyen de solvants et/ou d'abrasifs. On peut alors présenter la plaque 2 sur laquelle ont été positionnés le joint permanent 3 et le joint d'installation 4 (figure 3). Les joints 3, 4 s'étendent le long de la périphérie de la plaque 2, le joint d'installation 4 étant plus souple que le joint permanent 3 et placé à l'extérieur de celui-ci. Le joint d'installation 4 peut avoir perpendiculairement à la plaque 2 une épaisseur plus grande que le joint permanent 3 afin de venir en premier au contact du substrat 1. Si des capteurs et/ou un élément hydrophile 6 (non représentés sur les figures 2 à 8) doivent être installés dans l'intervalle entre le substrat 1 et la plaque rigide 2, ils peuvent être mis en place en étant préinstallés sur la plaque 2 présentée en regard du substrat 1.

[0029] Une fois le contact réalisé, un système de pompage 22 est activé pour mettre en dépression l'intervalle entre le substrat 1 et la plaque 2 à travers un conduit 23 prévu dans la plaque 2 à l'intérieur du joint permanent 3 (figure 4). La dépression sollicite la plaque 2 en direction du substrat 1 et met en compression les joints 3, 4. Dans la phase initiale du pompage, il se peut que la raideur du joint permanent 3 ne lui permette pas de réaliser une bonne étanchéité compte tenu des aspérités que peut présenter le substrat 1. Le joint d'installation 4, comprimé en premier assure cette étanchéité initiale. Lorsque la dépression devient suffisante, le joint permanent aussi est écrasé entre le substrat 1 et la plaque 2 et procure l'étanchéité souhaitée.

- 8 -

[0030] Ensuite, un second conduit 24 dont est pourvue la plaque 2 est utilisé pour introduire des fluides de traitement dans le volume rendu étanche par le joint 3 et maintenu en dépression par le conduit (figure 5). Dans l'exemple représenté, le conduit 24 est relié à deux autres conduits 25, 27 qui peuvent sélectivement être ouverts ou fermés par des valves respectives 26, 28. Dans la phase représentée par la figure 5, le conduit 25 est mis en communication, en ouvrant la valve 26, avec un ou plusieurs réservoirs 29 contenant les fluides de traitement souhaités tandis que la valve 28 est fermée. Les fluides qui sont ainsi mis en circulation dans le volume étanche et collectés par le conduit 23 maintenu en dépression peuvent comprendre :

- des solvants ou produits d'apprêt destinés à préparer les surfaces en vis-à-vis du substrat 1 et de la plaque 2 ainsi que le côté interne du joint permanent 3 pour faciliter l'adhérence de l'adhésif qui sera ultérieurement injecté. Les solvants ou produits d'apprêt adaptés seront généralement indiqués par le fournisseur de l'adhésif employé ;
- de l'air sec à température contrôlée, destiné à réaliser dans le volume étanche les conditions souhaitées de température et d'hygrométrie.

[0031] Quand les conditions souhaitées ont été réalisées dans le volume étanche, on peut commencer l'injection de l'adhésif à l'état liquide 15, contenant le cas échéant des fibres courtes de renforcement. Dans l'exemple illustré par la figure 6, l'injection est effectuée en mettant le conduit 27 dans un réservoir 30 d'adhésif à l'état liquide 15 et en ouvrant la valve 28, la valve 26 étant fermée. L'adhésif liquide 15 se propage dans le volume étanche. Une fois ce volume complètement rempli (figure 7), l'adhésif liquide sort par le conduit 23. Il peut être détecté dans ce conduit 23 ou dans un réservoir tampon 31 du système de pompage 22. Suite à cette détection, la valve 28 est fermée puis les conduits 23, 24 sont obturés au dos de la plaque 2, aux emplacements marqués 33, 34 sur la figure 7.

[0032] Le volume étanche fermé est alors complètement occupé par l'adhésif liquide 15. On fait polymériser la résine constituant l'adhésif 15, en la maintenant pendant la durée prescrite par le fournisseur de résine. Il peut convenir de chauffer la plaque pour accélérer la réticulation. Ce chauffage peut

être effectué par contact au dos de la plaque 2, étant observé que les températures de réticulation, typiquement de quelques dizaines de degrés, sont largement inférieures à celles qui sont atteintes lors de la mise en œuvre d'un procédé de soudage.

- 5 [0033] Une fois polymérisé, l'adhésif 13 assure le maintien du joint permanent 3 par adhésion et par la compression, générée pendant l'installation, entre le substrat 1 et l'élément rigide 2 (figure 8).

10 [0034] L'assemblage collé peut être utilisé de manière temporaire si cela convient à l'application. Il peut être démonté en sciant l'adhésif 13 et les joints 3, 4 avec un fil abrasif. Un exemple d'utilisation d'un assemblage collé temporaire est dans l'assemblage temporaire d'un guide de pose d'un module sur une plate-forme pétrolière off-shore.

15 [0035] La forme de l'élément rigide 2 peut être adaptée à la forme du substrat 1. L'assemblage collé peut notamment être installé dans un angle d'une structure ou sur des surfaces courbes. La forme de l'élément rigide 2 peut également être adaptée pour contribuer de façon optimisée au renforcement structurel du substrat 1.

20 [0036] Une autre application d'un assemblage collé selon l'invention est le renforcement d'une structure, soit à titre préventif, la structure devant supporter des charges plus fortes qu'initialement prévu, soit comme réparation d'une zone fissurée, corrodée ou encore perforée.

25 [0037] Pour le renforcement structurel, l'élément rigide 2 et l'adhésif 13 peuvent être mis en place de la même manière que celle décrite en référence aux figures 2 à 8. En général, des éléments de renforcement seront enrobés par l'adhésif entre le substrat 1 et l'élément rigide 2 pour en augmenter les propriétés de résistance mécanique.

30 [0038] Les éléments de renforcement seront de préférence des fibres. Comme dans l'exemple précédent, il peut s'agir de fibres courtes, dont la quantité sera calculée en fonction des efforts à reprendre par le système collé sur le substrat 1. Ils peuvent aussi être des fibres plus longues appartenant à

un matelas ou tissu placé dans l'intervalle au moment de présenter l'élément rigide 2.

[0039] Les fibres longues sont disposées de façon dépendante de la réparation ou du renforcement à effectuer. Par exemple, s'il s'agit de réparer
5 un substrat 1 présentant une fissure 40 (figure 9), une proportion assez importante des fibres seront disposées transversalement à la direction de la fissure.

[0040] Dans l'exemple illustré par la figure 9, les fibres de renforcement appartiennent à un pré-imprégné 50 placé entre le substrat 1 et l'élément rigide
10 2 lors de la réalisation de l'assemblage. Le pré-imprégné 50, réfrigéré avant mise en place pour retarder la réticulation de la résine qu'il incorpore, peut consister, de façon connue en soi, en un empilement de couches comprenant par exemple :

- un film adhésif 51 du côté du substrat 1 ;
- 15 - le matelas pré-imprégné à proprement parler 52, c'est-à-dire l'assemblage de fibres noyées dans une résine dont la prise est retardée par le froid ;
- une trame de fibres 55 qui pourra être envahie par la résine lors de la mise en compression du pré-imprégné ;
- 20 - un film adhésif 56 du côté de l'élément rigide 2.

[0041] On comprendra que des agencements très divers du pré-imprégné, autres que celui illustré par la figure 9, sont utilisables dans le cadre de la présente invention. Par exemple, le pré-imprégné peut comprendre en outre
25 une couverture chauffante pour réchauffer la résine 15 lorsque c'est nécessaire pour assurer sa réticulation, et un film intermédiaire. Ces éléments additionnels peuvent alors être disposés de manière à maintenir une continuité de l'adhésif entre le substrat 1 et l'élément rigide 2.

[0042] Pour l'installation de l'assemblage collé illustré par la figure 9, la dépression est faite, par le conduit 23, dans le volume délimité par le joint
30 permanent 3 et le joint d'installation 4. Comme précédemment, on fait circuler de l'air sec dans le volume rendu étanche afin d'en contrôler les conditions

hygrométriques et la température. Il est possible de compléter la dépression via le conduit 23 en appuyant sur l'élément rigide 2 afin de comprimer le pré-imprégné. Lorsque la résine du pré-imprégné reflue par le conduit 23, celui-ci est fermé et on fait réticuler la résine dans le volume étanche, au besoin en la chauffant. Si la résine du pré-imprégné ne suffit pas à remplir le volume après sollicitation de la plaque rigide 2 vers le substrat 1, il est possible de procéder à une injection complémentaire de la manière indiquée en référence aux figures 6 et 7.

[0043] On voit sur la figure 9 un joint permanent 3 et un joint d'installation 4 de formes différentes de ceux représentés sur les figures 1 à 8. Le joint permanent 3 a un profil en M dont un côté est collé sur la plaque rigide 2 et l'autre côté vient s'appliquer contre le substrat 1. Le joint d'installation 4 est une feuille flexible collée sur la partie centrale du profil en M du joint permanent 3 et appliquée sur le substrat 1 autour de la plaque rigide 2 au moyen d'un cordon de pâte à joint 5. Au besoin, des cales en forme de coin peuvent être insérées dans la rainure triangulaire formée en périphérie du joint en M 3 afin de contrôler l'épaisseur de l'intervalle entre le substrat 1 et la plaque rigide 2 lors de la mise en œuvre. Le contrôle de l'épaisseur de l'intervalle entre le substrat 1 et la plaque rigide 2 permet également de mieux maîtriser la géométrie et ainsi le comportement du renfort composite. Dans le cas de la figure 1, le joint permanent 3 a un profil trapézoïdal tandis que le joint d'installation 4 est en forme de soufflet. Dans le cas des figures 2 à 8, le joint permanent 3 a un profil rond et le joint d'installation 4 est en forme de jupe entourant le joint permanent 3. De façon générale, on comprendra que le joint permanent 3 et, lorsqu'il est présent, le joint d'installation 4 peuvent avoir des formes très variées dans le cadre de l'invention.

[0044] Les applications de l'assemblage collé selon l'invention sont très variées. On peut par exemple citer :

- les connexions pour support d'un nouvel élément sur une installation marine ou maritime, notamment pétrolière ;
- les connexions pour support d'un nouvel élément à placer sous l'eau, par exemple sur ou sous la coque d'une plate-forme FPSO (floating

- 12 -

production, storage and offloading) ou dans la zone de marnage ou dans des compartiments tels que des ballasts ;

- 5 - les connexions temporaires des guides de pose sur une installation offshore, où les colles de type époxyde, polyuréthane, polyester, vinylester, méthacrylate, silicone et polyimide sont utilisées comme adhésif pour leurs qualités connues en termes de résilience et résistance ;
- les renforts de structures (poutres : semelles et âmes, poteaux, bracons, tôles, etc.)
- 10 - réparation d'une zone structurelle endommagée, par exemple par la corrosion ;
- réparation d'une zone structurelle perforée où l'étanchéité est à reconstituer. Les éléments rigides à coller peuvent être placés sur les deux faces de la zone-substrat à traiter ;
- 15 - réparation d'une zone fissurée ;
- réparation d'une canalisation, y compris sous-marine, en vue de rétablir son étanchéité ou sa résistance ;
- réparation, renforcement ou connexion dans les ouvrages de génie civil, de production industrielle, etc.
- 20 - réparation, renforcement ou connexion sur les navires, les aéronefs ...

REVENDICATIONS

1. Assemblage collé, comprenant:
 - un substrat (1) ;
 - un élément rigide (2) disposé avec un intervalle par rapport au substrat ;
 - 5 - au moins un joint (3) comprimé entre le substrat et l'élément rigide et délimitant un volume étanche dans ledit intervalle; et
 - un adhésif durci (13) occupant ledit volume, le joint étant comprimé par l'élément rigide retenu sur le substrat par l'adhésif durci.
2. Assemblage collé selon la revendication 1, dans lequel une interface
10 adhérente est formée entre l'adhésif durci et le joint comprimé.
3. Assemblage collé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel des charges sont enrobées par l'adhésif durci (13) dans ledit volume.
4. Assemblage collé selon l'une quelconque des revendications
15 précédentes, comprenant au moins un capteur (7-9) situé dans l'intervalle entre l'élément rigide (2) et le substrat (1), pour détecter au moins un paramètre physique dans ledit intervalle.
5. Assemblage collé selon la revendication 4, dans lequel le capteur comprend un capteur d'humidité (7), l'assemblage comprenant en outre un
20 élément hydrophile (6) situé au niveau du joint (3) et au contact du capteur d'humidité.
6. Procédé d'assemblage d'un élément rigide sur un substrat, le procédé comprenant les étapes suivantes :
 - /a/ disposer l'élément rigide (2) par rapport au substrat (1), au moins un
25 joint permanent (3) étant placé entre l'élément rigide et le substrat de

- 14 -

manière à délimiter un volume dans un intervalle entre l'élément rigide et le substrat ;

/b/ rapprocher l'élément rigide du substrat de manière à comprimer le joint permanent et à rendre étanche ledit volume ; et

5 /c/ faire durcir un adhésif (15) dans le volume étanche.

7. Procédé de renforcement d'une structure comportant au moins un substrat (1), le procédé comprenant les étapes suivantes :

10 /a/ disposer un élément rigide (2) en regard du substrat, au moins un joint permanent (3) étant placé entre l'élément rigide et le substrat de manière à délimiter un volume dans un intervalle entre l'élément rigide et le substrat ;

/b/ rapprocher l'élément rigide du substrat de manière à comprimer le joint permanent et à rendre étanche ledit volume ; et

15 /c/ faire durcir un adhésif (15) dans le volume étanche pour y former un renfort composite isolé de l'extérieur par le joint permanent maintenu comprimé par l'élément rigide.

8. Procédé selon la revendication 6 ou 7, comprenant une étape préalable de traitement superficiel du substrat (1) par abrasion et/ou application de solvants.

20 9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, dans lequel le rapprochement de l'élément rigide (2) par rapport au substrat (1) comprend une mise en dépression du volume délimité dans l'intervalle entre l'élément rigide et le substrat.

25 10. Procédé selon la revendication 9, dans lequel un joint d'installation (4) plus souple que le joint permanent (3) est placé entre l'élément rigide (2) et le substrat (1) à proximité du joint permanent.

- 15 -

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 10, dans lequel le rapprochement de l'élément rigide (2) par rapport au substrat (1) comprend l'application d'une force sur l'élément rigide vers le substrat.
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 11, dans lequel, entre les étapes /b/ et /c/, on fait circuler dans le volume étanche un gaz sec et/ou au moins un solvant et/ou au moins un produit d'apprêt.
13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 12, dans lequel l'adhésif (15) est injecté à l'état liquide dans le volume rendu étanche avant durcissement.
14. Procédé selon la revendication 13, dans lequel des fibres courtes de renforcement sont dispersées dans l'adhésif (15) injecté à l'état liquide.
15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 12, dans lequel une partie au moins de l'adhésif fait partie d'un pré-imprégné (50) positionné dans l'intervalle entre l'élément rigide (2) et le substrat (1).
16. Procédé selon la revendication 15, dans lequel le rapprochement de l'élément rigide (2) par rapport au substrat (1) est effectué au moins jusqu'à refoulement de l'adhésif du pré-imprégné par un conduit (23) dont est pourvu l'élément rigide.