

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①1 N° de publication : **3 032 034**

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **15 50518**

⑤1 Int Cl⁸ : **G 01 N 3/02 (2015.01), G 01 N 3/08**

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤4 EPROUVETTE D'ESSAIS ET DISPOSITIF D'ESSAIS PERMETTANT UNE PRECISION DE MESURE ACCRUE.

②2 Date de dépôt : 22.01.15.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 29.07.16 Bulletin 16/30.

④5 Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention : 17.05.19 Bulletin 19/20.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : *INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SURETE NUCLEAIRE —FR, INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUEES DE LYON Etablissement public à caractère scientifique et culturel FR, CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS) FR et UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON 1 — FR.*

⑦2 Inventeur(s) : HURET JOSEPH et GRANDO QUENTIN.

⑦3 Titulaire(s) : *INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SURETE NUCLEAIRE, INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUEES DE LYON Etablissement public à caractère scientifique et culturel, CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS), UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON 1.*

⑦4 Mandataire(s) : REGIMBEAU.

FR 3 032 034 - B1



DOMAINE DE L'INVENTION

L'invention concerne une éprouvette d'essais mécaniques et un dispositif d'essai mécanique comprenant une telle éprouvette. L'invention s'applique en particulier à des essais mécaniques uniaxiaux dans des conditions de température, de pression et de corrosion sévères.

ETAT DE LA TECHNIQUE

En référence à la figure 1, on a représenté une éprouvette EP d'essai mécanique en traction, compression ou fatigue, connue de l'art antérieur, et un extensomètre associé, c'est-à-dire un système de mesure de la déformation de l'éprouvette en réponse à une sollicitation en traction ou compression.

L'éprouvette est un corps de révolution, généralement métallique, comprenant une zone utile de diamètre sensiblement constant, et des portions d'extrémités de diamètre plus important que celui de la zone utile, situées de part et d'autre de celle-ci, et servant à la fixation de mors d'une machine de traction, compression ou fatigue.

La mise en mouvement des mors induit une sollicitation mécanique en traction ou compression de la zone utile qui se déforme en conséquence.

La mesure de la déformation peut être utilisée de deux façons différentes dans de tels essais mécaniques :

Dans le cas d'un essai en effort imposé, on pilote la machine via la cellule de force, donc on impose un effort à l'éprouvette, et la mesure de déformation constitue le résultat qui permet d'étudier les caractéristiques mécaniques de l'éprouvette.

Dans le cas d'un essai en déformation imposée, on pilote la machine via l'extensomètre, donc on impose un déplacement à l'éprouvette, et la mesure de l'effort constitue le résultat qui permet d'étudier les caractéristiques mécaniques de l'éprouvette.

La mesure de déformation est réalisée par un extensomètre EX comprenant deux tiges fixées rigidement à la zone utile de l'éprouvette, et un système de mesure de l'écartement entre les tiges. Ce système est par exemple de type capacitif ou LVDT.

Ce type d'extensomètre présente une précision élevée, puisqu'il présente un ordre de grandeur d'erreur de $10\mu\text{m}$ pour une étendue de mesure de déformation de l'éprouvette de $150\mu\text{m}$.

Cependant, pour mieux comprendre et anticiper le comportement de matériaux en conditions sévères comme dans le circuit primaire d'un réacteur nucléaire à eau pressurisée, il est nécessaire de mener des essais mécaniques dans de telles conditions, qui allient haute température, haute pression, et milieu de mesure de forte agressivité chimique (milieu corrosif).

Pour reproduire ces conditions, les essais sont réalisés dans un autoclave. Cependant, les extensomètres disponibles actuellement et capables de résister à des telles conditions présentent une précision très dégradée, avec un ordre de grandeur d'erreur de 100 μm pour une étendue de mesure de 150 μm .

Cette précision est très insuffisante pour étudier les propriétés mécaniques de matériaux dans ces conditions.

PRESENTATION DE L'INVENTION

L'invention a pour but de pallier aux insuffisances de l'art antérieur, en proposant un moyen de mesure de déformation mécanique d'une éprouvette présentant une précision améliorée en conditions sévères.

Un autre but de l'invention est de permettre une indépendance de la précision de la mesure aux conditions environnementales autour de l'éprouvette.

Un autre but de l'invention est, dans le cas d'essais mécaniques où l'influence de l'environnement est étudiée, de permettre une mesure non intrusive en ne masquant pas la surface externe de l'éprouvette de manière à autoriser des interactions entre l'éprouvette et l'environnement sans introduire de biais expérimental à la mesure.

A cet égard, l'invention a pour objet une éprouvette d'essai mécanique, ladite éprouvette comprenant un corps ayant une dimension principale s'étendant selon un axe, et comportant une zone dite utile adaptée pour subir une déformation en réponse à une sollicitation mécanique de l'éprouvette selon l'axe de l'éprouvette, l'éprouvette étant caractérisée en ce qu'elle comporte un canal interne de révolution centré sur l'axe de l'éprouvette, comprenant une portion s'étendant au moins à l'intérieur de la zone utile, ladite portion étant adaptée pour recevoir une extrémité d'un faisceau de fibres optiques et une cible réfléchissante en regard de celle-ci dans la direction de l'axe.

Avantageusement, mais facultativement, l'éprouvette selon l'invention peut en outre comprendre au moins l'une des caractéristiques suivantes :

- 5 - la portion de canal interne s'étendant à l'intérieur de la zone utile présente un diamètre inférieur au diamètre du reste du canal, de sorte que chacune de ses extrémités forme un épaulement dans le canal interne.
- le diamètre du canal interne au niveau de la zone utile est compris entre 10 et 90% du diamètre externe de l'éprouvette au niveau de ladite zone utile.

10 L'invention a également pour objet un dispositif d'essai mécanique, comprenant une éprouvette selon la description qui précède, et comprenant en outre un capteur de mesure de l'élongation de la zone utile de l'éprouvette selon l'axe, comprenant un guide optique comprenant un faisceau de fibres optiques et une cible adaptée pour réfléchir un rayon lumineux transmis par les fibres, la cible et une extrémité des fibres optiques étant positionnées en regard l'une de l'autre en
15 étant distantes d'un espace compris dans la portion du canal interne située à l'intérieur de la zone utile de l'éprouvette.

Avantageusement, mais facultativement, le dispositif d'essai selon l'invention peut en outre comprendre au moins l'une des caractéristiques suivantes :

- 20 - le guide optique et la cible comprennent chacun une tige adaptée pour être partiellement insérée dans la portion du canal interne située à l'intérieur de la zone utile de l'éprouvette, et comprennent un muret périphérique en saillie par rapport à la tige, adapté pour venir en butée contre l'épaulement formé par ladite première portion, et le dispositif d'essai comprend en outre un
25 dispositif de rappel maintenant chaque tige en butée contre l'épaulement respectif.
- chaque dispositif de rappel comprend un ressort tendant à maintenir une tige en butée contre l'épaulement respectif, et un fouloir maintenant le ressort précontraint contre la tige respective.
- 30 - le dispositif d'essai comprend en outre un tirant solidaire de l'éprouvette, apte à être déplacé selon une direction pour solliciter en traction et/ou compression l'éprouvette, le tirant comprenant un corps cylindrique creux, et le guide optique s'étend au moins partiellement dans le corps cylindrique du

tirant en débouchant dans la portion du canal interne de l'éprouvette s'étendant dans la zone utile de l'éprouvette.

- le corps cylindrique du tirant comprend un orifice traversant latéral permettant le passage du guide optique.
- 5 - Le dispositif comprend en outre un boîtier de stockage d'une longueur excédentaire de fibres optiques.
- le dispositif comprend en outre un injecteur de gaz dans l'éprouvette en communication de fluide avec une portion d'extrémité du canal interne de l'éprouvette, et dans lequel le guide optique comprend un orifice
10 d'écoulement de gaz.
- Le dispositif comprend en outre un fourreau, l'éprouvette étant fixée à une de ses extrémités au fourreau et à l'extrémité opposée au tirant, le dispositif comprenant en outre une pluralité de bagues fendues isolantes, disposées respectivement entre l'éprouvette et le fourreau ou entre l'éprouvette et le
15 tirant.
- chaque bague fendue est en alliage Zircaloy 4 et revêtue de zircone.

L'invention a enfin pour objet un procédé de montage d'un dispositif selon la description qui précède, comprenant les étapes consistant à :

- 20 - positionner une cible dans une éprouvette, comprenant les sous-étapes consistant à :
 - amener une cible de capteur optique de mesure de l'élongation de la zone utile dans le canal interne d'une éprouvette par une extrémité jusqu'à amener la cible en butée contre un épaulement,
 - 25 ○ positionner un ressort contre la cible et un fouloir en appui contre le ressort, et
 - souder le fouloir à l'éprouvette,
- positionner une extrémité de guide optique comprenant un faisceau de fibres optiques dans l'éprouvette, comprenant les sous-étapes consistant à :
 - 30 ○ amener une extrémité de guide optique comprenant une tige dans le canal interne de l'éprouvette par l'autre extrémité jusqu'à amener la tige en butée contre l'autre épaulement,
 - positionner un ressort contre la tige du guide optique et un fouloir en appui contre le ressort, et

- fixer le fouloir à l'éprouvette de manière amovible.

Selon un mode de réalisation, le procédé de montage peut en outre comprendre une étape de fixation de l'éprouvette au fourreau et au tirant, ladite
 5 étape comprenant un serrage par écrasement des bagues.

L'éprouvette selon l'invention est creuse pour permettre d'y insérer un capteur de mesure de l'élongation de la zone utile de l'éprouvette en réponse à une sollicitation de l'éprouvette. En conséquence, le capteur est à l'abri notamment du
 10 milieu corrosif pouvant environner l'éprouvette lors des mesures.

Le fait de placer le capteur à l'intérieur de l'éprouvette permet également de rendre la mesure de déformation indépendante des contraintes extérieures ainsi que de la géométrie de la surface externe de l'éprouvette.

De plus, le dispositif d'essai mécanique comprend avantageusement un système d'injection de gaz permettant de mettre l'intérieur de l'éprouvette à une
 15 pression égale ou légèrement supérieure à une pression extérieure s'appliquant sur l'éprouvette, de manière à supprimer les risques de fuite du milieu extérieur vers l'intérieur de l'éprouvette.

La protection du capteur ainsi réalisée par l'éprouvette permet la mise en œuvre de mesures plus précises que dans l'art antérieur, permettant d'atteindre un
 20 ordre de grandeur d'erreur de mesure de $10\mu\text{m}$ soit un ordre de grandeur de moins que ce qui était proposé dans l'art antérieur.

DESCRIPTION DES FIGURES

25 D'autres caractéristiques, buts et avantages de l'invention ressortiront de la description qui suit, qui est purement illustrative et non limitative, et qui doit être lue en regard des dessins annexés sur lesquels :

- La figure 1, déjà décrite, représente une éprouvette et un extensomètre de l'art antérieur.
- 30 - La figure 2a représente une vue en coupe d'une éprouvette conforme à un mode de réalisation dans un dispositif d'essai,
- La figure 2b représente une vue en coupe partielle d'une éprouvette dans un dispositif d'essai selon un autre mode de réalisation de l'invention,

- La figure 3a représente une vue en coupe d'un dispositif d'essai selon un premier mode de réalisation,
- La figure 3b représente un détail d'un dispositif d'essai selon un autre mode de réalisation,
- 5 - La figure 4 représente les principales étapes d'un procédé d'assemblage d'un dispositif d'essai selon un mode de réalisation de l'invention.

DESCRIPTION DETAILLEE D'AU MOINS UN MODE DE REALISATION DE L'INVENTION

10

Eprouvette d'essais

En référence aux figures 2a et 2b, on a représenté une éprouvette d'essai mécanique. De préférence, l'éprouvette d'essai est une éprouvette d'essai uniaxial, c'est-à-dire mené selon une seule direction, mais elle peut aussi être une éprouvette
15 d'essai biaxial.

15

Les essais mécaniques uniaxiaux pouvant être mis en œuvre avec une telle éprouvette sont avantageusement des essais en traction, en compression, ou en fatigue, c'est-à-dire des essais comprenant la mise en œuvre alternativement de traction et de compression à une fréquence déterminée pendant un grand nombre
20 de cycles pour déterminer le comportement en fatigue de l'éprouvette.

20

Dans le cas d'essais biaxiaux, il peut s'agir par exemple d'essais en traction-torsion.

L'éprouvette 1 comprend un corps présentant une dimension principale s'étendant le long d'un axe X-X. Avantageusement, dans le cas d'essais uniaxiaux,
25 l'éprouvette 1 est un corps de révolution autour de l'axe X-X.

25

L'éprouvette comprend une zone dite utile 10, de diamètre externe sensiblement constant, la zone utile étant la zone de l'éprouvette susceptible de se déformer en réponse à une sollicitation mécanique de l'éprouvette, et dont on souhaite mesurer une variation de longueur. La zone utile présente typiquement une
30 longueur, mesurée dans la direction de l'axe X-X, de l'ordre de 10 mm.

30

L'éprouvette 1 comprend également deux parties d'extrémités 11 disposées de part et d'autre de la zone utile 10, et sur lesquelles sont appliquées les sollicitations mécaniques, par exemple en traction ou en compression.

De plus l'éprouvette 1 comprend un canal interne 12, s'étendant coaxialement à l'axe X-X et étant de préférence de révolution autour cet axe X-X, afin de conserver une symétrie de révolution à l'éprouvette et ainsi ne pas introduire de biais de mesure.

5 Le canal interne 12 s'étend dans toute la longueur de l'éprouvette et débouche avantageusement de part et d'autre de l'éprouvette par les sections extrêmes transversales de celle-ci, c'est-à-dire les sections extrêmes orthogonales à l'axe X-X.

10 Le canal interne 12 présente une portion 13 s'étendant au moins sur toute la longueur de la zone utile (c'est-à-dire qu'elle peut s'étendre au droit de la zone utile sur toute la longueur de celle-ci, ou dépasser par rapport à la zone utile d'un côté et/ou de l'autre dans la direction de l'axe X-X) et présentant un diamètre constant, ledit diamètre étant le diamètre minimal du canal interne 12.

15 En effet, la zone utile présente un diamètre externe inférieur à celui des parties d'extrémité 11, pour pouvoir se déformer sous l'effet d'une sollicitation mécanique, mais elle doit cependant conserver une épaisseur suffisante pour ne pas céder à des efforts inférieurs aux efforts cibles pour lesquels on souhaite étudier le comportement de l'éprouvette.

20 Ainsi, le diamètre de la portion 13 est avantageusement compris entre 3 et 7 mm, et est compris entre 10 et 90% du diamètre externe de l'éprouvette au niveau de la zone utile.

25 Le diamètre de la portion 13 de canal est donc strictement inférieur au diamètre du reste du canal, et notamment aux parties du canal immédiatement adjacentes à la portion 13, de sorte que les bords de la portion 13 forment à l'intérieur du canal deux épaulements 14, de préférence circonférentiels. Les épaulements 14 peuvent être annulaires dans le cas où le canal interne présente une section circulaire.

30 Avantageusement, dans le cas où le canal interne 13 est agencé dans une éprouvette d'essai de l'art antérieur, comprenant sur sa surface externe des collerettes C circonférentielles permettant la fixation de tiges d'un extensomètre classique pour la mesure d'élongation de la zone utile 10, les épaulements 14 sont de préférence positionnés au droit des collerettes C. En effet, la zone de rupture de continuité formée par les épaulements 14 est de ce fait placée dans une

zone plus épaisse de l'éprouvette, ce qui réduit un phénomène de concentration des contraintes susceptible de biaiser les mesures.

Ceci permet aussi de positionner axialement les éléments de mesure de la déformation de l'éprouvette décrits ci-après au niveau de la zone utile et de mesurer
5 majoritairement la déformation de la zone utile, ce qui augmente la précision de la mesure.

Cependant, les collerettes étant superflues dans le cas de la présente invention, dans le cas général d'une éprouvette 1 dépourvue de collerettes, les épaulements 14 sont avantageusement positionnés dans une section de
10 l'éprouvette plus épaisse que la zone utile, pour éviter de la même manière un biais de mesure.

Comme sur la figure 2, les épaulements 14 sont avantageusement formés par une rupture de rayon du canal interne entre la portion 13 et le reste et s'étendent dans ce cas radialement autour de l'axe X-X. Néanmoins d'autres
15 géométries sont envisageables, par exemple des épaulements 14 coniques centrés sur l'axe X-X et orientés vers les extrémités du canal.

Dispositif d'essais mécaniques

En référence aux figures 2a, 2b, et aux figures 3a et 3b, on va maintenant
20 décrire un dispositif D d'essais mécaniques dans lequel est installée l'éprouvette 1 pour la mise en œuvre des essais.

Le dispositif D est de préférence adapté pour la mise en œuvre d'essais uniaxiaux selon l'axe X-X, mais peut également être adapté pour mettre en œuvre des essais biaxiaux dont un axe est l'axe X-X.

25 Ce dispositif D comprend un capteur 2 permettant de mesurer la déformation de la zone utile de l'éprouvette 1 lors d'essais en traction, compression, et/ou fatigue dans la direction de l'axe X-X.

Le capteur est partiellement disposé à l'intérieur de l'éprouvette 1. Ceci permet de mettre en œuvre des essais dans des conditions ambiantes très sévères
30 tout en conservant une bonne précision de mesure.

Le capteur 2 est un capteur optique comprenant une source lumineuse 20, un détecteur de lumière 21, un processeur 22 adapté pour traiter des données provenant du détecteur de lumière, ainsi qu'un guide optique 23 et une cible 24.

Le canal interne 13 agencé dans l'éprouvette permet d'y loger la cible 24 et une extrémité du guide optique 23, en les positionnant en regard l'un de l'autre dans la direction de l'axe X-X.

Le guide optique 23 comprend au moins deux fibres optiques, et de
5 préférence un faisceau de fibres optiques (non représentées), adaptées pour transmettre un rayon lumineux, d'une part depuis la source lumineuse 20 vers l'extrémité se trouvant à l'intérieur du canal interne 12 au niveau de la portion 13, et d'autre part depuis cette extrémité vers le détecteur de lumière 21.

A cet égard, la moitié des fibres optiques du faisceau s'étendent entre la
10 source lumineuse et la section au niveau de laquelle elles débouchent dans la portion 13, et l'autre moitié des fibres optiques s'étendent entre le détecteur et la même section de la portion 13. Cette deuxième moitié permet de transmettre la lumière émise par la première moitié et réfléchiée sur la cible 24 vers le détecteur 21.

Les fibres optiques sont maintenues ensemble en étant par exemple collées
15 les unes aux autres, par exemple par une résine, et enserrées dans une tige support 231 du guide 23, la tige étant adaptée pour pénétrer dans le canal interne 12 au niveau de la portion 13. En particulier, la tige 231 présente un diamètre inférieur au diamètre de la portion 13. Ainsi les fibres optiques débouchent dans une section de la portion 13 et émettent un faisceau lumineux parallèlement à l'axe X-X
20 de l'éprouvette.

Le guide optique 23 comprend en outre un muret circonférentiel 232 en saillie par rapport à la tige 231, pour pouvoir venir en butée contre un épaulement 14 formé par une extrémité de la portion 13.

La cible 24 comprend quant à elle une surface réfléchissante 240 disposée
25 en regard de la source lumineuse, et s'étendant orthogonalement à l'axe X-X de l'éprouvette de manière à pouvoir réfléchir le rayon lumineux émis par la source parallèlement à cet axe. La cible comprend en outre une tige 241 portant la surface réfléchissante, et présentant un diamètre inférieur au diamètre de la portion 13 du canal interne de manière à pouvoir être insérée dans ladite portion. La tige
30 comprend en outre un muret circonférentiel 242 en saillie par rapport à la tige, pour pouvoir venir en butée contre l'épaulement 14 formé par l'autre extrémité de la portion 13.

Par muret circonférentiel, on entend soit un bossage, soit une portion de diamètre supérieur à celle pénétrant dans la portion 13, pour dans tous les cas venir en butée contre l'épaulement 14.

La cible 24 est avantageusement réalisée en un matériau peu sensible à l'oxydation, car l'intérieur de l'éprouvette contient du gaz, dont potentiellement de l'oxygène, et réfléchissant bien la lumière. A cet égard, la cible 24, ou sa surface réfléchissante 210, est préférentiellement réalisée en or pur.

Le guide optique 23 et la cible 24 sont maintenus chacun en position au moyen d'un dispositif de rappel 3 respectif. Chaque dispositif de rappel maintient le muret circonférentiel 232, 242 du guide 23 et de la cible 24 en appui respectivement contre chaque épaulement 14 formé par chaque extrémité de la portion 13 du canal interne 12.

A cet égard, chaque dispositif de rappel 3 comprend un ressort 30 disposé à l'intérieur du canal interne 12, dans une portion adjacente à la portion 13. Un ressort 30 est en contact avec la tige 231 du guide optique 23 et un autre est en contact avec la cible 24, chaque ressort travaillant en compression pour maintenir respectivement la tige 231 et la cible 24 en contact avec l'épaulement respectif 14.

Avantageusement, l'effort exercé par le ressort 30 sur la tige 231 du guide optique 23 doit être suffisant pour conserver un contact entre le guide optique 23 et l'éprouvette 1, même lors de la mise en œuvre de cycles d'essais en fatigue, mais limité pour éviter d'imposer à l'épaulement 14 des contraintes trop conséquentes risquant de dégrader l'éprouvette et de biaiser les mesures.

A cet égard, le ressort 30 est avantageusement dimensionné pour exercer un effort maximal, une fois comprimé, compris entre 10 et 100N, de préférence égal à 50N.

De plus, chaque dispositif de rappel 3 comprend également un fouloir 31 maintenant chaque ressort en appui contre respectivement la tige 201 et la cible 24. Les fouloirs 31 sont en outre fixés à l'éprouvette 1.

Avantageusement, le fouloir 31 du côté de la cible 24 est soudé à l'éprouvette, de manière à fermer de façon étanche l'éprouvette du côté de la cible, et l'autre est fixé de manière amovible à l'éprouvette, par exemple vissé, pour pouvoir installer, retirer, et/ou repositionner l'extrémité du guide optique 23.

Le fouloir du côté du guide optique est creux pour laisser passer le guide optique.

Une fois les fouloirs positionnés, les terminaisons des fibres optiques et la cible 24 sont maintenues en position axiale fixe dans la portion 13 du canal interne de l'éprouvette, en appui contre les épaulements 14, en étant séparées d'une distance pouvant être mesurée pour calibrer l'éprouvette.

5 Lors d'un essai subséquent en traction, compression, ou en fatigue selon l'axe X-X, une déformation de la zone utile de l'éprouvette induit un écartement ou un rapprochement du guide optique 23 et de la cible 24 peuvent respectivement s'éloigner ou se rapprocher qui est mesurable par la mesure d'un temps de trajet du rayon lumineux de la source vers la cible et de retour vers la source.

10 En référence à la figure 3a, le dispositif D d'essai comprend également un autoclave 4 dans lequel sont mises en œuvre les conditions ambiantes de l'essai mécanique, c'est-à-dire un liquide corrosif à haute pression et haute température, dans lequel est plongée l'éprouvette lors de l'essai.

15 Avantagusement, pour reproduire des conditions analogues à celles du circuit primaire d'un réacteur nucléaire à eau pressurisée, la pression du liquide dans l'autoclave peut typiquement atteindre 150 à 160 bars, et préférablement de l'ordre de 155 bars, la température peut atteindre 300 à 350 °C, de préférence 315°C, et le liquide contenu par l'autoclave peut comprendre de l'acide borique, à une concentration pouvant atteindre 1000 ppm, soit 1 mg/L, de la lithine, etc.

20 Pour réaliser un essai, l'éprouvette 1 est positionnée dans l'autoclave, avec les conditions ambiantes décrites ci-avant.

25 Le dispositif D comprend en outre des moyens de déformation de l'éprouvette, et notamment un tirant de chargement 50 qui comprend un corps cylindrique creux s'étendant parallèlement à l'axe X-X et contenant une partie du guide optique 23, afin de déporter la source lumineuse 20, le détecteur 21 et le processeur 22, qui ne peuvent pas supporter les conditions de température ou, dans le cas décrit ci-après où l'éprouvette est pressurisée, de pression décrites ci-avant.

30 Selon le mode de réalisation représenté sur la figure 3a, le capteur 2 comprend avantagusement, à l'extrémité du tirant de chargement 50 du côté opposé à l'éprouvette 1, un boîtier 25 comprenant une longueur excédentaire de fibres optiques par rapport à la longueur du tirant 50, cette longueur étant souple pour pouvoir s'adapter aux déformations de l'éprouvette – une longueur plus importante de fibres optiques étant nécessaire lorsque l'éprouvette subit une

élongation – ainsi qu’aux dilatations différentielles en protégeant ainsi les fibres optiques de toute contrainte mécanique.

Alternativement, comme représenté sur la figure 3b, le tirant 50 comprend un orifice traversant 59 agencé dans une paroi latérale et par lequel le guide optique
5 sort pour la source 20 et le détecteur 21.

De retour aux figures 2a et 2b, le tirant de chargement 50 est fixé à une extrémité de l’éprouvette 1.

De plus, l’autre extrémité de l’éprouvette 1 est fixée à un fourreau 52 vissé sur un couvercle 53 de l’autoclave fermant l’autoclave de manière étanche pour
10 maintenir les conditions de pression, température et confiner le milieu de mesure dans l’autoclave 4. Le couvercle 53 de l’autoclave présente une cavité interne s’étendant axialement adaptée pour recevoir le tirant 50 de chargement.

Le tirant de chargement 50 est monté à coulissement parallèlement à l’axe X-X par rapport au couvercle 53 et au fourreau 52, qui sont montés fixement à
15 l’autoclave, qui est fixe également, de sorte qu’une translation axiale du tirant de chargement 50 induit un effort axial sur l’éprouvette en compression ou en traction.

Avantageusement, les essais mis en œuvre avec le dispositif D sont des essais de fatigue comprenant la mise en œuvre de plusieurs milliers de cycles de translation du tirant de chargement selon l’axe X-X, par exemple de l’ordre de 10000
20 cycles, à une fréquence de 10 Hz.

Selon un premier mode de réalisation de la fixation de l’éprouvette, représenté en figure 2b, le tirant de chargement 50 est fixé à l’extrémité de l’éprouvette 1, par exemple par vissage, en disposant un joint, par exemple un joint métallique torique 51 entre l’éprouvette et le tirant 50 pour assurer l’étanchéité dans
25 l’autoclave 4. Dans ce cas, l’extrémité opposée de l’éprouvette 1 étant déjà étanche grâce à la soudure du fouloir 31 à l’éprouvette, cette extrémité peut-être seulement fixée au fourreau 52 grâce à un écrou (non représenté).

Alternativement, selon un mode de réalisation représenté en figure 2a, lorsque l’on souhaite isoler électriquement l’éprouvette 1 du reste du dispositif D, par exemple pour mettre en œuvre des mesures avec des essais électrochimiques,
30 l’éprouvette est avantageusement fixée :

- A une extrémité, à un écrou supérieur 50’ lui-même fixé au tirant 50, et
- A l’autre extrémité, au fourreau 52,

par écrasement de bagues 55 fendues, de section conique ou tronconique, comprenant donc chacune une petite et une grande section d'extrémité, c'est-à-dire respectivement des sections de diamètre minimal et maximal.

Les bagues sont avantageusement disposées comme sur la figure 2a et
5 notamment :

- deux bagues dont les petites sections sont en vis-à-vis sont positionnées au niveau de l'extrémité de l'éprouvette fixée avec le fourreau 52, et
- deux bagues dont les grandes sections sont en vis-à-vis sont positionnées au niveau de l'extrémité de l'éprouvette fixée avec le tirant 50.

10 Pour assurer l'isolation électrique de l'éprouvette tout en supportant les efforts importants engendrés par les essais mécaniques, les bagues 55 sont avantageusement isolantes, en étant réalisées en alliage de zirconium connu sous la dénomination Zircaloy 4, c'est-à-dire un alliage comprenant 98.23% en masse de zirconium, 1.45% en masse d'étain, 0.10% en masse de chrome, 0.21 % en masse
15 de fer, et le reste en hafnium, avec une oxydation de surface de la bague pour obtenir un revêtement isolant en zircone.

De cette manière, les propriétés mécaniques du Zircaloy 4 sont mises à profit pour résister aux efforts, et les propriétés électriques de la zircone assurent l'isolation galvanique.

20 La fixation de l'éprouvette 1 au tirant 50 et au fourreau 52 est réalisée en positionnant une extrémité de l'éprouvette dans le fourreau 52, puis en positionnant le tirant à l'autre extrémité de l'éprouvette, et en écrasant les bagues. Ceci assure également l'étanchéité du contenu de l'autoclave 4.

Puis, une fixation complémentaire peut être mise en œuvre en serrant
25 l'écrou supérieur 50' autour du tirant 50 et le fourreau 52 autour du couvercle 53 et du tirant 50 en serrant des vis dans des taraudages 56.

Avantageusement, mais facultativement, le mode de réalisation représenté en figure 3 comprend en outre un dispositif d'injection de gaz 6 en communication de fluide avec une portion d'extrémité de l'éprouvette 1 en passant par la cavité
30 interne du tirant 50. Dans ce cas, le guide optique 23 comporte un orifice débouchant (non représenté) permettant au gaz de s'écouler à l'intérieur de la portion 13.

Le circuit composé de l'éprouvette et du tirant n'étant pas étanche, le dispositif d'injection de gaz est adapté pour alimenter en continu avec un débit

contrôlé l'intérieur de l'éprouvette, de manière à équilibrer la pression interne à l'éprouvette avec la pression externe régnant dans l'autoclave.

Ceci supprime le risque de biais de mesure liés à un différentiel de pression entre l'extérieur et l'intérieur de l'éprouvette, et de plus supprime les risques de fuite
5 vers l'intérieur de l'éprouvette éliminant ainsi les risques de corrosion de la cible et du guide optique.

Montage d'un dispositif d'essai

En référence à la figure 4, on va maintenant résumer les principales étapes
10 de montage d'un dispositif d'essai D conforme à la description qui précède.

Une première étape 100 comprend le positionnement de la cible. Au cours d'une sous-étape 110, on amène une cible 24 à l'intérieur d'une éprouvette 1 par une extrémité, jusqu'à ce que le muret 242 de la cible vienne en butée contre un épaulement 14 formé à l'intérieur de l'éprouvette par la fin de la portion 13.

15 Au cours d'une sous-étape 120, on amène un ressort en appui contre la cible par la même extrémité de l'éprouvette.

Au cours d'une sous-étape 130, on amène un fouloir 31 à l'intérieur de l'éprouvette 1 par la même extrémité jusqu'à venir en appui contre le ressort 30 de sorte à maintenir une précontrainte sur le ressort et que celui-ci maintienne un effort
20 sur la cible en direction de la portion 13 de l'éprouvette.

Le fouloir est ensuite soudé à l'éprouvette lors d'une sous-étape 140.

Une deuxième étape 200 comprend le positionnement du guide optique 23 dans l'éprouvette 1.

Elle comprend une sous-étape 210 au cours de laquelle on amène
25 l'extrémité libre du guide optique 23 dans l'éprouvette 1 par l'extrémité opposée à celle par laquelle on a amené la cible 24, jusqu'à ce que le muret 232 du guide vienne en butée contre l'autre épaulement 14.

De façon analogue aux sous-étapes 120 et 130, le procédé comprend ensuite le positionnement 220, 230 d'un ressort et d'un fouloir pour maintenir le
30 guide en appui contre l'épaulement 14.

Cependant pour ces étapes le ressort et le fouloir peuvent avoir été positionnés préalablement autour du guide optique.

Au cours d'une sous-étape 240, le fouloir 31 est fixé à l'éprouvette, par exemple par vissage.

Puis le procédé comprend une étape 300 de positionnement de l'éprouvette dans l'autoclave 4, et de fixation de l'éprouvette aux moyens de déformation.

Dans le mode de réalisation de la figure 2b, cette étape comprend une sous-étape 310 de positionnement d'une extrémité de l'éprouvette dans une cavité dédiée de l'autoclave 4 et du fourreau 52, et une sous-étape 320 de positionnement de l'autre extrémité de l'éprouvette dans le tirant 50.

Dans le mode de réalisation de la figure 2a, dans lequel le dispositif D comprend des bagues isolantes 55, la sous-étape 320 de positionnement d'une extrémité de l'éprouvette au tirant 50 comprend le positionnement d'une bague 55 dans l'écrou supérieur 50', le montage de l'éprouvette dans l'écrou 50' et le positionnement d'une autre bague 55 autour de l'éprouvette. La sous-étape 320 comprend encore le serrage de l'éprouvette au tirant 50, par écrasement des bagues 55 en vissant l'écrou 50' sur le tirant et enfin en sécurisant le serrage de l'écrou 50' par le serrage des vis 56 située sur la partie fendue de cet écrou.

La sous-étape 310 de positionnement de l'autre extrémité de l'éprouvette à l'autoclave comprend quant à elle le positionnement d'une bague 55 dans le fourreau 52, d'une deuxième bague 55 sur l'éprouvette 1, puis le positionnement du fourreau sous le couvercle en vissant le fourreau 52 autour du couvercle 53 de l'autoclave s'étendant lui-même autour du tirant. Ce fourreau 52 est lui-même fendu et possède des taraudages de part et d'autre de la fente permettant de monter deux vis 56 au niveau de sa partie fendue, nécessaires à la sécurisation du montage.

Enfin, cette sous-étape 310 comprend le vissage d'un écrou inférieur 52' autour de l'éprouvette 1, pour mettre en compression les bagues coniques inférieures 55 et ainsi assurer le serrage de l'éprouvette par rapport au fourreau 52.

Le guide optique peut ensuite être connecté à la source lumineuse et au détecteur, et l'autoclave peut être mis dans les conditions d'utilisation et fermé par le couvercle pour la mise en œuvre des essais mécaniques.

Le fait que le guide optique et la cible se trouvent dans la portion 13 du canal interne de l'éprouvette permet de les abriter du milieu corrosif se trouvant dans l'autoclave. Ceci permet une grande précision de mesure de déformations, à 10 μm près.

REVENDECATIONS

1. Eprouvette (1) d'essai mécanique, ladite épreuve comprenant un corps ayant une dimension principale s'étendant selon un axe (X-X), et comportant une zone dite utile (10) adaptée pour subir une déformation en réponse à une sollicitation mécanique de l'éprouvette selon l'axe (X-X) de l'éprouvette, l'éprouvette étant caractérisée en ce qu'elle comporte un canal interne (12) de révolution centré sur l'axe (X-X) de l'éprouvette, comprenant une portion (13) s'étendant au moins à l'intérieur de la zone utile (10), ladite portion étant adaptée pour recevoir une extrémité d'un faisceau de fibres optiques et une cible réfléchissante en regard de celle-ci dans la direction de l'axe (X-X), et présentant un diamètre inférieur au diamètre du reste du canal interne (12), de sorte que chacune de ses extrémités forme un épaulement (14) dans le canal interne (12), lesdits épaulements étant formés par une rupture de rayon du canal interne entre la portion (13) et le reste du canal interne (12), et s'étendant radialement autour de l'axe (X-X).
2. Eprouvette (1) selon la revendication 1, dans laquelle le diamètre du canal (12) interne au niveau de la zone utile (10) est compris entre 10 et 90% du diamètre externe de l'éprouvette au niveau de ladite zone utile.
3. Dispositif (D) d'essai mécanique, comprenant :
- une épreuve (1) d'essai mécanique comprenant un corps ayant une dimension principale s'étendant selon un axe (X-X) et comportant une zone dite utile (10) adaptée pour subir une déformation en réponse à une sollicitation mécanique de l'éprouvette selon l'axe (X-X), l'éprouvette comprenant un canal interne (12) de révolution centrée sur l'axe (X-X) de l'éprouvette, comprenant une portion s'étendant au moins à l'intérieur de la zone utile (10), ladite portion présentant un diamètre inférieur au diamètre du canal interne (12) de sorte que chacune de ses extrémités forme un épaulement (14) dans le canal interne (12), et
 - un capteur (2) de mesure de l'élongation de la zone utile de l'éprouvette selon l'axe (X-X), comprenant un guide optique (23) comprenant un faisceau de fibres optiques et une cible (24) adaptée pour réfléchir un rayon lumineux

transmis par les fibres, la cible et une extrémité des fibres optiques étant positionnées en regard l'une de l'autre en étant distantes d'un espace compris dans la portion (13) du canal interne (12),

5 le guide optique (23) et la cible (24) comprenant chacun une tige (231, 241) adaptée pour être partiellement insérée dans la portion (13) du canal interne située à l'intérieur de la zone utile (10) de l'éprouvette (1), et comprenant un muret périphérique (232, 242) en saillie par rapport à la tige (231, 241), adapté pour venir en butée contre l'épaulement (14) formé par ladite première portion.

10 4. Dispositif (D) d'essai selon la revendication 3, dans lequel le dispositif d'essai comprend en outre un dispositif de rappel (3) maintenant chaque tige (231, 241) en butée contre l'épaulement respectif (14).

15 5. Dispositif (D) d'essai selon la revendication 4, dans lequel chaque dispositif de rappel (3) comprend un ressort (30) tendant à maintenir une tige en butée contre l'épaulement respectif (14), et un fouloir (31) maintenant le ressort précontraint contre la tige respective (231, 241).

20 6. Dispositif (D) d'essai selon l'une des revendications 3 à 5, comprenant en outre un tirant (50) solidaire de l'éprouvette, apte à être déplacé selon une direction pour solliciter en traction et/ou compression l'éprouvette, le tirant comprenant un corps cylindrique creux, et le guide optique (23) s'étend au moins partiellement dans le corps cylindrique du tirant en débouchant dans la portion (13) du canal interne (12) de l'éprouvette s'étendant dans la zone utile (10) de l'éprouvette.

25 7. Dispositif d'essai (D) selon la revendication 6, dans lequel le corps cylindrique du tirant comprend un orifice traversant (59) latéral permettant le passage du guide optique (23).

30 8. Dispositif d'essai (D) selon la revendication 6, comprenant en outre un boîtier (25) de stockage d'une longueur excédentaire de fibres optiques.

9. Dispositif selon l'une des revendications 3 à 8, comprenant en outre un injecteur de gaz (6) dans l'éprouvette en communication de fluide avec une portion

d'extrémité du canal interne (12) de l'éprouvette, et dans lequel le guide optique (23) comprend un orifice d'écoulement de gaz.

- 5 10. Dispositif (D) selon l'une des revendications 3 à 9, comprenant en outre un fourreau (52), l'éprouvette étant fixée à une de ses extrémités au fourreau et à l'extrémité opposée au tirant, le dispositif comprenant en outre une pluralité de bagues fendues (55) isolantes, disposées respectivement entre l'éprouvette et le fourreau (52) ou entre l'éprouvette et le tirant (50).
- 10 11. Dispositif (D) selon la revendication 10, dans lequel chaque bague fendue (55) est en alliage Zircaloy 4 et revêtue de zircone.
12. Procédé de montage d'un dispositif selon l'une des revendications 3 à 11, comprenant les étapes consistant à :
- 15 - positionner (100) une cible dans une éprouvette, comprenant les sous-étapes consistant à :
- 20 o amener (110) une cible (24) de capteur optique (2) de mesure de l'élongation de la zone utile dans le canal interne (12) d'une éprouvette par une extrémité jusqu'à amener la cible en butée contre un épaulement (14),
- o positionner (120) un ressort (30) contre la cible (24) et (130) un fouloir (31) en appui contre le ressort (30), et
- o souder (140) le fouloir (31) à l'éprouvette (1),
- positionner (200) une extrémité de guide optique comprenant un faisceau de fibres optiques dans l'éprouvette, comprenant les sous-étapes consistant à :
- 25 o amener (210) une extrémité de guide optique (23) comprenant une tige (231) dans le canal interne (12) de l'éprouvette par l'autre extrémité jusqu'à amener la tige (231) en butée contre l'autre épaulement (14),
- 30 o positionner (220) un ressort (30) contre la tige (231) du guide optique (23) et (230) un fouloir (31) en appui contre le ressort (30), et
- o fixer (240) le fouloir (31) à l'éprouvette de manière amovible.

13. Procédé de montage selon la revendication 12 d'un dispositif selon l'une des revendications 10 ou 11, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape (300) de fixation de l'éprouvette (1) au fourreau et au tirant, ladite étape comprenant un serrage par écrasement des bagues (55).

1/6

FIG. 1

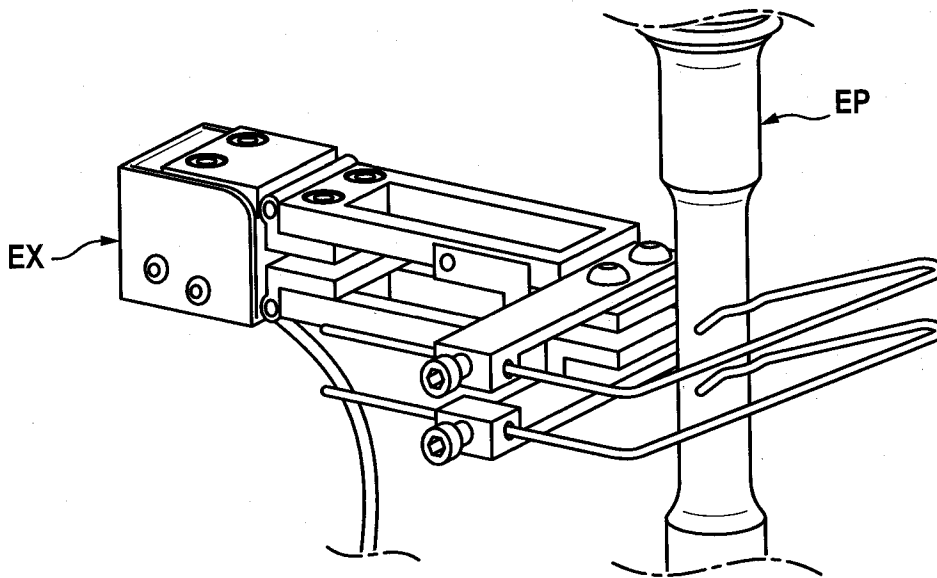


FIG. 2a

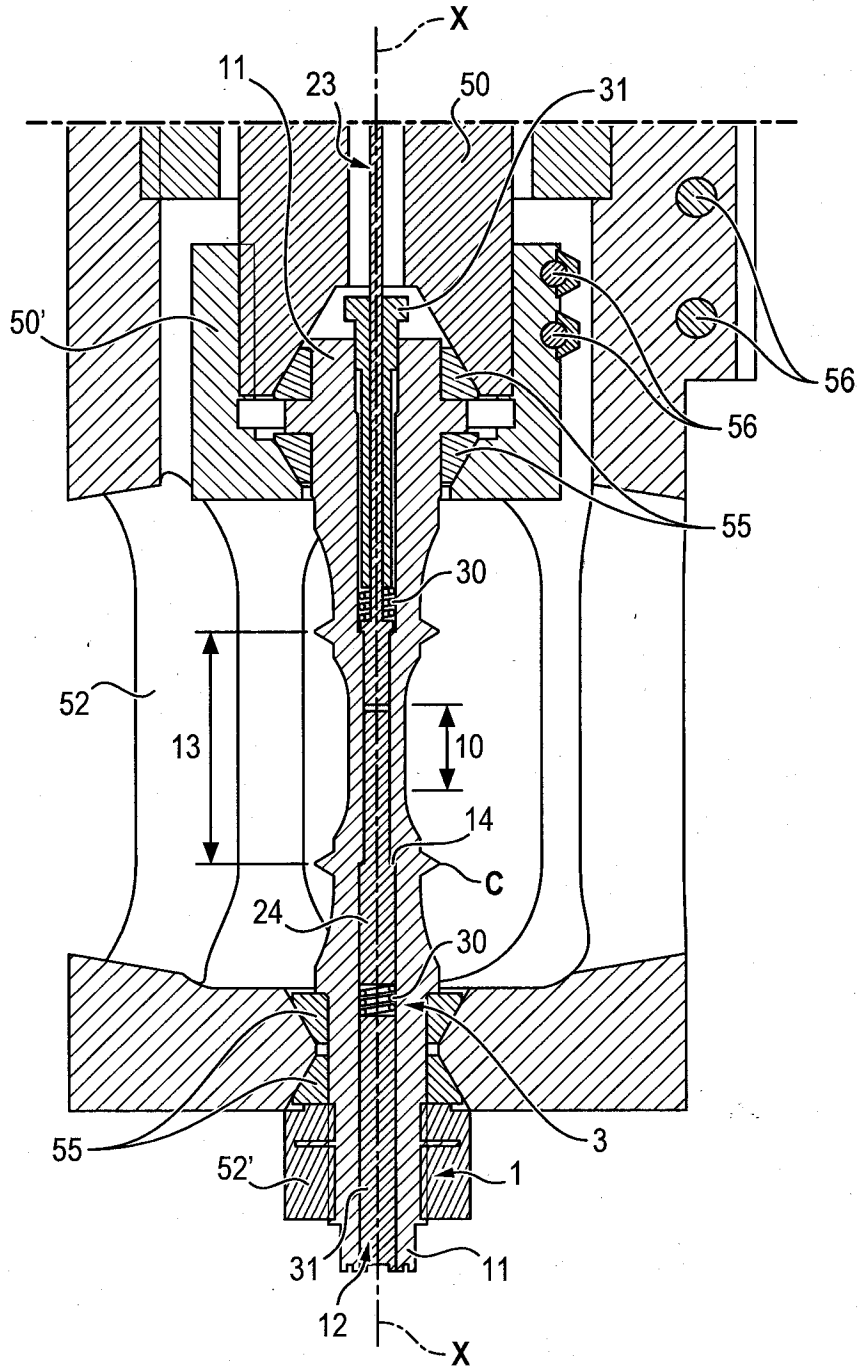


FIG. 2b

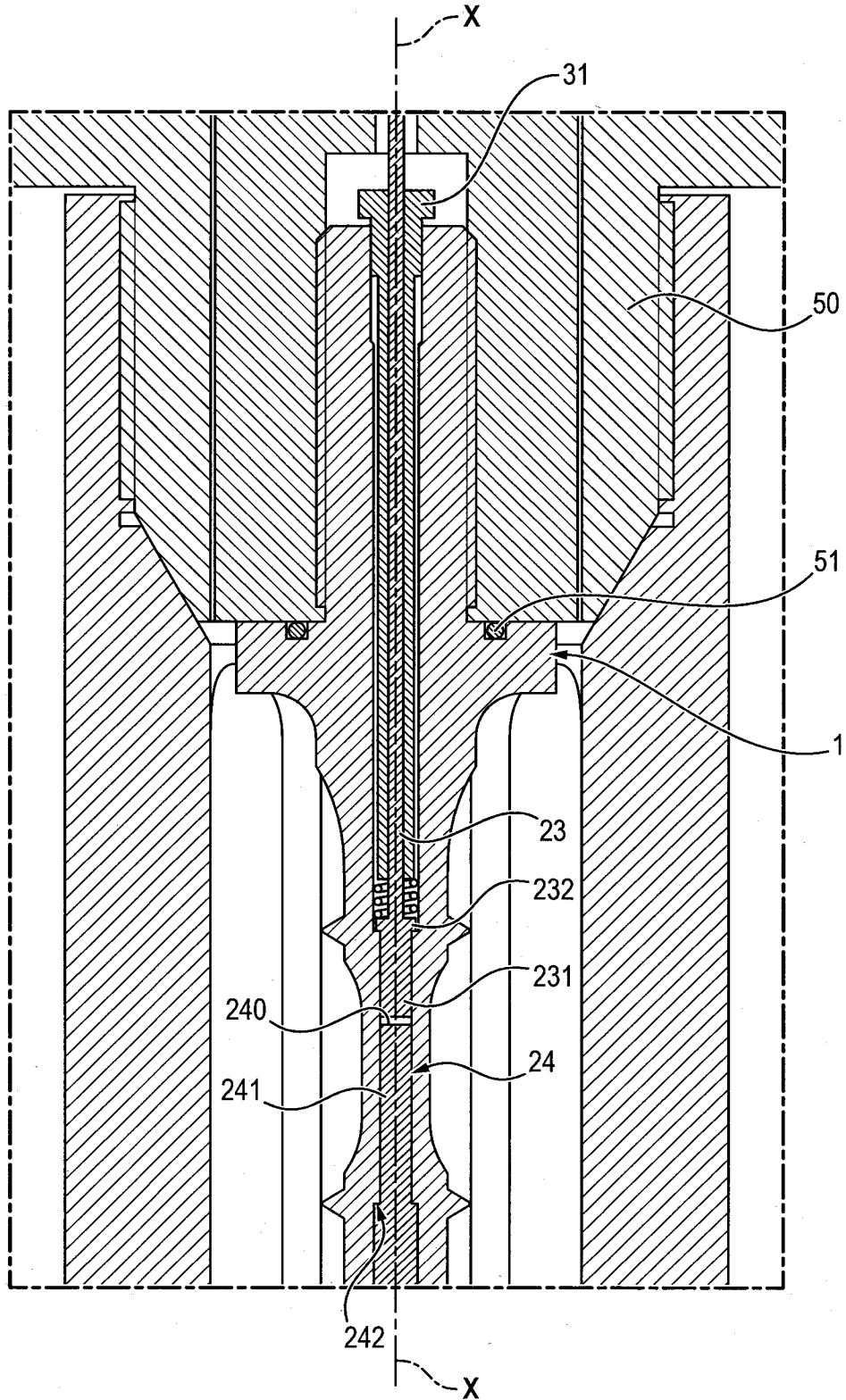


FIG. 3a

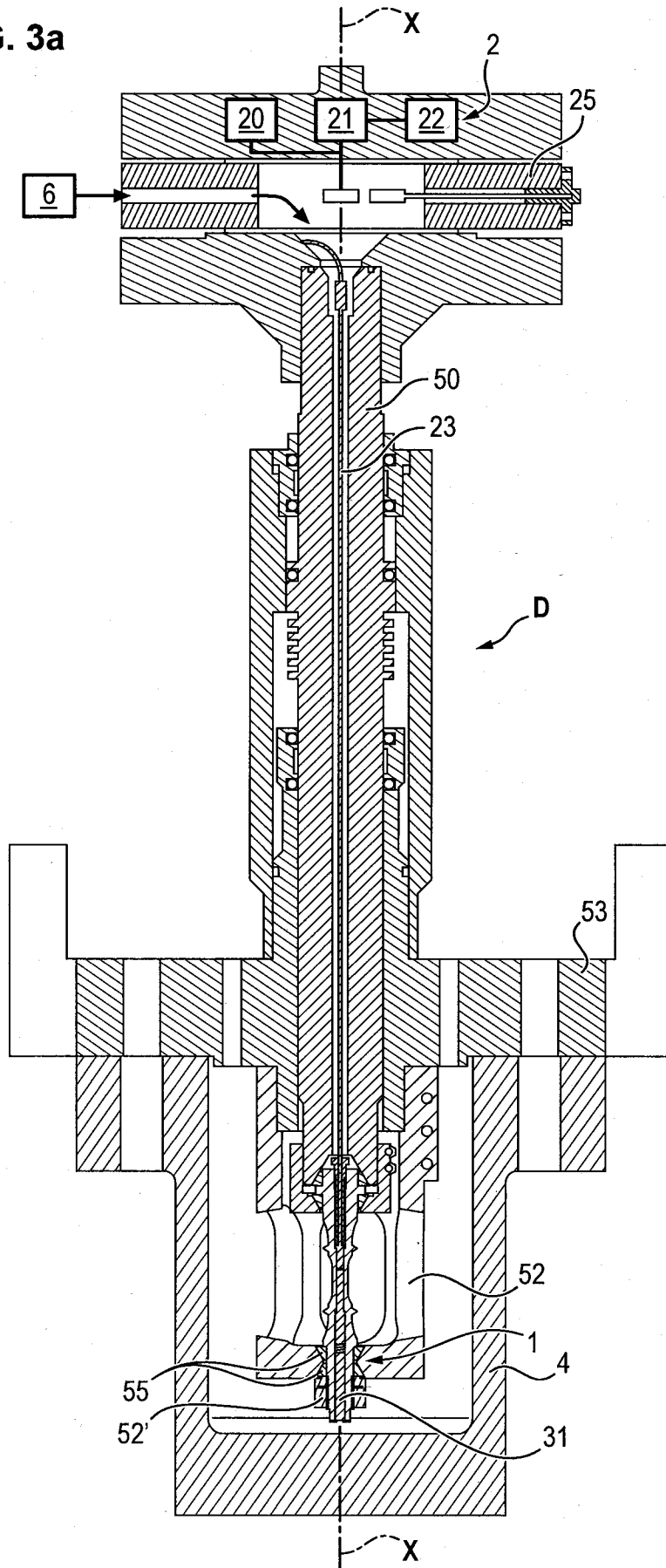


FIG. 3b

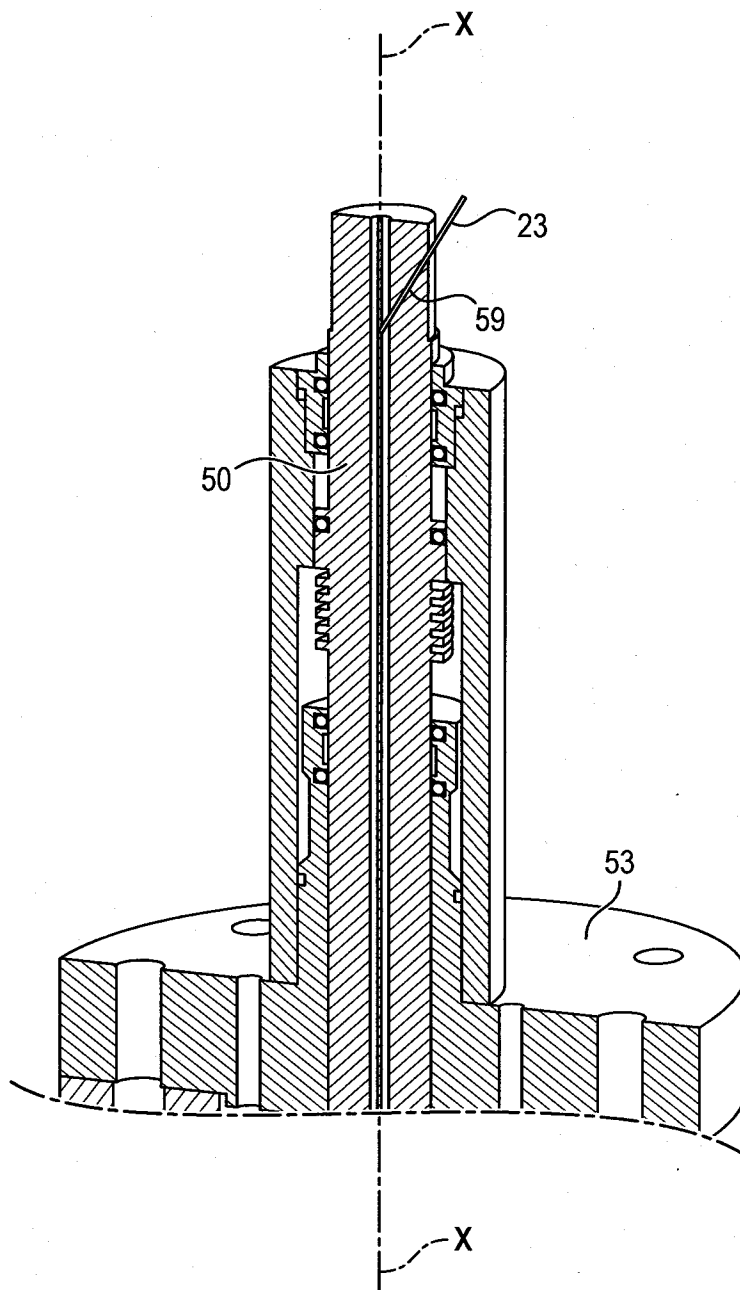
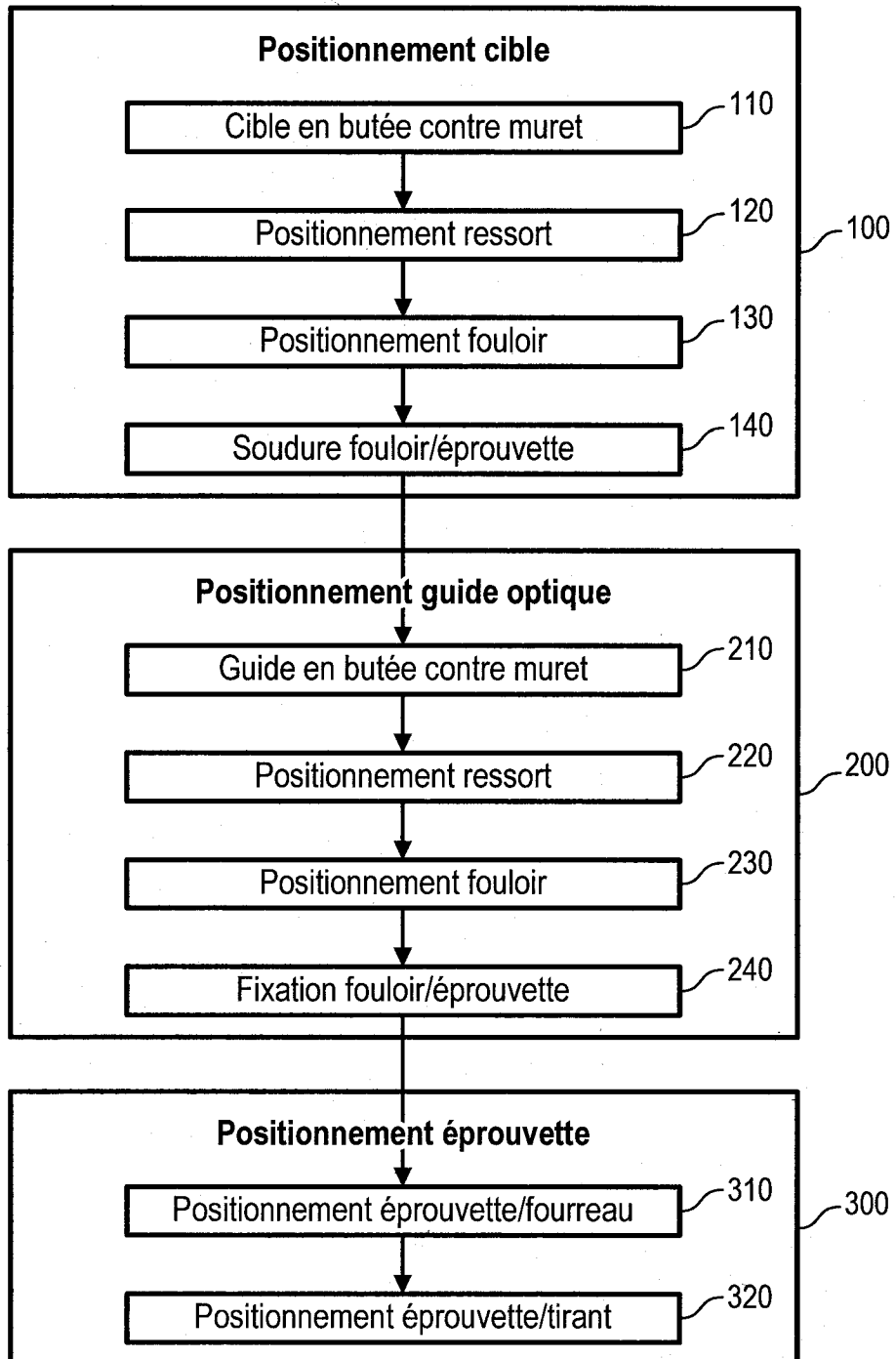


FIG. 4



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-17 et R.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DU PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

- Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.
- Le demandeur a maintenu les revendications.
- Le demandeur a modifié les revendications.
- Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.
- Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.
- Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITÉS DANS LE PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

- Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.
- Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.
- Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.
- Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

SU 903 744 A1 (KOTELNIKOV IGOR A [SU]; LUTSUK OLEG A [SU]; MAKAROV IVAN [SU])
7 février 1982 (1982-02-07)

DE 41 16 422 A1 (OBERSPREE HABELWERK GMBH [DE])
19 novembre 1992 (1992-11-19)

FR 2 578 974 A1 (LACH PIERRE [FR])
19 septembre 1986 (1986-09-19)

US 5 940 180 A (OSTBY LYLE D [US])
17 août 1999 (1999-08-17)

US 4 788 868 A (WILK LEONARD S [US])
6 décembre 1988 (1988-12-06)

US 5 684 596 A (ESLINGER RODNEY M [US] ET AL)
4 novembre 1997 (1997-11-04)

US 6 817 246 B1 (ROTTNER FRANZ [DE] ET AL)
16 novembre 2004 (2004-11-16)

US 7 525 670 B1 (BURKATOVSKY VITALY [IL])
28 avril 2009 (2009-04-28)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT