





GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,

FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

varier localement le diamètre d'au moins une première partie du packer (P) de manière à l'appliquer contre une surface interne de l'échantillon (ET) au niveau de la zone à tester (ZT), ii) des deuxièmes moyens de pression (C2) chargés d'exercer une première pression interne choisie sur une partie de la surface interne située , au niveau d'une deuxième partie du packer (P), et/ou iii) des troisièmes moyens de pression (C3) chargés de coopérer avec au moins un organe d'obturation (B1, B2), solidarisé à l'échantillon à distance d'une extrémité du packer (P) pour définir une zone d'action (ZA), de manière à exercer sur l'échantillon (ET) une seconde pression interne choisie au niveau de la zone d'action (ZA).

INSTALLATION ET PROCÉDÉ DE SOLLICITATION MÉCANIQUE D'ÉCHANTILLON AU MOYEN D'UN PACKER

5

L'invention concerne les tests de sollicitation mécanique d'échantillons tubulaires.

On entend ici par "échantillon tubulaire" tout tube ou ensemble de tubes raccordés
10 entre eux, éventuellement par l'intermédiaire d'un manchon. Par conséquent, il
pourra s'agir soit d'un unique tube, soit de deux tubes raccordés par tous moyens,
par exemple par soudage, soit encore de deux tubes comportant respectivement des
filetages mâle et femelle et raccordés par une connexion fileté constituée de ces
15 filetages mâle et femelle vissés l'un dans l'autre, soit encore de deux tubes munis
chacun d'un filetage mâle et raccordés l'un à l'autre par l'intermédiaire d'une
connexion fileté constituée d'un manchon muni de deux filetages femelles.

Par ailleurs, on entend ici par "tube" tout composant tubulaire destiné à être utilisé
dans un environnement d'exploitation difficile sur le plan de la pression et/ou des
20 sollicitations mécaniques et/ou de la corrosion et/ou de la température, comme par
exemple un puit de pétrole ou une raffinerie. Il pourra donc s'agir, par exemple,
d'un tube de forage (ou "drill pipe"), ou d'un tube sans soudure, lisse ou fileté, pour
le cuvelage (ou "casing") ou pour la production de pétrole ou de gaz (ou "tubing"),
ou d'une canalisation, ou encore d'un pipeline.

25

Afin de représenter une tenue équivalente à différentes combinaisons de sollicita-
tions statiques imposées à un échantillon tubulaire, l'homme de l'art utilise
habituellement une ellipse dite de Von Mises dont les deux axes principaux sont
respectivement représentatifs d'un chargement axial et de la pression subis par ledit
30 échantillon, ledit chargement axial pouvant comprendre de la compression, de la
traction ou de la flexion.

Afin de tester le comportement d'échantillons tubulaires en laboratoire sous des combinaisons de sollicitations, l'homme de l'art utilise une installation comportant un banc de sollicitation (appelé banc de fatigue lorsqu'il fournit des sollicitations dynamiques) et visualise la tenue auxdites combinaisons de sollicitations au moyen
5 d'une ellipse de Von Mises.

Parmi les installations statiques de sollicitation connues, on peut notamment citer, d'une première part, celles qui consistent à introduire un fluide pressurisé à l'intérieur d'un échantillon tubulaire dont les extrémités ont été solidarisées à des obturateurs, d'une deuxième part, celles qui consistent à utiliser un vérin placé à
10 l'intérieur ou à l'extérieur d'un échantillon tubulaire, et d'une troisième part, celles qui consistent à combiner les deux types précédents.

Dans le type d'installation utilisant un fluide pressurisé interne, l'échantillon tubulaire subit à la fois une traction et une pression. Cela résulte du fait que le fluide interne pressurisé induit non seulement une pression (essentiellement radiale) sur la paroi interne de l'échantillon tubulaire, mais également une pression (essentiellement axiale) sur les obturateurs d'extrémité qui induit une traction axiale sur l'échantillon tubulaire. L'intensité de la traction étant proportionnelle à la pression, lorsque l'on fait varier la pression, on fait donc varier dans les mêmes proportions la traction. Ce type d'installation interdit donc l'étude de l'influence de la pression indépendamment de l'influence de la traction. Ce type d'installation ne permet donc pas d'explorer n'importe quelle combinaison de pression et de traction axiale, mais seulement une combinaison modélisable par un segment du grand axe de l'ellipse de
20 Von Mises.

Dans le type d'installation utilisant un vérin interne ou externe, l'échantillon tubulaire ne subit qu'une traction axiale pure. Ce type d'installation interdit donc l'étude de l'influence de la pression pure, tout comme l'étude de n'importe quelle
30 combinaison de pression et de traction axiale, mais seulement une combinaison modélisable par un segment de l'axe des abscisses (X) du plan de représentation de l'ellipse de Von Mises.

Une installation utilisant à la fois un vérin et un fluide pressurisé interne permet de décrire une partie au moins du plan de représentation de l'ellipse de Von Mises mais au prix d'une installation complexe.

- 5 Par ailleurs, les installations présentées ci-avant ne permettent de solliciter les échantillons que de façon statique. Or, ce type de sollicitation ne permet pas de reproduire certaines conditions d'exploitation difficiles imposant en plus des sollicitations dynamiques, comme par exemple celles qui sont rencontrées par les structures composées de tubes et de connexions qui relient une plate-forme
- 10 "offshore" à une tête de puit de forage pouvant être située à quelques kilomètres de distance, ou celles rencontrées par des structures similaires dans des puits déviés nécessitant une mise en rotation de la colonne. De telles structures sont notamment soumises à des sollicitations cycliques de flexion, éventuellement superposées à des sollicitations statiques de pression intérieure et/ou de traction axiale. On utilise alors
- 15 une installation, également appelée banc de fatigue, pour tester les échantillons en sollicitations dynamiques.

L'invention a donc pour but de proposer une alternative aux installations statiques qui utilisent à la fois un vérin et un fluide pressurisé, et optionnellement de tester les

20 échantillons de manière dynamique.

Elle propose à cet effet une installation de sollicitation mécanique d'un échantillon tubulaire, comprenant au moins un packer (ou « bourroir » ou encore « chaussette ») logé dans l'échantillon au niveau d'une zone à tester, présentant une extension

25 longitudinale supérieure à celle de la zone à tester et comportant, d'une première part, des premiers moyens de pression chargés de faire varier localement le diamètre d'au moins une première partie du packer afin de l'appliquer contre une surface interne de l'échantillon au niveau de la zone à tester, d'une deuxième part, des deuxièmes moyens de pression chargés d'exercer une première pression interne

30 choisie sur une partie de la surface interne de l'échantillon, située au niveau d'une deuxième partie du packer, et/ou d'une troisième part, des troisièmes moyens de pression chargés de coopérer avec au moins un organe d'obturation, solidarisé à l'échantillon à distance d'une extrémité du packer pour définir une zone d'action

dans laquelle l'échantillon subit une seconde pression interne choisie, indépendante de la première pression.

L'installation selon l'invention peut comporter des caractéristiques complémentaires qui peuvent être prises séparément ou en combinaison, et notamment :

- au moins une jauge de contrainte placée en un endroit choisi de la surface externe de l'échantillon et délivrant des premières mesures de contraintes représentatives de l'état de contrainte subie par l'échantillon au niveau de l'endroit choisi ;
- au moins deux jauges de contrainte placées en deux endroits différents choisis de la surface externe et délivrant des premières mesures de contraintes représentatives de l'état de contrainte subie par l'échantillon au niveau des deux endroits choisis ;
- la déformation par flexion désirée correspond par exemple à des premières mesures de référence, initiales ;
- deux moyens de support destinés à supporter l'échantillon, un moteur rotatif couplé à un moyen d'excitation, équipé d'un dispositif à masse excentrée couplé à une extrémité de l'échantillon et définissant un balourd, et des moyens de contrôle chargés d'ordonner l'entraînement en rotation de la masse excentrée par le moteur, selon une vitesse ajustable, afin de soumettre l'échantillon à une excitation vibratoire choisie, fonction du balourd, pour le déformer cycliquement par flexion ;
- au moins l'un des moyens de support peut être agencé pour que sa position (ou leurs positions respectives) corresponde(nt) sensiblement à un (ou des) nœud(s) de vibration de l'échantillon ;
- les moyens de contrôle peuvent alors être chargés d'adapter la vitesse de rotation du moteur en fonction de l'amplitude d'une contrainte représentative de la contrainte de flexion que l'on veut faire subir à l'échantillon ;
- au moins un couple d'accéléromètres placés à 90° l'un de l'autre en des endroits choisis de la surface externe de l'échantillon et délivrant des secondes mesures représentatives d'un déplacement subi par cet échantillon. Dans ce cas, les moyens de contrôle sont chargés d'adapter la vitesse de rotation du moteur en fonction des dernières secondes mesures délivrées par le couple d'accéléromètres,

afin que l'amplitude du déplacement radial par flexion subi par l'échantillon à un endroit choisi demeure sensiblement constante ;

- 5 • au moins deux autres couples d'accéléromètres. Dans ce cas, les accéléromètres de chaque autre couple sont placés à 90° l'un de l'autre en d'autres endroits choisis de la surface externe de l'échantillon et délivrent d'autres secondes
10 mesures prises au niveau des autres endroits choisis et représentatives de déplacements subis par l'échantillon aux autres endroits choisis. Les moyens de contrôle peuvent alors être chargés d'effectuer des combinaisons des dernières secondes mesures afin d'adapter la vitesse de rotation du moteur en fonction de
15 ces combinaisons, de sorte que l'amplitude de déplacement par flexion subie par l'échantillon aux endroits choisis demeure sensiblement constante ;
- lorsque l'échantillon tubulaire est constitué d'au moins deux composants tubulaires raccordés entre eux au niveau de la zone à tester, deux couples
20 d'accéléromètres sont préférentiellement placés de part et d'autre du raccordement ;
- les moyens de contrôle peuvent être chargés de comparer au moins les dernières secondes mesures délivrées par l'un au moins des couples d'accéléromètres à des
25 secondes mesures de référence représentatives d'une amplitude de déplacement initiale correspondant à une amplitude de déplacement par flexion désirée à l'endroit choisi, puis d'adapter la vitesse de rotation du moteur en fonction du
30 résultat de la comparaison ;
- les moyens de contrôle peuvent être chargés de déterminer un écart relatif entre l'amplitude de déplacement (représentée par les dernières secondes mesures) et l'amplitude du déplacement par flexion désirée, puis de comparer cet écart aux
bornes d'un intervalle de tolérance dit de régulation, de manière à adapter la
vitesse de rotation du moteur lorsque l'écart est en dehors dudit intervalle de
régulation ;
- un dispositif de détection de rotation (ou de tour ou de cycle) chargé de détecter
chaque rotation (ou tour ou cycle) imposée par le moteur ;
- 30 • ce dispositif de détection de rotation est par exemple chargé d'adresser aux moyens de contrôle un signal représentatif de chaque rotation détectée, afin qu'ils adaptent la vitesse de rotation du moteur chaque fois que le nombre de signaux reçus est égal à un nombre choisi ;

- les moyens de contrôle peuvent être chargés d'ordonner au moteur, au cours d'un test de sollicitation, d'entraîner la masse excentrée en rotation selon une séquence choisie de vitesses de rotation afin de soumettre l'échantillon à une séquence choisie d'excitations vibratoires ;
- 5 • le packer peut comprendre un support sensiblement non déformable sur lequel est montée une membrane annulaire déformable. Dans ce cas, les premiers moyens de pression comprennent un premier circuit d'alimentation en fluide chargé d'introduire un fluide choisi (par exemple un liquide pressurisé) entre le support sensiblement non déformable et la membrane de manière à instaurer une pression
10 choisie ;
- les deuxièmes moyens de pression peuvent comprendre un deuxième circuit d'alimentation en fluide (par exemple un gaz) comportant une sortie de fluide débouchant en regard de la surface interne de l'échantillon de manière à instaurer la première pression interne choisie ;
- 15 • ce deuxième circuit d'alimentation en fluide peut par exemple traverser de façon étanche la membrane ;
- des moyens de détection de fuite, placés à proximité de la surface externe de l'échantillon dans la zone à tester et chargés de détecter une éventuelle fuite du fluide (délivré par le deuxième circuit d'alimentation) en périphérie de
20 l'échantillon ;
- les troisièmes moyens de pression peuvent comprendre un troisième circuit d'alimentation en fluide propre à alimenter chaque zone d'action en fluide (par exemple un liquide pressurisé) afin d'exercer sur l'échantillon la seconde pression interne choisie ;
- 25 • un dispositif d'aiguillage raccordé aux premier et troisième circuits d'alimentation en fluide, et une pompe couplée au dispositif d'aiguillage ;
- le support du packer (ou chaussette) est par exemple un tube formant un conduit central creux qui définit une partie du troisième circuit d'alimentation en fluide et qui comprend deux extrémités opposées dont l'une au moins débouche dans une
30 zone d'action de manière à l'alimenter en fluide ;
- deux organes d'obturation, installés à distance des deux extrémités du packer pour définir au moins une zone d'action dans laquelle l'échantillon subit la seconde pression interne choisie ;

- une partie du premier circuit d'alimentation en fluide et/ou une partie du deuxième circuit d'alimentation en fluide peuvent être logées à l'intérieur du conduit central ;
 - au moins un capteur de température installé en un endroit choisi de l'échantillon et délivrant des troisièmes mesures représentatives de la température de l'échantillon en cet endroit choisi ;
 - au moins un capteur de pression destiné à être installé en un endroit choisi de l'échantillon et délivrant des quatrièmes mesures représentatives de la pression interne de l'échantillon en cet endroit choisi ;
 - les moyens de contrôle peuvent être chargés de comparer des premiers résultats issus de certaines au moins des premières mesures à des seconds résultats issus de certaines au moins des secondes mesures, de manière à autoriser la poursuite du test lorsque les premiers résultats sont compatibles avec les seconds résultats.
- 15 L'invention concerne également un procédé de sollicitation mécanique d'un échantillon tubulaire, consistant à introduire dans l'échantillon, au niveau d'une zone à tester, au moins un packer présentant une extension longitudinale supérieure à celle de la zone à tester et comportant des premiers et deuxièmes et/ou troisièmes moyens de pression, puis à faire varier localement le diamètre d'au moins une première partie du packer avec les premiers moyens de pression de manière à appliquer ce packer contre une surface interne de l'échantillon, au niveau de la zone à tester, et à exercer avec les deuxièmes moyens de pression une première pression interne choisie sur une partie de la surface interne située au niveau d'une deuxième partie du packer, et/ou à solidariser à l'échantillon au moins un organe d'obturation, à distance d'une extrémité du packer, pour définir une zone d'action, puis à exercer sur l'échantillon, avec les troisièmes moyens de pression, une seconde pression interne choisie au niveau de la zone d'action.

30 Le procédé selon l'invention peut comporter des caractéristiques complémentaires qui peuvent être prises séparément ou en combinaison, et notamment :

- on peut utiliser au moins une jauge de contrainte, placée en un endroit choisi de la surface externe de l'échantillon, pour obtenir des premières mesures de contrain-

tes représentatives de l'état de contrainte subi par l'échantillon au niveau de l'endroit choisi ;

- on peut utiliser au moins deux jauges de contrainte, placées en deux endroits différents choisis de la surface externe, pour obtenir des premières mesures de contraintes représentatives de l'état de contrainte subi par l'échantillon au niveau des deux endroits choisis ;
- on peut utiliser deux moyens de support sur lesquels sont installés l'échantillon, et un moteur rotatif couplé à un moyen d'excitation, équipé d'un dispositif à masse excentrée couplé à une extrémité de l'échantillon et définissant un balourd, et on peut entraîner la masse excentrée en rotation, au moyen du moteur, selon une vitesse ajustable, de manière à soumettre l'échantillon à une excitation vibratoire choisie, fonction du balourd, pour le déformer cycliquement par flexion ;
- on peut placer au moins l'un des moyens de support sensiblement au niveau d'un nœud de vibration de l'échantillon ;
- on peut prévoir une étape préliminaire de référence dans laquelle on choisit tout d'abord la vitesse de rotation initiale du moteur en fonction de l'amplitude d'une contrainte que l'on veut faire subir à l'échantillon ;
- après l'étape préliminaire de référence, on peut adapter la vitesse de rotation du moteur afin que l'amplitude de la contrainte de flexion subie par l'échantillon et représentée par des premières mesures demeure sensiblement constante ;
- on peut utiliser au moins un couple d'accéléromètres placés à 90° l'un de l'autre en des endroits choisis de la surface externe de l'échantillon pour obtenir des secondes mesures représentatives du déplacement subi par cet échantillon. Dans ce cas, on adapte la vitesse de rotation du moteur en fonction des dernières secondes mesures délivrées par le couple d'accéléromètres, pour que l'amplitude du déplacement radial par flexion subi par l'échantillon à l'endroit choisi demeure sensiblement constante ;
- on peut également utiliser au moins deux autres couples d'accéléromètres. Dans ce cas, les accéléromètres de chaque autre couple sont également placés à 90° l'un de l'autre en d'autres endroits choisis de la surface externe de l'échantillon et délivrent d'autres secondes mesures représentatives de déplacements subis par l'échantillon au niveau des autres endroits choisis. On peut alors effectuer des

combinaisons des dernières secondes mesures afin d'adapter la vitesse de rotation du moteur en fonction de ces combinaisons, pour que l'amplitude du déplacement par flexion subie par l'échantillon aux endroits choisis, demeure sensiblement constante ;

- 5 • on peut comparer au moins les dernières secondes mesures délivrées par au moins un couple d'accéléromètres à des secondes mesures de référence représentatives d'une amplitude de déplacement initial correspondant à une amplitude de déplacement par flexion désirée à l'endroit choisi, puis adapter la vitesse de rotation du moteur en fonction du résultat de la comparaison ;
- 10 • on peut déterminer un écart relatif entre l'amplitude de déplacement, représentée par les dernières secondes mesures, et l'amplitude du déplacement par flexion désirée, puis comparer cet écart aux bornes d'un intervalle de tolérance dit de régulation, de manière à adapter la vitesse de rotation du moteur lorsque cet écart est en dehors dudit intervalle de régulation ;
- 15 • on peut détecter chaque rotation imposée par le moteur, par exemple pour adapter la vitesse de rotation du moteur chaque fois que le nombre de signaux reçus est égal à un nombre choisi ;
- au cours d'un test de sollicitation on peut ordonner au moteur d'entraîner la masse excentrée en rotation selon une séquence choisie de vitesses de rotation
- 20 afin de soumettre l'échantillon à une séquence choisie d'excitations vibratoires ;
- on peut effectuer une détection de fuite à la périphérie de l'échantillon, dans la zone à tester ;
- on peut solidariser à l'échantillon deux organes d'obturation, à distance des deux extrémités du packer, pour définir deux zones d'action dans lesquelles on fait
- 25 subir à l'échantillon la seconde pression interne choisie ;
- on peut utiliser au moins un capteur de température en un endroit choisi de l'échantillon pour obtenir des troisièmes mesures représentatives de la température de l'échantillon en cet endroit choisi ;
- on peut utiliser au moins un capteur de pression en un endroit choisi de l'échantil-
- 30 lon pour obtenir des quatrièmes mesures représentatives de la pression interne de l'échantillon en cet endroit choisi ;
- on peut comparer des premiers résultats de contrainte issus de certaines au moins des premières mesures à des seconds résultats de déplacement radial issus de

certaines au moins des secondes mesures de manière à autoriser la poursuite du test lorsque les premiers résultats sont compatibles avec les seconds résultats.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'examen de la description détaillée ci-après, et des dessins annexés, sur lesquels :

- 5 • la figure 1 illustre de façon schématique, un exemple de réalisation d'une installation de sollicitation mécanique de type dynamique, selon l'invention,
- la figure 2 illustre de façon schématique un exemple de réalisation d'un packer pour une installation de sollicitation selon l'invention,
- la figure 3 illustre de façon schématique une variante de packer pour une
10 installation de sollicitation selon l'invention,
- la figure 4 illustre un exemple de jauge de contrainte adapté à la détection de contraintes multi-axiales,
- la figure 5 illustre de façon schématique un exemple de positionnement de jauges de contrainte sur un échantillon,
- 15 • la figure 6 illustre de façon schématique, dans une vue en coupe transversale, un exemple de dispositif d'excitation entre un arbre de moteur et un échantillon tubulaire,
- la figure 7 illustre de façon schématique le déplacement de l'échantillon dans le cas d'une sollicitation mécanique de type dynamique, et
- 20 • la figure 8 est un diagramme illustrant une partie du calcul de déplacement dynamique au moyen d'une ellipse.

Les dessins annexés pourront non seulement servir à compléter l'invention, mais aussi contribuer à sa définition, le cas échéant.

25

On se réfère tout d'abord aux figures 1 et 2 pour décrire un exemple de réalisation d'une installation I dédiée à la sollicitation mécanique d'un échantillon tubulaire ET.

30

Comme indiqué dans la partie d'introduction, on entend ici par "échantillon tubulaire" tout tube ou ensemble de tubes raccordés entre eux, éventuellement par l'intermédiaire d'un manchon de raccordement. Par conséquent, l'invention est adaptée à la sollicitation mécanique d'échantillons tubulaires se présentant sous les formes suivantes:

- un tube unique (ou composant tubulaire),
- deux tubes (ou composants tubulaires) raccordés par tous moyens, par exemple par soudage,
- un premier tube (ou composant tubulaire) muni d'un filetage mâle et un second tube (ou composant tubulaire) muni d'un filetage femelle destiné à coopérer avec le filetage mâle pour constituer une connexion filetée, et
- un premier tube (ou composant tubulaire) muni d'un filetage mâle, un second tube (ou composant tubulaire) muni également d'un filetage mâle, et un manchon de raccordement (ou composant tubulaire) muni de deux filetages femelles destinés à coopérer respectivement avec les filetages mâles pour constituer une connexion filetée.

Dans l'exemple illustré sur la figure 1, l'installation I est plus particulièrement adaptée aux sollicitations mécaniques de type dynamique. Mais, l'invention n'est pas limitée à ce cas. Elle concerne en effet aussi bien les sollicitations mécaniques de type dynamique que celles de type statique.

On entend ici par "sollicitation mécanique de type statique" une sollicitation sensiblement constante sur un intervalle de temps et résultant notamment de l'application d'une pression et/ou d'une traction à un échantillon tubulaire, tandis que l'on entend par "sollicitation mécanique de type dynamique" tous les autres types de sollicitation variable dans le temps, comme par exemple celle résultant de l'application à un échantillon tubulaire non seulement d'une pression et/ou d'une traction, mais également d'une excitation vibratoire choisie destinée à le déformer par flexion cyclique.

Par ailleurs, on entend ici par « amplitude d'une sollicitation cyclique » la moitié d'une distance crête à crête.

Comme cela est illustré sur la figure 1, une installation I, selon l'invention, comporte tout d'abord une première partie (ou banc) destinée à solliciter mécaniquement un échantillon ET. Cette première partie comporte (au moins) un packer P (illustré sur

la figure 2), également appelé bourroir ou chaussette, logé à l'intérieur de l'échantillon ET au niveau d'une zone à tester ZT.

Dans l'exemple non limitatif illustré sur la figure 1, l'échantillon tubulaire ET (ci-après appelé échantillon) est constitué de premier T1 et second T2 tubes munis
5 chacun d'un filetage mâle (non représenté), et d'un manchon de raccordement MR muni de deux filetages femelles coopérant respectivement avec les filetages mâles pour constituer une connexion filetée que l'on souhaite tester. C'est la raison pour laquelle la zone à tester ZT se trouve située au niveau du manchon de raccordement
10 MR. Bien entendu, toute autre zone de l'échantillon ET peut faire l'objet d'un test.

Le packer P, selon l'invention, doit présenter une extension longitudinale (suivant l'axe longitudinal du tube) supérieure à celle de la zone à tester ZT, et comporte des premiers et deuxièmes et/ou troisièmes moyens de pression.

15

Les premiers moyens de pression sont chargés de faire varier localement le diamètre d'au moins une première partie PP du packer P afin de l'appliquer contre la surface interne de l'échantillon ET au niveau de la zone à tester ZT.

20 Par exemple, et comme illustré sur la figure 2, la variation locale du diamètre du packer P peut se faire au moyen d'une membrane annulaire déformable M, montée de façon étanche sur la surface externe d'un tube TU du packer P, et d'un fluide choisi délivré sous une pression choisie, entre la surface externe du tube et la membrane M, par un premier circuit d'alimentation C1 faisant partie des premiers
25 moyens de pression.

La membrane M est ici située dans une région centrale du packer P.

Dans une variante illustrée sur la figure 3, le packer P peut comporter une membrane
30 M déformable comportant une partie centrale PC, éventuellement munie de bossages ou villosités permettant une bonne répartition du fluide et l'application de la pression intérieure, et prolongée de chaque côté par deux parties M1 et M2 de préférence lisses.

Le fluide sous pression qui est injecté par le premier circuit d'alimentation C1 permet de plaquer une partie au moins de la membrane M (au moins M1 et M2) contre la paroi interne de l'échantillon ET et donc d'immobiliser le packer P à l'intérieur dudit échantillon ET, au niveau de la zone à tester ZT, tout en isolant une
5 partie au moins de cette zone à tester ZT (notamment au niveau de la partie centrale de la membrane).

Ce fluide est de préférence un liquide pressurisé, comme par exemple de l'eau. Sa
10 pression maximale dépend du diamètre de l'échantillon ET. Par exemple, une pression maximale de 600 bars peut être envisagée pour des diamètres supérieurs à 7", cette valeur dépend bien évidemment du type de pompe utilisé.

Les deuxièmes moyens de pression sont chargés d'exercer une première pression
15 interne PI1 choisie sur une partie de la surface interne de l'échantillon ET, située en regard d'une deuxième partie du packer P. Dans l'exemple illustré sur la figure 2 la deuxième partie du packer P est située au niveau de la membrane M. Elle constitue une sous-partie de la première partie PP sur laquelle s'étend la membrane M. En revanche, dans l'exemple illustré sur la figure 3 la deuxième partie du packer P est la
20 partie centrale PC située entre les deux parties d'extrémité M1 et M2 de la membranes M.

Par exemple, et comme illustré sur la figure 2, les deuxièmes moyens de pression comprennent un deuxième circuit d'alimentation en fluide C2 muni d'une sortie qui
25 débouche en regard de la surface interne de l'échantillon ET. Le deuxième circuit d'alimentation C2 alimente en fluide, sous une pression choisie, la zone de l'échantillon ET qui se trouve située au niveau de la deuxième partie du packer P, permettant ainsi d'y instaurer la première pression interne PI1 et donc de mettre localement l'échantillon ET (et ici plus précisément sa connexion filetée) sous une
30 pression essentiellement radiale similaire à celle rencontrée lors de conditions d'exploitation difficiles.

Le fluide circulant dans le deuxième circuit d'alimentation C2 est de préférence un gaz pressurisé, comme par exemple l'hélium. Sa pression maximale dépend du diamètre de l'échantillon ET. Par exemple, une pression maximale de 600 bars peut être envisagée pour des diamètres supérieurs à 7", cette valeur dépend bien
 5 évidemment du type de pompe utilisé.

Les troisièmes moyens de pression coopèrent avec au moins un organe d'obturation B1, qui est installé à une distance choisie d'une extrémité du packer P afin de définir dans l'échantillon ET une zone d'action ZA dans laquelle l'échantillon ET subit une
 10 seconde pression interne PI2 choisie. On peut ainsi induire une traction dans la zone d'action ZA de l'échantillon ET.

Par exemple, l'organe d'obturation B1 est solidarisé à l'une des deux extrémités de l'échantillon ET. Lorsque cette extrémité est munie d'un filetage, la solidarisation
 15 peut se faire par vissage.

Lorsque l'on veut induire un chargement de traction axiale sur toute la longueur de l'échantillon ET, on prévoit deux organes d'obturation B1 et B2. Par exemple, chaque organe d'obturation B1, B2 est solidarisé à l'une des deux extrémités de
 20 l'échantillon ET. La zone d'action ZA s'étend alors entre les deux organes d'obturation B1 et B2. Lorsque les deux extrémités de l'échantillon ET sont munies d'un filetage, la solidarisation des organes d'obturation B1 et B2 peut se faire par vissage. En variante elle peut se faire par tout autre moyen, et par exemple par une soudure continue entre extrémité d'échantillon et organe d'obturation.

25

La valeur T de la charge de traction axiale est par exemple donnée par la formule :

$$T = \pi \cdot (PI2) \cdot \frac{(ID_t^2 - ID_p^2)}{4}$$

30 où ID_t est le diamètre intérieur de l'échantillon ET et donc des tubes T1, T2, ID_p est le diamètre intérieur du tube TU du packer P, et {PI2} est la seconde pression interne.

On peut en variante envisager de créer dans l'échantillon ET deux zones d'action indépendantes, de part et d'autre du packer P, afin d'exercer une traction axiale sur chacune des deux parties d'échantillon auxquelles elles correspondent.

5

Par exemple, et comme illustré sur la figure 2, les troisièmes moyens de pression comprennent un troisième circuit d'alimentation en fluide C3 chargé d'alimenter en fluide pressurisé chaque zone d'action ZA.

10

Afin d'alimenter chaque zone d'action ZA on peut par exemple se servir du tube TU du packer P. Plus précisément, lorsque le tube TU est évidé, il peut servir à canaliser le fluide délivré par le troisième circuit C3 et constituer une partie de ce dernier. Par exemple, et comme illustré sur la figure 2, le troisième circuit C3 comprend une sortie raccordée à un orifice traversant formé dans la paroi du tube TU, permettant ainsi d'alimenter ce dernier en fluide pressurisé.

15

Le fluide circulant dans le troisième circuit d'alimentation C3 est de préférence un liquide pressurisé, comme par exemple de l'eau. Par exemple, une pression maximale de 600 bars peut être envisagée quel que soit le diamètre de l'échantillon ET.

20

Pour optimiser l'isolement de la zone à tester ZT et de la zone d'action ZA, la pression du fluide circulant dans les premiers moyens de pression et destiné à gonfler la membrane M du packer P est choisie supérieure aux première et seconde pressions intérieures PI1, PI2.

25

Lorsqu'un même fluide circule dans les premier C1 et troisième C3 circuits d'alimentation en fluide, ces derniers peuvent être par exemple raccordés à un dispositif d'aiguillage DA par ailleurs raccordé à une pompe haute pression PE.

30

Grâce à un tel dispositif d'aiguillage DA, on peut par exemple commencer par instaurer la pression choisie dans chaque zone située entre le tube TU et la membrane M (ou sa partie centrale PC), afin d'immobiliser le packer P à l'intérieur de l'échantillon ET, et si l'on veut exercer une traction sur l'échantillon ET on ferme le

premier circuit C1 et l'on ouvre le troisième circuit C3 afin d'instaurer la seconde pression interne PI2 dans chaque zone d'action ZA.

5 Bien entendu, chaque circuit d'alimentation C1 à C3 peut disposer de sa propre pompe haute pression.

10 En présence d'un tube TU creux (ou évidé), il est avantageux qu'une partie au moins des premier C1 et deuxième C2 circuits soit logée à l'intérieur du tube TU. Dans ce cas, chaque sortie du premier circuit C1 est raccordée à au moins un orifice traversant formé dans la paroi du tube TU au niveau de la membrane M correspondante. Dans le premier exemple de réalisation de packer P (illustré sur la figure 2) le deuxième circuit C2 traverse la paroi du tube TU au niveau d'un orifice et est raccordé de façon étanche à un autre orifice traversant formé dans la membrane M. Dans le second exemple de réalisation de packer P (illustré sur la figure 3) le
15 deuxième circuit C2 est raccordé de façon étanche à un orifice traversant formé dans la paroi du tube TU au niveau de la partie centrale PC.

Afin de fixer les contraintes imposées à l'échantillon ET, mais également de déterminer les déformations et/ou déplacements dont il fait l'objet du fait des
20 contraintes imposées, on place sur la surface externe de l'échantillon ET au moins une jauge de contraintes Jk (l'indice k représente ici le nombre de jauges utilisées) et/ou au moins un couple d'accéléromètres Ai1 et Ai2 (l'indice i représente ici le nombre de couples utilisés).

25 Chaque jauge de contrainte Jk est placée (par exemple par collage) en un endroit choisi de la surface externe de l'échantillon ET afin de délivrer des premières mesures de contraintes qui sont représentatives de l'état de contrainte subi localement par cet échantillon (au niveau de l'endroit choisi).

30 De préférence on utilise au moins deux jauges de contraintes. Ce nombre n'est pas limité. Plus il est élevé, plus il permet de connaître avec précision la cartographie des contraintes subies par l'échantillon ET et donc la cartographie des déformations dont il fait localement l'objet.

Les jauges de contrainte Jk peuvent être de tout type. Il peut notamment s'agir de jauges de contrainte uni-axiales et/ou de jauges de contrainte multi-axiales, par exemple agencées sous la forme de rosettes tri-directionnelles, comme illustré sur la figure 4.

Grâce à ces jauges de contrainte Jk on peut connaître, notamment initialement (étape préliminaire de référence), l'état de contrainte (uni- ou multi-axial) subi par l'échantillon ET en un ou plusieurs endroits (ou sections) et donc l'effet d'une sollicitation exercée sur celui-ci.

Un schéma représentant un exemple de positionnement de jauges de contraintes Jk sur un échantillon ET, comportant deux tubes T1 et T2 de diamètre extérieur voisin de 240 mm et de longueur 2300 mm assemblés par filetages à l'aide d'un manchon fileté MR de longueur sensiblement égale à 400 mm, est illustré sur la figure 5. Dans cet exemple, 11 jauges de contraintes J1 à J11 sont utilisées:

- une jauge J5 est placée sensiblement dans le plan médian de l'échantillon ET, c'est-à-dire dans le plan médian du manchon MR, suivant l'axe 0°,
- une jauge J1 ou J3 est placée au voisinage de chaque extrémité de l'échantillon ET (ici sur les tubes T1, T2 à une distance du plan médian égale à environ 1300 mm), suivant l'axe 0°,
- des jauges J2 et J4 sont placées respectivement dans des première et deuxième sections intermédiaires de l'échantillon ET (ici sur les tubes T1, T2 à une distance du plan médian sensiblement égale à 900 mm), suivant l'axe 0°,
- des triplets de jauges (J6 à J8) et (J9 à J11) sont respectivement placés dans des troisièmes et quatrièmes sections intermédiaires de l'échantillon ET (ici sur les tubes T1, T2 à une distance du manchon sensiblement égale à une fois le diamètre extérieur des tubes T1, T2, soit à une distance du plan médian sensiblement égale à environ 530 mm). Les jauges de chaque triplet sont ici positionnées à 90° les unes des autres selon deux configurations différentes, à titre d'exemple. On peut aussi utiliser des couples ou des quadruplets de jauges.

Bien entendu, un nombre plus limité de jauges de contrainte J_k peut être utilisé. Par exemple, et comme illustré sur la figure 1, on peut n'utiliser que deux jauges de contraintes, la première étant placée au centre de l'échantillon ET et la seconde étant placée à une certaine distance de la première. D'une manière générale, les positions

5 des jauges de contrainte J_k dépendent de l'endroit où est implanté le packer P dans l'échantillon ET.

Les deux accéléromètres A_{i1} et A_{i2} de chaque couple sont placés (par exemple par collage) à 90° l'un de l'autre en des endroits choisis de la surface externe de

10 l'échantillon ET, afin de délivrer des secondes mesures (ou signaux) représentatives, après une double intégration, du déplacement dynamique subi localement par cet échantillon.

Par exemple, on utilise un premier couple A_{11} et A_{12} que l'on associe à deux autres

15 couples d'accéléromètres A_{21} et A_{22} d'une part, A_{31} et A_{32} d'autre part.

Les deux accéléromètres $A_{i'1}$ et $A_{i'2}$ de chaque autre couple ($i' = 2$ ou 3 dans l'exemple considéré) sont placés (par exemple par collage) à 90° l'un de l'autre en des endroits choisis de la surface externe de l'échantillon ET, différents des endroits

20 où sont implantés les deux accéléromètres A_{11} et A_{12} du premier couple. Ils sont destinés à délivrer d'autres secondes mesures (ou signaux) représentatives, après une double intégration, du déplacement dynamique subi localement par l'échantillon ET au niveau de l'endroit où ils sont implantés.

25 Dans l'exemple considéré les couples d'accéléromètres A_{11} - A_{12} et A_{21} - A_{22} sont placés respectivement sur les tubes T_2 , T_1 près du manchon de raccordement et de part et d'autre de celui-ci alors que le couple A_{31} - A_{32} est disposé sur le tube T_2 au voisinage de l'extrémité de l'échantillon ET.

30 L'ensemble des jauges de contraintes (J_1 à J_{11}) et des couples d'accéléromètres (A_{11} à A_{32}) permet de déterminer les contraintes et les déplacements radiaux dynamiques en tout point de l'échantillon ET.

On reviendra plus loin, sur l'utilité des couples d'accéléromètres.

L'installation I peut comporter d'autres capteurs que les jauges de contraintes Jk et les couples d'accéléromètres (Ai1-Ai2).

5

Ainsi, comme illustré sur la figure 1, on peut prévoir au moins un capteur de pression CP et/ou au moins un capteur de température CT et/ou au moins un détecteur de fuite DF.

- 10 Le capteur de température CT est installé en un endroit choisi de l'échantillon ET, par exemple au niveau de la zone à tester ZT. Il est chargé de délivrer des signaux (ou troisièmes mesures) représentatifs de la température de l'échantillon ET au niveau de l'endroit choisi où il est installé. Un tel capteur CT permet notamment de faire une auto-compensation des mesures délivrées par les jauges de contrainte, afin
- 15 de pallier les variations de température locales.

- Le capteur de pression CP est installé en un endroit choisi de l'échantillon ET, par exemple au niveau de la zone à tester ZT ou, comme illustré sur la figure 2, au niveau d'un organe d'obturation B1. Il est chargé de délivrer des signaux (ou
- 20 quatrièmes mesures) représentatifs de la pression interne (PI1 ou PI2) subie par l'échantillon ET au niveau de l'endroit choisi où il est installé. Un tel capteur CP peut notamment permettre de détecter une variation soudaine de la pression interne induite par une fissure.

- 25 Le détecteur de fuite DF est installé en un endroit choisi de l'échantillon ET, par exemple au niveau de la zone à tester ZT, et plus précisément au niveau de la deuxième partie du packer P. Il est chargé de détecter toute présence du fluide (gaz), délivré par le deuxième circuit C2, à l'extérieur de l'échantillon ET. En cas de détection d'une fuite, le détecteur de fuite DF génère un signal d'alarme à destina-
- 30 tion du module de contrôle MC. Un tel détecteur DF peut notamment permettre de détecter une fissure dans l'échantillon ET.

Grâce aux moyens de sollicitation précités (premiers et deuxièmes et/ou troisièmes moyens de pression) il est possible de solliciter l'échantillon ET de façon statique.

5 On peut ainsi soumettre l'échantillon ET à une pression pure en utilisant les premier moyens de pression (premier circuit C1) pour plaquer la membrane M contre la surface interne dudit échantillon ET, et les deuxièmes moyens de pression (deuxième circuit C2) pour appliquer localement une première pression interne (radiale) PI1 sur la paroi interne de l'échantillon ET.

10 Il est rappelé qu'un échantillon ET peut dans certaines conditions subir des pressions internes pouvant atteindre 600 bars.

15 On peut également soumettre l'échantillon ET à une traction pure en utilisant les premier moyens de pression (premier circuit C1) pour plaquer la membrane M contre la surface interne dudit échantillon ET, et les troisièmes moyens de pression (troisième circuit C3) pour appliquer dans chaque zone d'action ZA une seconde pression interne (axiale) PI2 entre les organes d'obturation B1 et B2, via le tube TU du packer P.

20 On peut enfin soumettre l'échantillon ET à une pression combinée à une traction en utilisant les premier moyens de pression (premier circuit C1) pour plaquer la membrane M contre la surface interne dudit échantillon ET, les deuxièmes moyens de pression (deuxième circuit C2) pour appliquer localement une première pression interne (radiale) PI1 sur la paroi interne de l'échantillon ET, et les troisièmes
25 moyens de pression (troisième circuit C3) pour appliquer dans chaque zone d'action ZA une seconde pression interne (axiale) PI2 entre les organes d'obturation B1 et B2, via le tube TU du packer P.

30 Il est important de noter qu'un test de sollicitation mécanique peut comporter une unique phase, dans laquelle l'intensité de chaque sollicitation (pression et/ou traction) est sensiblement constante, ou bien une séquence d'au moins deux phases dans lesquelles l'une au moins des intensités des sollicitations varie d'une phase à l'autre.

Un test peut notamment être réalisé en plusieurs phases, chacune réalisée avec une combinaison particulière de sollicitations de manière, par exemple, à explorer une partie du contour de l'ellipse de Von Mises ou tout autre ligne définie à partir de l'ellipse, par exemple une portion de ligne homothétique de l'ellipse.

Un test est défini par un fichier paramétré par un technicien. Il peut être éventuellement repris s'il a été interrompu. Un tel fichier contient toutes les informations relatives à l'échantillon ET (référence, diamètre) et aux pressions des circuits C1 à C3, et les paramètres de mesures et de surveillance.

Comme cela est illustré sur la figure 1, lorsque l'on souhaite solliciter l'échantillon ET de façon dynamique, la partie de l'installation I dédiée à la sollicitation doit comporter des moyens, complémentaires des moyens de pression (M, C1 à C3), et couplés à l'échantillon ET afin de le soumettre à une excitation vibratoire choisie destinée à le déformer par flexion cyclique.

Ces moyens complémentaires se présentent de préférence sous la forme de deux moyens de support S1, S2 de l'échantillon ET, et d'un moteur rotatif MT, reliés à des moyens d'excitation couplés à une extrémité de l'échantillon ET.

Par exemple, et comme illustré sur la figure 1, chaque moyen de support S1, S2 est réalisé sous la forme d'un support mobile dont la position peut varier en fonction des besoins tant en terme de sollicitation que de dimension d'échantillon ET. Par exemple chaque support mobile S1, S2 est constitué d'un vérin souple du type de ceux commercialisés sous la marque "pneuride" par la société Firestones-Bridgestone.

Comme illustré sur la figure 6, les moyens d'excitation sont par exemple constitués d'un boîtier BO solidarisé fixement à une extrémité de l'échantillon ET et logeant à rotation un dispositif à masse excentrée DME monté à rotation sur un arbre de support AR'. Ce dispositif à masse excentrée DME définit un balourd pour l'extrémité concernée de l'échantillon ET.

La liaison entre le moteur MT et l'arbre support des moyens d'excitation peut être une liaison directe ou une liaison homocinétique LH, par exemple de type cardan ou articulation plastique, qui assure le couplage entre un arbre de sortie AR du moteur
5 MT et des moyens d'excitation.

Un couplage par liaison homocinétique comme représenté à la figure 1 présente l'avantage de permettre une fixation du moteur MT au bâti de l'installation et de ne pas soumettre le moteur à de fortes vibrations.

10

Un couplage direct nécessite d'embarquer le moteur en bout de l'échantillon ET mais présente d'autres avantages qui seront discutés ci-après.

Par exemple on peut utiliser un moteur MT d'une puissance électrique de 15 kW et
15 pouvant entraîner un arbre AR à une vitesse de rotation maximale d'environ 3000 tours/minutes.

Par exemple, et comme cela est illustré sur la figure 6, le dispositif à masse excentrée DME est monté à rotation dans le boîtier BO grâce à deux roulements à
20 billes RB.

Lorsque le moteur MT entraîne en rotation la masse excentrée, celle-ci contraint le boîtier BO à vibrer radialement. L'échantillon ET étant placé sur deux supports S1 et S2 et l'une de ses extrémités étant solidarisée au boîtier BO, l'échantillon ET est
25 donc également contraint de vibrer. Il est ainsi soumis à une excitation vibratoire choisie qui est fonction (notamment) du balourd défini par le dispositif à masse excentrée DME et qui provoque sa déformation par flexion. Plus précisément, une onde de flexion, dont la fréquence fondamentale est égale à celle de rotation du balourd, se propage dans l'échantillon ET de façon rotative par rapport à son axe
30 longitudinal au repos.

Ce type d'excitation permet de reproduire une sollicitation avec une contrainte tournante et/ou une déformation tournante par exemple du type de celle qui est

générée par les déplacements d'une plate-forme offshore et/ou les courants marins et/ou par la mise en rotation d'une colonne tubulaire qui est descendue dans un puits dévié de la verticale.

- 5 Il est hautement préférable pour la stabilité de l'échantillon en cours d'essai de disposer les deux supports S1 et S2 à des nœuds de vibration.

Ceci n'est en général pas possible dans le cas de l'installation avec liaison homocinétique LH car celle-ci est obligatoirement située à un nœud de vibration. Seul le support S1 peut alors être disposé à un nœud de vibration. L'autre support S2 peut être de ce fait soumis à d'importantes vibrations.

10

Dans le cas d'une liaison directe entre moteur MT et moyens d'excitation on peut disposer les deux supports S1, S2 aux nœuds de vibration, ce qui est avantageux et préféré.

15

La trajectoire suivie par l'échantillon ET, au niveau de la section matérialisée par les flèches VII-VII de la figure 1, est illustrée schématiquement sur la figure 7. Le cercle central en trait continu matérialise la position initiale de l'échantillon ET au repos, les cercles en pointillés matérialisent des positions successives de l'échantillon ET lorsqu'il est soumis à l'excitation vibratoire, et le cercle en tirets matérialise la trajectoire de l'axe longitudinal de l'échantillon ET lorsqu'il est soumis à l'excitation vibratoire.

20

- 25 On peut ainsi imposer une amplitude de contrainte et/ou de déplacement radial de flexion sensiblement uniforme sur toute la circonférence de l'échantillon ET.

Par exemple on utilise une masse excentrée de masse inférieure ou égale à 30 kg et un mode d'excitation vibratoire dit de résolution 1 dont la fréquence de résonance est comprise entre environ 20 Hz et environ 30 Hz. On peut ainsi provoquer une flexion cyclique dont l'amplitude de déplacement radial peut dépasser la centaine de millimètres, par exemple environ 120 mm au niveau du centre de l'échantillon ET

30

(ici occupé par la connexion filetée avec le manchon de raccordement MR), lorsque son diamètre est de 16" et sa longueur de quelques mètres.

Il est important de noter que plus la fréquence de rotation du moteur se rapproche de la fréquence de résonance, plus l'amplitude de l'onde de flexion à laquelle l'échantillon ET est soumis est grande. La vitesse de rotation du moteur MT peut être choisie grâce à un variateur VR recevant ses instructions (consignes) d'un module de contrôle MC sur lequel on reviendra plus loin.

On choisit de travailler sur une plage de vitesses de rotation inférieure à la fréquence de résonance de l'échantillon ET en mode 1. Cette fréquence de résonance dépend de paramètres de l'échantillon ET (tels que la longueur et le matériau) et d'autres paramètres (tels que le type de packer P et les fluides contenus dans l'échantillon ET). Elle peut théoriquement être déterminée à partir de calculs théoriques mais, compte tenu de la complexité des paramètres, elle est plutôt déterminée à partir d'essais avec et sans balourd (DME). D'une manière générale, plus la longueur de l'échantillon est courte, plus sa fréquence de résonance est grande.

La force d'excitation F à appliquer à l'extrémité de l'échantillon ET, pour obtenir une amplitude de déplacement donnée de l'échantillon dépend de la longueur de l'échantillon. Plus la longueur de l'échantillon ET est faible, plus la force d'excitation doit être élevée à amplitude de déplacement (ou de contrainte) dans l'échantillon donnée.

La force d'excitation F en fonction du balourd à utiliser (de masse M), du rayon r du centre d'inertie du balourd et de la vitesse de rotation N du moteur, est donnée par la formule :

$$F = M.r.\omega^2.\sin\omega t$$

où $\omega = 2\pi.N$ et N est donné en tours/s.

30

Typiquement on choisit une vitesse de rotation N inférieure de quelques hertz à la fréquence de résonance de mode 1.

- Afin de permettre le contrôle de la vitesse de rotation du moteur MT, l'installation I comprend un module de contrôle MC qui est par exemple implanté dans un ordinateur PC. Plus précisément, le module de contrôle MC est chargé de réguler la vitesse de rotation à laquelle le moteur MT doit entraîner la masse excentrée DME afin que l'échantillon ET soit soumis à une excitation vibratoire permettant de provoquer une déformation par flexion cyclique d'amplitude de contrainte ou de déplacement radial sensiblement constante, déterminée lors d'une phase préliminaire de référence.
- 10 L'instauration de la déformation par flexion initiale se fait de préférence lors d'une étape préliminaire de référence sur un intervalle de temps donné. En effet, il est théoriquement possible de déterminer la vitesse de rotation désirée du moteur MT qui va permettre d'induire une déformation par flexion désirée de l'échantillon ET, compte tenu du balourd utilisé. Cependant, dans la pratique des ajustements de
- 15 vitesse doivent être généralement effectués pour que la déformation réelle corresponde à la déformation désirée.

- L'étape préliminaire de référence consiste donc à imposer au moteur MT, par exemple au moyen du module de contrôle MC, la vitesse initiale relativement basse, puis par exemple à lire l'amplitude de la contrainte subie par l'échantillon ET au moyen de l'une au moins des jauges de contrainte Jk. En comparant l'amplitude de contrainte mesurée à celle désirée on peut déterminer si la vitesse de rotation est appropriée (en cas d'équivalence) ou bien si la vitesse initiale doit être adaptée (en cas de différence). La comparaison peut être faite à la main par le technicien opérant
- 20 ou bien automatiquement par le module de contrôle MC.

- Si la déformation réelle n'est pas équivalente à la déformation désirée, on augmente la vitesse de rotation d'un incrément donné pour que la nouvelle vitesse de rotation induise l'amplitude de contrainte désirée. De nouveau cette incrémentation de la
- 30 vitesse de rotation peut être faite à la main par le technicien opérant ou bien automatiquement par le module de contrôle MC.

Les différentes (premières) mesures de contrainte effectuées pour déterminer la vitesse de rotation à appliquer sont appelées premières mesures de référence.

On peut, à la place des (premières) mesures de contraintes, utiliser des (secondes) mesures d'accélération, délivrées par le premier couple d'accéléromètres A_{i1} et A_{i2} , ainsi qu'éventuellement par les autres couples d'accéléromètres $A_{i'1}$ et $A_{i'2}$, qui servent alors de mesures de référence pour les déplacements radiaux subis par l'échantillon ET, et définir des secondes mesures de référence lorsque l'on a trouvé la vitesse de rotation induisant une amplitude de déplacement donné de l'échantillon.

Il est important de noter que les accéléromètres utilisés pour les secondes mesures ne doivent pas être disposés aux nœuds de vibration ni au voisinage de ceux-ci.

Une fois la vitesse de rotation déterminée à partir des premières ou secondes mesures de référence, le test de sollicitation peut commencer. Tout type de test peut être envisagé.

On peut par exemple déformer l'échantillon seulement en flexion cyclique grâce aux moyens d'excitation entraînés par le moteur MT. L'invention peut s'appliquer à des échantillons seulement testés en flexion cyclique (conditions purement dynamiques sans sollicitations cycliques superposées). Dans ce cas, seuls les moyens complémentaires sont utilisés (le packer, les moyens de pression et les organes d'obturation n'étant alors pas nécessaires).

On peut également déformer l'échantillon ET par flexion cyclique grâce aux moyens d'excitation entraînés par le moteur MT, tout en le soumettant à une pression pure en utilisant les premiers moyens de pression (premier circuit C1) pour plaquer la membrane M contre la surface interne dudit échantillon ET, et les deuxièmes moyens de pression (deuxième circuit C2) pour appliquer localement une première pression interne (radiale) $PI1$ sur la paroi interne de l'échantillon ET.

On peut également déformer l'échantillon ET par flexion grâce aux moyens d'excitation entraînés par le moteur MT, tout en le soumettant à une traction pure en utilisant les premier moyens de pression (premier circuit C1) pour plaquer la membrane M contre la surface interne dudit échantillon ET, et les troisièmes
5 moyens de pression (troisième circuit C3) pour appliquer dans chaque zone d'action ZA une seconde pression interne (axiale) PI2 entre les organes d'obturation B1 et B2, via le tube TU du packer P.

On peut enfin déformer l'échantillon ET par flexion grâce aux moyens d'excitation entraînés par le moteur MT, tout en le soumettant à une pression combinée à une
10 traction en utilisant les premier moyens de pression (premier circuit C1) pour plaquer la membrane M contre la surface interne dudit échantillon ET, les deuxièmes moyens de pression (deuxième circuit C2) pour appliquer localement une première pression interne (radiale) PI1 sur la paroi interne de l'échantillon ET, et les
15 troisièmes moyens de pression (troisième circuit C3) pour appliquer dans chaque zone d'action ZA une seconde pression interne (axiale) PI2 entre les organes d'obturation B1 et B2, via le tube TU du packer P.

Il est important de noter que l'utilisation du packer, des moyens de pression et des
20 organes d'obturation embarqués avec l'échantillon selon l'invention permet très avantageusement de superposer une combinaison de sollicitations statiques à une sollicitation dynamique cyclique, ce que ne permettent pas de faire les installations d'essais avec vérins de l'art antérieur, et de choisir une combinaison de sollicitations
25 statiques donnée ce que ne permettent pas les installations de l'art antérieur qui offrent une simple pressurisation intérieure au moyen d'un fluide.

Il est par ailleurs important de noter qu'un test de sollicitation dynamique peut comporter une unique phase, dans laquelle l'intensité de chaque sollicitation (déformation par flexion et pression et/ou traction) est sensiblement constante, ou
30 bien une séquence d'au moins deux phases dans lesquelles l'une au moins des intensités des sollicitations varie d'une phase à l'autre. Par exemple, un test de sollicitation dynamique peut comporter une séquence de phases dans lesquelles la pression et/ou la traction sont maintenues sensiblement constantes tandis que la

vitesse de rotation de la masse excentrée (DME) varie d'une phase à l'autre (par exemple de façon croissante).

5 Comme indiqué précédemment un test est défini par un fichier paramétré par un technicien. Un tel fichier contient notamment toutes les informations relatives à l'échantillon (référence, diamètre), à la condition de charge (masse du balourd, vitesse (ou fréquence) de rotation de chaque phase d'une séquence, nombre de cycles (ou tours) pour chaque phase) et aux pressions des circuits C1 à C3, ainsi que des paramètres de mesures et de surveillance.

10

Il est rappelé que le phénomène de fatigue se caractérise par l'apparition d'une fissure qui se propage notamment à travers la paroi de l'échantillon, au bout d'un certain nombre de cycles (ou de rotation du moteur).

15 Lorsqu'une fissure de fatigue se propage dans l'échantillon, il y a perte du « monolithisme » de l'échantillon et l'amplitude de la contrainte et/ou du déplacement radial que l'échantillon subit varie si la vitesse de rotation (ou fréquence) demeure constante.

20 D'autres causes avant l'apparition d'une fissure de fatigue peuvent entraîner des variations d'amplitude de contrainte ou de déplacement.

25 Par conséquent, si l'on souhaite que la déformation de l'échantillon ET, en contrainte ou en déplacement, demeure sensiblement constante du début à la fin d'un test de sollicitation, il faut que l'installation I comporte un système de rattrapage d'erreur reposant sur une régulation de la vitesse de rotation, imposée au balourd (DME) par le moteur MT, en fonction d'une comparaison entre les mesures effectuées et les mesures de référence.

30 La régulation de la vitesse de rotation repose au moins :

- sur les premières mesures de référence (contrainte) représentatives de l'amplitude de la contrainte subie initialement par l'échantillon ET,

- sur les premières mesures ultérieures représentatives de l'amplitude de la contrainte subie à tout moment par l'échantillon ET lors de l'essai.

En variante la régulation de la vitesse de rotation repose au moins :

- 5 • sur les secondes mesures de référence représentatives de l'amplitude ou des amplitudes de déplacement au niveau de chaque section d'échantillon ET équipée d'un couple d'accéléromètres et correspondant à l'amplitude de déformation initiale,
- 10 • sur les secondes mesures ultérieures représentatives du déplacement subi par l'échantillon ET en cours d'essai au niveau de sa section équipée du premier couple d'accéléromètres A11 et A12,
- ainsi qu'éventuellement sur les autres secondes mesures représentatives des autres déplacements subis par l'échantillon ET au niveau de ses autres sections équipées d'un autre couple d'accéléromètres Ai'1 et Ai'2. Le module de contrôle
15 MC peut par exemple déterminer un écart relatif entre l'amplitude de déplacement, fournie par les dernières secondes mesures, et l'amplitude du déplacement par flexion désirée, puis comparer cet écart aux bornes d'un intervalle de tolérance dit de régulation choisi, de manière à adapter la vitesse de rotation du moteur MT chaque fois que l'écart est en dehors de l'intervalle de régulation. Un
20 dépassement du seuil est ici considéré comme une erreur devant être rattrapée.

L'écart relatif est par exemple comparé aux bornes d'un intervalle de régulation fixé en pourcentage, par exemple égal à $\pm 2,5\%$. Si l'écart relatif entre la valeur correcte et la dernière valeur est en dehors de l'intervalle compris entre $- 2,5\%$ et $+2,5\%$,
25 alors l'erreur doit être rattrapée.

Un deuxième intervalle de tolérance dit de surveillance, par exemple égal au double de l'intervalle de régulation et centré sur celui-ci, peut être défini pour déclencher l'arrêt de l'essai si l'écart relatif est situé en dehors de ce deuxième intervalle.

30

Ce qui vient d'être dit pour les déplacements est transposable aux contraintes.

La correction de la vitesse de rotation effectuée par le module de contrôle MC est basée sur des mesures effectuées selon une fréquence choisie. Par exemple cette fréquence correspond à la fréquence de rotation de l'arbre AR entraîné par le moteur MT. Chaque rotation de l'arbre AR est par exemple détectée par un détecteur de rotation DR et se traduit par la génération d'un signal à destination du module de contrôle MC. Ainsi, chaque fois que le module de contrôle MC a reçu un nombre de signaux égal à un nombre choisi, il interroge les accéléromètres et/ou les jauges concerné(e)s par l'asservissement et utilise leurs (premières et/ou secondes) mesures pour procéder audit asservissement. Le détecteur de rotation DR est par exemple de type optique (il comporte par exemple un laser de lecture, éventuellement du type de celui commercialisé par la société Keyence).

Il est important de noter que l'asservissement peut se faire à partir des mesures délivrées par certaines au moins des jauges ou bien à partir des mesures délivrées par certains au moins des accéléromètres (déplacements) ou bien à partir à la fois des mesures délivrées par certains au moins des accéléromètres (déplacements) et des mesures délivrées par certaines au moins des jauges (contraintes).

Un exemple de calcul d'asservissement reposant sur les (secondes) mesures des accéléromètres est décrit ci-après (le calcul peut être effectué de la même façon sur les (premières) mesures de contraintes).

Cet exemple de calcul part de l'hypothèse que la déformée opérationnelle de l'échantillon ET est d'ordre 1, et par conséquent que l'amplitude du déplacement à la fréquence d'excitation au niveau de chaque section munie d'un couple d'accéléromètres est directement liée à la contrainte subie par l'échantillon ET. Dans ces conditions, pour maintenir constante la contrainte initiale, correspondant à la déformation initiale, il suffit de maintenir chaque amplitude de déplacement constante.

30

Chaque fois que le module de contrôle MC reçoit un signal (ou "top tour") du détecteur de rotation DR, il relève les (secondes) mesures effectuées par chaque

couple d'accéléromètres et en déduit une première valeur d'amplitude maximale et la valeur de phase correspondante autour de la fréquence d'excitation.

5 Chaque valeur d'amplitude maximale est par exemple corrigée à partir de l'analyse spectrale du signal temporel délivré par les accéléromètres, en fonction de la résolution en fréquence et des valeurs des raies à la fréquence f_n et aux fréquences f_{n-1} et f_{n+1} de part et d'autre de f_n , par un algorithme tel que celui présenté ci-dessous.

10 Soient a_n l'amplitude maximale à la fréquence f_n et a_{n-1} et a_{n+1} les amplitudes aux fréquences f_{n-1} et f_{n+1} , et Δf la résolution en fréquence, alors l'amplitude (d'accélération) corrigée a'_n à la fréquence f_n est donnée par la relation $a'_n = a_n / \rho_a$, avec :

$$\Delta' f = \frac{\Delta f}{1 + \max \left(2, \frac{a_n}{\min(a_{n-1}, a_{n+1})} \right)}$$

15 et

$$\Delta a = \frac{\sin \left(\frac{\pi \Delta' f}{\Delta f} \right)}{\frac{\pi \Delta' f}{\Delta f}}$$

Ces amplitudes (d'accélération) corrigées sont ensuite converties en déplacements (u) par une double intégration spectrale, où :

20

$$u = \frac{a'_n}{(2\pi f)^2}$$

Les deux signaux délivrés par un couple d'accéléromètres et représentatifs d'un déplacement théorique sont ici de formes sinusoïdales.

25

L'orbite de ces deux signaux sur une même section d'échantillon ET décrit une ellipse dont le grand axe constitue l'amplitude maximale de déplacement sur la section de l'échantillon ET.

Comme cela est illustré sur la figure 8, cette ellipse est inscrite dans un rectangle dont les côtés a et b correspondent aux amplitudes (d'accélération) mesurées et corrigées. Ses axes principaux sont décalés d'un angle α avec les axes x, y suivant lesquels sont effectuées les mesures des couples d'accéléromètres.

Les équations paramétriques des deux signaux peuvent être exprimées de la manière suivante (visualisée sur la figure 8 pour un point M donné par exemple par le top tour) :

10 $OM_1 : x = a \cos \omega t$

$OM_2 : y = b \cos(\omega t + \Phi)$, avec $\Phi \in [0, 2\pi[$

où Φ est un déphasage dynamique entre les signaux des deux accéléromètres.

En recherchant une équation d'ellipse de la forme :

15

$$\frac{X^2}{A^2} + \frac{Y^2}{B^2} = 1$$

et en effectuant un changement de repère par rotation d'un angle α , on aboutit à la formule suivante :

20

$$\alpha = \frac{1}{2} \arctan \left(2 \cos \Phi \frac{ab}{a^2 - b^2} \right)$$

avec $\alpha \in [0, \pi/2[$.

25 Les axes principaux de l'ellipse se déduisent alors de la manière suivante :

$$A = \sqrt{\frac{a^2 b^2 \sin^2 \Phi}{b^2 \cos^2 \alpha + a^2 \sin^2 \alpha - 2ab \sin \alpha \cos \alpha \cos \Phi}}$$

$$B = \sqrt{\frac{a^2 b^2 \sin^2 \Phi}{b^2 \sin^2 \alpha + a^2 \cos^2 \alpha + 2ab \sin \alpha \cos \alpha \cos \Phi}}$$

Le maximum de A et B correspond alors à l'amplitude maximale atteinte.

5 On peut vérifier qu'en posant $\Phi = 90^\circ$ (qui correspond à une absence de déphasage dynamique et donc seulement à un déphasage statique entre les accéléromètres d'un couple), on retrouve bien $\alpha = 0^\circ$, $A = a$ et $B = b$.

Le module de contrôle MC effectue ce calcul pour chaque section de l'échantillon ET équipée d'un couple d'accéléromètres et choisie initialement par le technicien. –

10

Les valeurs de l'amplitude de déplacement de chaque section peuvent être éventuellement affichées sur l'écran de l'ordinateur PC. Cet affichage peut par exemple se faire sous la forme d'une superposition des dernières ellipses obtenues au moyen de chaque couple d'accéléromètres de chaque section d'analyse. Une mise à l'échelle
15 des différentes ellipses superposées peut se faire par rapport au plus grand déplacement mesuré (par rapport à la gamme de valeurs d'entrée la plus grande).

20

Préférentiellement, le module de contrôle MC détermine l'écart relatif choisi entre chaque amplitude de déplacement qu'il a déterminée et l'amplitude de déplacement correspondant aux (secondes) mesures de référence initiales. Cet écart est ensuite comparé aux bornes d'un intervalle de tolérance de régulation qui est défini par le technicien avant le début du test de sollicitation.

25

Lorsque l'écart relatif toléré (ou pourcentage de tolérance) est respecté au niveau de chaque section de l'échantillon ET, le test de sollicitation se poursuit avec la même vitesse de rotation que précédemment, ou bien avec une nouvelle vitesse (ou consigne) si ledit test comporte une nouvelle phase d'amplitude de déplacement différente.

30

Lorsque l'écart relatif (ou pourcentage de tolérance) n'est pas respecté au niveau de l'une au moins des sections de l'échantillon ET, le module de contrôle MC applique un incrément (défini par le technicien avant le début du test de sollicitation) positif

ou négatif suivant la valeur de l'écart à la valeur en cours de la vitesse de rotation, de manière à définir la nouvelle valeur (ou consigne) de vitesse du moteur MT.

5 Lorsque un incrément a été appliqué, on peut par exemple prévoir que le module de contrôle MC continue ses calculs mais n'applique pas de nouvelle correction (nouvel incrément) pendant un temps d'attente défini initialement par le technicien. Cette règle est destinée à permettre à l'installation I de stabiliser sa réponse.

10 Il est important de noter que si à un moment donné la fréquence, qui correspond à la nouvelle vitesse de rotation (ou consigne) déterminée par le module de contrôle MC, dépasse une fréquence maximale initialement définie par le technicien, laquelle est légèrement inférieure à la fréquence de résonance de l'échantillon ET, le test de sollicitation est arrêté.

15 Il est également important de noter que le temps de réponse minimum de l'asservissement correspond à la résolution en fréquence choisie.

20 Lorsque l'asservissement ne porte que sur des (premières) mesures de contraintes, la consigne peut être corrigée par ajout d'incréments positifs ou négatifs de vitesse de rotation. Par exemple, on peut comparer les écarts relatifs de contrainte (jauges) par rapport aux bornes d'un intervalle de tolérance sur les contraintes. Dans ce cas, on peut décider d'augmenter la vitesse de rotation d'un incrément en cas de dépassement par le bas de la limite basse de l'intervalle de tolérance de régulation par l'écart relatif de contrainte. De même, on peut décider de diminuer la vitesse de
25 rotation d'un incrément en cas de dépassement par le haut de la limite haute du second intervalle de tolérance de régulation par l'écart relatif de contrainte. Si l'écart relatif de contrainte est en dehors d'un intervalle de tolérance de surveillance double de l'intervalle de tolérance de régulation et centré sur celui-ci, on peut décider de l'arrêt du moteur MT et donc de l'essai.

30

Lorsque l'asservissement ne porte que sur des (secondes) mesures accélérométriques, la consigne peut être corrigée de manière similaire par ajout d'incréments positifs ou négatifs de vitesse de rotation : augmentation de la vitesse de rotation

d'un incrément en cas de dépassement par le bas de la limite basse de l'intervalle de tolérance par l'écart relatif de déplacement et diminution de la vitesse de rotation d'un incrément en cas de dépassement par le haut de la limite haute du second intervalle de tolérance par l'écart relatif de déplacement. Si l'écart relatif de déplacement est en dehors d'un intervalle de tolérance de surveillance double de l'intervalle de tolérance de régulation et centré sur celui-ci, on peut décider de l'arrêt du moteur MT et donc de l'essai.

Lorsque l'asservissement porte à la fois sur des (secondes) mesures accélérométriques et sur des (premières) mesures de contraintes (jauges), la consigne peut également être corrigée par ajout d'incréments positifs ou négatifs. Par exemple, on peut comparer les écarts relatifs de déplacement (accéléromètres) par rapport à un intervalle de tolérance sur les déplacements (en pourcentage), comme indiqué ci-avant, et comparer les écarts de contrainte (jauges) par rapport à un intervalle de tolérance sur les contraintes (en pourcentage). Dans ce cas, on peut décider d'augmenter la vitesse de rotation d'un incrément en cas de dépassement par le bas de la limite basse du second intervalle de tolérance par l'écart relatif de contrainte quelle que soit la valeur de l'écart relatif de déplacement pourvu qu'il soit à l'intérieur de l'intervalle de tolérance de surveillance qui lui est attaché. De même, on peut décider de diminuer la vitesse de rotation d'un incrément en cas de dépassement de la limite haute du second intervalle de tolérance par le haut par l'écart relatif de contrainte, quelle que soit la valeur de l'écart relatif de déplacement pourvu qu'il soit à l'intérieur de l'intervalle de tolérance de surveillance qui lui est attaché. Au cas où l'écart relatif de contrainte ou celui de déplacement est en dehors de l'intervalle de tolérance de surveillance qui lui est attaché, on peut décider de l'arrêt du moteur MT et donc de l'essai. On peut aussi décider que si les écarts relatifs de contrainte et de déplacement exigent des incréments de vitesse de rotation de signe opposé, l'essai est arrêté.

L'installation peut également fonctionner en régime dit « dégradé ». Selon ce régime, essentiellement utilisé en présence d'une fissure de fatigue de taille notable du fait que la fissure de fatigue ne peut que limiter l'effet de la contrainte subie par

l'échantillon ET, on augmente la vitesse de rotation d'un incrément lorsque l'on sort de l'intervalle de tolérance de régulation.

On va maintenant décrire plus en détail, en référence à la figure 1, les équipements permettant à l'installation I de mettre en oeuvre sa régulation ou plus simplement de
5 prélever les mesures effectuées par ses différents capteurs, et notamment ses jauges de contrainte Jk et ses couples d'accéléromètres Ai1, Ai2.

L'ordinateur PC est par exemple équipé d'une carte d'entrées/sorties analogiques et
10 numériques CI et d'une carte d'analyse CA.

La carte d'entrées/sorties analogiques et numériques CI est par exemple de type Measurement Computing PCI-DAS 1602/16. Une telle carte comprend par exemple:

- 8 entrées numériques permettant d'obtenir des informations logiques sur et pour
15 les moyens de sollicitation (ou banc), comme par exemple une autorisation de démarrage ou une détection de présence d'échantillon ET. Ces 8 entrées sont de préférence paramétrables par le technicien;
- 8 entrées analogiques permettant de recevoir des signaux (ou mesures) continus (ou DC) « lents », comme par exemple les pressions (CP) ou la température (CT);
- 4 sorties numériques permettant de fournir des instructions de fonctionnement à
20 l'armoire de commande ARC qui comporte le variateur VR. L'une des sorties numériques est par exemple utilisée comme chien de garde (ou "WatchDog"). Le module de contrôle MC est alors chargé de changer l'état de cette sortie WatchDog à intervalles réguliers. Ce changement d'état est fourni à un relais temporisé de l'armoire ARC. Ainsi, en cas d'arrêt intempestif de l'application (provoqué par exemple par une panne logicielle ou une panne de composant(s)) le relais
25 temporisé arrête le fonctionnement du moteur MT;
- 1 sortie analogique permettant d'imposer la consigne du variateur VR.

30 La carte d'analyse CA est par exemple de type OROS OR25 PC_PACK II-316 (à 16 voies d'entrée). Elle est chargée de collecter et analyser les mesures alternatives (AC) délivrées par certains capteurs (jauges de contrainte, accéléromètres), sous la forme de signaux dynamiques.

Les mesures des jauges de contrainte Jk sont préférentiellement conditionnées par un module de conditionnement de signaux MCS, par exemple de type centrale de mesure HBM, avant d'être transmis à la carte d'analyse CA.

5

La carte d'analyse CA est par exemple raccordée à l'ordinateur PC par une carte d'interface PCI / PCMCIA.

La partie dédiée à l'analyse des signaux au sein de la carte d'analyse CA comprend par exemple un analyseur OR25 comportant un module d'analyse de type OR763 pour l'analyse fréquentielle par transformée de Fourier rapide ou FFT (pour "Fast Fourier Transform"), et un module d'enregistrement de type OR773.

Le mode de mesures utilisé par l'analyseur OR 25 est par exemple le mode FFT en temps réel. Compte tenu de la plage de fréquences d'excitation vibratoire (typiquement 10 à 50 Hz), la bande d'analyse à utiliser doit être définie entre environ 50 et 100 Hz.

Lorsque le pas de variation du réglage de la vitesse, avec le potentiomètre du variateur VR, est de l'ordre de 2/100ème de tour, cela correspond à une variation en fréquence de l'ordre de 0,1 Hz. La résolution de mesure (qui est définie par le rapport entre la bande d'analyse et le nombre de lignes spectrales) doit donc être inférieure ou égale à ce pas de variation. La durée de chaque mesure est inversement proportionnelle à cette résolution en fréquence : par exemple pour une résolution de 0,05 Hz, la durée de mesure est de 20 secondes. Le réglage de cette résolution s'effectue dans l'analyseur par l'intermédiaire du nombre de lignes spectrales. Le technicien a la possibilité de modifier ce réglage de résolution afin de maîtriser la durée de mesure.

L'analyseur OR 25 effectue des mesures de spectres en module et en phase, synchronisées sur le signal tachymétrique délivré par le détecteur de rotation (ou de tour ou de cycle) DR auquel il est couplé. Ces mesures sont de préférence moyennées dans le temps. Un réglage du nombre de moyennes temporelles peut être

envisagé. Le module de contrôle MC calcule et permet d'afficher sur l'écran de l'ordinateur PC la durée d'une acquisition. Par définition, la durée de l'intervalle de temps compris entre deux mesures d'asservissement est égal au produit de la durée d'acquisition par le nombre de moyennes défini.

5

Il est avantageux de gérer les saturations des voies d'entrée de la carte d'analyse CA. Dans ce cas, on spécifie pour chaque voie de l'analyseur une gamme de valeurs d'entrée pour le convertisseur analogique/numérique de la carte d'analyse CA. L'analyseur permet de détecter une saturation du convertisseur pendant la mesure, caractéristique d'une mesure erronée. Le réglage des gammes de valeurs d'entrée permet de disposer de toute la dynamique numérique du convertisseur (par exemple 16 bits) pour les mesures.

10

L'analyseur OR25 peut également disposer d'un mode d'auto-calibration des gammes de valeurs d'entrée. A partir des signaux maximums, il détermine alors les réglages de gammes optimaux pour chacune des voies d'entrée. Une marge de sécurité peut-être éventuellement ajoutée à chaque optimum.

15

Le technicien peut donc spécifier pour chaque voie d'entrée, une gamme de valeurs d'entrée fixe ou automatique (et une éventuelle marge de sécurité associée). Il est important de noter qu'en cours de test toute détection de saturation pendant une mesure provoque l'enregistrement d'un événement et l'arrêt du test.

20

L'analyseur OR 25 fournit pour chaque couple d'accéléromètres utilisé une valeur de phase cadencée par chaque signal tachymétrique (ou top tour) délivré par le détecteur de rotation DR. Cette valeur de phase est en fait représentative du déphasage relatif entre les deux accéléromètres d'un couple implantés au niveau d'une section de l'échantillon ET. L'analyseur OR25 offre une parfaite synchronisation des différents signaux mesurés par rapport à chaque signal top tour.

25

30

La mesure de phase ne peut s'effectuer correctement que si le signal top tour est présent. En cas de perte du signal tachymétrique, l'analyseur ne déclenche pas les

mesures. Le module de contrôle MC détecte un problème lorsqu'aucun signal top tour n'est détecté dans un délai choisi (par exemple égal à 2 secondes).

5 Les signaux des jauges de contrainte Jk sont de préférence collectés et analysés en même temps que les signaux délivrés par les couples d'accéléromètres. On peut ainsi suivre sur l'écran de l'ordinateur PC l'évolution de la contrainte subie par l'échantillon testé au niveau de chaque section équipée d'une jauge de contrainte Jk.

10 La sortie du détecteur de rotation DR est par exemple raccordée non seulement à la carte d'analyse CA mais également à un boîtier de comptage de tours BCT, tel qu'un boîtier ADAM 4080, lui même relié via un bus RS485 à un boîtier de communication BCN, tel qu'un boîtier ADAM 4520, raccordé à un port série de l'ordinateur PC par une liaison RS232C.

15 Le comptage du nombre de tours permet de déterminer le nombre de cycles de flexion subi par l'échantillon depuis le démarrage de l'essai jusqu'à son arrêt (par rupture de l'échantillon, fuite de pression interne, incapacité d'asservissement dans l'intervalle de tolérance spécifié, fonctionnement trop près de la fréquence de résonance, ou tout autre cause prévue pour déclencher l'arrêt de l'essai).

20 Le comptage des tours (ou rotations ou cycles) par le module de contrôle MC s'effectue par une lecture régulière des trames sur le port série. Par exemple, chaque erreur de communication reconnue pendant la régulation par asservissement engendre un défaut de comptage du nombre de tours (ou cycles) qui interrompt
25 l'asservissement.

Le module de contrôle MC peut être réalisé sous la forme de circuits électroniques (ou "hardware"), de modules logiciels (ou informatiques ou "software"), ou d'une combinaison de circuits électroniques et de modules logiciels.

30

L'invention ne se limite pas aux modes de réalisation d'installation de sollicitation et de procédé de sollicitation décrits ci-avant, seulement à titre d'exemple, mais elle

englobe toutes les variantes que pourra envisager l'homme de l'art dans le cadre des revendications ci-après.

L'invention vise par exemple à s'appliquer à un échantillon tubulaire constitué de
5 deux tubes raccordés entre eux par tout autre mode de raccordement que par filetages.

Les échantillons peuvent ainsi être constitués de deux tubes raccordés par toutes
sortes de procédés de soudage, le terme procédé de soudage étant ici pris au sens
10 large et couvrant notamment les procédés de soudage avec fusion (avec ou sans matériau d'apport) ou sans fusion, de soudo-brasage ou de brasage, de diffusion à l'état solide et/ou à l'état liquide (décrits par exemple dans les documents brevet EP1418376, US6288373, WO99/08828), ou encore par interpénétration des matériaux des surfaces à raccorder, du type par exemple magnétoformage ou
15 formage par explosion.

Les échantillons peuvent aussi comprendre deux tubes raccordés par une ou des
pièces de liaison telles que, par exemple, des brides rapportées en extrémités des
tubes.

20 Les raccords entre tubes peuvent également être des connexions du type décrit dans le brevet US5681059, fonctionnant par coopération de séries de reliefs et rainures annulaires mâles et femelles disposés sur la surface extérieure d'un tube et la surface intérieure de l'autre tube.

25 L'invention vise aussi à s'appliquer à un échantillon tubulaire constitué de plus de deux tubes raccordés deux à deux entre eux par tout mode de raccordement. On peut alors notamment définir une zone à tester au niveau de chaque raccordement ou connexion. On peut dans ce cas utiliser plusieurs packers. Alternativement, on peut
30 utiliser un packer sur lequel plusieurs zones à tester ont été définies. On peut aussi utiliser plusieurs deuxièmes moyens de pression pour exercer des premières pressions internes indépendantes les unes des autres dans chacune des zones à tester.

On peut encore utiliser plusieurs troisièmes moyens de pression pour exercer des secondes pressions internes indépendantes l'une de l'autre.

REVENDICATIONS

1. Installation (I) de sollicitation mécanique d'un échantillon tubulaire (ET), caractérisée en ce qu'elle comprend au moins un packer (P) logé dans ledit échantillon (ET) au niveau d'une zone à tester (ZT), présentant une extension longitudinale supérieure à celle de ladite zone à tester (ZT) et comportant i) des premiers moyens de pression (C1) propres à faire varier localement le diamètre d'au moins une première partie dudit packer de manière à l'appliquer contre une surface interne dudit échantillon (ET) au niveau de la zone à tester (ZT), ii) des deuxièmes moyens de pression (C2) propres à exercer une première pression interne choisie sur une partie de ladite surface interne située au niveau d'une deuxième partie dudit packer (P), et/ou iii) des troisièmes moyens de pression (C3) propres à coopérer avec au moins un organe d'obturation (B1,B2), solidarisé à l'échantillon à distance d'une extrémité dudit packer (P) pour définir une zone d'action (ZA), de manière à exercer sur ledit échantillon (ET) une seconde pression interne choisie au niveau de ladite zone d'action (ZA).
2. Installation selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comprend au moins une jauge de contrainte (Jk) destinée à être placée en un endroit choisi d'une surface externe dudit échantillon (ET) de manière à délivrer des premières mesures de contraintes représentatives de l'état de contrainte subi par ledit échantillon au niveau dudit endroit choisi.
3. Installation selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisée en ce qu'elle comprend au moins deux jauges de contrainte (Jk) destinées à être placées en deux endroits différents choisis de ladite surface externe de l'échantillon (ET) de manière à délivrer des premières mesures de contraintes représentatives de l'état de contrainte subi par ledit échantillon au niveau de chacun desdits endroits choisis.
4. Installation selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre i) deux moyens de support (S1, S2) propres à supporter ledit échantillon (ET), ii) un moteur rotatif (MT) couplé à un moyen d'excitation (BO,AR'), équipé d'un dispositif à masse excentrée (DME) couplé à une extré-

5 mité de l'échantillon (ET) et définissant un balourd, et iii) des moyens de contrôle (MC) propres à ordonner l'entraînement en rotation selon une vitesse ajustable, par ledit moteur (MT), de ladite masse excentrée de manière à soumettre ledit échantillon (ET) à une excitation vibratoire choisie, fonction dudit balourd, pour le déformer cycliquement par flexion.

10 5. Installation selon la revendication 4, caractérisée en ce que l'un au moins desdits moyens de support (S1, S2) est agencé pour que sa position corresponde sensiblement à un nœud de vibration dudit échantillon.

15 6. Installation selon l'une des revendications 2 et 3 en combinaison avec les revendications 4 et 5, caractérisée en ce que lesdits moyens de contrôle (MC) sont agencés pour adapter la vitesse de rotation du moteur (MT) en fonction de l'amplitude d'une contrainte que l'on veut faire subir audit échantillon (ET).

20 7. Installation selon l'une des revendications 4 à 6, caractérisée en ce qu'elle comprend au moins un couple d'accéléromètres (A11, A12) destinés à être placés à 90° l'un de l'autre en des endroits choisis de ladite surface externe de l'échantillon (ET) de manière à délivrer des secondes mesures représentatives d'un déplacement subi par ledit échantillon, et en ce que lesdits moyens de contrôle (MC) sont agencés pour adapter la vitesse de rotation du moteur (MT) en fonction des dernières secondes mesures délivrées par ledit couple d'accéléromètres (A11, A12) de sorte que l'amplitude du déplacement radial par flexion subi par ledit échantillon (ET) à un endroit choisi demeure sensiblement constante.

25 8. Installation selon la revendication 7, caractérisée en ce qu'elle comprend au moins deux couples d'accéléromètres (A11, A12, Ai'1, Ai'2), les accéléromètres de chaque couple étant destinés à être placés à 90° l'un de l'autre en d'autres endroits choisis de ladite surface externe de l'échantillon (ET) de manière à délivrer d'autres secondes mesures prises au niveau des autres endroits choisis et représentatives de déplacements subis par ledit échantillon auxdits autres endroits choisis, et en ce que lesdits moyens de contrôle (MC) sont agen-

30

cés pour effectuer des combinaisons des dernières secondes mesures de manière à adapter la vitesse de rotation du moteur (MT) en fonction desdites combinaisons de sorte que l'amplitude de déplacement par flexion subie par ledit échantillon auxdits endroits choisis demeure sensiblement constante.

5

9. Installation selon la revendication 8, caractérisée en ce que ledit échantillon tubulaire (ET) étant constitué d'au moins deux composants tubulaires (T1, T2) raccordés entre eux au niveau de ladite zone à tester (ZT), deux desdits couples d'accéléromètres (A11, A12, Ai'1, Ai'2) sont placés de part et d'autre du raccordement.

10

10. Installation selon l'une des revendications 7 à 9, caractérisée en ce que lesdits moyens de contrôle (MC) sont agencés pour comparer au moins lesdites dernières secondes mesures délivrées par l'un au moins desdits couples d'accéléromètres (Ai1, Ai2, Ai'1, Ai'2) à des secondes mesures de référence représentatives d'une amplitude de déplacement initiale correspondant à une amplitude de déplacement par flexion désirée à l'endroit choisi, puis pour adapter ladite vitesse de rotation du moteur (MT) en fonction du résultat de ladite comparaison.

15

11. Installation selon la revendication 10, caractérisée en ce que lesdits moyens de contrôle (MC) sont agencés pour déterminer un écart relatif entre l'amplitude de déplacement, représentée par lesdites dernières secondes mesures, et ladite amplitude du déplacement par flexion désirée, puis pour comparer cet écart à un intervalle de tolérance dit de régulation, de manière à adapter ladite vitesse de rotation du moteur (MT) lorsque ledit écart est en dehors dudit intervalle de régulation.

20

25

12. Installation selon l'une des revendications 4 à 11, caractérisée en ce qu'elle comprend un dispositif de détection de rotation (DR) propre à détecter chaque rotation imposée par ledit moteur (MT).

30

13. Installation selon la revendication 12, caractérisée en ce que ledit dispositif de rotation (DR) est agencé pour adresser auxdits moyens de contrôle (MC) un

signal représentatif de chaque rotation détectée, de sorte qu'ils adaptent ladite vitesse de rotation du moteur (MT) chaque fois que le nombre de signaux reçus est égal à un nombre choisi.

5 14. Installation selon l'une des revendications 1 à 13, caractérisée en ce que ledit packer (P) comprend un support sensiblement non déformable (TU) sur lequel est montée une membrane annulaire déformable (M), et en ce que lesdits premiers moyens de pression comprennent un premier circuit d'alimentation en
10 fluide (C1) propre à introduire un fluide choisi entre ledit support sensiblement non déformable (TU) et ladite membrane (M) de manière à instaurer une pression choisie.

15 15. Installation selon la revendication 14, caractérisée en ce que ledit fluide est un liquide pressurisé.

16 16. Installation selon l'une des revendications 1 à 15, caractérisée en ce que lesdits deuxièmes moyens de pression comprennent un deuxième circuit d'alimentation en fluide (C2) comportant une sortie de fluide débouchant en regard de ladite surface interne de l'échantillon (ET) de manière à instaurer ladite première
20 pression interne choisie.

25 17. Installation selon la revendication 16, caractérisée en ce que ledit deuxième circuit d'alimentation en fluide (C2) traverse de façon étanche ladite membrane (M).

30 18. Installation selon l'une des revendications 16 et 17, caractérisée en ce qu'elle comprend des moyens de détection de fuite (MDF), placés à proximité de la surface externe dudit échantillon (ET) dans ladite zone à tester (ZT) et agencés pour détecter en périphérie dudit échantillon (ET) une éventuelle fuite du fluide délivré par ledit deuxième circuit d'alimentation (C2).

19. Installation selon l'une des revendications 16 à 18, caractérisée en ce que ledit fluide circulant dans lesdits deuxièmes moyens de pression est un gaz.

20. Installation selon l'une des revendications 1 à 19, caractérisée en ce que lesdits troisièmes moyens de pression comprennent un troisième circuit d'alimentation en fluide (C3) propre à alimenter en fluide chaque zone d'action de manière à exercer sur ledit échantillon (ET) ladite seconde pression interne choisie.
21. Installation selon la revendication 20, caractérisée en ce que ledit fluide desdits troisièmes moyens de pression est un liquide pressurisé.
22. Installation selon l'une des revendications 20 et 21, caractérisée en ce qu'elle comprend un dispositif d'aiguillage (DA) raccordé auxdits premier (C1) et troisième (C3) circuits d'alimentation en fluide et une pompe (PE) couplée audit dispositif d'aiguillage (DA).
23. Installation selon la revendication 14 en combinaison avec l'une des revendications 20 à 22, caractérisée en ce que ledit support (TU) du packer (P) est un tube formant un conduit central creux définissant une partie dudit troisième circuit d'alimentation en fluide (C3) et comprenant deux extrémités opposées dont l'une au moins débouche dans une zone d'action (ZA) de manière à l'alimenter en fluide.
24. Installation selon l'une des revendications 1 à 23, caractérisée en ce qu'elle comprend deux organes d'obturation (B1, B2), installés à distance des deux extrémités dudit packer (P) pour définir au moins une zone d'action (ZA), de manière à exercer sur ledit échantillon ladite seconde pression interne choisie au niveau de ladite zone d'action (ZA).
25. Installation selon la combinaison des revendications 23 et 24, caractérisée en ce qu'une partie dudit premier circuit d'alimentation en fluide (C1) et/ou une partie dudit deuxième circuit d'alimentation en fluide (C2) est logée à l'intérieur dudit conduit central.

26. Installation selon l'une des revendications 1 à 25, caractérisée en ce qu'elle comprend au moins un capteur de température (CT) destiné à être installé en un endroit choisi dudit échantillon (ET) de manière à délivrer des troisièmes mesures représentatives de la température dudit échantillon en cet endroit choisi.

5

27. Installation selon l'une des revendications 1 à 26, caractérisée en ce qu'elle comprend au moins un capteur de pression (CP) destiné à être installé en un endroit choisi dudit échantillon (ET) de manière à délivrer des quatrièmes mesures représentatives de la pression interne dudit échantillon en cet endroit choisi.

10

28. Installation selon l'une des revendications 1 à 27, caractérisée en ce que lesdits moyens de contrôle sont agencés pour comparer des premiers résultats issus de certaines au moins desdites premières mesures à des seconds résultats issus de certaines au moins desdites secondes mesures de manière à autoriser la poursuite du test lorsque les premiers résultats sont compatibles avec les seconds résultats.

15

29. Installation selon l'une des revendications 4 à 27, caractérisée en ce que lesdits moyens de contrôle (MC) sont agencés pour ordonner audit moteur (MT), au cours d'un test de sollicitation, d'entraîner ladite masse excentrée (DME) en rotation selon une séquence choisie de vitesses de rotation de manière à soumettre ledit échantillon (MT) à une séquence choisie d'excitations vibratoires.

20

30. Procédé de sollicitation mécanique d'un échantillon tubulaire (ET), caractérisé en ce qu'il consiste à introduire dans ledit échantillon (ET), au niveau d'une zone à tester (ZT), au moins un packer (P) présentant une extension longitudinale supérieure à celle de ladite zone à tester (ZT) et comportant des premiers (C1) et deuxièmes (C2) et/ou troisièmes (C3) moyens de pression, puis à faire varier localement le diamètre d'au moins une première partie dudit packer (P) avec lesdits premiers moyens de pression (C1) de manière à appliquer ledit packer (P) contre une surface interne dudit échantillon (ET) au niveau de la zone à tester (ZT), et à exercer avec lesdits deuxièmes moyens de pression (C2)

25

30

une première pression interne choisie sur une partie de ladite surface interne située au niveau d'une deuxième partie du packer (P), et/ou à solidariser à l'échantillon (ET) au moins un organe d'obturation (B1,B2), à distance d'une extrémité dudit packer (P), pour définir une zone d'action (ZA), puis à exercer
5 sur ledit échantillon (ET), avec lesdits troisièmes moyens de pression (C3), une seconde pression interne choisie au niveau de ladite zone d'action (ZA).

31. Procédé selon la revendication 30, caractérisé en ce que l'on prévoit en au moins un endroit choisi d'une surface externe dudit échantillon (ET) au moins
10 une jauge de contrainte (Jk) de manière à obtenir des premières mesures de contraintes représentatives de l'état de contrainte subi par ledit échantillon au niveau dudit endroit choisi.

32. Procédé selon l'une des revendications 30 et 31, caractérisé en ce que l'on
15 prévoit en au moins deux endroits choisis de la surface externe dudit échantillon (ET) au moins deux jauges de contrainte (Jk) de manière à obtenir des premières mesures de contraintes représentatives de l'état de contrainte subi par ledit échantillon au niveau de chacun desdits endroits choisis.

20 33. Procédé selon l'une des revendications 30 à 32, caractérisé en ce que l'on prévoit en outre deux moyens de support (S1,S2) sur lesquels sont installés ledit échantillon (ET), et un moteur rotatif (MT) couplé à un moyen d'excitation (B,AR'), équipé d'un dispositif à masse excentrée (DME) couplé à une extrémité de l'échantillon (ET) et définissant un balourd, et on entraîne ladite masse
25 excentrée (DME) en rotation, au moyen dudit moteur (MT), selon une vitesse ajustable, de manière à soumettre ledit échantillon (ET) à une excitation vibratoire choisie, fonction dudit balourd, pour le déformer cycliquement par flexion.

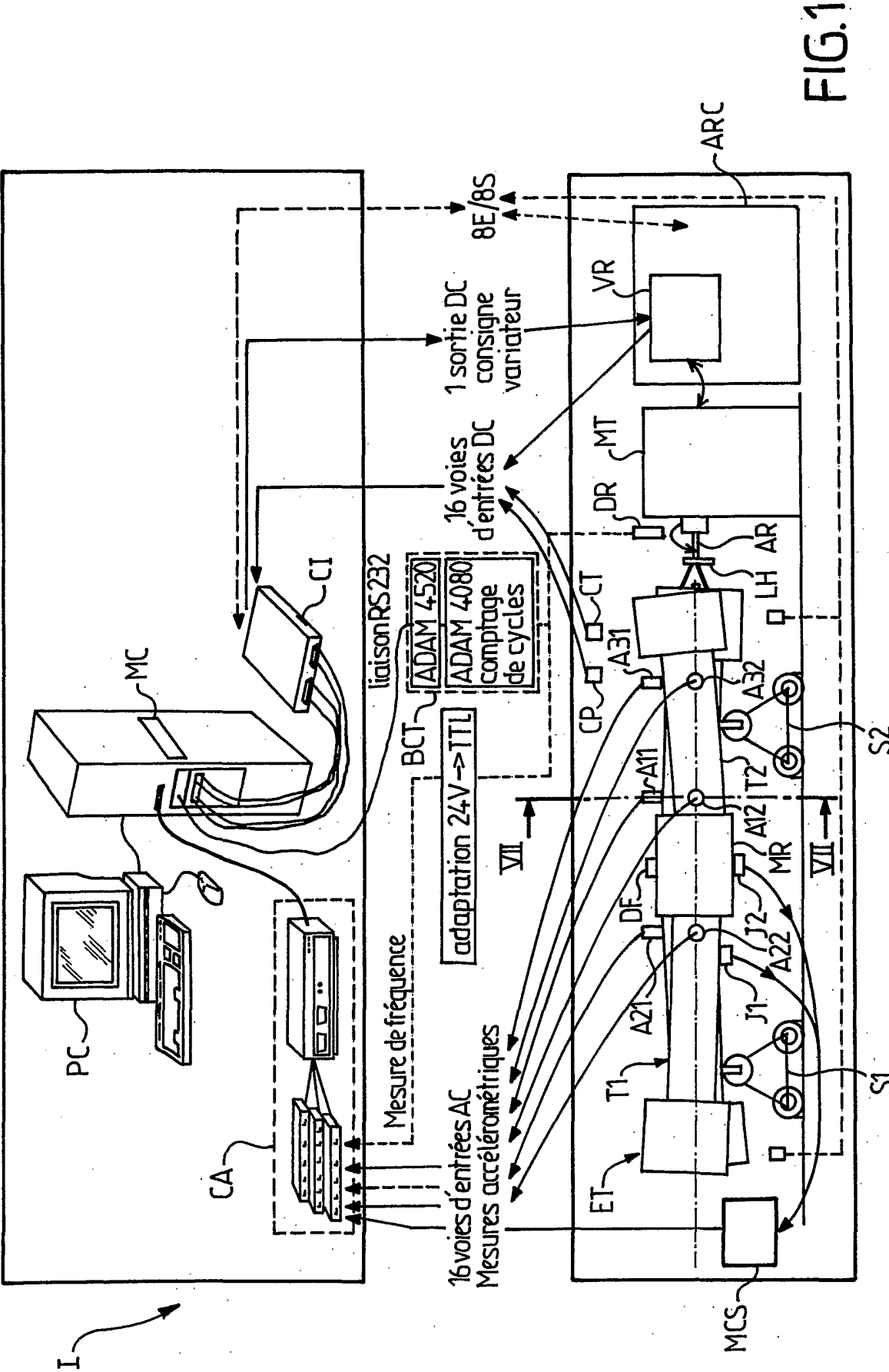
34. Procédé selon la revendication 33, caractérisé en ce que l'on place l'au moins
30 desdits moyens de support (S1, S2) au niveau d'un nœud de vibration dudit échantillon (ET).

35. Procédé selon l'une des revendications 31 et 32 en combinaison avec la revendication 33, caractérisé en ce qu'au cours d'une étape préliminaire de référence on choisit tout d'abord la vitesse de rotation initiale du moteur (MT) en fonction de l'amplitude d'une contrainte que l'on veut faire subir audit échantillon (ET).
36. Procédé selon la revendication 35, caractérisé en ce qu'après l'étape préliminaire de référence, on adapte ladite vitesse de rotation du moteur (MT) de sorte que l'amplitude de la contrainte de flexion subie par ledit échantillon (ET) et représentée par des premières mesures demeure sensiblement constante.
37. Procédé selon l'une des revendications 33 à 36, caractérisé en ce que l'on prévoit en des endroits choisis de ladite surface externe de l'échantillon (ET) au moins un couple d'accéléromètres (A11, A12) décalés l'un de l'autre de 90° et destinés à délivrer des secondes mesures représentatives d'un déplacement subi par ledit échantillon (ET), et en ce que l'on adapte la vitesse de rotation du moteur (MT) en fonction des dernières secondes mesures délivrées par chaque couple d'accéléromètres (A11, A12) de sorte que l'amplitude du déplacement radial par flexion subi par ledit échantillon (ET) à l'endroit choisi demeure sensiblement constante.
38. Procédé selon la revendication 37, caractérisé en ce que l'on prévoit en d'autres endroits choisis de ladite surface externe de l'échantillon au moins deux autres couples d'accéléromètres (A11, A12, Ai'1, Ai'2), les accéléromètres de chaque couple étant placés à 90° l'un de l'autre en d'autres endroits choisis de ladite surface externe de l'échantillon (ET) et destinés à délivrer d'autres secondes mesures représentatives de déplacements subis par ledit échantillon (ET) au niveau des autres endroits choisis, et en ce que l'on effectue des combinaisons des dernières secondes mesures de manière à adapter la vitesse de rotation du moteur (MT) en fonction desdites combinaisons, de sorte que l'amplitude de déplacement par flexion subie par ledit échantillon (ET) aux endroits choisis demeure sensiblement constante.

39. Procédé selon l'une des revendications 37 et 38, caractérisé en ce que l'on compare au moins lesdites dernières secondes mesures délivrées par au moins un couple d'accéléromètres (A11, A12, Ai'1, Ai'2) à des secondes mesures de référence représentatives d'une amplitude de déplacement initial correspondant à une amplitude de déplacement par flexion désirée à l'endroit choisi, puis on adapte ladite vitesse de rotation du moteur (MT) en fonction du résultat de ladite comparaison.
40. Procédé selon la revendication 39, caractérisé en ce que l'on détermine un écart relatif entre l'amplitude de déplacement, représentée par lesdites dernières secondes mesures, et ladite amplitude du déplacement par flexion désirée, puis on compare cet écart aux bornes d'un intervalle de tolérance dit de régulation, de manière à adapter la vitesse de rotation du moteur lorsque cet écart est en dehors dudit intervalle de régulation.
41. Procédé selon l'une des revendications 33 à 40, caractérisé en ce que l'on détecte chaque rotation imposée par ledit moteur (MT).
42. Procédé selon la revendication 41, caractérisé en ce que l'on adapte ladite vitesse de rotation du moteur (MT) chaque fois que le nombre de signaux reçus est égal à un nombre choisi.
43. Procédé selon l'une des revendications 30 à 42, caractérisé en ce que l'on prévoit au moins un capteur de température (CT) installé en un endroit choisi dudit échantillon (ET) de manière à obtenir des troisièmes mesures représentatives de la température dudit échantillon en cet endroit choisi.
44. Procédé selon l'une des revendications 30 à 43, caractérisé en ce que l'on prévoit au moins un capteur de pression (CP) installé en un endroit choisi dudit échantillon (ET) de manière à obtenir des quatrièmes mesures représentatives de la pression interne dudit échantillon en cet endroit choisi.

45. Procédé selon l'une des revendications 33 à 44, caractérisé en ce qu'au cours d'un test de sollicitation, on ordonne audit moteur (MT) d'entraîner en rotation ledit dispositif à masse excentrée (DME) selon une séquence choisie de vitesses de rotation de manière à le soumettre à une séquence choisie d'excitations vibratoires.
46. Procédé selon l'une des revendications 30 à 45, caractérisé en ce que l'on compare des premiers résultats de contrainte issus de certaines au moins desdites premières mesures à des seconds résultats de déplacement radial issus de certaines au moins desdites secondes mesures de manière à autoriser la poursuite du test lorsque les premiers résultats sont compatibles avec les seconds résultats.
47. Procédé selon l'une des revendications 30 à 46, caractérisé en ce que l'on effectue une détection de fuite en périphérie dudit échantillon (ET), au niveau de ladite zone à tester (ZT).
48. Utilisation du procédé et de l'installation (I) selon l'une des revendications précédentes pour les sollicitations d'échantillons (ET) choisis dans un groupe comprenant i) un unique tube, ii) un premier composant tubulaire définissant un premier tube et un deuxième composant tubulaire définissant un second tube et raccordé par soudage audit premier tube, iii) un premier composant tubulaire définissant un premier tube muni d'un filetage mâle et un deuxième composant tubulaire définissant un second tube muni d'un filetage femelle destiné à coopérer avec ledit filetage mâle pour constituer une connexion filetée, iv) un premier composant tubulaire définissant un premier tube muni d'un filetage mâle, un deuxième composant tubulaire définissant un second tube muni d'un filetage mâle, et un troisième composant tubulaire définissant un manchon de raccordement muni de deux filetages femelles destinés à coopérer respectivement avec lesdits filetages mâles pour constituer une connexion filetée, et v) un premier composant tubulaire définissant un premier tube, muni sur sa surface extérieure d'une série mâle de reliefs et de rainures annulaires, et un deuxième composant tubulaire définissant un second tube, muni sur sa surface intérieure d'une série

femelle de reliefs et de rainures annulaires correspondant à ladite série mâle, destinée à coopérer avec ladite série mâle pour constituer une connexion entre les deux tubes.



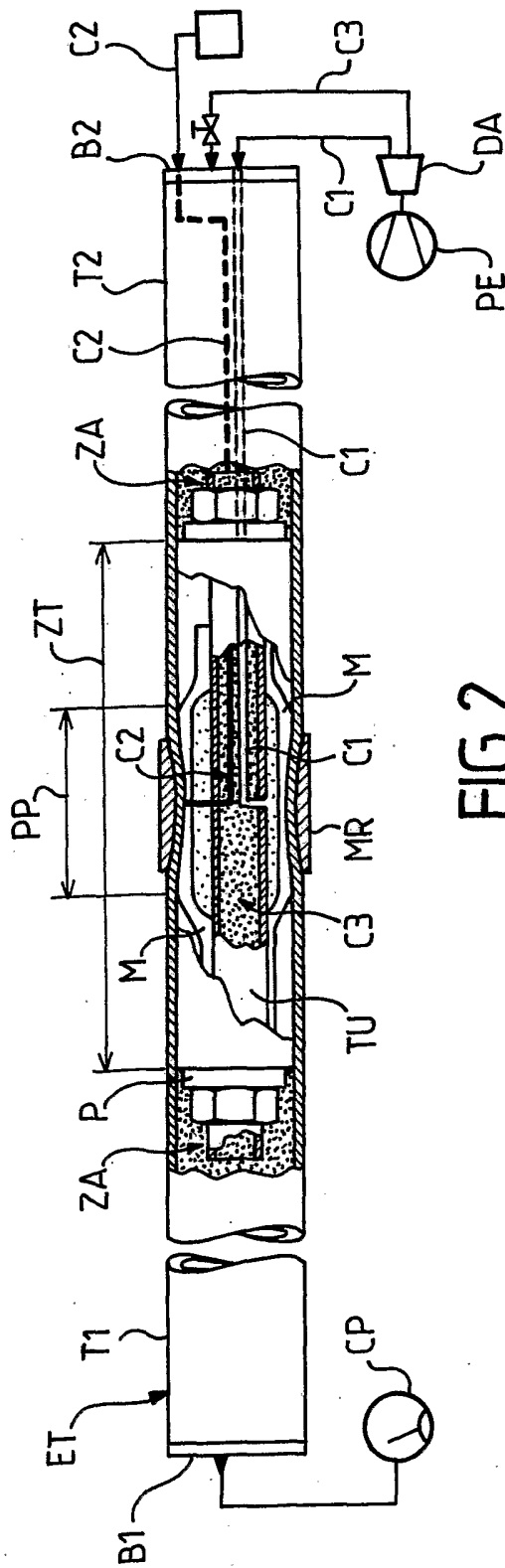


FIG. 2

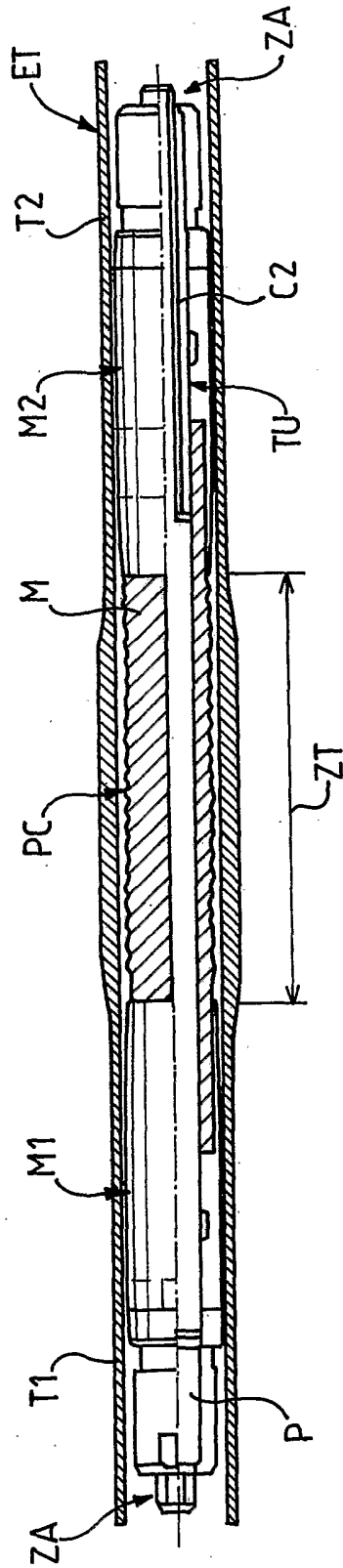


FIG. 3

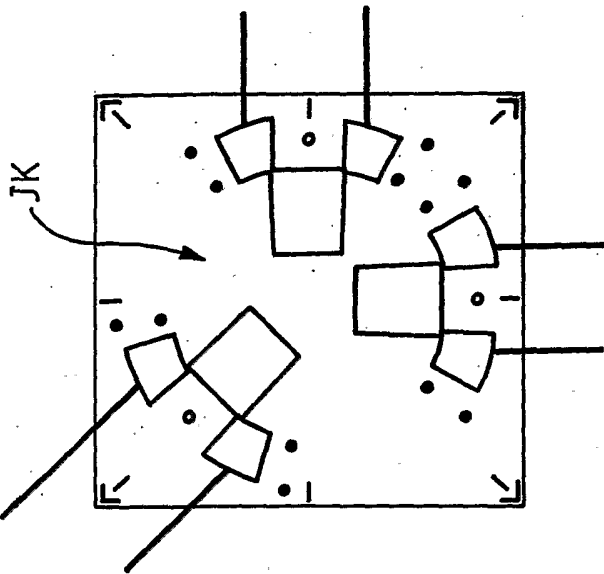


FIG. 4

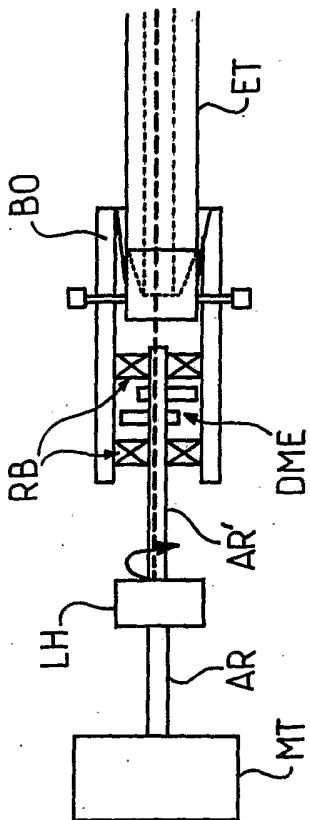


FIG. 6

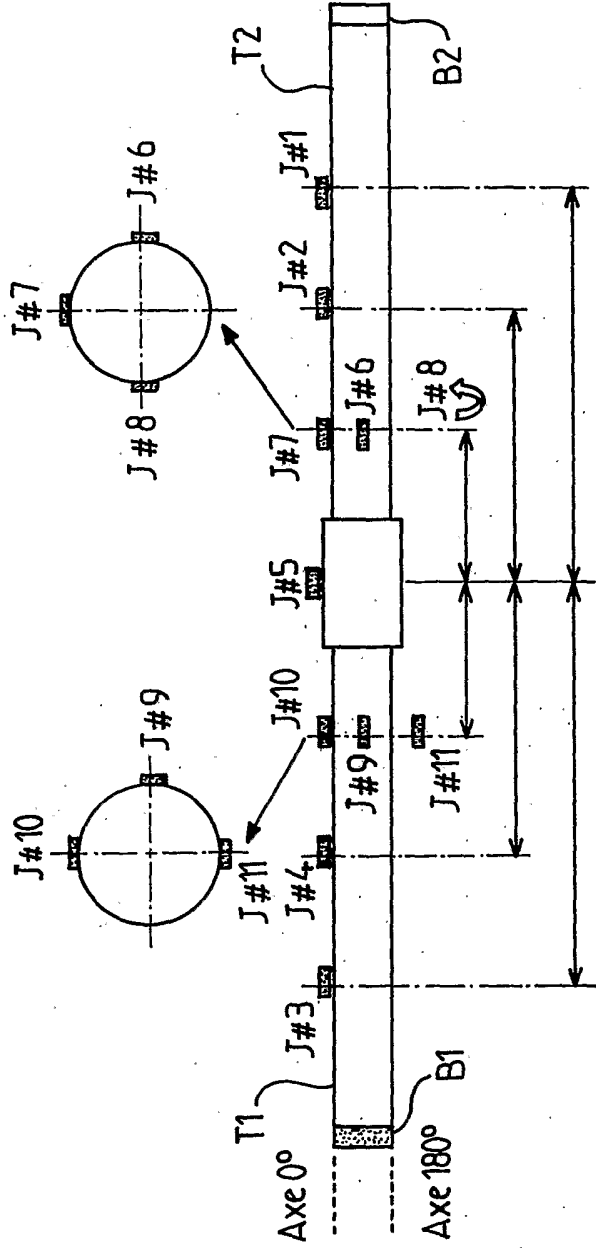


FIG. 5

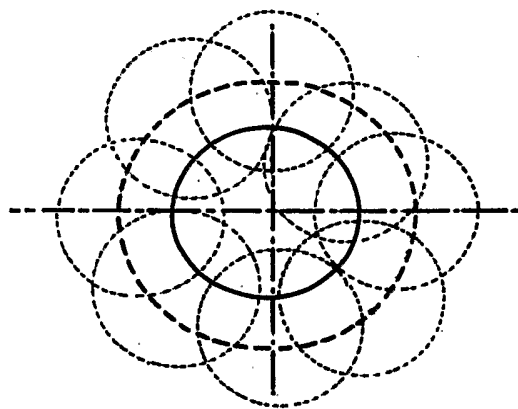


FIG.7

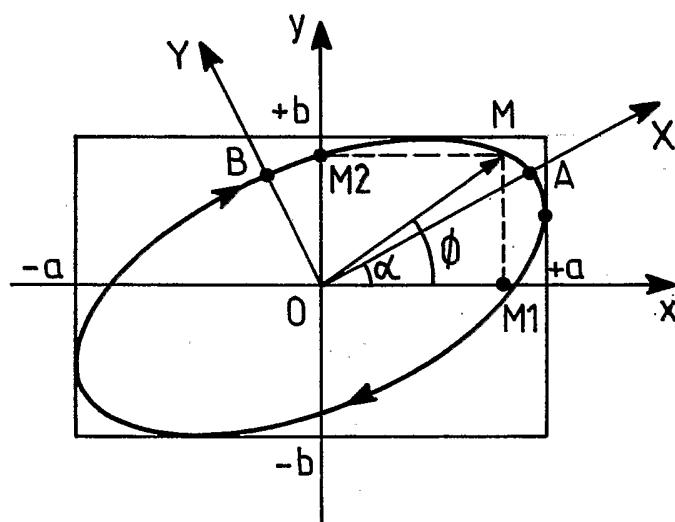


FIG.8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2006/000410

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01N3/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01N G01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 161 425 A (JUNKER ET AL) 19 December 2000 (2000-12-19) the whole document -----	1-48
A	FR 2 564 973 A (MANNESMANN AG) 29 November 1985 (1985-11-29) the whole document -----	1-48
A	FR 2 618 901 A (VALLOUREC INDUSTRIES) 3 February 1989 (1989-02-03) the whole document -----	1-48
A	DE 38 27 080 A1 (RHEINMETALL GMBH, 4000 DUESSELDORF, DE) 15 February 1990 (1990-02-15) the whole document ----- -/--	1-48

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

Z document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

2 May 2006

Date of mailing of the international search report

11/05/2006

Name and mailing address of the ISA/
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Weaver, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2006/000410

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 416 147 A (HASHA ET AL) 22 November 1983 (1983-11-22) abstract column 2, line 12 - column 3, line 45 column 5, line 8 - column 21, line 42; claims 1-3,5-7,11,15; figures 1-7 -----	1-48

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2006/000410

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6161425	A	19-12-2000	AT 187248 T WO 9738296 A1 DE 19616137 A1 EP 0892920 A1 ES 2139455 T3 PT 892920 T	15-12-1999 16-10-1997 16-10-1997 27-01-1999 01-02-2000 31-05-2000
FR 2564973	A	29-11-1985	DE 3419500 C1 IT 1184488 B JP 60252234 A SU 1484304 A3	07-11-1985 28-10-1987 12-12-1985 30-05-1989
FR 2618901	A	03-02-1989	NONE	
DE 3827080	A1	15-02-1990	NONE	
US 4416147	A	22-11-1983	CA 1173668 A1	04-09-1984

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2006/000410

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. G01N3/12

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
G01N G01M

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 6 161 425 A (JUNKER ET AL) 19 décembre 2000 (2000-12-19) le document en entier -----	1-48
A	FR 2 564 973 A (MANNESMANN AG) 29 novembre 1985 (1985-11-29) le document en entier -----	1-48
A	FR 2 618 901 A (VALLOUREC INDUSTRIES) 3 février 1989 (1989-02-03) le document en entier -----	1-48
A	DE 38 27 080 A1 (RHEINMETALL GMBH, 4000 DUESSELDORF, DE) 15 février 1990 (1990-02-15) le document en entier -----	1-48
	-/-	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *Z* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

2 mai 2006

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

11/05/2006

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Weaver, M

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2006/000410

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 4 416 147 A (HASHA ET AL) 22 novembre 1983 (1983-11-22) abrégé colonne 2, ligne 12 - colonne 3, ligne 45 colonne 5, ligne 8 - colonne 21, ligne 42; revendications 1-3,5-7,11,15; figures 1-7 -----	1-48

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2006/000410

Document brevet cité au rapport de recherche	.	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6161425	A	19-12-2000	AT 187248 T	15-12-1999
			WO 9738296 A1	16-10-1997
			DE 19616137 A1	16-10-1997
			EP 0892920 A1	27-01-1999
			ES 2139455 T3	01-02-2000
			PT 892920 T	31-05-2000
FR 2564973	A	29-11-1985	DE 3419500 C1	07-11-1985
			IT 1184488 B	28-10-1987
			JP 60252234 A	12-12-1985
			SU 1484304 A3	30-05-1989
FR 2618901	A	03-02-1989	AUCUN	
DE 3827080	A1	15-02-1990	AUCUN	
US 4416147	A	22-11-1983	CA 1173668 A1	04-09-1984