



(86) **Date de dépôt PCT/PCT Filing Date:** 2013/08/30
(87) **Date publication PCT/PCT Publication Date:** 2014/03/13
(85) **Entrée phase nationale/National Entry:** 2015/03/04
(86) **N° demande PCT/PCT Application No.:** FR 2013/052002
(87) **N° publication PCT/PCT Publication No.:** 2014/037654
(30) **Priorité/Priority:** 2012/09/04 (FR1258250)

(51) **Cl.Int./Int.Cl.** *G01N 3/38* (2006.01),
G01M 7/02 (2006.01), *G01N 3/32* (2006.01)

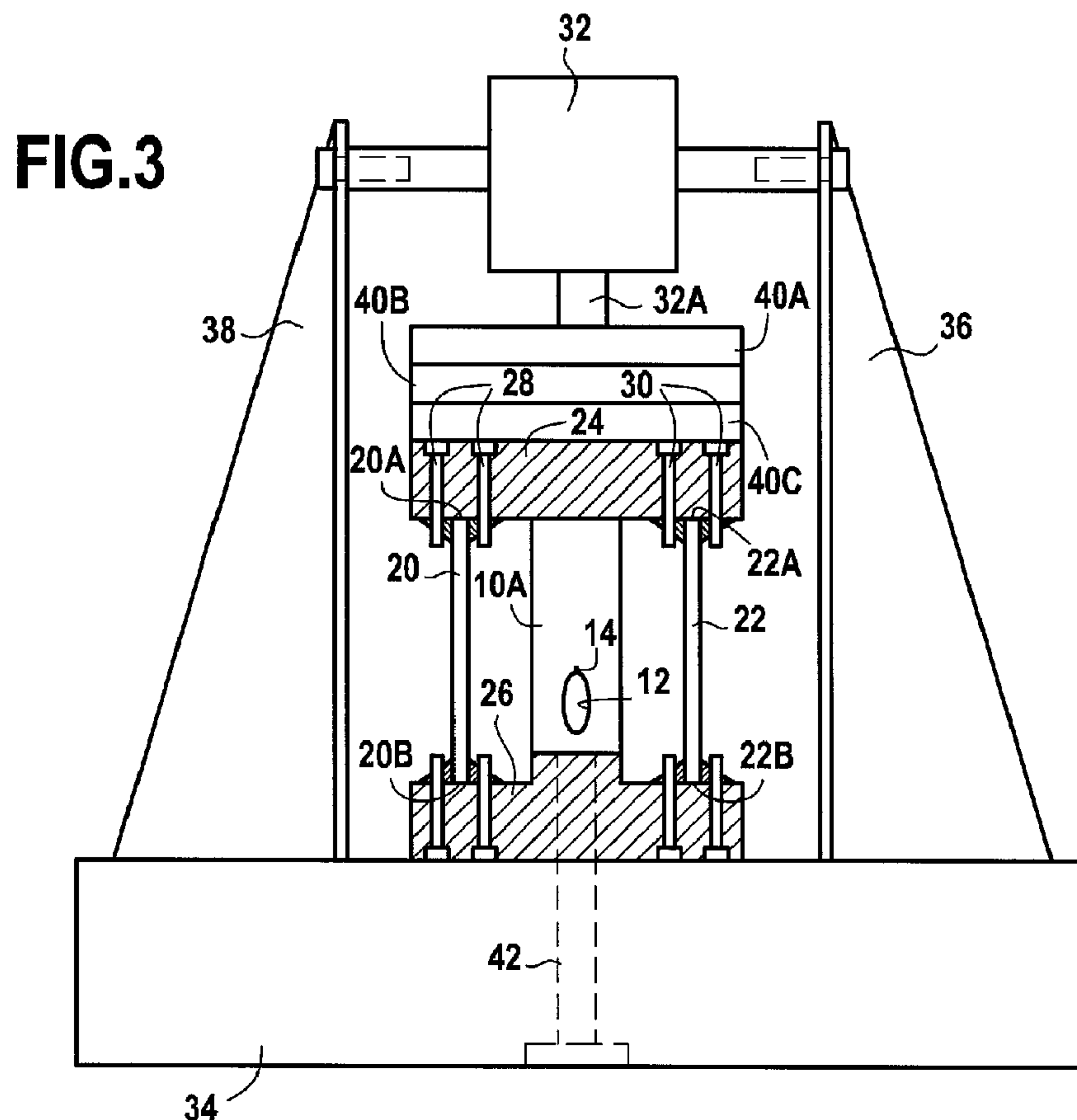
(71) **Demandeurs/Applicants:**
SNECMA, FR;
TURBOMECA, FR;
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE, FR;
ECOLE NORMALE SUPERIEURE DE CACHAN, FR

(72) **Inventeurs/Inventors:**
MARY, CAROLINE, FR;
CLUZEL, CHRISTOPHE, FR;
DE MOURA PINHO, RAUL FERNANDO, FR;
...

(74) **Agent:** GOUDREAU GAGE DUBUC

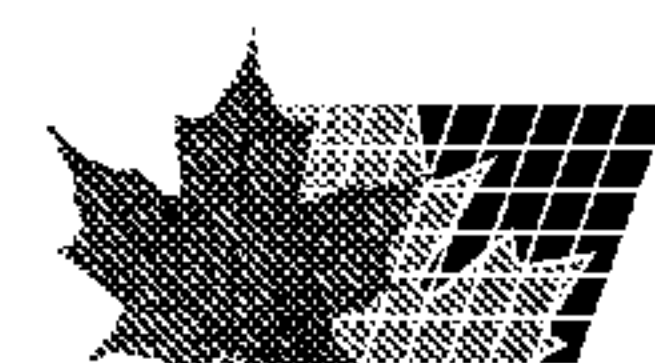
(54) **Titre : PROCEDE DE DETERMINATION EN HAUTE FREQUENCE DU SEUIL DE NON-PROPAGATION DE FISSURE PAR FATIGUE**

(54) **Title: HIGH FREQUENCY METHOD FOR DETERMINING THE NON-PROPAGATION THRESHOLD OF FATIGUE CRACKS**



(57) **Abrégé/Abstract:**

Procédé de détermination en haute fréquence du seuil de non-propagation de fissure par fatigue dans lequel on exerce, sur au moins une éprouvette comportant dans une zone d'épreuve (10A) un trou elliptique (12) ayant à un sommet une entaille (14) et



(72) **Inventeurs(suite)/Inventors(continued):** LONGUET, ARNAUD, FR; POMMIER, SYLVIE, FR; VOGEL, FRANCOIS, FR

(57) **Abrégé(suite)/Abstract(continued):**

maintenue entre deux masses rigides (24, 26), deux plaques rigides de précontrainte (20, 22) étant disposées de part et d'autre de cette éprouvette et fixées à chacune de leurs deux extrémités (20A, 22A; 20B, 22B) aux deux masses rigides, un chargement cyclique (32, 32A) dont la fréquence est choisie égale à la fréquence propre de l'ensemble éprouvette/masses/plaques de contrainte de façon à générer depuis l'entaille une fissure de fatigue, puis l'arrêt de la propagation de la fissure ayant été constaté, on relève la longueur finale de la fissure et à l'aide d'un abaque on détermine ledit seuil ΔK_{th} de non propagation de fissure par fatigue, le chargement cyclique étant obtenu par un pot vibrant électrodynamique fixé solidairement à l'aide de montants rigides à un bâti supportant les deux masses rigides et comportant une tige de poussée pour transmettre ce chargement cyclique à l'ensemble éprouvette/masses/plaques de contrainte.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
13 mars 2014 (13.03.2014)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2014/037654 A1(51) Classification internationale des brevets :
G01N 3/38 (2006.01) G01M 7/02 (2006.01)
G01N 3/32 (2006.01)(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2013/052002(22) Date de dépôt international :
30 août 2013 (30.08.2013)

(25) Langue de dépôt : français

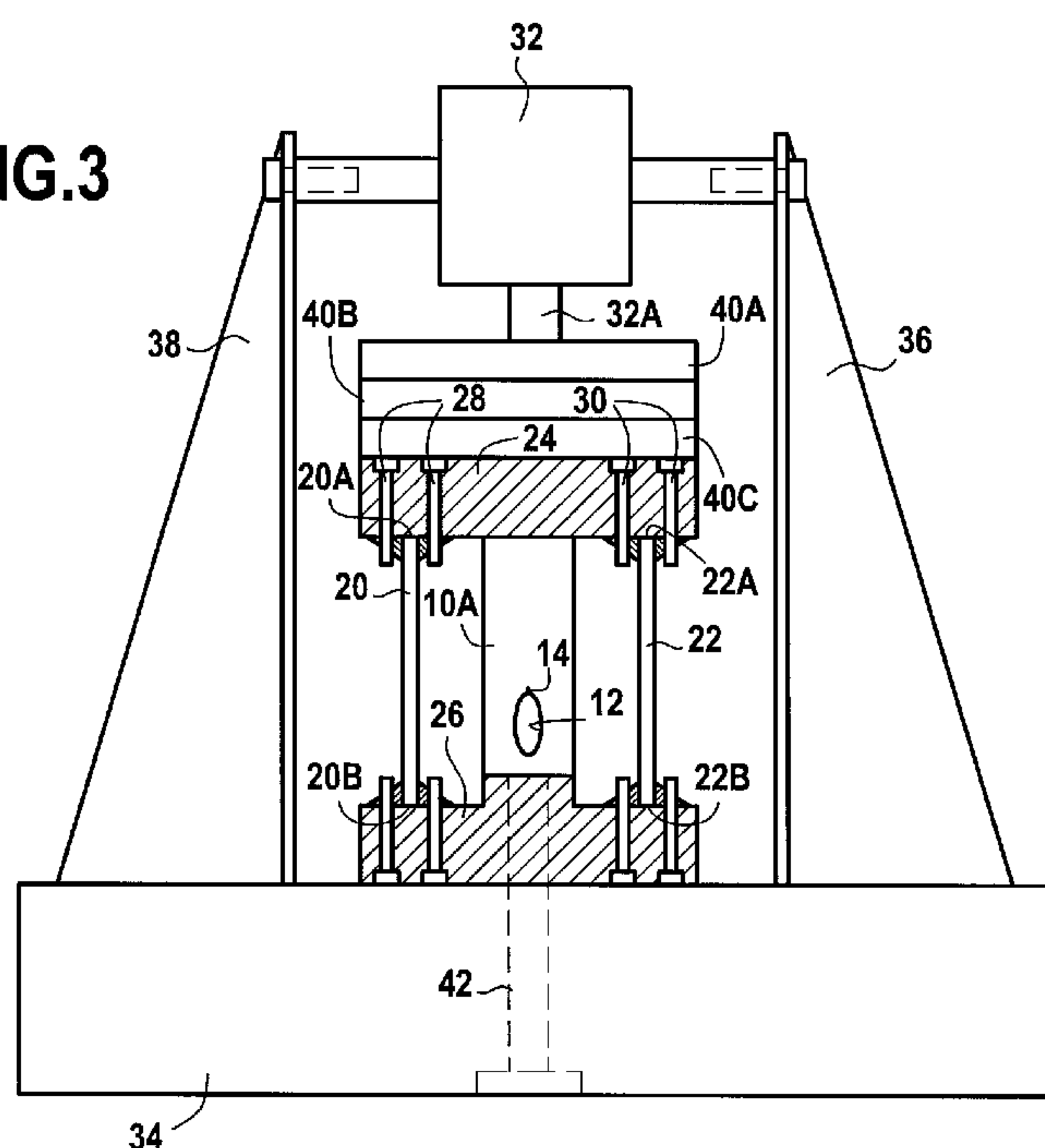
(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1258250 4 septembre 2012 (04.09.2012) FR(71) Déposants : SNECMA [FR/FR]; 2 Boulevard du Général
Martial Valin, F-75015 Paris (FR). TURBOMECA
[FR/FR]; F-64510 Bordes (FR). CENTRE NATIONAL
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE [FR/FR]; 3 rue
Michel Ange, F-75016 Paris (FR). ECOLE NORMALE
SUPERIEURE DE CACHAN [FR/FR]; 61 avenue du
Président Wilson, F-94235 Cachan (FR).(72) Inventeurs : MARY, Caroline; c/o Snecma PI (AJI),
Rond-Point René Ravaud-Réau, F-77550 Moissy-Cra-
mayel Cedex (FR). CLUZEL, Christophe; c/o ENS CA-
CHAN, 61 avenue du Président Wilson, F-94235 Cachan(FR). DE MOURA PINHO, Raul, Fernando; c/o Snecma
PI (AJI), Rond-Point René Ravaud-Réau, F-77550 Moissy-
Cramayel Cedex (FR). LONGUET, Arnaud; c/o Snecma
PI (AJI), Rond-Point René Ravaud-Réau, F-77550 Moissy-
Cramayel Cedex (FR). POMMIER, Sylvie; c/o ENS CA-
CHAN, 61 avenue du Président Wilson, F-94235 Cachan
(FR). VOGEL, François; 10 lotissement Primevère, F-
64320 Ousse (FR).(74) Mandataires : DAVID, Alain et al.; Cabinet Beau de Lo-
menie, 158 Rue de l'Université, F-75340 Paris Cedex 07
(FR).(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : HIGH FREQUENCY METHOD FOR DETERMINING THE NON-PROPAGATION THRESHOLD OF FATIGUE
CRACKS(54) Titre : PROCÉDÉ DE DÉTERMINATION EN HAUTE FRÉQUENCE DU SEUIL DE NON-PROPAGATION DE FISSURE
PAR FATIGUE

FIG.3

(57) Abstract : A high frequency method for determi-
ning the non-propagation threshold of fatigue cracks
in which a cyclic load (32, 32A) is applied to at least
one test piece comprising, in a test area (10A), an el-
liptical hole (12) having a notch (14) at one apex, and
held between two rigid masses (24, 26), two rigid
prestressing plates (20, 22) being disposed on either
side of said test piece and being secured at each of the
two ends (20A, 22A; 20B, 22B) of same to the two ri-
gid masses, the frequency of the cyclic load (32, 32A)
being chosen as equal to the natural frequency of the
test piece/masses/prestressing plates assembly so as to
generate a fatigue crack from the notch; then, when it
is observed that the crack has stopped propagating, the
final length of the crack is recorded, and said non-pro-
pagation threshold ΔK_{th} of the fatigue crack is determi-
ned using a table, the cyclic load being obtained by a
vibrating electrodynamic pot integrally attached by
means of rigid posts to a frame supporting the two ri-
gid masses and comprising a push rod to transmit said
cyclic load to the test piece/masses/prestressing plates
assembly.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2014/037654 A1

GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

Procédé de détermination en haute fréquence du seuil de non-propagation de fissure par fatigue dans lequel on exerce, sur au moins une éprouvette comportant dans une zone d'épreuve (10A) un trou elliptique (12) ayant à un sommet une entaille (14) et maintenue entre deux masses rigides (24, 26), deux plaques rigides de précontrainte (20, 22) étant disposées de part et d'autre de cette éprouvette et fixées à chacune de leurs deux extrémités (20A, 22A; 20B, 22B) aux deux masses rigides, un chargement cyclique (32, 32A) dont la fréquence est choisie égale à la fréquence propre de l'ensemble éprouvette/masses/plaques de contrainte de façon à générer depuis l'entaille une fissure de fatigue, puis l'arrêt de la propagation de la fissure ayant été constaté, on relève la longueur finale de la fissure et à l'aide d'un abaque on détermine ledit seuil ΔK_{th} de non propagation de fissure par fatigue, le chargement cyclique étant obtenu par un pot vibrant électrodynamique fixé solidairement à l'aide de montants rigides à un bâti supportant les deux masses rigides et comportant une tige de poussée pour transmettre ce chargement cyclique à l'ensemble éprouvette/masses/plaques de contrainte.

Procédé de détermination en haute fréquence du seuil de non-propagation de fissure par fatigue

5 Arrière-plan de l'invention

La présente invention concerne une méthode permettant de déterminer en haute fréquence un seuil de non-propagation de fissure par fatigue d'une aube de turbomachine.

10 Classiquement, les aubages des turboréacteurs (compresseur et turbine) sont sollicités sur une large plage fréquentielle. Cependant, les fréquences critiques sont principalement celles associées aux premiers modes de flexion des aubes, généralement situés au-delà de 500 Hz. Afin de pouvoir les dimensionner en fatigue, on peut soit déterminer des dimensions d'impacts admissibles sur ces aubes ou plus couramment
15 recourir notamment à un modèle de propagation de fissure par fatigue qui nécessite généralement d'être recalé par des données expérimentales. L'une d'entre elles est le seuil de non-propagation de fissure longue noté ΔK_{th} qui caractérise l'amplitude seuil ΔK du facteur d'intensité des contraintes (FIC) au-delà de laquelle une fissure se propage en fatigue.

20 Néanmoins, pour un matériau donné, ce seuil de non-propagation est déterminé quasi exclusivement en quasi-statique, ce qui n'est pas représentatif des niveaux de fréquences auxquelles sont soumises les aubes au cours de leur vie. De plus, certains matériaux comme le Ti-6Al-4V ou même le TiAl peuvent être sensibles aux effets de
25 l'environnement, ce qui peut se traduire également par une dépendance à la fréquence de ce seuil.

A ce jour, la détermination du seuil de non-propagation est réalisée par des méthodes où une charge décroissante est appliquée sur une éprouvette à l'aide de machines de traction hydrauliques. L'effort
30 imposé est alors asservi en facteur d'intensité des contraintes, ce qui nécessite de connaître l'évolution de la dimension de la fissure au cours de l'essai. Pour ce faire, il existe plusieurs dispositifs d'instrumentation permettant de remonter jusqu'à la dimension de la fissure en cours d'essais. Le premier repose sur une mesure de différence de potentiel à
35 partir d'un courant traversant l'éprouvette. Au fur et à mesure que la fissure se propage, la résistance obtenue, résultant de cette mesure de

différence de potentiel, augmente du fait de la réduction de la section utile dans le plan de propagation. Le deuxième repose sur la méthode dite de la complaisance dans laquelle une jauge de déformation est placée sur la face opposée de l'éprouvette où se situe à l'origine la pré-fissure et
5 lorsque la fissure se propage, pour un effort imposé donné, il peut être constaté une augmentation de la déformation mesurée. Cet effet résulte de la diminution de la raideur en traction de l'éprouvette. Avec la courbe maîtresse donnant la relation entre raideur et avancée de fissure, on remonte à la dimension de la fissure. Un troisième repose sur la méthode
10 dite du peigne dans laquelle de nombreuses jauges sont disposées de manière à former un «peigne» sur le trajet de fissuration. Lorsque la fissure atteint une jauge, celle-ci se rompt. A partir de la connaissance du nombre de jauges rompues, il est possible de remonter à la dimension de fissure. Enfin, d'autres encore reposent sur la corrélation d'images ou des
15 mesures optiques à partir desquelles la position de la pointe de fissure est estimée à l'aide d'un système télécentrique.

Toutes ces méthodes traditionnelles s'appuient sur un dispositif d'instrumentation de la dimension de la fissure en cours d'essai, ce qui permet de réguler en temps réel le facteur d'intensité de contrainte (FIC) appliqué au fond de la fissure ($FIC = b \cdot S \cdot \sqrt{\pi \cdot a}$) avec b le facteur de
20 forme de la fissure, S la contrainte appliquée et a la dimension caractéristique de la fissure). Une décroissance du FIC est ainsi appliquée et le seuil est considéré atteint dès que la vitesse d'avance de la fissure (mesurée en cours d'essais) est inférieure à une valeur donnée, par
25 exemple de 10^{-10} m/cycles, comme le propose la norme ASTM E647.

L'inconvénient majeur de ces méthodes traditionnelles est, outre le fait que la caractérisation du seuil est systématiquement réalisée en quasi-statique (1 à 30Hz) et suppose donc que la valeur de non-propagation obtenue est constante en fonction de la fréquence, ce qui
30 n'est pas exact, la nécessité de disposer d'une instrumentation in-situ de la dimension de la fissure. En effet, les dispositifs par mesure de potentiel ne sont applicables que sur un matériau conducteur et nécessitent un système d'acquisition et de traitement des données rapide pour assurer la régulation. Or, ceci n'est en général pas possible à des fréquences élevées
35 comme celles vues par les pièces et auxquelles on souhaite caractériser les matériaux (>500Hz). La méthode de la complaisance peut être

appliquée sur tout matériau homogène mais nécessite également un système d'acquisition et de traitement des données rapide pour assurer la régulation, également incompatible avec les fréquences recherchées en dimensionnement. La méthode du peigne ne conduit pas forcément à un asservissement efficace. En effet, la longueur de la fissure ne peut être déterminée que de manière discrète, c'est-à-dire aux endroits où sont positionnées les jauges. Il se peut alors que des effets de surcharge apparaissent en pointe de fissure. Enfin, les mesures optiques ne peuvent être utilisées que lorsque la vitesse de propagation de la fissure est suffisamment lente. Entre deux mesures, la variation de la longueur de fissure doit être faible pour éviter l'effet de surcharge en pointe de fissure.

Objet et résumé de l'invention

La présente invention a donc pour but de pallier les inconvénients précités en proposant un procédé de détermination en haute fréquence (>500Hz) du seuil de non propagation de fissure par fatigue d'une éprouvette structurelle dont la géométrie particulière permet cette détermination.

A cet effet, il est prévu un procédé de détermination en haute fréquence du seuil de non-propagation de fissure par fatigue dans lequel on exerce, sur au moins une éprouvette comportant dans une zone d'épreuve un trou elliptique ayant à un sommet une entaille et maintenue entre deux masses rigides, deux plaques rigides de précontrainte étant disposées de part et d'autre de ladite au moins une éprouvette et fixées à chacune de leurs deux extrémités auxdites deux masses rigides, un chargement cyclique dont la fréquence est choisie égale à la fréquence propre de l'ensemble éprouvette/masses/plaques de contrainte de façon à générer depuis ladite entaille une fissure de fatigue, puis l'arrêt de la propagation de la fissure ayant été constaté, on relève la longueur finale de la fissure et à l'aide d'un abaque on détermine ledit seuil ΔK_{th} de non propagation de fissure par fatigue, ledit chargement cyclique étant obtenu par un pot vibrant électrodynamique fixé solidairement à l'aide de montants rigides à un bâti supportant lesdites deux masses rigides et comportant une tige de poussée pour transmettre ledit chargement cyclique au dit ensemble éprouvette/masses/plaques de contrainte.

Avec ce procédé, aucune mesure de longueur de fissure en cours d'essai, ni aucun asservissement sur cette mesure ne sont plus nécessaires.

De préférence, ledit constat de l'arrêt de la fissure est effectué
5 par le comptage d'un nombre prédéterminé de chargements cycliques (typiquement compris entre 8 et 12 millions de cycles)

L'invention concerne également un dispositif d'essai permettant la détermination en haute fréquence du seuil de non-propagation de fissure par fatigue comportant :

- 10 . au moins une éprouvette comportant dans une zone d'épreuve un trou elliptique ayant à un sommet une entaille,
- . deux masses rigides entre lesquelles ladite au moins une éprouvette est maintenue,
- . deux plaques rigides de précontrainte disposées de part et d'autre de
15 ladite au moins une éprouvette et fixées à chacune de leurs deux extrémités auxdites deux masses rigides,
- . un pot vibrant électrodynamique fixé solidairement à l'aide de montants rigides à un bâti supportant lesdites deux masses rigides et comportant une tige de poussée pour transmettre à ladite au moins une éprouvette,
20 via lesdites deux masses rigides, un chargement cyclique dont la fréquence est choisie égale à la fréquence propre du dispositif de façon à générer depuis ladite entaille une fissure de fatigue dont la longueur, une fois fait le constat de l'arrêt de la propagation de la fissure, détermine ledit seuil ΔK_{th} de non propagation de fissure par fatigue.

25 Ainsi, en excitant le montage en traction dynamique sur sa fréquence propre à l'aide du pot vibrant électrodynamique on peut atteindre des niveaux de chargement suffisamment élevés pour générer une fissure de fatigue dont l'arrêt de propagation permettra la détermination du seuil de non-propagation.

30 De préférence, ce dispositif comporte en outre une ou plusieurs masses supplémentaires pour en modifiant ladite fréquence propre du dispositif varier ladite fréquence de chargement.

Avantageusement, ladite entaille est effectuée à une extrémité du grand axe dudit trou elliptique et dans la direction dudit chargement.

35 De préférence, lesdits montants sont des équerres rigides.

Avantageusement, ladite éprouvette est mise initialement en compression par une traction sur lesdites deux plaques de précontrainte obtenue par une réduction progressive d'un jeu initial existant entre une desdites extrémités desdites deux plaques de précontrainte et l'une en vis
5 à vis desdites deux masses rigides.

Selon l'invention, ladite fréquence propre du dispositif est comprise entre 300 Hz et 2000Hz.

Brève description des dessins

10 D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description faite ci-dessous, en référence aux dessins annexés qui en illustrent un exemple de réalisation dépourvu de tout caractère limitatif et sur lesquels :

- les figures 1A et 1B montrent une éprouvette mise en œuvre dans un
15 dispositif d'essai permettant la détermination du seuil de non-propagation de fissure en fatigue selon l'invention ;
- la figure 2 illustre le taux de décroissance en ΔK de l'éprouvette des figures 1A et 1B ;
- la figure 3 montre le dispositif d'essai permettant la détermination du
20 seuil de non-propagation de fissure en fatigue selon l'invention ; et
- la figure 4 illustre une variante à deux éprouvettes d'une partie du dispositif de la figure 3.

Description détaillée de l'invention

25 Selon l'invention, il est proposé d'appliquer un chargement cyclique extérieur de moyenne et d'amplitude constante sur une éprouvette structurale comportant un trou elliptique et pré-entaillée en bord de trou. La présence de ce trou elliptique génère un gradient de contrainte et son rapport d'ellipticité associé à la dimension de son $\frac{1}{2}$
30 grand axe permet alors d'assurer que le facteur d'intensité des contraintes en pointe de fissure présente le taux de décroissance désiré pour la détermination du seuil de non-propagation de fissure en fatigue. La fissure s'arrête alors d'elle-même sous ce chargement décroissant et il suffit de relever la longueur finale de la fissure arrêtée pour remonter à la
35 détermination de la valeur ΔK_{th} . Le relevé de la longueur de la fissure

sera effectué une fois l'essai terminé, le dépouillement requiert simplement l'usage d'un abaque.

Les figures 1A et 1B illustrent la géométrie de l'éprouvette nécessaire à la mise en œuvre du dispositif d'essai de l'invention.

5 L'éprouvette 10 est de préférence de forme rectangulaire et comporte dans sa partie centrale d'épreuve 10A un trou elliptique 12 engendrant un gradient de contrainte sur cette éprouvette. A un sommet du trou, plus précisément à l'extrémité de son grand axe, et dans la direction de la sollicitation (chargement), l'éprouvette comporte une entaille 14 réalisée,

10 par exemple par électroérosion (entaille EDM à front droit), de manière à pouvoir initier facilement une fissure de fatigue. Comme illustré, cette éprouvette présente de préférence une épaisseur réduite dans la zone d'épreuve 10A.

En effet, lorsque l'éprouvette est soumise à un chargement de

15 compression, des contraintes de traction apparaissent au bord du trou, du fait de l'effet Poisson élastique. Avec un chargement cyclique de compression (ou de traction-compression), la fissure s'ouvre et se referme à chaque cycle et donc se propage par fatigue. En l'absence de fissure, la contrainte est positive au bord du trou, diminue progressivement dans la

20 zone de concentration de contrainte et tend vers zéro lorsqu'on s'éloigne du trou. Par conséquent, si une fissure se propage depuis le bord du trou, plus la longueur de propagation est élevée et plus le facteur d'intensité des contraintes (FIC) est faible. La fissure de fatigue s'arrête lorsque l'amplitude du facteur d'intensité des contraintes atteint le seuil de non

25 propagation ΔK_{th} pendant la phase de propagation.

La forme du trou elliptique conditionne le taux de décroissance du facteur d'intensité des contraintes avec l'avancée de fissure. Il est donc important de dimensionner ce trou elliptique (grand axe et rapport petit axe sur grand axe) afin d'obtenir la courbe ΔK en fonction de la longueur

30 de fissure voulue. Le taux de décroissance de ΔK diminue si le rapport petit axe sur grand axe augmente et si la dimension du petit axe diminue. Un taux optimal de décroissance permet à la fois d'éviter les effets de surcharges en pointe de fissure et de diminuer l'incertitude sur la mesure de la longueur de la fissure (et donc sur le calcul de ΔK_{th}) lorsque celle-ci

35 s'est arrêtée de se propager.

La figure 2 illustre ce taux de décroissance qui est, selon la norme précitée, exprimé par la formule suivante :

$$\Delta K(x)/\Delta KO = \exp(-0,08.x)$$

où x est la distance entre la pointe de fissure et le bord du trou elliptique (en mm) et ΔKO l'amplitude maximale atteinte par ΔK près du trou elliptique.

Lors du dimensionnement de l'éprouvette, on doit donc veiller à ce que la variation du ΔK avec l'avancée de fissure, générée par le trou elliptique 12 et l'entaille 14, permette d'encadrer le seuil attendu. En effet, c'est la géométrie de l'éprouvette qui pilote l'évolution du facteur d'intensité des contraintes avec l'avancée de fissure. Par exemple, pour une éprouvette rectangulaire dont les dimensions de la zone d'épreuve 10A sont de 70 x 30 x 3 (longueur, largeur et épaisseur en millimètres), le centre de l'ellipse ayant un grand axe de 24mm et un petit axe de 12mm est positionné à 25mm de la limite basse de cette zone d'épreuve. L'entaille est réalisée sur 1,5mm à partir du sommet du grand axe de l'ellipse et dans le prolongement de ce grand axe.

Le dispositif d'essai permettant la détermination en haute fréquence du seuil de non-propagation de fissure par fatigue est illustré à la figure 3. L'éprouvette 10 est soumise à une précharge statique par deux plaques rigides de précontrainte 20, 22 (en matériau composite par exemple) disposées de part et d'autre de l'éprouvette et fixées par une extrémité 20A, 22A à l'une de deux masses rigides 24, 26 entre lesquelles l'éprouvette est encastrée, l'autre extrémité 20B, 22B de ces deux plaques étant fixée avec un jeu initial à l'autre 22 de ces deux masses. Ce jeu initial peut être introduit avec la masse rigide du haut 24 ou celle du bas 26 mais, avantageusement, la réduction progressive de ce jeu initial est effectuée au niveau des attaches avec la masse rigide du haut par une paire de vis de fixation 28, 30 permettant alors en agissant en traction sur ces deux plaques de précontrainte de mettre l'éprouvette en compression. Les masses 24, 26 permettent d'ajouter de la rigidité et de modifier la fréquence propre de l'ensemble éprouvette/plaques de précontrainte.

La sollicitation vibratoire du montage ainsi obtenu est réalisée à l'aide d'un pot vibrant électrodynamique 32 fixé rigidement au bâti du dispositif, par exemple un marbre support 34, et transmettant au montage formé des masses et des plaques de précontrainte rigides entourant

l'éprouvette, via une ou plusieurs masses supplémentaires 40A-40C, l'effort délivré par le pot vibrant. Afin d'obtenir le maximum de déformation à chaque cycle en traction sur l'éprouvette, la fréquence du chargement est prise égale à la fréquence propre en traction du montage.

5 Comme cette dernière est égale à la racine carrée de la raideur du système (éprouvette + plaques de pré contrainte) divisée par la masse en mouvement, l'adjonction ou le retrait des masses supplémentaires 40A-40C permet de faire varier cette fréquence propre et donc de réaliser des essais de mesure du seuil de non-propagation de fissure ΔK_{th} à différentes
10 fréquences, des hautes fréquences de préférence comprises entre 300 Hz et 2000Hz. L'amplification modale étant importante, pour un effort imposé relativement faible, les déformations sur l'éprouvette peuvent être importantes tout comme le facteur d'intensité des contraintes appliqué en pointe de fissure.

15 L'arrêt de la propagation de la fissure est constaté simplement par un comptage du nombre de sollicitations effectuées, de préférence compris entre 8 et 12 millions de cycles. Cette valeur est choisie à partir d'une estimation de l'ordre de grandeur du seuil ΔK_{th} et de la vitesse de propagation. La sollicitation cyclique peut donc aussi être arrêtée et
20 l'éprouvette retirée du dispositif afin de relever la longueur finale de la fissure et à l'aide d'un abaque de déterminer ledit seuil ΔK_{th} de non propagation de fissure par fatigue.

Il convient bien entendu de fixer rigidement par des moyens de fixation, par exemple de type vis 42 le montage sur le marbre support 34.
25 En effet, tout décollement, même simplement local de ce dernier, peut entraîner une perte dans la transmission de l'énergie mécanique délivrée par le pot vibrant électrodynamique 32 au montage et donc également à l'éprouvette 10.

Ainsi, avec les éprouvettes précédentes, on obtient les résultats
30 suivants : Pour un rapport de charge de 0.7 correspondant à une amplitude de contrainte sur l'éprouvette de 80,7 MPa et une fréquence de sollicitation de 803 Hz, la fissure a parcouru avant arrêt 8,6 mm. En utilisant l'abaque, on détermine ΔK_{th} comme étant égal à 2,7 MPa.v_m.

On notera que si dans la description précédente il a été fait
35 référence à un montage en traction, il est clair qu'un chargement de type flexion est aussi envisageable. Notamment, comme l'illustre la figure 4, si

le montage contient deux éprouvettes 52, 54 au lieu d'une seule et que l'écart entre les deux éprouvettes est suffisamment élevé, alors même si le chargement imposé sur le montage formé des deux masses 56, 58 et des deux plaques de précontrainte 60, 62 est de type flexion, le champ de
5 contraintes appliqué sur l'une ou l'autre des éprouvettes est quasi-assimilable à de la traction.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de détermination en haute fréquence du seuil de non-propagation de fissure par fatigue dans lequel on exerce, sur au moins
5 une éprouvette (10 ; 52, 54) comportant dans une zone d'épreuve (10A) un trou elliptique (12) ayant à un sommet une entaille (14) et maintenue entre deux masses rigides (24, 26 ; 56, 58), deux plaques rigides de précontrainte (20, 22 ; 60, 62) étant disposées de part et d'autre de ladite
10 au moins une éprouvette et fixées à chacune de leurs deux extrémités (20A, 22A ; 20B, 22B) auxdites deux masses rigides, un chargement cyclique dont la fréquence est choisie égale à la fréquence propre de l'ensemble éprouvette/masses/plaques de contrainte de façon à générer depuis ladite entaille une fissure de fatigue, puis l'arrêt de la propagation
15 de la fissure ayant été constaté, on relève la longueur finale de la fissure et à l'aide d'un abaque on détermine ledit seuil ΔK_{th} de non propagation de fissure par fatigue, ledit chargement cyclique étant obtenu par un pot vibrant électrodynamique (32) fixé solidairement à l'aide de montants rigides (36, 38) à un bâti (34) supportant lesdites deux masses rigides et comportant une tige de poussée (32A) pour transmettre ledit chargement
20 cyclique au dit ensemble éprouvette/masses/plaques de contrainte.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit constat de l'arrêt de la fissure est effectué par le comptage d'un nombre prédéterminé de chargements cycliques.
25
3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que ledit nombre prédéterminé est compris entre 8 et 12 millions de cycles de chargement.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en
30 ce que ladite fréquence propre est comprise entre 300 Hz et 2000Hz.
5. Dispositif d'essai permettant la détermination en haute fréquence du seuil de non-propagation de fissure par fatigue comportant :
35 . au moins une éprouvette (10 ; 42, 44) comportant dans une zone d'épreuve (10A) un trou elliptique (12) ayant à un sommet une entaille (14),

- . deux masses rigides (20, 22 ; 46, 48) entre lesquelles ladite au moins une éprouvette est maintenue,
- . deux plaques rigides de précontrainte (24, 26 ; 50, 52) disposées de part et d'autre de ladite au moins une éprouvette et fixées à chacune de leurs
- 5 deux extrémités (24A, 26A ; 24B, 26B) auxdites deux masses rigides,
- . un pot vibrant électrodynamique (32) fixé solidairement à l'aide de montants rigides (36, 38) à un bâti (34) supportant lesdites deux masses rigides et comportant une tige de poussée (32A) pour transmettre à ladite au moins une éprouvette, via lesdites deux masses rigides, un chargement
- 10 cyclique dont la fréquence est choisie égale à la fréquence propre du dispositif de façon à générer depuis ladite entaille une fissure de fatigue dont la longueur, une fois fait le constat de l'arrêt de la propagation de la fissure, détermine ledit seuil ΔK_{th} de non propagation de fissure par fatigue.
- 15
- 6. Dispositif d'essai selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il comporte en outre une ou plusieurs masses supplémentaires (40A-40C) pour en modifiant ladite fréquence propre du dispositif varier ladite fréquence de chargement.
- 20
- 7. Dispositif d'essai selon la revendication 5 ou la revendication 6, caractérisé en ce que ladite entaille est effectuée à une extrémité du grand axe dudit trou elliptique et dans la direction dudit chargement.
- 25
- 8. Dispositif d'essai selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que ladite éprouvette est mise initialement en compression par une traction sur lesdites deux plaques de précontrainte obtenue par une réduction progressive d'un jeu initial existant entre une
- 30 desdites extrémités desdites deux plaques de précontrainte et l'une en vis à vis desdites deux masses rigides.
- 9. Dispositif d'essai selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que lesdits montants sont des équerres rigides.

1/2

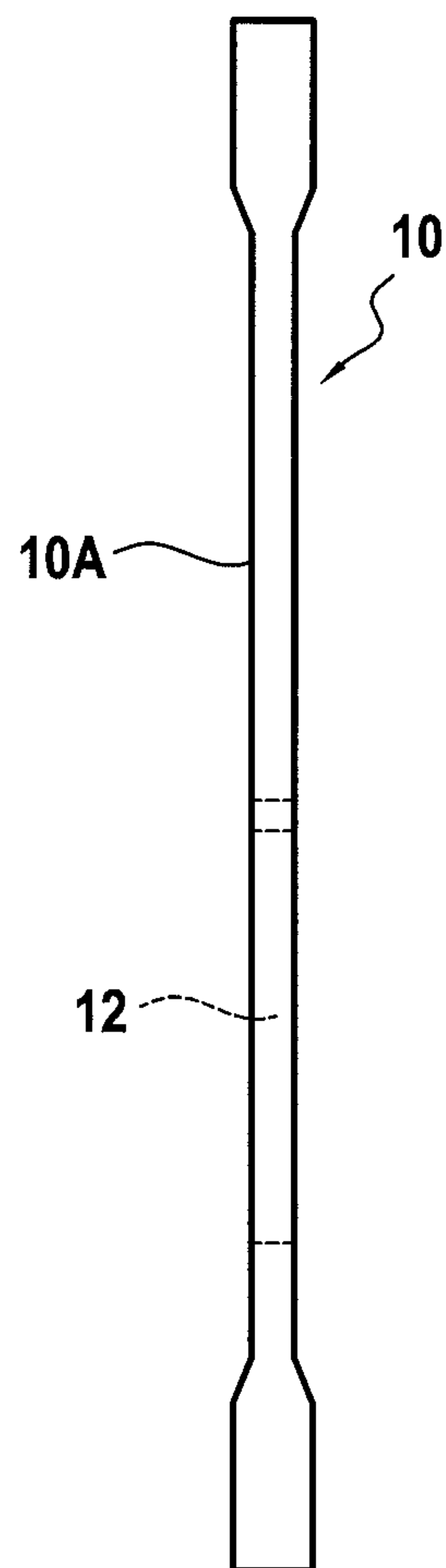


FIG.1B

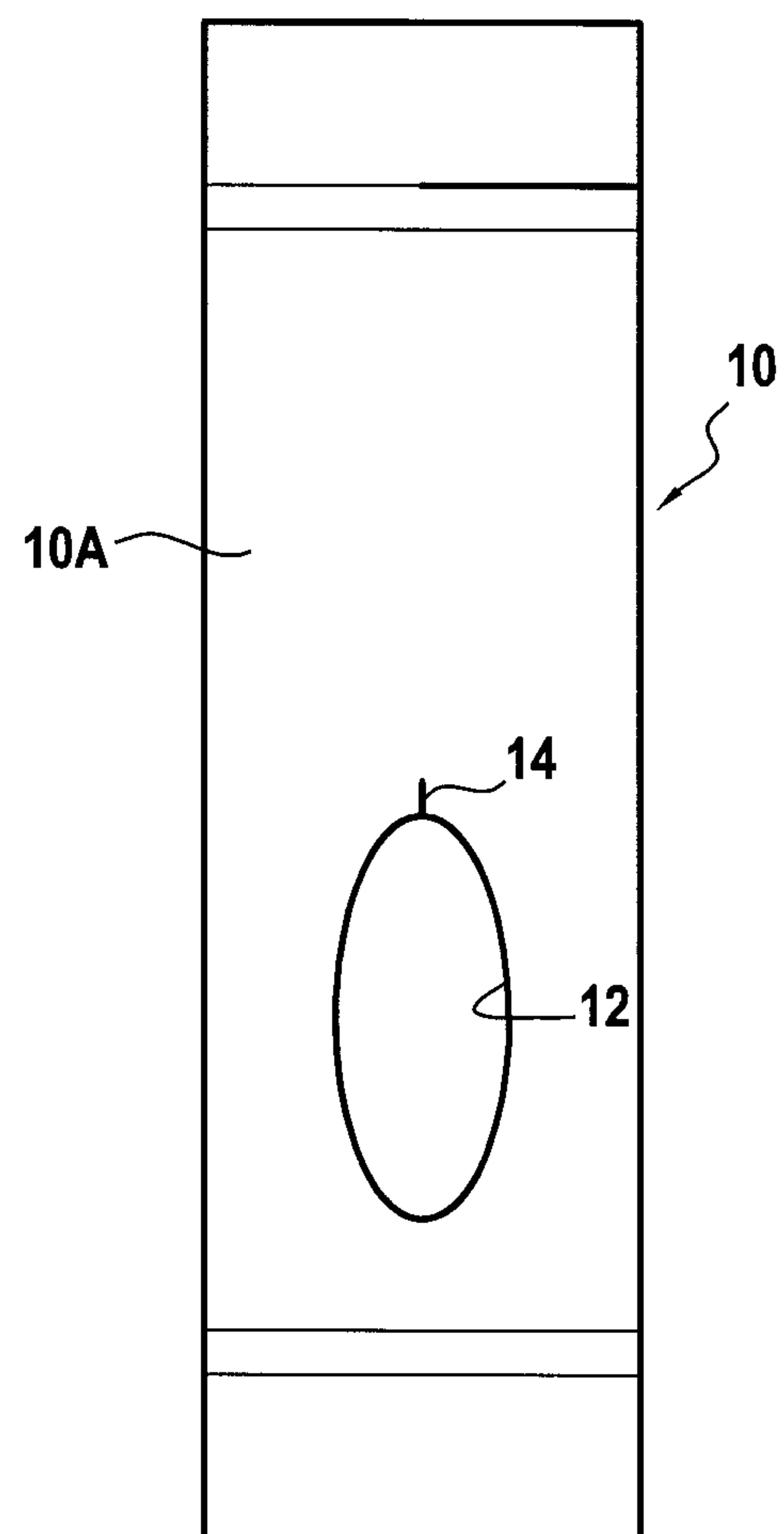


FIG.1A

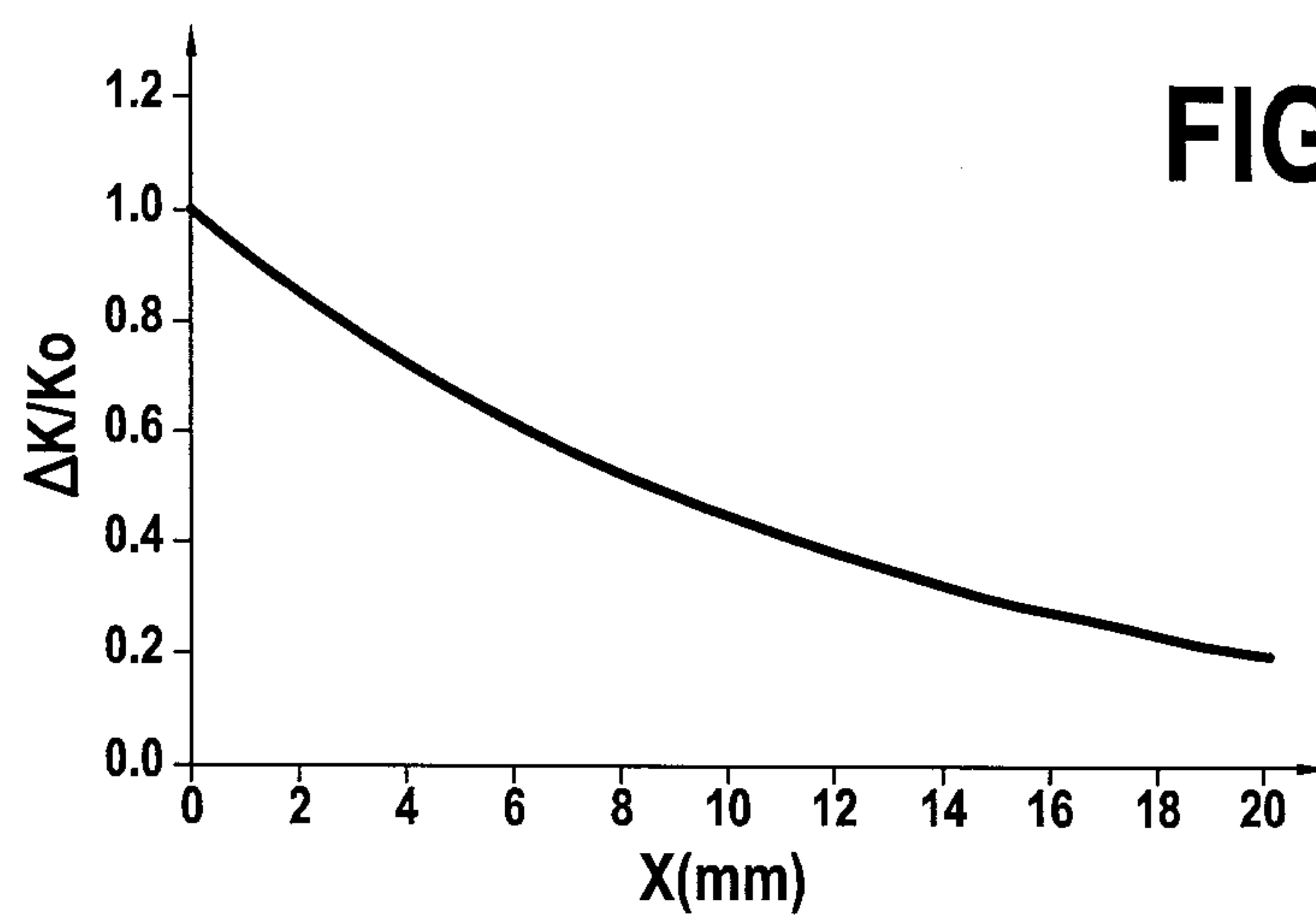


FIG.2

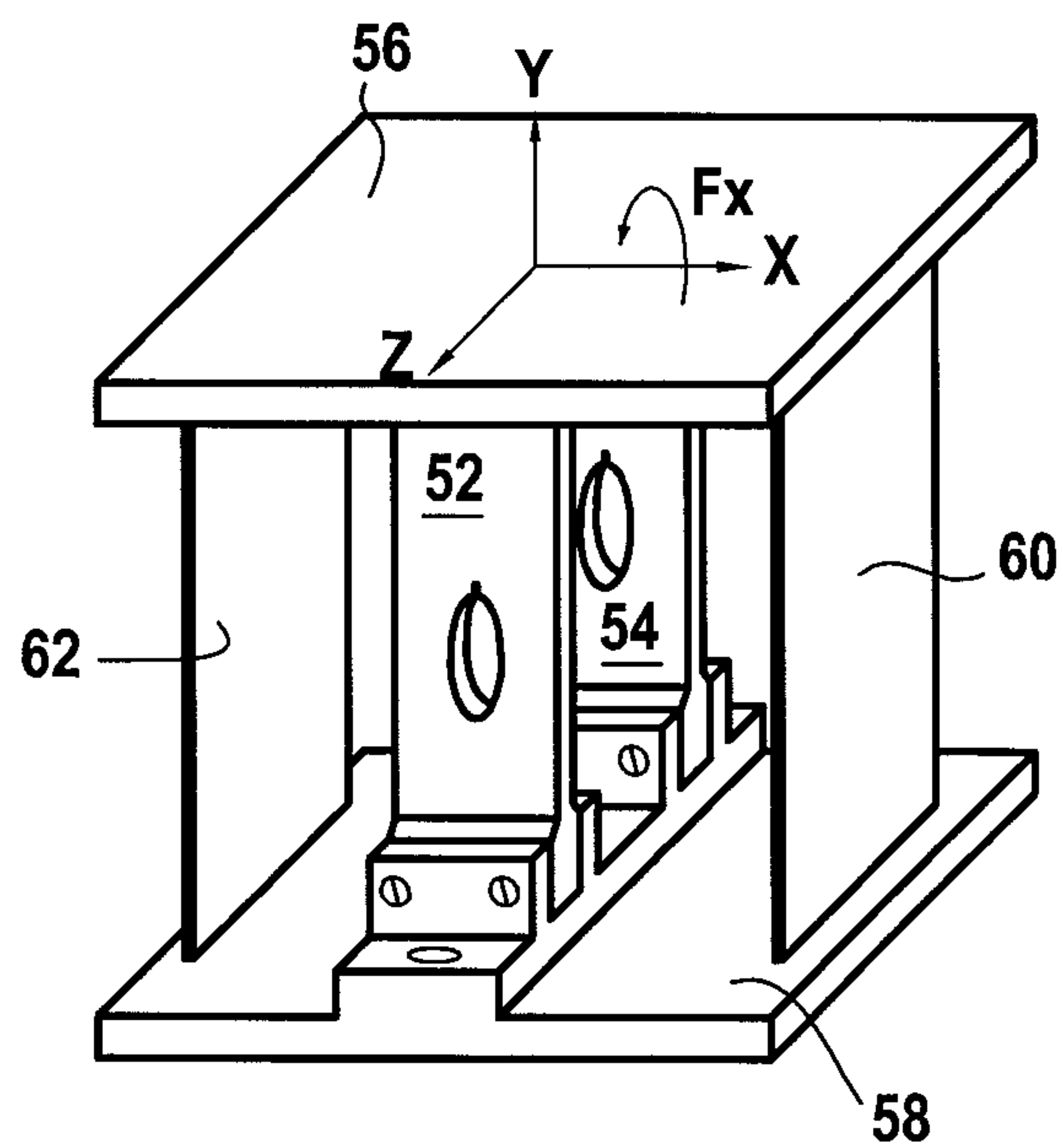
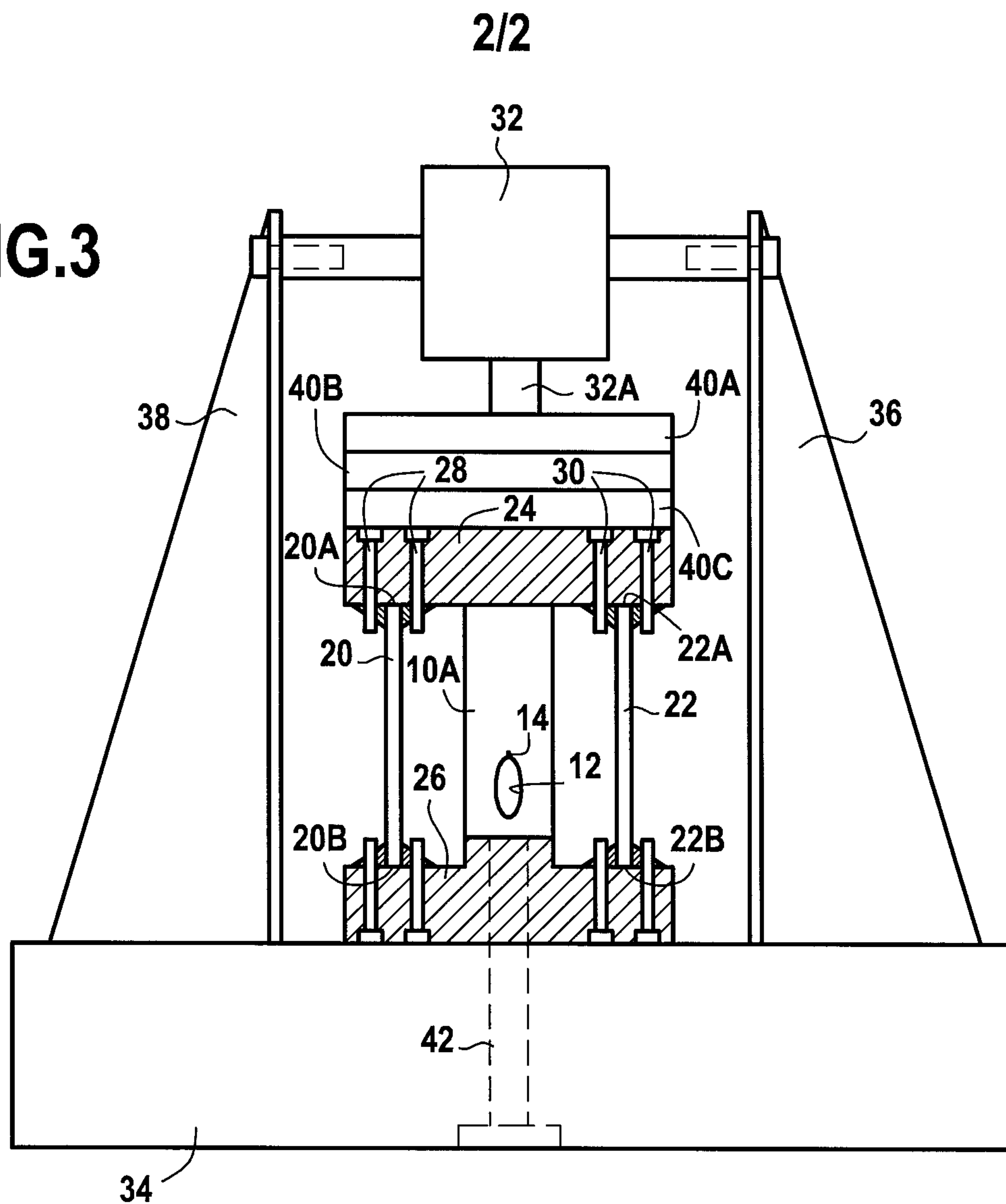
FIG.3**FIG.4**

FIG.3

