

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 79 32073

(54) Procédé et appareillage de visée optique pour la détermination de la position de corps portés à haute température.

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³): G 02 B 23/14; G 01 M 11/00; G 01 N 3/06 // F 02 K 11/00.

(22) Date de dépôt..... 28 décembre 1979.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 27 du 3-7-1981.

(71) Déposant : OFFICE NATIONAL D'ETUDES ET DE RECHERCHES AEROSPATIALES, par abré-
viation ONERA, résidant en France.

(72) Invention de : Jacques Poupeau.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : André Netter, conseil en brevets d'invention,
40, rue Vignon, 75009 Paris.

L'invention a pour objet un appareillage pour la visée optique de corps portés à haute température en vue d'en étudier le comportement lorsqu'ils sont soumis simultanément à des effets mécaniques et à des effets thermiques intenses.

5 C'est le cas, notamment, de l'étude d'ablation de matériaux destinés à constituer des tuyères de propulseurs à réaction ou des ogives de fusées. C'est aussi le cas des essais mécaniques pratiqués à chaud sur des éprouvettes bridées sur des machines d'essai de traction ou de compression.

10 Dans certains procédés prévus pour étudier les conditions d'ablation, on soumet la face frontale d'une éprouvette simultanément à l'impact d'un faisceau laser, qui porte sa température à une valeur très élevée, et à un jet gazeux qui provoque une érosion locale.

15 Il est impératif que certaines des conditions d'essai restent constantes au cours du temps, en particulier, que la position de la face frontale ne varie pas. Or, du fait même de l'ablation du matériau, ladite face frontale, si aucune mesure n'est prise, se déplace progressivement par rapport au plan focal du faisceau laser.

20 On a proposé d'intégrer l'éprouvette dans une boucle d'asservissement propre à maintenir constante la position de la face frontale de l'éprouvette.

25 Dans l'appareillage connu, la face frontale de l'éprouvette est interposée sur le trajet d'un second faisceau laser, de visée, tombant sur un récepteur photo-électrique.

L'ablation de la face frontale fait varier l'occultation du faisceau de visée, de sorte que le récepteur photo-électrique fournit un signal variable mis à profit pour commander l'asservissement.

30 Le fonctionnement d'une telle installation n'est pas pleinement satisfaisant. D'une part, en effet, l'énergie reçue par le récepteur photo-électrique recevant le faisceau laser de visée dépend non seulement de l'occultation du faisceau incident, mais aussi de la lumière ambiante et de la nature du milieu traversé par le faisceau. A cet égard, le plasma qui se forme à proximité de la face frontale et les particules qui s'en détachent jouent un rôle perturbateur sensible qui introduit des erreurs dans la détermination de la position de l'éprouvette et fausse les mesures.

L'utilisation d'un filtre interférentiel, à bande passante étroite, ne résout pas ces difficultés, même si le faisceau laser de visée a une énergie relativement grande.

5 Le procédé et l'appareillage selon l'invention éliminent ces inconvénients.

10 Le procédé est caractérisé par ce fait qu'il fait application de l'énergie lumineuse émise par un point d'une plage de la face frontale même de l'éprouvette recevant le faisceau laser de chauffage pour en tirer une information sur la position de ladite face frontale.

15 Dans l'appareillage selon l'invention, un dispositif optique de visée est interposé entre ladite face frontale et une cellule photosensible et forme sur la cellule l'image du point visé, de telle manière que la variation de la position de la face frontale sous l'effet de l'ablation se traduise, pour ladite cellule photosensible, par une variation de la quantité de lumière reçue, de telle sorte que le signal délivré par ladite cellule constitue le signal de commande d'un asservissement qui ramène ladite face frontale
20 dans sa position initiale.

25 Le dispositif optique comprend au moins une lentille interposée entre la cellule et la face frontale; la cellule reçoit alors une quantité de lumière maximale émanant de la face frontale vue par sa tranche aussi longtemps que ladite face frontale est dans le plan de référence ou plan d'ablation, et en reçoit moins si la face frontale s'écarte dudit plan d'ablation.

30 Dans l'étude du phénomène d'ablation à haute température, l'appareillage comprend également un pyromètre, dirigé sur la face frontale, et à partir duquel l'appareillage est rendu opératoire seulement lorsque la température de ladite face atteint la valeur souhaitée pour le déroulement de l'essai.

35 L'invention s'applique également dans le cas où la variation de position du point visé de l'éprouvette est provoquée par une action autre que l'ablation.

40 L'invention vise ainsi un appareillage destiné à mesurer le déplacement d'un corps soumis à un essai mécanique à chaud par exemple d'une éprouvette soumise à un essai de traction, de compression, ou à des essais de fatigue, par observation d'un repère porté par l'éprouvette. Le dispositif d'asservisse-

ment comprend alors un dispositif optique comportant un objectif visant le repère, une cellule photosensible et une lame orientable à faces planes parallèles interposée entre l'objectif et la cellule.

5 L'invention prévoit, également dans cette application, l'emploi d'un pyromètre visant le repère pour rendre opératoire l'appareil lorsque la température du point visé atteint la valeur souhaitée.

Dans la description qui suit, faite à titre d'exemple, 10 on se réfère aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est un schéma d'une installation;
- la figure 2 est une vue schématique en coupe d'une partie de l'installation;
- la figure 3 est une vue d'une autre partie de l'ins- 15 tallation; et
- la figure 4 est une vue schématique d'une installation pour une autre application.

L'éprouvette 21 (figure 1) est en un matériau dont les propriétés d'ablation à haute température sont à déterminer ou 20 à contrôler. Elle est de forme générale cylindrique et a une face frontale 22 portée à température élevée, par l'action d'un faisceau laser 23 dont l'énergie est concentrée sur ladite face frontale et y est uniformément répartie.

La face frontale 22 (figure 2) est, simultanément, sou- 25 mise à l'action ablative d'un flux de gaz fourni par un conduit 24, par exemple en forme de demi-tuyère, dont une paroi plane 25 forme avec un bloc 26, dont une face 27 sert au guidage du flux gazeux, un intervalle 28 pour l'élimination de la couche limite de l'écoulement.

30 L'extrémité de l'éprouvette 21 opposée à la face frontale 22, terminée par un embout 29 (figure 3), est emmanchée dans un réceptacle 31 porté par une tige 32 solidaire de l'arbre 33 d'un moteur 34 pour la mise en rotation de l'éprouvette 21 autour de son axe 35 en vue de l'homogénéisation de la 35 température de la face frontale 22 malgré l'action unilatérale de refroidissement provoquée par le flux de gaz, schématisé en 36. Le moteur 34 est porté par un support 37, propre à se déplacer dans un sens et dans l'autre, comme montré par la double flèche, parallèlement à l'axe 35, sous l'action d'un 40 moteur pas à pas 38 faisant partie d'une unité de translation

39, à vis.

L'éprouvette 21, le support 37 et l'unité de translation 39 font partie d'un dispositif d'asservissement 41 (figure 1) dont la partie électronique comprend une photodiode 42. Celle-ci est placée sur l'axe optique 43 d'une lentille 44, ledit axe étant contenu dans le plan 10 de la surface 27, dans lequel doit rester la surface frontale 22 pour satisfaire les conditions de l'essai d'ablation. La photodiode 42 est dans le plan image correspondant au "plan" objet de la face frontale 22 dans un dispositif optique comprenant la lentille 44, la distance entre la photodiode 42 et la lentille 44 étant supérieure à celle de la distance entre la lentille 44 et la face frontale 22, dans la proportion souhaitée pour obtenir un grandissement du déplacement de l'objet constitué par ladite face frontale.

La photodiode 42 est avantageusement précédée par un filtre interférentiel 45 à bande étroite centrée sur une longueur d'onde choisie d'après l'examen du spectre d'émission du plasma. En outre, le filtre 45 réduit l'intensité lumineuse et évite la saturation de la photodiode. Enfin, le filtre 42 ne laisse passer que la lumière émise par l'échantillon et arrête la lumière émise par le plasma.

Un dispositif de visée reflex comme une lame semi-transparente 46 est interposée entre la lentille 44 et le filtre interférentiel 45 et le faisceau 47 qu'elle fournit, à partir du faisceau 48 de lumière émanant de la face frontale 22 ayant traversé la lentille 44, converge vers le point de croisement 49 d'un réticule 51 précédant un oculaire 52.

La photodiode 42 fait partie d'un circuit 53 parvenant à une première entrée 54 d'un amplificateur opérationnel 55 dont l'autre entrée 56 est mise à la masse et qui comprend, entre son entrée 54 et sa sortie 57, un circuit dérivé 58 comprenant une résistance réglable 59. La sortie 57 est reliée à une entrée 61 d'un amplificateur-additionneur 62, et sur la seconde entrée 63 est appliquée une tension de référence, ajustable, comme fournie par un dispositif 64. La sortie 65 de l'amplificateur-additionneur 62 est appliquée à l'entrée 66 d'une porte analogique 67 qui s'ouvre lorsqu'est appliqué à sa seconde entrée 68 un signal électrique correspondant à l'état logique "1" alors qu'elle reste fermée lors-

qu'est appliqué un signal électrique correspondant à l'état "0". La seconde entrée 68 est reliée à la sortie 69 d'une bascule ou trigger 71 à seuil réglable, comme schématisé par le circuit 72, fournissant les états logiques "0" et "1"; le facteur de déclenchement, ou seuil de validation, appliqué à l'entrée 73 est un signal fourni à la sortie 74 d'un pyromètre 75 visant la face frontale 22. Ce seuil est choisi en fonction de la température de paroi de l'échantillon correspondant à la température d'ablation caractéristique du matériau étudié.

Le fonctionnement est le suivant :

Initialement, l'éprouvette est placée, à l'aide du moteur 38, commandable indépendamment du facteur provenant de la boucle d'asservissement 41, en une position pour laquelle la face frontale 22 est dans le plan 10 contenant la photodiode 42. Le faisceau laser 23 de chauffage est projeté sur la face frontale 22. Aussi longtemps que la température de ladite face frontale n'atteint pas une valeur prédéterminée, comme observé par le pyromètre 75, c'est un signal correspondant à l'état "0" qui est appliqué à l'entrée 68 de la porte analogique 67 et la boucle d'asservissement 41 reste ouverte. Lorsque ladite valeur de température est atteinte, c'est un signal correspondant à l'état "1" qui est appliqué à l'entrée 68 et la boucle d'asservissement est fermée.

Dès que, par suite de l'ablation, la face frontale 22 s'éloigne du plan 10, la photodiode 42 n'est plus éclairée par l'énergie lumineuse issue de ladite face frontale. Il en résulte un signal dans le circuit 53 qui est appliqué à l'entrée 54 de l'amplificateur 55.

Ce signal est additionné dans l'amplificateur 62 avec le signal de référence 63 et, si la température de la surface frontale 22 est suffisante, comme vérifié par le pyromètre 75, la porte logique 67 est ouverte et un signal est appliqué à l'entrée d'un dispositif électronique de commande 81 du moteur pas à pas 38 et ramène l'éprouvette 21 dans sa position pour laquelle la face frontale 22 coïncide avec le plan 10. L'unité de translation 37 se déplace dans un sens ou dans l'autre selon la polarité du signal analogique appliqué à son entrée, avec une vitesse proportionnelle à la valeur efficace de ce signal.

Pour un réglage initial, l'observation à travers l'oculaire 52 permet, à l'aide d'une transmission schématisée par la ligne 82 de déplacer la lentille 44 perpendiculairement au plan 10 et ainsi l'image de la face 22 par ladite
5 lentille 44 dans le plan image.

Le circuit 58 permet le réglage du niveau du signal fourni par l'amplificateur 55.

En modifiant, à l'aide du dispositif 64, la tension de référence appliquée à l'entrée 63 de l'amplificateur-
10 additionneur 62, on règle la position de la face frontale 22 par rapport au plan 10 pour laquelle le dispositif d'asservissement devient opératoire.

Le fait que c'est la lumière issue de l'échantillon qui sert à piloter le dispositif d'entraînement de l'éprouvette,
15 supprime l'inconvénient résultant de la présence de la zone absorbante au voisinage de la surface en ablation.

La présence de fumées ou de matières absorbantes n'entraîne pas de perturbations.

L'installation est compacte et peu sensible aux vibrations
20 mécaniques résultant du fonctionnement des moyens d'ablation.

On se réfère maintenant à la figure 4.

Une éprouvette 101, comprenant les têtes habituelles 102 et 103, est interposée entre deux faces opposées 104 et 105 d'un bâti, la chaîne d'interposition soumettant l'éprouvette
25 à une influence physique; elle comprend par exemple une machine de traction-compression 106 ainsi qu'un dynamomètre 107.

Le corps 108 de l'éprouvette porte un premier repère 109, près de la tête 102, et un second repère 111, près de la tête 103.

30 L'éprouvette est chauffée par induction, par un circuit dont les extrémités sont montrées en 109A, 110A et qui comprend des spires 112 et 113, à une température pour laquelle les repères 109 et 111 deviennent lumineux. Un objectif de microscope 114 a son axe 115 dirigé vers le repère triangulaire 109, par exemple vers le sommet 116 de celui-ci éloigné
35 de la tête 102. L'image de l'arête 116 fournie par l'objectif 114 est formée sensiblement sur une cellule photosensible 110 d'un récepteur photo-électrique 117 après traversée d'une lame à faces parallèles 118 dont le plan moyen est un plan diamé-
40 tral d'un disque 119 qui la porte et propre à tourner dans un

sens ou dans l'autre autour de son axe 121 perpendiculaire à l'axe 115 de l'objectif 114.

La sortie 122 du récepteur photo-électrique est appliquée à l'entrée 123 d'un amplificateur opérationnel 124 dont le gain peut être réglé par une résistance 125. La sortie 126 de l'amplificateur 124 est appliquée à l'entrée 127 d'un amplificateur-additionneur 128 sur la seconde entrée 129 duquel est appliquée une tension de référence, provenant d'un dispositif 131, ajustable. La sortie 132 de l'amplificateur-additionneur 128 est appliquée à la première entrée 133 d'un diviseur 134 dont la seconde entrée 135 est reliée par un circuit 136 à la sortie 137 d'un pyromètre 138 dont l'axe 139 est dirigé vers le repère 109. La sortie 141 du diviseur 134 est reliée à l'entrée 142 d'une porte analogique 143 contrôlée par la sortie 144 d'une bascule ou trigger 145 reliée par un circuit 145 à la sortie 137 du pyromètre 138. La sortie 151 de la porte analogique 143 est reliée par un circuit 152 à l'entrée 153 d'un dispositif électronique 154 de commande, par un circuit 155, d'un moteur électrique pas à pas 156 propre à entraîner dans un sens ou dans l'autre le disque ou platine 119.

Le fonctionnement est le suivant :

Dès que, par suite de l'allongement, par exemple, que prend l'éprouvette 101, sous l'action de la machine de traction, l'arête 116 du repère 109 s'écarte de la position de réglage, de l'énergie lumineuse traverse l'objectif du microscope qui donne de l'arête 116 une image sur la cellule 110 jusqu'alors non éclairée. Le signal présent à la sortie 122 est, après amplification dans l'amplificateur 124, nouvelle amplification et addition dans l'amplificateur 128, appliqué à l'entrée 133 de l'amplificateur diviseur 134. Le signal résultant, présent à la sortie 141, est appliqué à l'entrée 142 de la porte analogique 143 qui est ouverte seulement si le pyromètre 138 a vérifié que la température de l'éprouvette est à la valeur souhaitée. Le signal appliqué à l'entrée 153 du dispositif électronique 154 modifie, par rotation de la platine 119, l'inclinaison des faces parallèles de la lame 118 pour que l'image de l'arête 115 dans le plan de la cellule 110 reprenne la position initiale. Le déplacement de la platine 119, c'est-à-dire le nombre de pas commandés pour le moteur 156, est caractéristique du dé-

placement de l'arête 116 par rapport au plan 120, passant par la cellule 110.

L'intervention de l'amplificateur diviseur 134 élimine l'influence de la température.

5 L'entrée 133 de l'amplificateur diviseur 134 est l'entrée numérateur N et l'entrée 135 est l'entrée dénominateur D.

Le signal e_N appliqué à l'entrée N est de la forme :

$$e_N = k \times \phi(T) \times \epsilon(T) \times S$$

dans laquelle :

10 - k est une constante caractéristique du récepteur photo-électrique;

- $\phi(T)$ est le flux lumineux reçu par la cellule;

- $\epsilon(T)$ est l'émissivité du corps visé pour le domaine de longueur d'onde considéré;

15 - S est l'aire de l'image du repère ayant pénétré sur la zone sensible du récepteur photo-électrique.

Le signal e_D issu du pyromètre, appliqué à l'entrée dénominateur D est de la forme :

$$e_D = k' \times \phi'(T) \times \epsilon(T)$$

20 dans laquelle :

- k' est une constante caractéristique du récepteur photo-électrique du pyromètre;

- $\phi'(T)$ est le flux lumineux reçu par la cellule.

Le diviseur fournit à la sortie 141 un signal de la

25 forme :

$$e_s = \frac{e_N}{e_D} = k'' \times S$$

k'' étant une constante.

En utilisant une photodiode ou un récepteur lumineux de même réponse spectrale que le pyromètre, on obtient à la sortie 151 un signal e_s indépendant de la température et par conséquent uniquement fonction de l'aire S de l'image du repère 109 sur le récepteur photo-électrique:

La porte analogique 145, validée lorsque le signal du pyromètre atteint une certaine valeur, donne l'assurance que la tension dénominateur n'est pas nulle.

35 Par un appareillage analogue dont l'objectif du microscope vise le repère 111, on dispose d'une information de déplacement pour ledit repère, de sorte que, par les informations fournies par le premier appareillage et par le second
40 appareillage, on est renseigné à chaque instant sur l'allon-

gement ou la contraction de l'éprouvette 101; la différence des écarts angulaires des disques 119 correspondant aux déplacements des repères est significative de l'écart à mesurer.

RE V E N D I C A T I O N S

1. Procédé pour la détermination par visée optique de la position d'un corps porté à haute température, caractérisé en ce qu'on observe la lumière émise par un point du corps à l'aide d'un dispositif opto-électronique d'asservissement maintenant l'image du point visé en position fixe sur une cellule photosensible et dont un facteur géométrique est caractéristique de la position recherchée.

2. Installation pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1, pour le maintien en position d'une éprouvette (21) soumise à un essai d'ablation à haute température sur une face frontale (22), caractérisée en ce qu'un dispositif optique (44) dont l'axe est dans le plan de ladite face frontale, projette l'image de celle-ci sur une cellule photosensible (42) faisant partie d'un circuit d'asservissement (41), et dont le signal de sortie actionne des moyens (39) pour le déplacement de l'éprouvette perpendiculairement à la face frontale, le circuit d'asservissement comprenant une porte analogique (67) dont l'ouverture et la fermeture dépendent de la sortie d'un pyromètre optique (75) visant la face frontale.

3. Installation selon la revendication 2, caractérisée en ce que le circuit comprend un additionneur de tension (62) et des moyens pour ajuster la tension additionnée en vue du réglage de la position initiale de l'éprouvette.

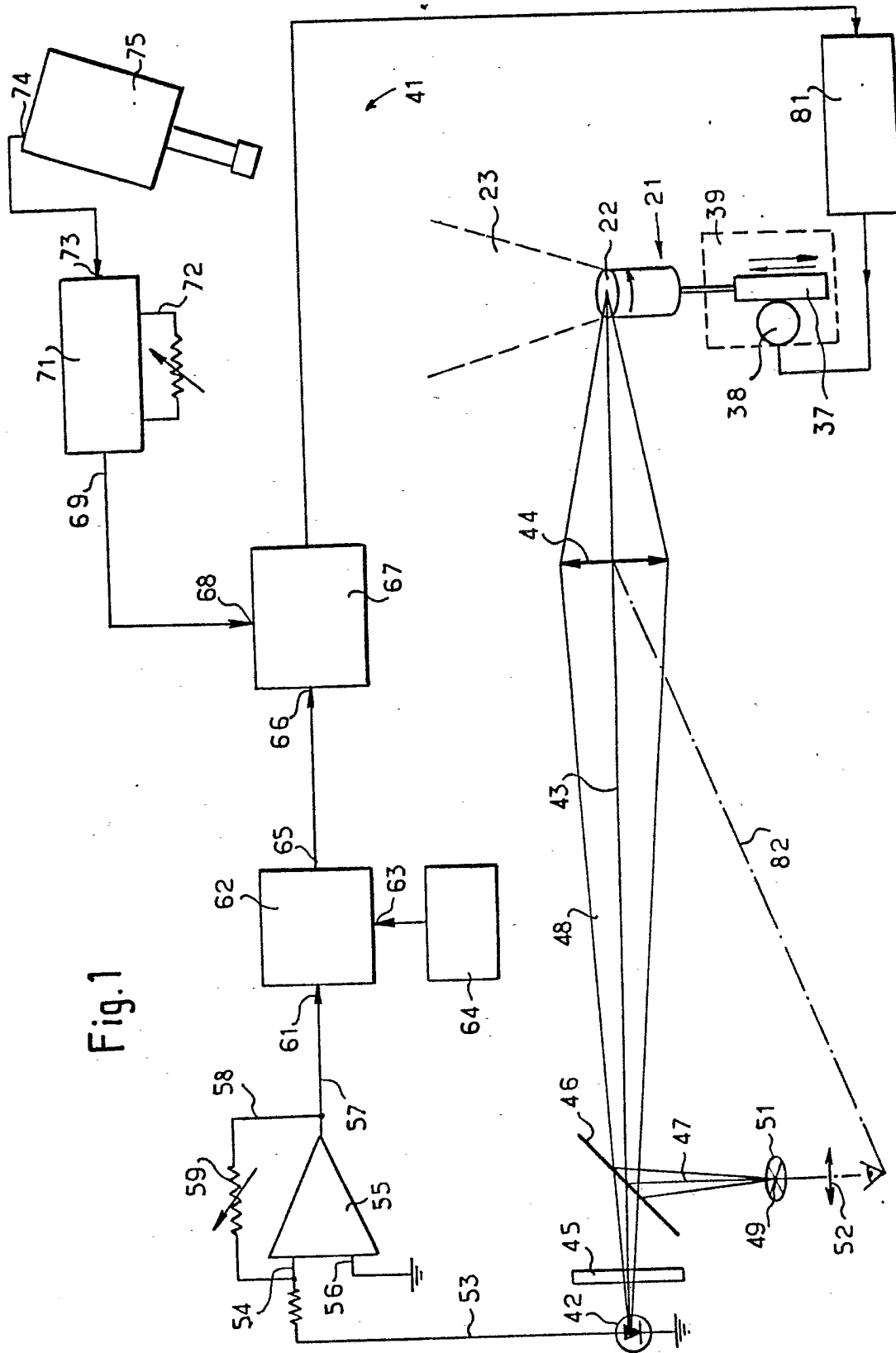
4. Installation pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1, en vue de la détermination de l'allongement ou de la contraction d'une éprouvette soumise à des essais de traction et de compression, caractérisée en ce qu'elle comprend un objectif formant l'image d'un repère lumineux (116) de l'éprouvette (101) sur une cellule photosensible (110), ainsi qu'un circuit d'asservissement (152) propre à commander la position d'un moyen optique (118) interposé entre le repère et la cellule pour que l'image du repère ne se déplace pas par rapport à ladite cellule, le facteur de commande dudit moyen optique étant l'information caractéristique de la position du repère, le circuit d'asservissement comprenant une porte (143) contrôlée par un pyromètre (138) visant le repère et s'ouvrant seulement lorsque la tempéra-

ture de ce dernier dépasse une valeur prédéterminée.

5. Installation selon la revendication 4, caractérisée en ce que le circuit d'asservissement comprend un diviseur (134) dont une entrée reçoit le signal caractéristique de décalage et l'autre entrée un signal caractéristique de la température, la sortie du diviseur étant une information de décalage indépendante de la température.

1/3

Fig. 1



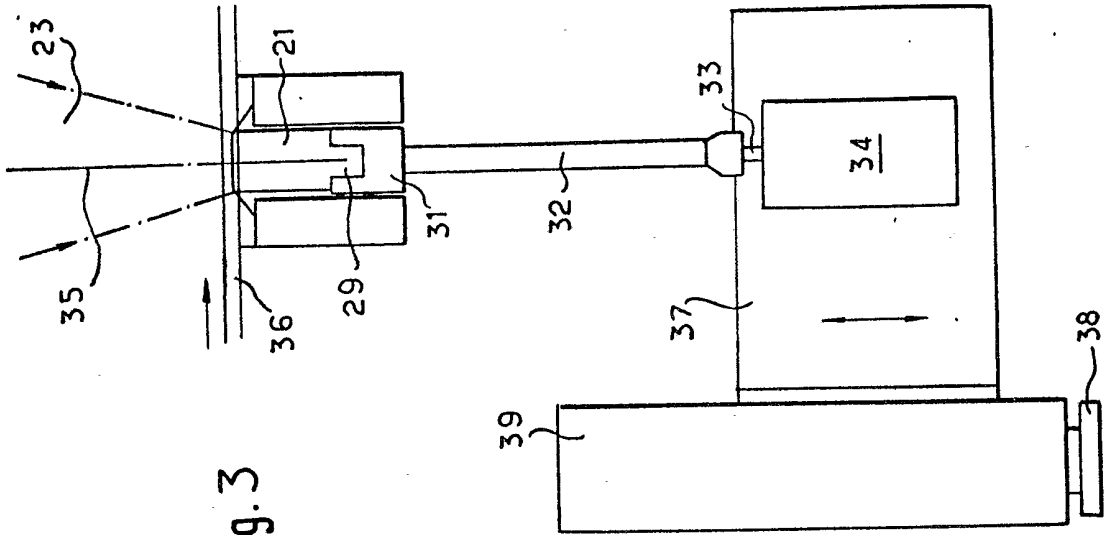


Fig. 3

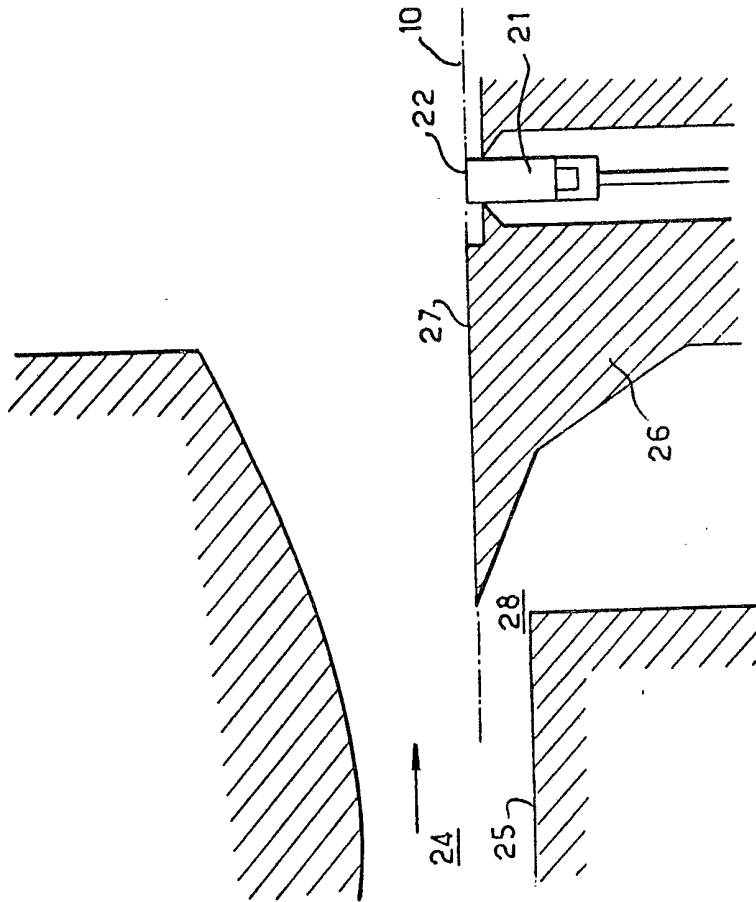


Fig. 2

