

12)

**DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

**A1**

22) Date de dépôt : 27.11.00.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 31.05.02 Bulletin 02/22.

56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71) Demandeur(s) : SAGEM SA Société anonyme — FR.

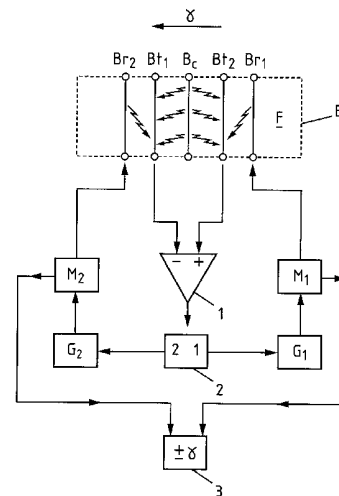
72) Inventeur(s) : DEPIETS CHRISTOPHE, GERVAIS CHARLES, RENAULT ALAIN, BOYER ALAIN, GIANI ALAIN, FOUCARAN ALAIN et PASCAL DELANNOY FREDÉRIQUE.

73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : CABINET PLASSERAUD.

54) **PROCEDE ET DISPOSITIF DE MESURE THERMIQUE D'UNE ACCELERATION.**

57) L'invention concerne la mesure thermique d'une accélération/ vitesse/ position/ inclinaison en mettant en oeuvre: un volume prédéterminé de fluide (F) enfermé dans une enceinte close (E); des moyens (Bc) de chauffage du fluide; au moins un capteur thermique (Bt<sub>1</sub>, Bt<sub>2</sub>) dans le fluide, écarté des moyens de chauffage (Bc) et délivrant un signal électrique variant avec la température; et un circuit électrique (1) pour mesurer les variations du signal électrique de sortie du capteur. Selon l'invention, on modifie la température mesurée par le capteur thermique de façon à compenser la variation de température due à l'accélération à mesurer ( $\gamma$ ); on mesure (M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>) la puissance nécessitée par la compensation thermique; et, sur la base d'un étalonnage préalable faisant correspondre biunivoquement la puissance de compensation thermique et la valeur correspondante de l'accélération, on détermine la valeur de l'accélération à mesurer ( $\gamma$ ).



**PROCEDE ET DISPOSITIF DE MESURE THERMIQUE D'UNE  
ACCELERATION**

La présente invention concerne des perfection-  
5 nements apportés dans le domaine de la mesure thermique  
d'une accélération.

On connaît déjà, par exemple d'après les documents  
US-A-5 581 034 et EP-A-0 664 456, des dispositifs de mesure  
du type considéré, couramment dénommés "accéléromètres  
10 thermiques" ou "accéléromètres convectifs", étant connu  
que les dispositifs de ce type permettent de détecter non  
seulement l'accélération, mais aussi la vitesse et/ou la  
position et/ou l'inclinaison d'un corps duquel le  
dispositif est solidaire. De tels dispositifs mettent en  
15 œuvre les moyens suivants :

- un volume prédéterminé de fluide (un gaz) enfermé dans  
une enceinte (une capsule) close de façon étanche ;
- des moyens de chauffage dudit fluide, notamment  
constitués sous forme d'au moins un fil formant  
20 résistance électrique disposé au sein du fluide ;
- au moins un capteur thermique disposé au sein du fluide  
en étant écarté des moyens de chauffage, ledit capteur  
thermique possédant une grandeur électrique (notamment  
sa résistance électrique, le capteur thermique étant  
25 constitué sous forme d'un fil résistif) qui varie avec  
la température ; et
- un circuit électrique de mesure (par exemple un pont de  
Wheatstone) dans lequel est inclus ledit capteur  
thermique pour que les variations de sa grandeur  
30 électrique soient mesurées.

La mesure de ladite valeur de la grandeur élec-  
trique du capteur variable en fonction de la température  
permet de connaître la valeur de l'accélération, à partir

d'un étalonnage préalable ayant établi une correspondance biunivoque entre la valeur de l'accélération à mesurer et la température détectée par le capteur thermique.

5 Le principe fondamental de fonctionnement de tels capteurs est explicité dans les deux documents précités.

La mise en œuvre de tels capteurs s'effectue actuellement selon un fonctionnement analogique en mode ouvert, qui présente l'inconvénient d'être insuffisamment précis et insuffisamment rapide pour certaines applications.

10 L'invention a donc pour but de proposer une mise en œuvre de ces dispositifs, connus dans leur conception de base, qui permette d'atteindre des vitesses de fonctionnement plus élevées ainsi qu'une plus grande précision dans la représentation de l'accélération à mesurer, et notamment qui permette à cette fin de mettre en œuvre un matériel numérique plus performant que le matériel analogique.

20 L'invention, selon un premier de ses aspects, propose un procédé de mesure thermique d'une accélération mettant en œuvre : un volume prédéterminé de fluide enfermé dans une enceinte close ; des moyens de chauffage dudit fluide ; au moins un capteur thermique disposé au sein du fluide en étant écarté desdits moyens de chauffage, ledit capteur thermique étant propre à délivrer un signal électrique qui varie avec la température ; et un circuit électrique dans lequel est inclus ledit capteur thermique pour mesurer les variations de son signal électrique de sortie,

25

30 lequel procédé, étant conforme à l'invention, se caractérise en ce que

- on modifie la température mesurée par le capteur thermique de façon à compenser la variation de température due à l'accélération à mesurer,
- on mesure la puissance nécessitée par ladite compensation thermique,
- et, sur la base d'un étalonnage préalable ayant établi une correspondance biunivoque entre ladite puissance de compensation thermique et la valeur correspondante de l'accélération, on détermine la valeur de l'accélération à mesurer.

Il est possible que le capteur thermique soit une jonction thermoélectrique (thermocouple) et l'on mesure alors la différence de potentiel aux bornes de ladite jonction thermoélectrique.

Il est également possible que le capteur thermique soit un organe conducteur électrique résistif, tel qu'un fil ou une piste imprimée, dont la résistance varie avec la température.

De façon avantageuse, la température à laquelle est soumise le capteur étant amenée à diminuer sous l'action de l'accélération, la modification précitée de la température détectée par le capteur thermique est obtenue en mettant en œuvre des moyens de chauffage auxiliaires. Mais, à titre de variante, il est également possible de prévoir que, la température à laquelle est soumise le capteur thermique, constitué sous forme d'un fil résistant, étant amenée à diminuer sous l'action de l'accélération, la modification précitée de la température détectée par le capteur thermique est obtenue en faisant traverser ledit capteur par un courant électrique dont on fait varier l'intensité efficace.

Quelle que soit la solution retenue, la mise en œuvre du procédé de l'invention s'effectue selon un

fonctionnement en boucle qui procure une meilleure linéarité de la courbe de réponse et qui conduit ainsi à une mesure plus fiable de l'accélération.

5 En outre, il devient possible d'avoir recours à une solution numérique qui met en œuvre un processus de mesure avec bouclage procurant une meilleure linéarisation et une augmentation de la bande passante, afin de délivrer une valeur plus précise de l'accélération à mesurer. En particulier, pour adapter les conditions du chauffage de compensation par modification de l'intensité efficace du courant, on peut prévoir que la modification de température est obtenue en faisant varier la largeur d'impulsions d'un signal électrique impulsionnel de chauffage, et on mesure alors l'intensité efficace  
10 instantanée de ce courant impulsionnel de chauffage. Ou bien encore, selon une solution préférée en pratique en raison de sa simplicité technologique de mise en œuvre avec les moyens électroniques performants actuellement disponibles, on prévoit que la modification de température  
15 est obtenue en faisant varier le nombre d'impulsions par unité de temps d'un signal électrique impulsionnel de chauffage, et on mesure alors la puissance de chauffage (représentative de l'accélération) par un simple comptage des impulsions et on mesure la quantité de chaleur  
20 (représentative de l'accroissement de vitesse) par comptage du nombre cumulé des impulsions.

Dans un exemple de mise en œuvre possible du procédé de l'invention, on dispose de deux moyens de chauffage auxiliaires associés fonctionnellement respecti-  
30 vement à deux capteurs thermiques agencés sensiblement parallèlement l'un à l'autre. Dans un autre exemple de mise en œuvre possible, on dispose de deux capteurs thermiques agencés sensiblement parallèlement l'un à

l'autre et chaque capteur thermique est traversé par un signal électrique de chauffage, notamment impulsionnel, chaque capteur constituant alors les susdits moyens de chauffage pour l'autre capteur thermique.

5            Selon un second de ses aspects, l'invention propose un dispositif de mesure thermique d'une accélération, comprenant :

- une enceinte hermétiquement close renfermant un fluide,
- 10            - des moyens de chauffage dudit fluide,
- au moins un capteur thermique disposé à l'intérieur de l'enceinte au sein du fluide et écarté desdits moyens de chauffage, ledit capteur thermique étant propre à délivrer un
- 15            signal électrique qui varie avec la température,
- et un circuit électrique de mesure dans lequel est inclus ledit capteur thermique et propre à détecter les variations de son signal électrique de sortie,
- 20            lequel dispositif, étant agencé conformément à l'invention, se caractérise en ce qu'il comprend en outre : des moyens d'alimentation électrique placés sous la dépendance dudit circuit électrique de mesure et raccordés à des moyens de modification de température
- 25            propres à modifier la température mesurée par le capteur thermique de façon à compenser la variation de température due à l'accélération à mesurer,
- des moyens de mesure de la puissance électrique nécessitée par ladite compensation thermique,
- 30            et des moyens de correspondance biunivoque entre ladite puissance électrique de compensation thermique et la valeur correspondante de l'accélération permettant de déduire la valeur de l'accélération à mesurer.

Dans un mode de réalisation possible, le capteur thermique est une jonction thermoélectrique et le susdit signal électrique de sortie du capteur thermique est la différence de potentiel aux bornes de la jonction thermoélectrique.

Dans un autre mode de réalisation possible, le capteur thermique est un organe conducteur électrique résistif, tel qu'un fil ou une piste imprimée, dont la résistance électrique varie avec la température.

On peut prévoir que les moyens de modification de la température mesurée par le capteur sont constitués soit par des moyens de chauffage auxiliaires, soit par le capteur thermique lui-même dans lequel la variation de température est obtenue par une variation de l'intensité efficace d'un courant électrique le traversant.

On peut très avantageusement mettre en œuvre des techniques numériques en prévoyant que les susdits moyens d'alimentation électrique sont des moyens générateurs d'impulsions à largeur variable et que les moyens de mesure de la puissance de compensation thermique détectent l'intensité efficace instantanée dudit courant ; ou bien encore en prévoyant de préférence que les susdits moyens d'alimentation électrique sont des moyens générateurs d'impulsions en nombre variable par unité de temps et que les moyens de mesure de la puissance électrique nécessitée par ladite compensation thermique (représentative de l'accélération) sont des moyens de comptage des impulsions délivrées par lesdits moyens générateurs et que, si nécessaire, des moyens de mesure de la quantité de chaleur (représentative de l'accroissement de vitesse) sont des moyens de comptage du nombre cumulé des impulsions.

La constitution pratique de la partie sensible du dispositif agencé conformément à l'invention peut donner

lieu à de multiples variantes, selon le nombre des composants et la fonction qu'ils assurent, comme cela est illustré par les quelques exemples suivants :

a) le dispositif peut comporter :

- 5           - un moyen de chauffage,
- deux capteurs thermiques disposés sensiblement symétriquement de part et d'autre du moyen de chauffage et connectés audit circuit électrique de mesure,
- 10          - et deux moyens de chauffage auxiliaires disposés sensiblement symétriquement de part et d'autre des capteurs thermiques et connectés auxdits moyens d'alimentation électrique destinés au chauffage de compensation ;

15    b) le dispositif peut comporter :

- un moyen de chauffage, et
- deux capteurs thermiques disposés sensiblement symétriquement de part et d'autre du moyen de chauffage et connectés audit circuit électrique de mesure, d'une part, et auxdits moyens d'alimentation électrique destinés au chauffage de compensation, d'autre part ;

c) le dispositif peut comporter

- 25          - deux capteurs thermiques qui sont connectés à des moyens d'alimentation électrique propres à faire de chaque capteur un moyen de chauffage pour l'autre capteur et également qui sont connectés audit circuit électrique de mesure,
- et deux moyens de chauffage auxiliaire disposés
- 30          sensiblement symétriquement de part et d'autre des deux capteurs thermiques et connectés auxdits moyens d'alimentation électrique destinés au chauffage de compensation.

d) le dispositif peut comporter deux capteurs thermiques qui sont connectés, d'une part, à des moyens d'alimentation électrique impulsionnelle propres à assurer le chauffage principal et le chauffage de compensation par variation de l'intensité efficace des impulsions de courant, et  
5 qui sont connectés également audit circuit électrique de mesure.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée qui suit de certains modes de réalisation préférés donnés uniquement à titre d'exemples non limitatifs. Dans cette description, on se réfère aux  
10 dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est un schéma synoptique illustrant un mode de réalisation possible d'un dispositif de mesure conforme à l'invention ;  
15

- la figure 2 est un schéma synoptique illustrant un autre mode de réalisation possible, préféré, d'un dispositif de mesure conforme à l'invention ; et

- les figures 3 à 5 sont des schémas synoptiques illustrant, à titre d'exemples, des variantes de réalisation du dispositif de la figure 2.  
20

Le dispositif de mesure illustré à la figure 1, destiné à la mesure thermique d'une accélération (et/ou d'une vitesse et/ou d'une position et/ou d'une inclinaison) du corps duquel il est solidaire, est défini autour d'un dispositif capteur dit "capteur thermique" ou "capteur convectif".  
25

Un tel dispositif capteur, déjà connu dans sa conception de base, comporte principalement :  
30

- une enceinte hermétiquement close, formant une capsule renfermant un fluide gazeux,

- 5 - des moyens de chauffage pour chauffer ce fluide, lesdits moyens de chauffage pouvant être constitués sous forme d'un organe conducteur électrique résistif (par exemple réalisé par un fil ou filament résistif ou par une piste conductrice résistive imprimée sur un support isolant),
- 10 - au moins un capteur thermique disposé à l'intérieur de l'enceinte au sein du fluide en étant écarté des moyens de chauffage, ledit capteur thermique étant propre à délivrer un signal électrique qui varie avec la température.

15 Le dispositif capteur ainsi constitué en forme de capsule est muni de broches auxquelles sont raccordés les fils de liaison aux moyens de chauffage et aux capteurs thermiques et, étant par exemple implanté sur une plaque à circuits imprimés, il est connecté, d'une part, à un circuit d'alimentation propre à alimenter les moyens de  
20 chauffage et, d'autre part, à un circuit de mesure (par exemple un pont de Wheatstone) propre à détecter une différence entre les signaux de sortie des deux capteurs thermiques, différence inhérente à un déséquilibre du chauffage des deux capteurs thermiques causé par un  
25 déplacement du fluide dans l'enceinte sous l'action d'un phénomène extérieur tel qu'une accélération.

30 Chaque capteur thermique peut être constitué par une jonction thermoélectrique (ou thermocouple) et le signal électrique de sortie du capteur thermique est alors la différence de potentiel aux bornes de la jonction thermoélectrique. Chaque capteur thermique peut aussi être constitué par un organe conducteur électrique résistif dont la résistance varie en fonction de la température,

cet organe pouvant être un fil ou filament ou une piste conductrice imprimée sur un support isolant.

Sur la figure 1, ont été représentés à titre d'exemple un fil de chauffage Bc et deux fils capteurs thermiques Bt<sub>1</sub> et Bt<sub>2</sub> disposés symétriquement de part et d'autre du fil Bc, les moyens d'alimentation électrique raccordés au fil de chauffage principal Bc n'étant pas montrés pour ne pas alourdir le dessin.

Conformément à l'invention, on prévoit de mesurer le déséquilibre thermique, dû à l'accélération, entre les deux capteurs Bt<sub>1</sub> et Bt<sub>2</sub> en modifiant la température d'un des capteurs Bt<sub>1</sub> ou Bt<sub>2</sub> jusqu'à obtention de l'équilibre thermique (compensation de température), de détecter la quantité de chaleur échangée en comptabilisant la puissance électrique qui a été nécessaire pour parvenir à cet équilibre thermique, et de déduire, à partir de la mesure de cette puissance électrique, la valeur de l'accélération à partir d'un étalonnage préalable ayant établi une correspondance biunivoque entre ladite puissance électrique de compensation thermique et la valeur correspondante de l'accélération.

A cette fin, on adjoint aux capteurs thermiques des moyens de chauffage auxiliaire constitués par deux fils chauffants supplémentaires Br<sub>1</sub> et Br<sub>2</sub> disposés de part et d'autre des capteurs thermiques Bt<sub>1</sub> et Bt<sub>2</sub>, le fil de réaction Br<sub>1</sub> étant disposé en regard du fil Bt<sub>2</sub> et le fil de réaction Br<sub>2</sub> étant disposé en regard du fil Bt<sub>1</sub>.

Les signaux électriques délivrés par les capteurs thermiques Bt<sub>1</sub> et Bt<sub>2</sub> sont appliqués aux entrées respectives d'un comparateur 1.

La sortie du comparateur 1 est raccordée à un sélecteur 2 qui, en fonction du sens du déséquilibre entre les fils Bt<sub>1</sub> et Bt<sub>2</sub>, excite l'un ou l'autre de deux

générateurs électriques  $G_1$  et  $G_2$ . Les sorties des deux  
générateurs  $G_1$  et  $G_2$  sont raccordées respectivement aux  
deux fils chauffants de réaction  $Br_1$  et  $Br_2$ . La sélection  
de l'excitation du générateur  $G_1$  ou  $G_2$  est faite de  
5 manière que soit alimenté le fil chauffant de réaction  $Br_1$   
ou  $Br_2$  qui est associé à celui des capteurs  $Bt_2$  ou  $Bt_1$   
respectivement qui voit sa température diminuer sous  
l'action de l'accélération.

La puissance électrique délivrée par les  
10 générateurs  $G_1$  et  $G_2$  est mesurée respectivement par des  
moyens de mesure  $M_1$  et  $M_2$  et la valeur de mesure, qui est  
représentative de la valeur de l'accélération à l'origine  
du déséquilibre thermique entre les fils  $Bt_1$  et  $Bt_2$ , peut  
être affichée en 3 directement sous forme de la valeur de  
15 la grandeur détectée sur la base d'une correspondance  
préétablie (ou étalonnage) entre les valeurs  
d'accélération et la puissance électrique de compensation  
thermique.

Par exemple, si la capsule est soumise à une  
20 accélération positive  $\gamma$  dirigée transversalement aux  
capteurs  $Bt_1$  et  $Bt_2$  et vers la gauche (flèche  $\vec{\gamma}$  sur la  
figure 1), le déplacement de la masse de fluide gazeux  
vers la droite, qui résulte de cette accélération  $\vec{\gamma}$ , va  
entraîner un suréchauffement du fil  $Bt_2$  et un sous-  
25 échauffement du capteur  $Bt_1$ . Le comparateur 1 délivre  
alors un signal dont le signe commande le générateur  
approprié ( $G_2$  dans l'exemple considéré) qui engendre dans  
le fil chauffant de réaction  $Br_2$  un échauffement perçu par  
le capteur thermique  $Bt_1$ . L'amplitude du signal de sortie  
30 du comparateur 1 commande le fonctionnement du générateur  
 $G_2$  en intensité et/ou en temps jusqu'à ce que le capteur

thermique  $Bt_1$ , soit ramené à l'équilibre avec le capteur thermique  $Bt_2$  (compensation thermique).

5 La puissance électrique délivrée par le générateur  $G_2$  est mesurée par les moyens de mesure  $M_2$  et, mettant en œuvre une correspondance précédemment établie entre la valeur de la puissance électrique mesurée et la valeur de l'accélération à mesurer, on affiche directement en 3 la valeur et le signe (c'est-à-dire le sens) de l'accélération.

10 Pour mettre à profit les qualités de rapidité et de simplicité de mise en œuvre des systèmes impulsionnels, on peut envisager de remplacer les moyens analogiques qui viennent d'être décrits en référence à la figure 1 par les moyens impulsionnels décrits ci-après en référence à la  
15 figure 2.

Les signaux électriques délivrés par les capteurs thermiques  $Bt_1$  et  $Bt_2$  sont appliqués aux entrées respectives d'un intégrateur digital 4. La sortie de cet intégrateur 4 est connectée à deux détecteurs de seuil  $5_1$   
20 et  $5_2$ , jouant le rôle de butées électroniques haute et basse, qui sont eux-mêmes raccordés respectivement à deux générateurs d'impulsions  $GI_1$  et  $GI_2$ .

Les sorties respectives des générateurs  $GI_1$  et  $GI_2$  sont raccordées aux fils chauffants de réaction  $Br_1$  et  $Br_2$ , respectivement, auxquels elles délivrent des impulsions.  
25

En outre, les sorties respectives des deux générateurs  $GI_1$  et  $GI_2$  sont réunies à des entrées d'un compteur/décompteur d'impulsions C/D.

30 Des incréments calibrés, qui peuvent être fournis à partir des impulsions des générateurs  $GI_1$  et  $GI_2$ , permettent d'effectuer, en  $R_1$  et  $R_2$  respectivement, un recalage positif ou négatif de rampe dans l'intégrateur 4.

Lors de l'apparition d'un déséquilibre de température entre les deux capteurs thermiques  $Bt_1$  et  $Bt_2$  en raison d'une accélération  $\gamma$ , la différence entre les signaux de sortie est intégrée par l'intégrateur 4 qui  
5 génère une rampe commandant le fonctionnement de celui des générateurs d'impulsions  $GI_1$  ou  $GI_2$  qui est associé au capteur thermique ayant subi une diminution de température due à l'accélération. Celui-ci génère des impulsions à destination du fil chauffant de réaction  $Br_1$  ou  $Br_2$   
10 concerné et des impulsions de recalage pour rester dans les limites des seuils préétablis. Le générateur d'impulsions excité  $GI_1$  ou  $GI_2$  reste en fonction tant que subsiste le déséquilibre thermique entre les deux capteurs thermiques  $Bt_1$  et  $Bt_2$ .

15 La compensation thermique apportée aux capteurs thermiques  $Bt_1$  ou  $Bt_2$  respectivement par les fils chauffants de réaction  $Br_2$  ou  $Br_1$  qui leur sont respectivement associés est constituée par la valeur efficace de l'intensité du courant impulsionnel appliqué  
20 au fil chauffant de réaction  $Br_2$  ou  $Br_1$ .

L'ajustement de cette intensité peut être obtenu par une modulation de largeur des impulsions qui sont engendrées à fréquence constante ; dans ces conditions, on mesure la puissance de compensation thermique en détectant  
25 l'intensité efficace instantanée du courant impulsionnel.

L'ajustement de l'intensité efficace peut également être obtenu par la génération d'impulsions de largeur constante avec une fréquence variable. Dans ce cas, le compteur C/D compte les impulsions de courant  
30 délivré au fil chauffant de réaction  $Br_1$  ou  $Br_2$ . La mesure de la puissance électrique nécessitée par la compensation thermique (représentative de l'accélération  $\gamma$ ) est procurée par le nombre d'impulsions comptées par unité de

temps, tandis que, si nécessaire, la mesure de la quantité de chaleur (représentative de l'accroissement de vitesse) est donnée par le nombre cumulé des impulsions comptées.

5 La solution numérique qui vient d'être exposée offre l'avantage d'autoriser la mise en œuvre d'un amplificateur économique et peu dissipatif dans la boucle de réaction et de procurer un temps de réponse plus rapide.

10 Les deux exemples de réalisation qui viennent d'être exposés, de type analogique pour la figure 1 et de type numérique pour la figure 2, mettent en œuvre un dispositif capteur thermique (ou convectif) du type à trois fils, à savoir un fil chauffant encadré symétriquement par deux capteurs thermiques, qui constitue  
15 l'agencement de base de ce type de senseur.

Toutefois, on peut dans les mêmes conditions de fonctionnement avoir recours à des variantes de réalisation faisant appel à des combinaisons des fonctions assurées par les éléments constitutifs.

20 Dans l'exemple illustré à la figure 3, les signaux de chauffage de réaction issus de l'un ou l'autre des générateurs d'impulsions  $GI_1$  ou  $GI_2$  sont appliqués directement à celui concerné des capteurs thermiques constitués sous forme d'un fil résistif : autrement dit,  
25 on combine en un même fil le fil résistif capteur thermique  $Bt_1$  et le fil chauffant de réaction  $Br_2$ , de même qu'on combine en un même fil le fil résistif capteur thermique  $Bt_2$  et le fil chauffant de réaction  $Br_1$ . Le reste du dispositif de mesure reste identique à ce qu'il  
30 était dans le montage de la figure 1.

De même, toujours en gardant identique le reste du dispositif, on peut prévoir, comme illustré à la figure 4, que chaque capteur thermique  $Bt_1$ ,  $Bt_2$ , constitué sous

forme d'un fil résistif, est également fil chauffant à destination de l'autre fil capteur thermique ; autrement dit, le fil chauffant spécifique Bc précité disparaît au profit de deux fils parallèles Bc/Bt<sub>1</sub> et Bc/Bt<sub>2</sub>, en regard de chacun desquels sont situés respectivement les fils chauffants de réaction Br<sub>2</sub> et Br<sub>1</sub> ; les fils Bc/Bt<sub>1</sub> et Bc/Bt<sub>2</sub> sont ainsi propres à assurer, chacun, simultanément la fonction de capteur thermique et la fonction de chauffage principal à destination de l'autre fil.

Enfin, on peut, comme illustré à la figure 5, faire jouer à deux fils résistifs seulement les trois fonctions de chauffage, de capteur thermique et de chauffage de réaction, respectivement Bc/Bt<sub>1</sub>/Br<sub>2</sub> et Bc/Bt<sub>2</sub>/Br<sub>1</sub>, le reste du dispositif demeurant inchangé, un tel agencement à deux fils résistifs pouvant être mis en œuvre conjointement avec des signaux impulsionnels. On notera que dans ce type de montage, la compensation thermique peut être effectuée en agissant indifféremment sur l'un ou l'autre fil, par accroissement forcé de la température du fil le moins chaud ou par réduction forcée de la température du fil le plus chaud en augmentant ou réduisant respectivement le nombre des impulsions du courant de chauffage.

Les variantes de réalisation des figures 3 à 5 ont été envisagées dans la configuration d'un traitement numérique des signaux, mais elles pourraient tout aussi bien être mises en œuvre dans la configuration d'un traitement analogique des signaux comme illustré à la figure 1.

Un fonctionnement en boucle, mettant notamment en jeu des techniques impulsionnelles, conformément à l'invention confère une meilleure linéarité de la courbe de transfert et une bande passante accrue, ce qui procure

finalement une mesure plus précise de la grandeur à mesurer (accélération notamment).

**REVENDEICATIONS**

1. Procédé de mesure thermique d'une accélération et/ou d'une vitesse et/ou d'une position et/ou d'une inclinaison, en mettant en œuvre : un volume prédéterminé de fluide (F) enfermé dans une enceinte close (E) ; des moyens (Bc) de chauffage dudit fluide ; au moins un capteur thermique (Bt<sub>1</sub>, Bt<sub>2</sub>) disposé au sein du fluide (F) en étant écarté desdits moyens de chauffage (Bc), ledit capteur thermique étant propre à délivrer un signal électrique qui varie avec la température ; et un circuit électrique (1) dans lequel est inclus ledit capteur thermique pour mesurer les variations de son signal électrique de sortie ;
- 15 caractérisé en ce que
- on modifie la température mesurée par le capteur thermique (Bt<sub>1</sub>, Bt<sub>2</sub>) de façon à compenser la variation de température due à l'accélération à mesurer ( $\gamma$ ),
  - on mesure (M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>) la puissance nécessitée par ladite compensation thermique,
  - et, sur la base d'un étalonnage préalable ayant établi une correspondance biunivoque entre ladite puissance de compensation thermique et la valeur correspondante de l'accélération, on détermine la valeur de l'accélération à mesurer ( $\gamma$ ).
- 25

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le capteur thermique (Bt<sub>1</sub>, Bt<sub>2</sub>) est une jonction thermoélectrique et en ce qu'on mesure la différence de potentiel aux bornes de ladite jonction thermoélectrique.

30 3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le capteur thermique (Bt<sub>1</sub>, Bt<sub>2</sub>) est un organe conducteur électrique résistif, tel qu'un fil ou une piste imprimée, dont la résistance varie avec la température.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que, la température à laquelle est soumise le capteur thermique ( $Bt_1$ ,  $Bt_2$ ) étant amenée à diminuer sous l'action de l'accélération, la modification précitée de la température détectée par le capteur thermique est obtenue en mettant en œuvre des moyens de chauffage auxiliaires ( $Br_1$ ,  $Br_2$ ).

5. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que, la température à laquelle est soumise le capteur thermique ( $Bt_1$ ,  $Bt_2$ ) étant amenée à diminuer sous l'action de l'accélération, la modification précitée de la température détectée par le capteur thermique ( $Bt_1$ ,  $Bt_2$ ) est obtenue en faisant traverser ledit capteur par un courant électrique et en faisant varier l'intensité efficace dudit courant.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 ou 5, caractérisé en ce que la modification de température est obtenue en faisant varier la largeur d'impulsions d'un signal électrique impulsif de chauffage et en ce qu'on mesure l'intensité efficace instantanée de ce courant impulsif de chauffage.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 ou 5, caractérisé en ce que la modification de température est obtenue en faisant varier le nombre d'impulsions par unité de temps d'un signal électrique impulsif de chauffage et en ce qu'on mesure la puissance de chauffage (représentative de l'accélération) par comptage (C/D) des impulsions et on mesure, si nécessaire, la quantité de chaleur (représentative de l'accroissement de vitesse) par comptage du nombre cumulé des impulsions.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on met en œuvre deux moyens de chauffage auxiliaires ( $Br_1$ ,  $Br_2$ ) associés fonctionnellement respectivement à deux capteurs thermiques ( $Bt_2$ ,  $Bt_1$ ) disposés sensiblement parallèlement l'un à l'autre.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 7, caractérisé en ce qu'on met en œuvre deux capteurs thermiques ( $Bt_1/Br_2$ ,  $Bt_2/Br_1$ ) disposés sensiblement parallèlement l'un à l'autre et en ce que chaque capteur thermique est traversé par un signal électrique de chauffage, notamment impulsif, et constitue les susdits moyens de chauffage de l'autre capteur thermique.

10. Dispositif de mesure thermique d'une accélération ( $\gamma$ ), comprenant :

- une enceinte (E) hermétiquement close renfermant un fluide,
- des moyens (Bc) de chauffage dudit fluide,
- au moins un capteur thermique ( $Bt_1$ ,  $Bt_2$ ) disposé à l'intérieur de l'enceinte (E) au sein du fluide (F) en étant écarté desdits moyens de chauffage (Bc), ledit capteur thermique étant propre à délivrer un signal électrique qui varie avec la température,
- et un circuit électrique de mesure (1) dans lequel est inclus ledit capteur thermique et propre à détecter les variations de son signal électrique de sortie,

caractérisé en ce qu'il comprend en outre :

- des moyens d'alimentation électrique ( $G_1$ ,  $G_2$ ) placés sous la dépendance dudit circuit électrique de mesure (1) et raccordés à des moyens de modification de

température ( $Br_1, Br_2$ ) propres à modifier la température mesurée par le capteur thermique ( $Bt_1, Bt_2$ ) de façon à compenser la variation de température due à l'accélération à mesurer ( $\gamma$ ),

- 5 - des moyens ( $M_1, M_2$ ) de mesure de la puissance électrique nécessitée par ladite compensation thermique, et
- des moyens (3) de correspondance biunivoque entre ladite puissance électrique de compensation thermique et la valeur correspondante de l'accélération propres à
- 10 fournir la valeur de l'accélération à mesurer ( $\gamma$ ).

11. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que le capteur thermique ( $Bt_1, Bt_2$ ) est une jonction thermoélectrique et en ce que le susdit signal électrique de sortie du capteur thermique est la

15 différence de potentiel aux bornes de la jonction thermoélectrique.

12. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que le capteur thermique ( $Bt_1, Bt_2$ ) est un organe conducteur électrique résistif, tel qu'un fil ou

20 une piste imprimée, dont la résistance varie avec la température.

13. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 ou 12, caractérisé en ce que, la température à laquelle est soumise le capteur thermique

25 ( $Bt_1, Bt_2$ ) étant amenée à diminuer sous l'action de l'accélération, les moyens de modification de la température détectée par le capteur thermique sont constitués par des moyens de chauffage auxiliaires ( $Br_1, Br_2$ ).

30 14. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, caractérisé en ce que, la température à laquelle est soumise le capteur thermique étant amenée à diminuer sous l'action de l'accélération,

les moyens de modification de la température détectée par le capteur thermique sont constitués par le capteur thermique ( $Bt_1/Br_2$ ,  $Bt_2/Br_1$ ) lui-même, la variation de température étant obtenue par variation de l'intensité efficace d'un courant électrique le traversant qui est  
5 délivré par les susdits moyens d'alimentation électrique ( $G_1$ ,  $G_2$ ).

15. Dispositif selon la revendication 13 ou 14, caractérisé en ce que les susdits moyens d'alimentation électrique sont des moyens ( $GI_1$ ,  $GI_2$ ) générateurs  
10 d'impulsions à largeur variable et en ce que les moyens de mesure ( $M_1$ ,  $M_2$ ) de la puissance de compensation thermique détectent l'intensité efficace instantanée dudit courant.

16. Dispositif selon la revendication 13 ou 14, caractérisé en ce que les susdits moyens d'alimentation électrique sont des moyens ( $GI_1$ ,  $GI_2$ ) générateurs  
15 d'impulsions en nombre variable par unité de temps et en ce que les moyens de mesure de la puissance électrique nécessitée par ladite compensation thermique (représentative de l'accélération) sont des moyens ( $C/D$ )  
20 de comptage des impulsions délivrées par lesdits moyens générateurs et, si nécessaire, des moyens de mesure de la quantité de chaleur (représentative de l'accroissement de vitesse) sont des moyens de comptage du nombre cumulé des  
25 impulsions.

17. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 13 à 16, caractérisé en ce qu'il comporte :  
- un moyen de chauffage ( $Bc$ ),  
- deux capteurs thermiques ( $Bt_1$ ,  $Bt_2$ ) disposés  
30 sensiblement symétriquement de part et d'autre du moyen de chauffage et connectés audit circuit électrique de mesure,

5 - et deux moyens de chauffage auxiliaires ( $Br_1$ ,  $Br_2$ ) disposés sensiblement symétriquement de part et d'autre des capteurs thermiques ( $Bt_1$ ,  $Bt_2$ ) et connectés auxdits moyens d'alimentation électrique ( $G_1$ ,  $G_2$ ) destinés au chauffage de compensation.

18. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 13 à 16, caractérisé en ce qu'il comporte :

10 - un moyen de chauffage ( $Bc$ ), et  
- deux capteurs thermiques ( $Bt_1/Br_2$ ,  $Bt_2/Br_1$ ) disposés sensiblement symétriquement de part et d'autre du moyen de chauffage ( $Bc$ ) et connectés audit circuit électrique de mesure, d'une part, et auxdits moyens d'alimentation électrique destinés au chauffage de compensation, d'autre part.

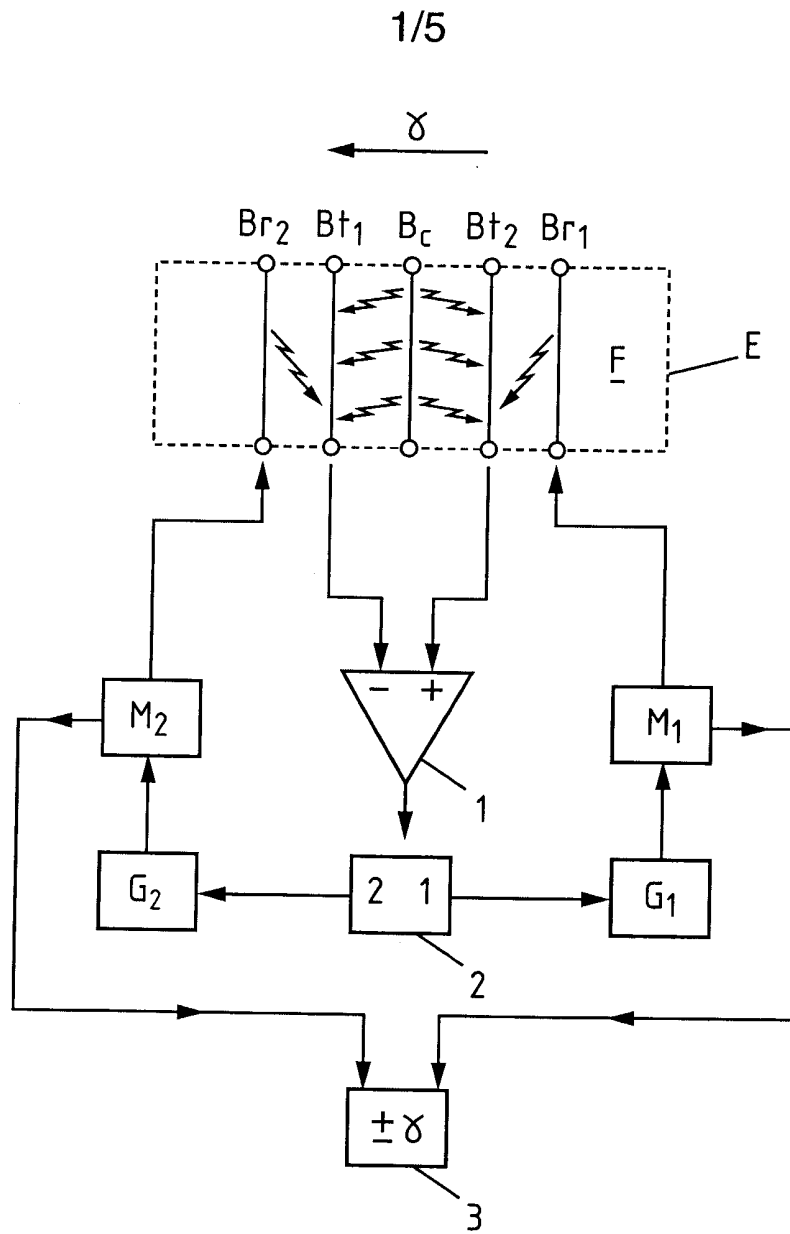
19. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 13 à 16, caractérisé en ce qu'il comporte :

20 - deux capteurs thermiques ( $Bc/Bt_1$ ,  $Bc/Bt_2$ ) qui sont connectés à des moyens d'alimentation électrique principale propres à faire de chaque capteur thermique un moyen de chauffage pour l'autre capteur thermique et qui sont également connectés audit circuit électrique de mesure, et  
25 - deux moyens de chauffage auxiliaires ( $Br_1$ ,  $Br_2$ ) disposés sensiblement symétriquement de part et d'autre des deux capteurs thermiques et connectés auxdits moyens d'alimentation électrique destinés au chauffage de compensation.

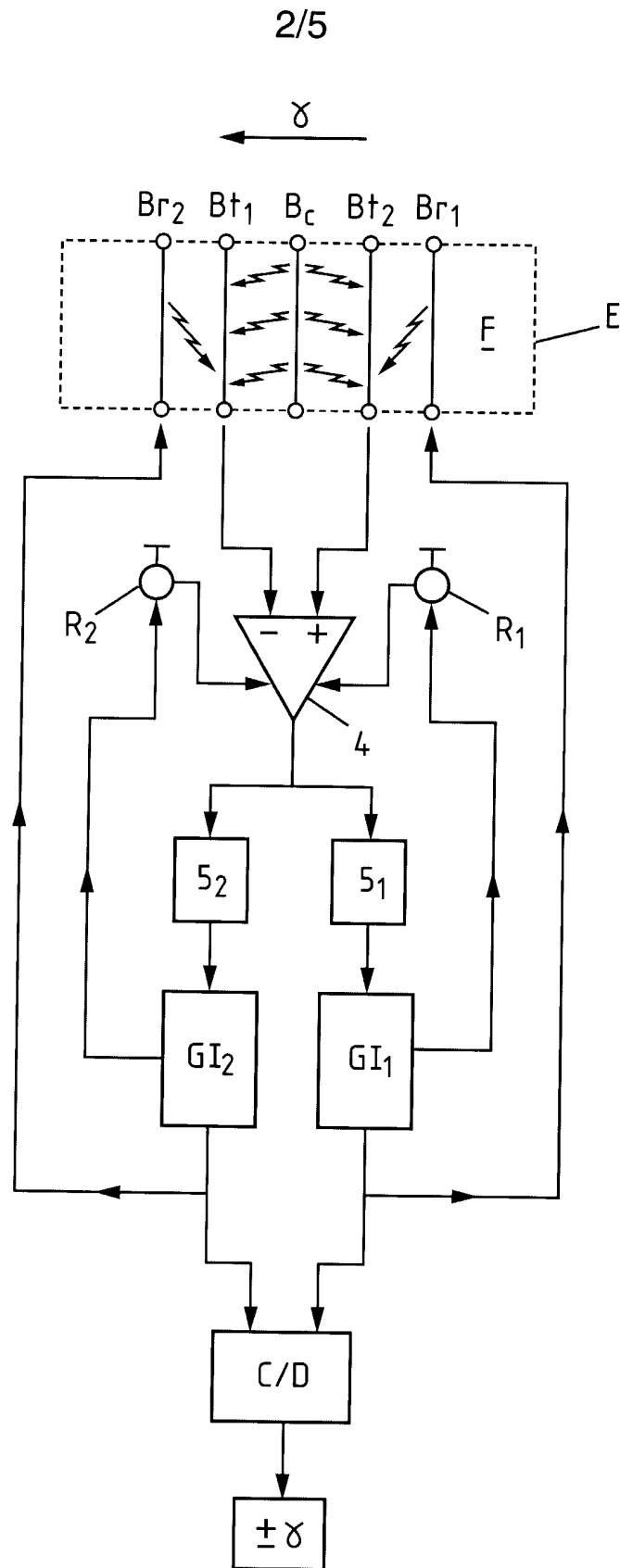
30 20. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 13 à 16, caractérisé en ce qu'il comporte deux capteurs thermiques ( $Bc/Bt_1/Br_2$ ,  $Bc/Bt_2/Br_1$ )

qui sont connectés, d'une part, à des moyens d'alimentation électrique impulsionnelle ( $GI_1$ ,  $GI_2$ ) propres à assurer le chauffage principal et le chauffage de compensation par variation de l'intensité efficace des impulsions de courant, et

5 qui sont connectés également audit circuit électrique de mesure (C/D).



**FIG. 1**



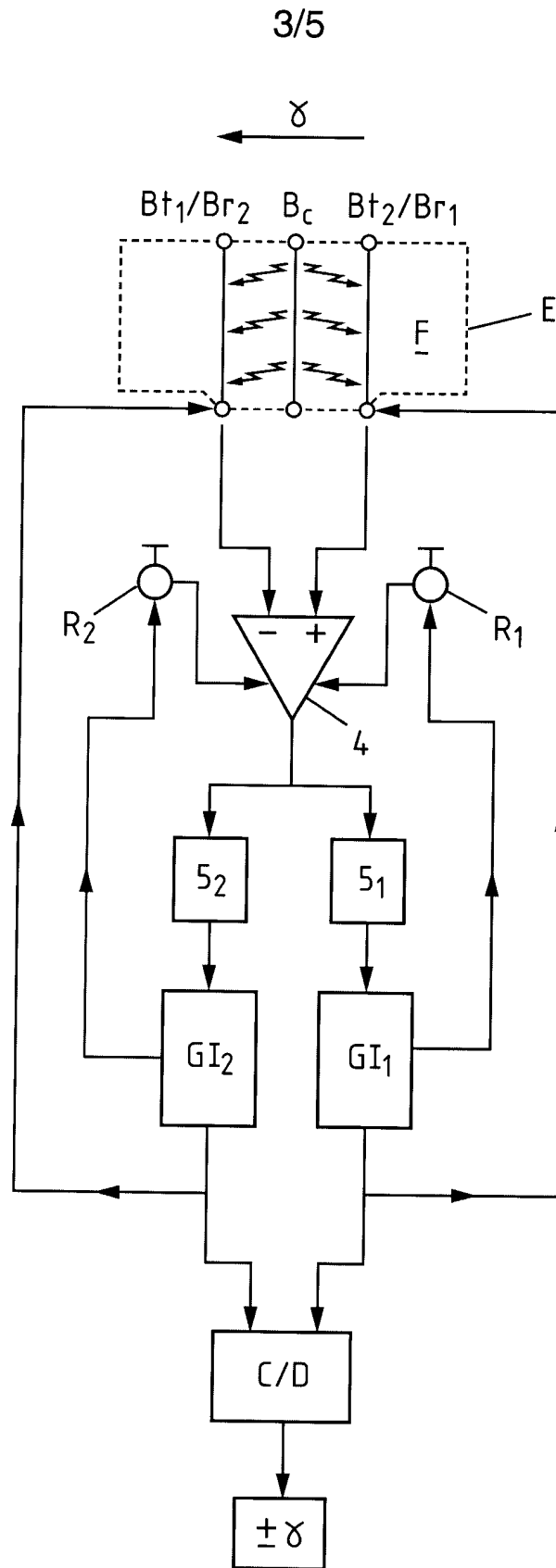
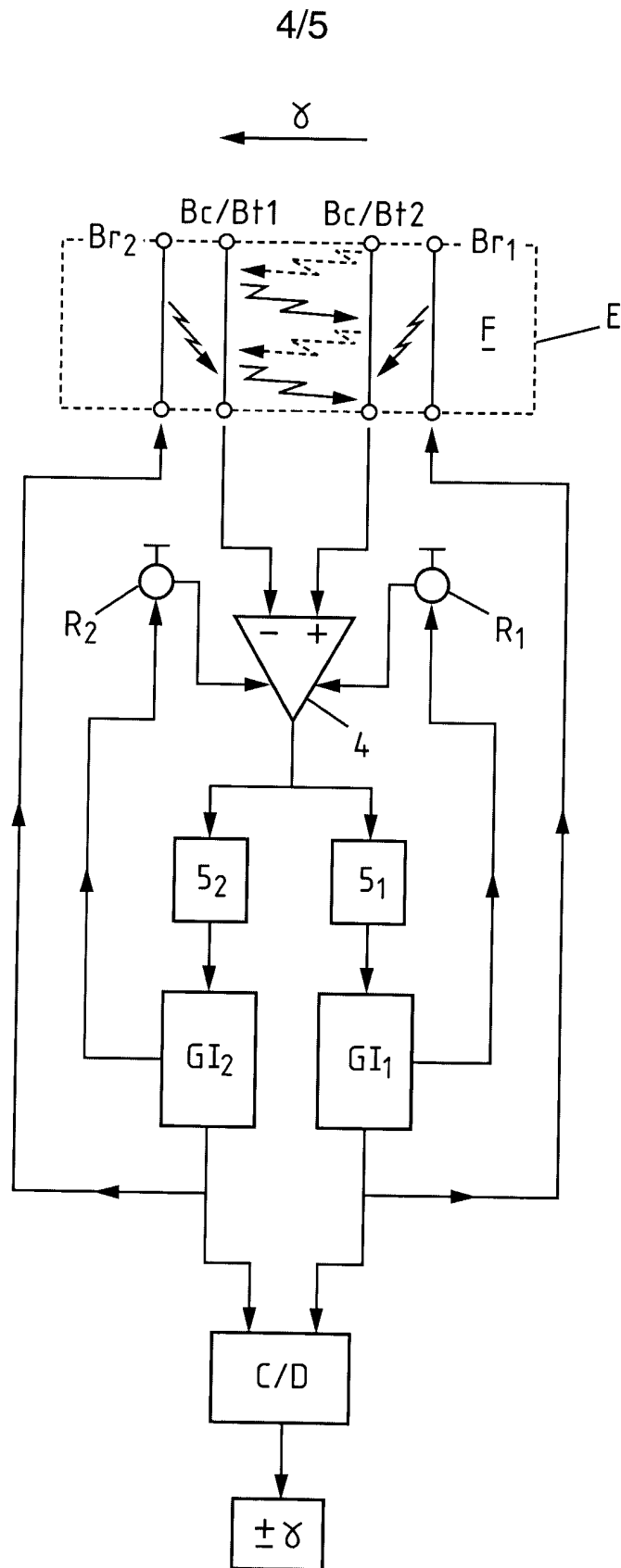


FIG. 3



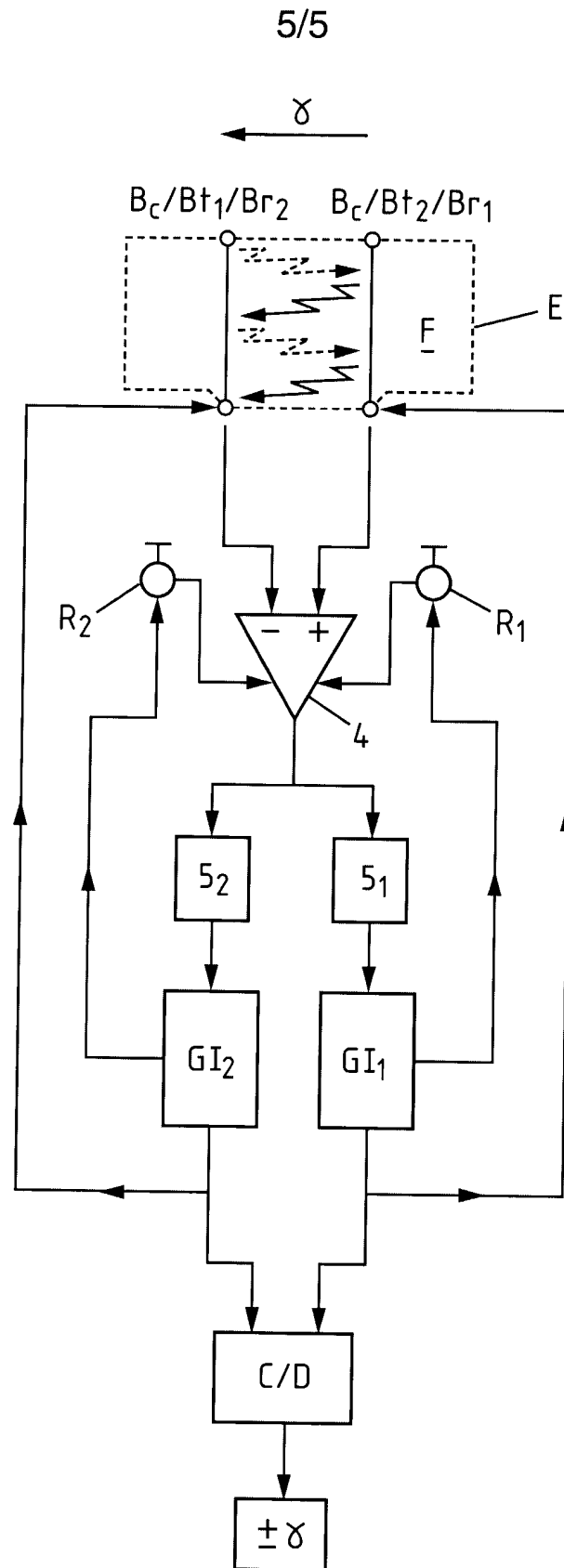


FIG. 5



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

FA 597711  
FR 0015265

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X Y	US 4 232 553 A (BENEDETTO KENNETH R ET AL) 11 novembre 1980 (1980-11-11) * colonne 4, ligne 16 - ligne 52 *  * colonne 5, ligne 17 - ligne 20 * * colonne 6, ligne 18 - ligne 23; figures *	1-3,5,8, 10-12,14 4,6,7,9, 13,15-20	G01P15/08 G01C9/02
Y	EP 0 784 200 A (LANDIS & GYR TECH INNOVAT) 16 juillet 1997 (1997-07-16) * colonne 7, ligne 8 - colonne 8, ligne 14; figures 8,9,4,5 *	4,6,7,9, 13,15-20	
D,A	US 5 581 034 A (BACHELDER DAVID M ET AL) 3 décembre 1996 (1996-12-03) * le document en entier *	1,10	
D,A	EP 0 664 456 A (HONDA MOTOR CO LTD) 26 juillet 1995 (1995-07-26) * le document en entier *	1,10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
			G01P G01F
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
13 août 2001		Pflugfelder, G	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 12.98 (P04C14)