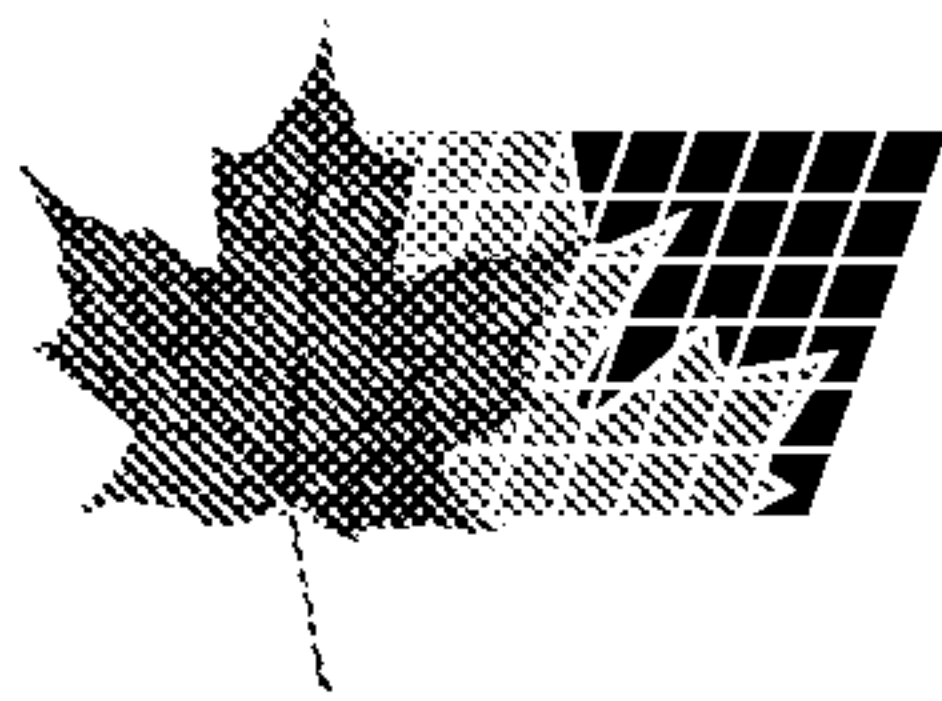




(11) (21) (C) **2,078,170**
(22) 1992/09/14
(43) 1993/03/19
(45) 2000/10/31

(72) Mouton, Pierre Charles, FR

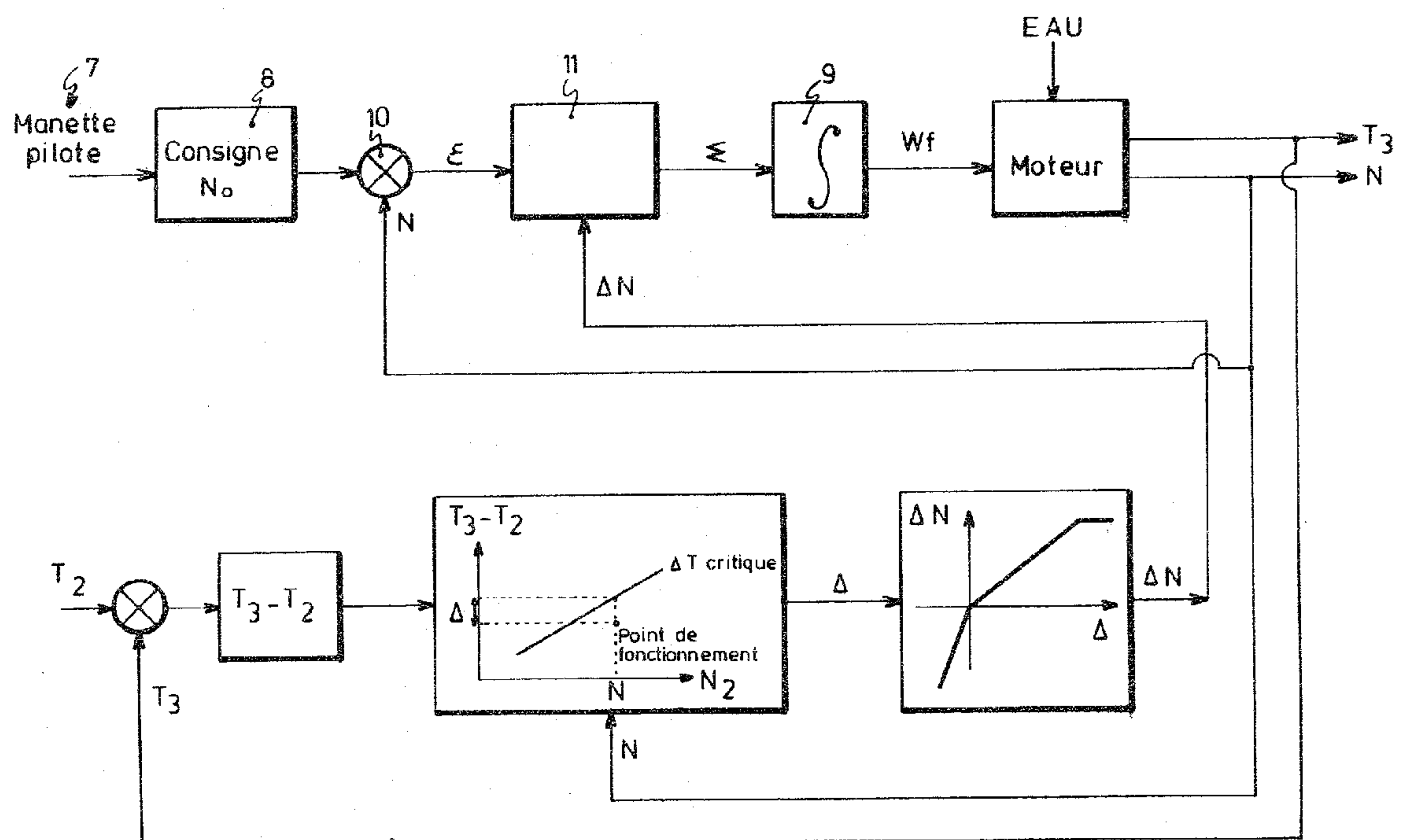
(73) SOCIETE NATIONALE D'ETUDE ET DE CONSTRUCTION DE
MOTEURS D'AVIATION "S.N.E.C.M.A.", FR

(51) Int.Cl.⁵ F02C 9/00, F02D 19/00

(30) 1991/09/18 (91.11473) FR

(54) **SYSTEME DE PROTECTION CONTRE L'EXTINCTION D'UNE
TURBOMACHINE EN CAS D'INGESTION D'EAU MASSIVE
OU DE GRELES**

(54) **SYSTEM FOR PREVENTING THE FAILURE OF A GAS
TURBINE IN CASE OF MASSIVE INGESTION OF WATER OR
HAIL**



(57) Le système comporta au moins un dispositif d'une détection de concentration critique d'eau dans la turbomachine et un dispositif permettant l'augmentation automatique du régime de rotation de la turbomachine. Le dispositif de détection est basé sur la mesure de l'élévation de la température de l'air au passage du compresseur et sur la comparaison de cette élévation de température à celle qui est considérée comme critique pour le fonctionnement de la turbomachine pour une vitesse de rotation donnée. Lorsque l'élévation de température mesurée est inférieure à l'élévation de température critique, le dispositif de détection envoie un signal au dispositif d'élévation du régime de rotation de la turbomachine, ce dernier comprenant un circuit à prépondérance maximum, intégré dans la boucle de régulation de la vitesse de rotation du moteur. La valeur la plus importante pour l'élévation du régime moteur, sera prise en compte par le circuit à prépondérance maximum qui délivrera au doseur de carburant l'information correspondante.



ABREGE

2078170

Système de protection contre l'extinction d'une turbomachine
5 en cas d'ingestion d'eau massive ou de grêles.

Le système comporte au moins un dispositif de détection de
concentration critique d'eau dans la turbomachine et un
10 dispositif permettant l'augmentation automatique du régime de
rotation de la turbomachine.

Le dispositif de détection est basé sur la mesure de
l'élévation de la température de l'air au passage du
15 compresseur et sur la comparaison de cette élévation de
température à celle qui est considérée comme critique pour le
fonctionnement de la turbomachine pour une vitesse de
rotation donnée. Lorsque l'élévation de température mesurée
est inférieure à l'élévation de température critique, le
20 dispositif de détection envoie un signal au dispositif
d'élévation du régime de rotation de la turbomachine, ce
dernier comprenant un circuit à prépondérance maximum,
intégré dans la boucle de régulation de la vitesse de
rotation du moteur.

25 La valeur la plus importante pour l'élévation du régime
moteur, sera prise en compte par le circuit à prépondérance
maximum qui délivrera au doseur de carburant l'information
correspondante.

30

FIGURE 4

DESCRIPTION

5

La présente invention a pour objet un système de protection contre l'extinction d'une turbomachine en cas d'ingestion d'eau massive ou de grêles.

10

Les turbomachines classiquement utilisées dans l'aviation comportent à l'amont au moins un compresseur axial qui fournit à la chambre de combustion, située à l'aval du compresseur, suffisamment d'air comprimé pour que celui-ci
15 soit mélangé à une quantité de carburant convenable qui sera brûlé.

De tels compresseurs axiaux absorbent de façon frontale le débit d'air nécessaire au bon fonctionnement de la
20 turbomachine mais peuvent aussi absorber, selon les conditions atmosphériques, de l'eau massive ou des grêles, par exemple lorsque l'avion rencontre un orage ou traverse un corps de nuages. L'eau ou les grêles ainsi absorbées peuvent alors créer des dysfonctionnements de la turbomachine.

25

Si le moteur fonctionne au régime plein gaz, le compresseur élèvera suffisamment la température de l'air qui le traverse et de l'eau ingérée pour que cette eau soit vaporisée et portée à une température suffisamment élevée pour ne pas
30 provoquer l'extinction de la chambre de combustion.

Au contraire, si l'avion est sur la trajectoire de descente, en approche, en phase d'atterrissage, le moteur est au régime ralenti et le taux de compression est faible. Dans ce cas,
35 l'eau peut parvenir à l'état liquide ou sous forme de particules de glace jusqu'à la chambre de combustion, provoquant l'extinction d'un ou plusieurs brûleurs, voire de la chambre de combustion et l'arrêt du moteur, impliquant ainsi un atterrissage particulièrement critique.

Le but de la présente invention est d'éviter de telles situations critiques par l'élévation automatique du régime de ralenti du moteur dès que la concentration d'eau détectée 5 dans le moteur dépasse une limite donnée.

Les solutions apportées par l'art antérieur au problème de l'ingestion d'eau massive ou de grêles par les turbomachines consistent à placer sur le trajet de l'air qui doit être 10 ingéré par la turbomachine des obstacles mécaniques ou des dispositifs séparateurs des particules de l'air, par exemple des écopés, séparateurs centrifuges ou capots de nez provoquant la déviation des particules. Toutefois, de telles conceptions sont plus ou moins complexes et ne sont pas 15 totalement satisfaisantes.

Une autre solution de l'art antérieur consiste en l'intervention du pilote sur la manette des gaz pour augmenter le régime moteur lorsque l'avion traverse une zone 20 de forte pluie ou d'orage qui est susceptible de créer un dysfonctionnement du moteur si le régime n'est pas augmenté. Une telle solution a pour inconvénient de nécessiter une intervention du pilote.

25 La présente invention a pour objet d'agir sur la régulation moteur grâce à l'utilisation de paramètres mesurés en fonctionnement sur le moteur, ces paramètres étant déjà utilisés à d'autres fins de contrôle et de régulation.

30 L'invention a donc pour avantage d'utiliser des paramètres mesurés par des capteurs existants, un dispositif électronique simple et peu coûteux et de ne pas nécessiter d'intervention pilote.

35 L'invention a donc pour objet un système comprenant au moins deux dispositifs principaux : un premier dispositif de

détection de concentration critique d'eau dans le moteur et un deuxième dispositif permettant l'élévation du régime de ralenti du moteur lorsqu'une concentration critique d'eau est détectée par le premier dispositif.

5

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée qui suit, faite en référence aux dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatif et dans lesquels :

10

- la figure 1 montre deux courbes représentatives de l'élévation de température dans un compresseur en fonction de la vitesse de rotation du moteur, lorsque l'air est sec et lorsque l'air est chargé d'eau dans une concentration
15 critique,

- la figure 2 montre deux courbes représentatives de l'évolution du rendement de combustion lorsque l'air est sec, et lorsque l'air est chargé d'eau dans une concentration
20 critique,

- la figure 3 montre un schéma du système selon l'invention,

25 - la figure 4 représente un mode de réalisation de la présente invention.

Le premier dispositif de détection de la concentration critique d'eau dans le moteur est basé, selon un mode de réalisation de l'invention, sur le fait qu'un compresseur
30 élève la température de l'air qui le traverse selon des caractéristiques déterminées, illustrées par la figure 1, où sont tracées les courbes 1 et 2, représentatives de la différence de températures ΔT entre la sortie T_3 et l'entrée T_2 du compresseur en fonction de la vitesse de rotation du
35 compresseur, lorsque l'air ingéré est sec suivant la courbe 1 et lorsque l'air contient une concentration critique d'eau suivant la courbe 2.

La différence de température ΔT est également fonction du degré hygrométrique de l'air absorbé par le compresseur. En effet, lorsque le compresseur comprime de l'air chargé d'eau, une partie de l'énergie fournie par le compresseur permet la
5 vaporisation totale ou partielle de l'eau ingérée et la différence des températures entre la sortie et l'entrée du compresseur est alors plus faible que si l'air est sec.

Dans ces conditions et selon l'invention, le dispositif de
10 détection de la concentration critique d'eau est basé sur la mesure des températures de l'air à l'entrée T_2 et à la sortie T_3 du compresseur, sur la mesure de la vitesse de rotation du compresseur N , sur le calcul de $\Delta T = T_3 - T_2$, et sur la comparaison du point de fonctionnement ainsi obtenu,
15 $T_3 - T_2 = f(N^2)$, à la valeur critique de la différence de température, ΔT_c correspondant à la même vitesse de rotation du compresseur N .

Il est à noter que les courbes 1 et 2 représentées sur la
20 figure 1 sont propres à chaque moteur et sont déterminées à partir des résultats d'essais, et que la courbe 2 est déterminée en fonction de la concentration d'eau maximum acceptable pour ne pas provoquer de dysfonctionnement du moteur.

25

Lorsque le point de fonctionnement mesuré du compresseur se situe dans la zone 3, selon la figure 1, le dispositif de détection de concentration critique d'eau joue son rôle par la transmission de cette information au deuxième dispositif
30 permettant l'élévation du régime de ralenti du moteur.

Selon une variante de l'invention, un dispositif auxiliaire peut être adjoint au premier dispositif de détection de la concentration critique d'eau. Ce dispositif auxiliaire
35 détecte également la concentration critique d'eau et permet ainsi la confirmation de l'information fournie par le premier dispositif.

Le dispositif auxiliaire est basé sur le fait que, au delà d'une concentration d'eau donnée, de l'eau non vaporisée par le compresseur pénètre dans la chambre de combustion. Dans un tel cas, le rendement de combustion est réduit, une partie de 5 l'énergie fournie par la chambre de combustion étant utilisée à la vaporisation de l'eau.

Le dispositif auxiliaire est alors basé sur la mesure du rendement de combustion et, par exemple, par surveillance de 10 la relation :

$$T_{49} - T_3 = f \left(\frac{W_f}{P_3} - kN^2 \right)$$

15 où W_f = débit masse de carburant

P_3 = pression à la sortie du compresseur

N = vitesse de rotation de la turbine et du compresseur.

T_{49} = température à la sortie de la turbine

T_3 = température à l'entrée de la chambre de combustion

20

La figure 2 représente les courbes 4 et 5 représentatives de la relation $T_{49} - T_3 = f \left(\frac{W_f}{P_3} - kN^2 \right)$ lorsque l'air ingéré par

la turbomachine est sec, suivant la courbe 4, et lorsque 25 l'air contient une concentration critique d'eau, suivant la courbe 5.

Après mesure des paramètres de fonctionnement W_f , P_3 , N , T_{49} et T_3 , les valeurs $\left(\frac{W_f}{P_3} - kN^2 \right)$ et $(T_{49} - T_3)$ sont calculées 30

puis le point de fonctionnement ainsi obtenu est comparé à la valeur critique de $(T_{49} - T_3)_c$ correspondant au même $\left(\frac{W_f}{P_3} - kN^2 \right)$ que celui mesuré.

P_3

Sur la figure 2, on observe donc une concentration critique d'eau lorsque le point de fonctionnement se situe dans la zone hachurée 6. Si tel est le cas, le diagnostic établi par le premier dispositif de détection est confirmé par le dispositif auxiliaire et le système constitué de ces deux dispositifs est redondant. Une action peut alors être entreprise par le deuxième dispositif d'élévation du régime de ralenti du moteur.

10

Le système préféré selon l'invention utilisant le dispositif redondant de détection de la concentration critique d'eau peut être globalement schématisé comme représenté en figure 3.

15

On donne ci-après un exemple de réalisation de l'invention, en référence à la figure 4 qui représente un schéma possible de la régulation moteur utilisant l'invention, sans redondance au niveau de la détection de la concentration critique d'eau.

Selon la position de la manette des gaz 7 du pilote, une consigne 8 de la vitesse de rotation du moteur N_0 est délivrée. Le calculateur du moteur fournit alors au doseur de carburant 9 les informations nécessaires pour que ce doseur délivre un débit de carburant W_f correspondant au régime moteur désiré. De manière à réguler convenablement le débit de carburant, la vitesse de rotation effective du moteur N est mesurée et comparée à la vitesse de consigne N_0 par un comparateur 10 pour obtenir l'écart de ces deux vitesses ϵ et corriger le débit de carburant afin d'obtenir une vitesse effective du moteur égale à la vitesse de consigne N_0 .

Selon l'invention, les paramètres de température en sortie du compresseur T_3 , à l'entrée du compresseur T_2 , et la vitesse de rotation du moteur N sont mesurés.

Le calculateur effectue le calcul de la différence $T_3 - T_2$ et compare le point de fonctionnement $\Delta T = T_3 - T_2 = f(N^2)$ à la valeur critique ΔT_c correspondant à la vitesse de rotation N mesurée.

Si la différence de température $T_3 - T_2$ mesurée est inférieure au ΔT_c pour la vitesse de rotation du moteur N mesurée, le calculateur calcule un Δ correspondant à l'écart entre le ΔT mesuré et le ΔT_c , puis le calculateur associe à cette valeur Δ un ΔN représentant l'augmentation nécessaire de la vitesse de rotation du moteur.

Ce ΔN sera comparé à ϵ par un circuit à prépondérance maximum 11, également dénommé "highest win", de type connu, fonctionnant à la manière d'une butée de décélération, c'est à dire que le circuit à prépondérance maximum 11 fournit au doseur 9 l'information représentant la plus grande valeur parmi ϵ et ΔN pour l'augmentation du débit de carburant W_f correspondant.

Une variante peut être apportée au mode de réalisation de l'invention décrit ci-dessus, par l'utilisation d'un dispositif auxiliaire de détection de la concentration critique d'eau basé sur le calcul du rendement de la chambre de combustion. Le système de détection de la concentration critique d'eau fonctionne alors en double détente, le dispositif auxiliaire permettant d'éliminer les fausses alarmes dues à un éventuel dysfonctionnement du premier dispositif de détection.

D'après la description qui a été faite ci-dessus, il ressort que l'invention a pour avantage d'utiliser des paramètres déjà mesurés à d'autres fins de régulation de la turbomachine et couramment utilisés dans les régulations électroniques modernes dites FADEC.

Il conviendra, pour la mise en oeuvre de l'invention, de prédéfinir, à l'aide des résultats d'essais, les limites critiques propres à chaque moteur et de vérifier, en cours de fonctionnement du moteur, que celui-ci fonctionne bien dans 5 les champs définis, selon des lois cohérentes.

Par ailleurs, le système selon l'invention doit être tel que la régulation qui commande la réaccélération du moteur en cas d'ingestion d'eau prenne également en compte la protection 10 contre le pompage et le décrochage. A cette fin, des dispositifs connus peuvent être utilisés.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits et représentés, à partir desquels on 15 pourra prévoir d'autres formes et d'autres modes de réalisation, sans pour autant sortir de l'esprit de l'invention.

20

25

30

35

REVENDICATIONS

1. Système de protection contre l'extinction d'une turbomachine en cas d'ingestion d'eau massive ou de grêles, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un premier dispositif de détection de la concentration critique d'eau dans ladite turbomachine couplé à un deuxième dispositif permettant l'élévation automatique du régime de ladite turbomachine lorsqu'une concentration critique d'eau est détectée par ledit premier dispositif; en ce que ledit premier dispositif est basé sur la mesure de la concentration d'eau dans le compresseur; et en ce que ledit premier dispositif comprend:

- l'acquisition des mesures de la température à la sortie du compresseur T_3 , de la température à l'entrée du compresseur T_2 , de la vitesse de rotation du moteur N ,
- le calcul du point de fonctionnement $T_3 - T_2 = f(N^2)$
- la comparaison de ce point de fonctionnement à la limite critique $(T_3 - T_2)$ acceptable pour la turbomachine à la vitesse de rotation mesurée N .

2. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on adjoint au premier dispositif de détection de la concentration critique d'eau un dispositif auxiliaire de détection de la concentration critique d'eau basé sur la détection d'un phénomène indépendant de celui utilisé par ledit premier dispositif.

3. Système selon la revendication 2, caractérisé en ce que le dispositif auxiliaire est basé sur la surveillance du rendement de combustion.

4. Système selon la revendication 3 caractérisé en ce que le rendement de combustion est exprimé par la relation $T_{49} - T_3 = f \left(\frac{Wf}{P_3} - KN^2 \right)$

dans laquelle T_{49} = température à la sortie de la turbine.

T_3 = température à l'entrée de la chambre de combustion

Wf = débit-masse de carburant

P_3 = pression à la sortie du compresseur

N = vitesse de rotation du moteur et en ce que ledit dispositif auxiliaire comprend

- l'acquisition des mesures de T_{49} , T_3 , Wf , P_3 et N
- le calcul du point de fonctionnement $T_{49} - T_3 = f \left(\frac{Wf}{P_3} - KN^2 \right)$

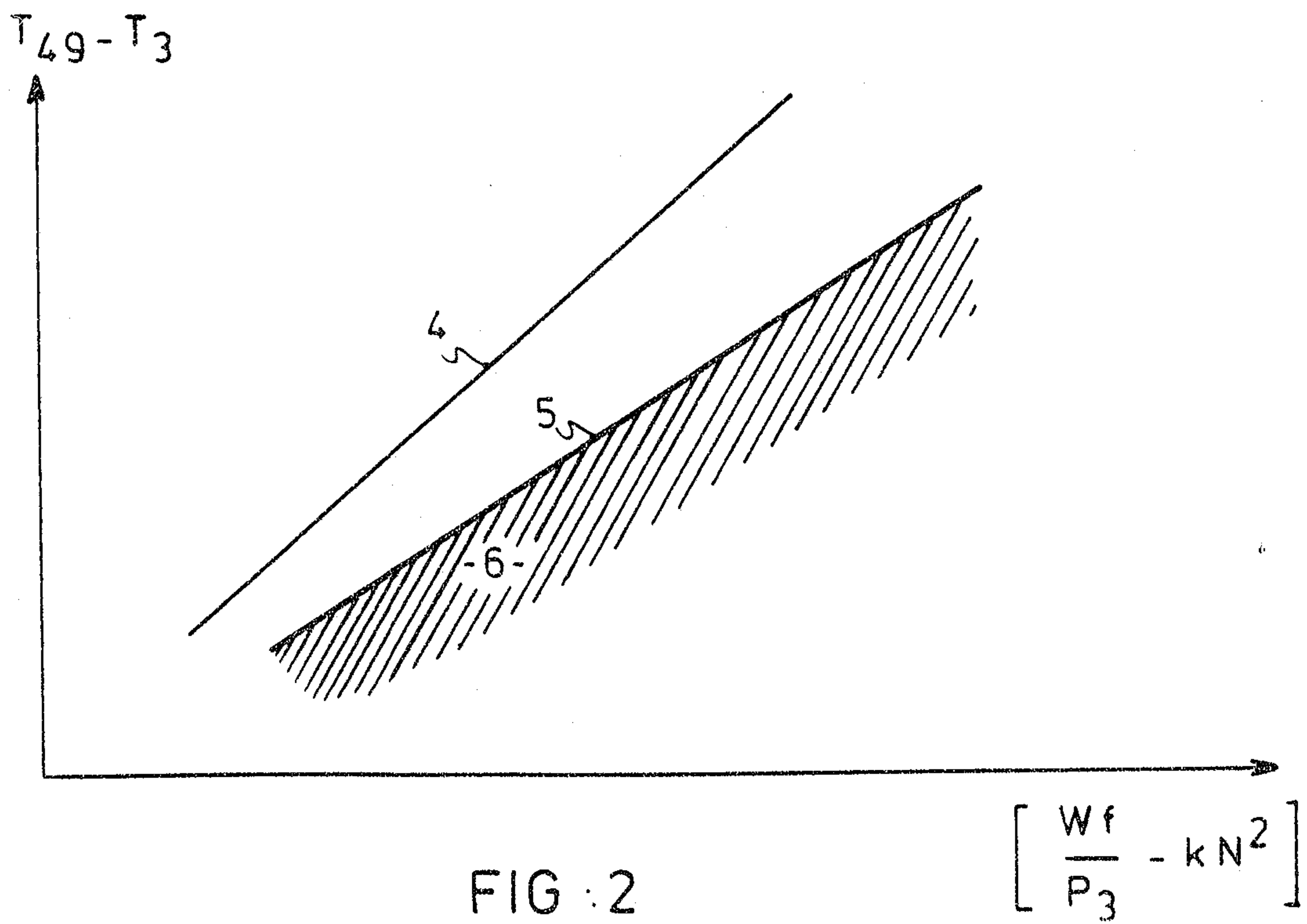
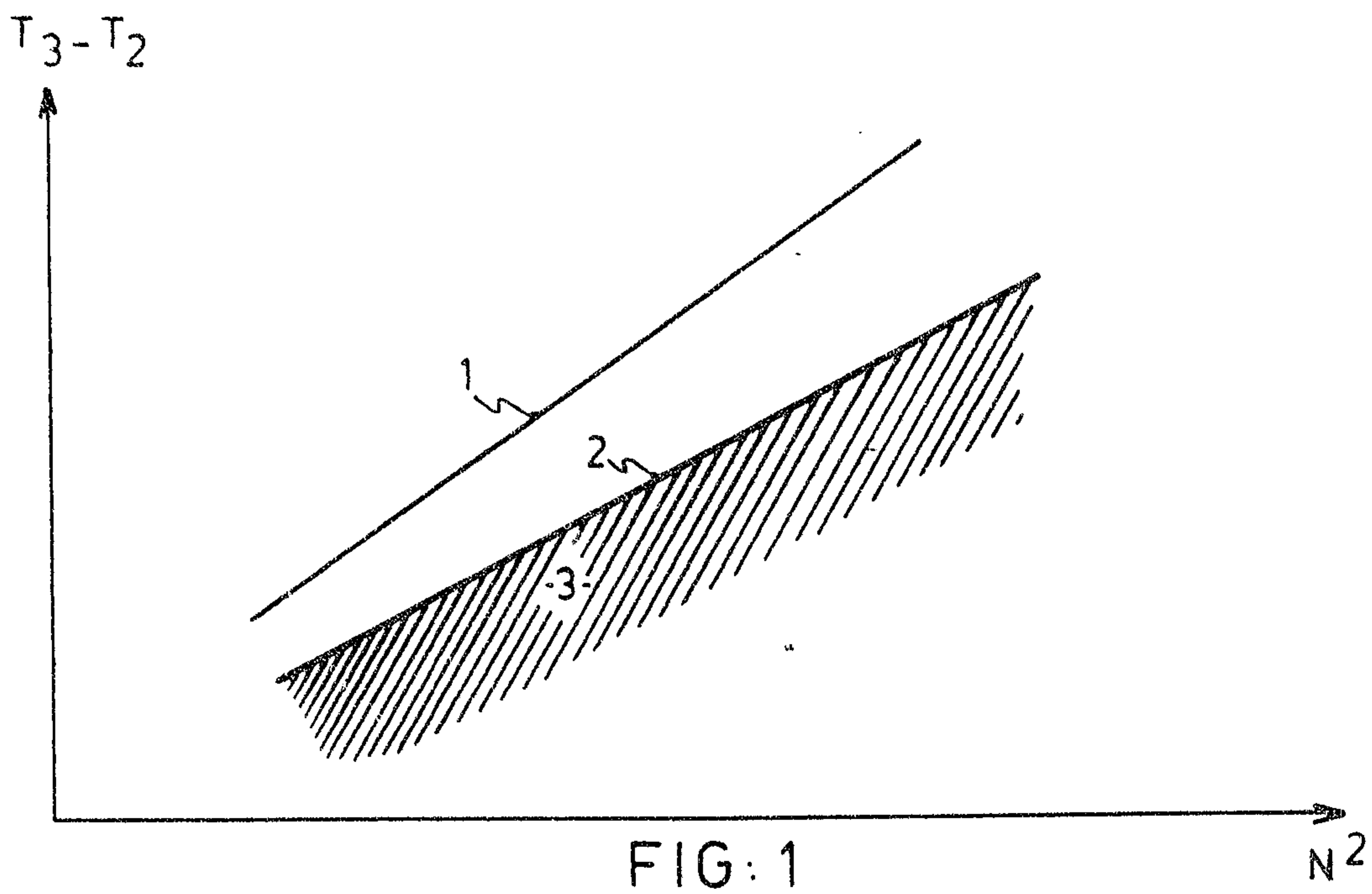
- la comparaison de ce point de fonctionnement à la limite critique ($T_{49} - T_3$) acceptable pour la turbomachine pour la valeur de $\left(\frac{Wf}{P_3} - KN^2 \right)$ calculée à partir des mesures.

P_3

5. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ledit premier dispositif de détection fournit audit deuxième dispositif une information d'augmentation du régime moteur, lorsqu'une concentration critique d'eau est détectée, ledit deuxième dispositif comprenant un circuit à prépondérance maximum qui compare l'information d'augmentation du régime moteur issu du premier dispositif à l'information issue de la régulation du régime moteur par rapport à la consigne fournie par la position de la manette des gaz, ledit circuit à prépondérance maximum fournissant au doseur de carburant l'information la plus grande parmi les deux informations susdites, le doseur délivrant la quantité de carburant correspondant à l'augmentation nécessaire du régime moteur.

2078170

6. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il comprend également une protection contre le pompage et le décrochage de la turbomachine.



Spudman Daye Dimes & James Walker

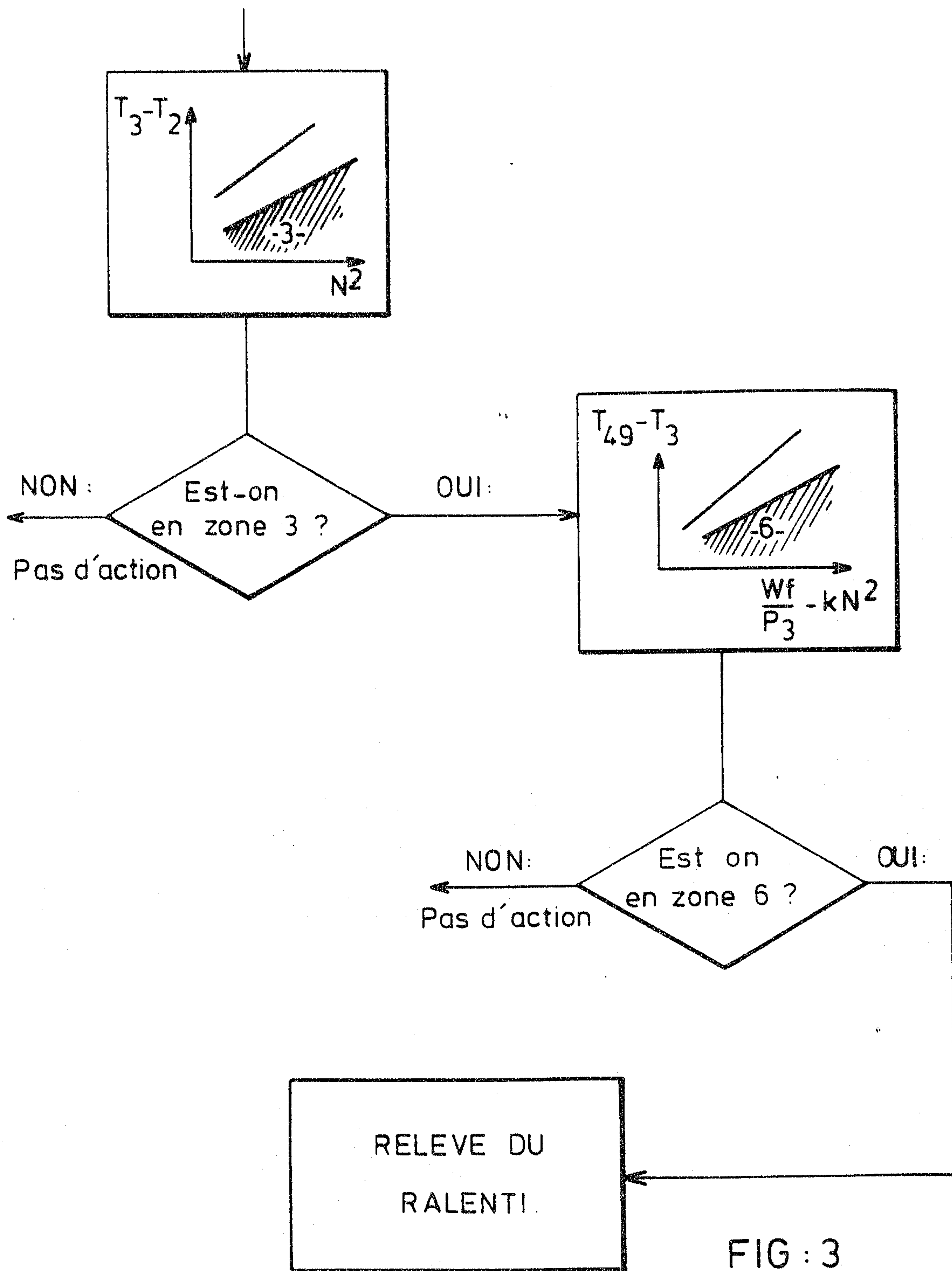


FIG : 3

Andreas Lage Debus & Martin Walker

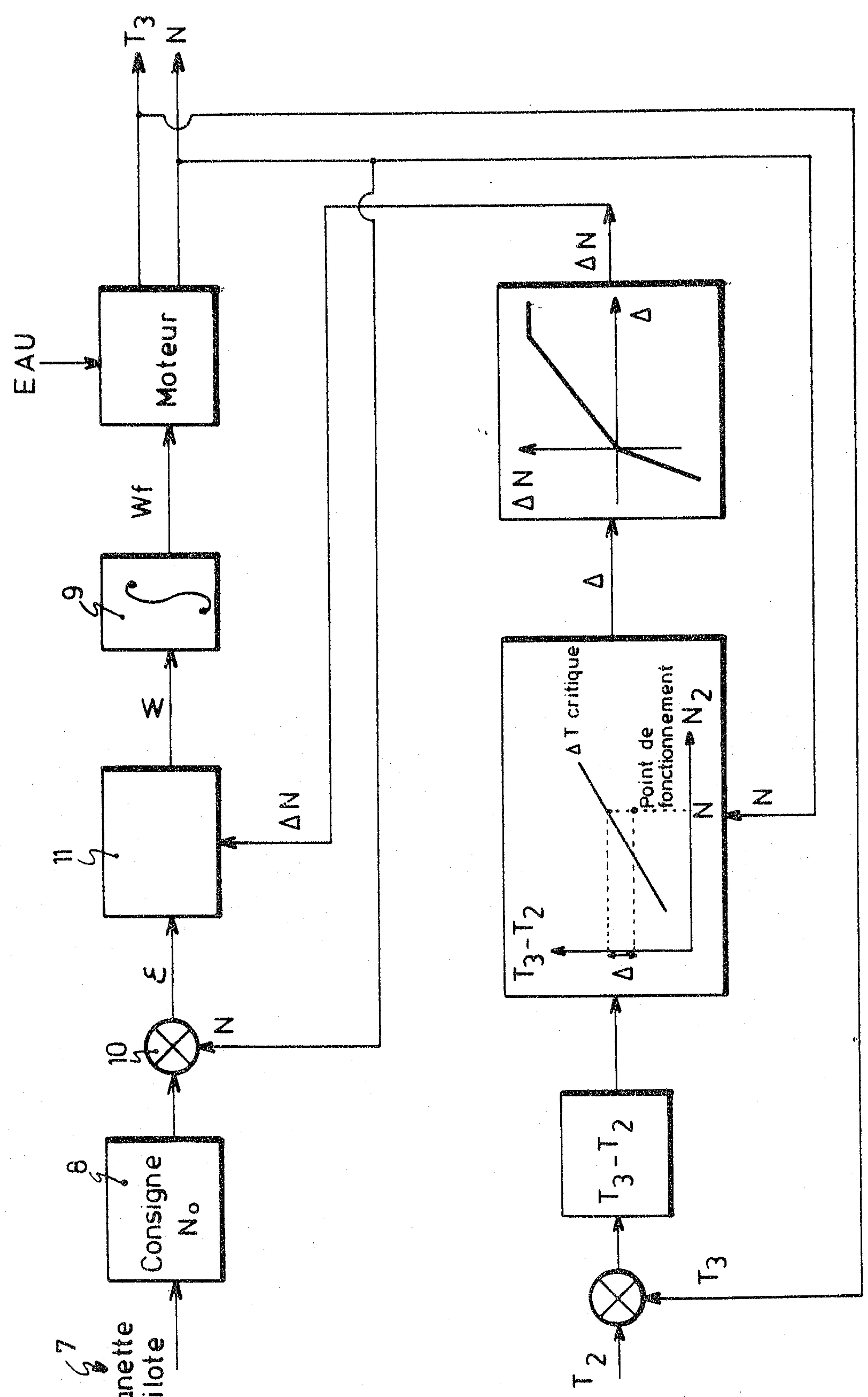


FIG. 4

Goudreau, Sage, Dubuc & McInnis Walker

