(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 531 490**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **83 12696**

(51) Int Cl³ : F 02 C 7/057.

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) Date de dépôt : 2 août 1983.

(30) Priorité US, 4 août 1982, n° 404.942.

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 6 du 10 février 1984.

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(71) Demandeur(s) : *GENERAL ELECTRIC COMPANY.* — US.

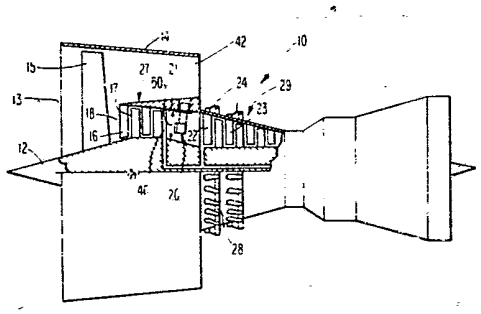
(72) Inventeur(s) : Dana D. Freberg et William R. Spencer.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : Alain Catherine.

(54) Détecteur de température du flux d'air dans une turbomachine.

(57) L'invention consiste à placer un détecteur de température 20 à l'entrée du compresseur axial 29 d'un moteur à turbine à gaz en un emplacement situé à une distance radiale du diamètre extérieur 21 du courant d'air annulaire qui entre dans le compresseur supérieur à 50 % de la distance radiale entre les diamètres extérieur et intérieur de ce courant d'air. On obtient ainsi une mesure plus juste de la température à l'entrée du compresseur pendant les périodes d'ingestion d'eau par le moteur, ce qui permet de commander les aubes du stator variables 22, 23 en rapport avec cette condition et d'accroître ainsi la marge de décrochage du compresseur dans une telle situation.



FR 2 531 490 - A1

La présente invention se rapporte aux moteurs à turbine à gaz et plus particulièrement à la mesure des températures à l'entrée du compresseur dans de tels moteurs.

Il existe actuellement un problème pour la détection des températures à l'entrée du compresseur du fait que pendant les périodes d'ingestion d'eau par le moteur, par exemple au cours d'une pluie d'orage, le détecteur se mouille et la température détectée s'approche de la température de bulbe humide qui est inférieure à la température effective. Comme l'eau et l'air passent à travers les divers étages rotatifs de la turbine suivant un trajet d'écoulement approximativement annulaire, l'eau est projetée par la force centrifuge vers la périphérie du courant d'air annulaire. Du fait de cette variation de la concentration en eau à travers le courant d'air et du transfert de chaleur correspondant entre l'eau et l'air, il se crée une distorsion ou gradient radial de température de l'extérieur vers l'intérieur du courant d'air annulaire, les températures les plus froides se trouvant au niveau de la la périphérie extérieure.

Par conséquent, la présente invention a notamment pour buts:

. de mesurer la température d'un courant d'air qui s'écoule dans un moteur à turbine à gaz en un emplacement qui assure un meilleur fonctionnement aussi bien dans des conditions sèches que dans des conditions humides;

. de placer un détecteur de température à un emplacement optimal à l'intérieur du courant d'air ce qui a pour résultat de réduire l'effet de l'humidité sur la mesure des températures à l'entrée du compresseur;

. d'améliorer la marge de décrochage dans un

moteur à turbine à gaz pendant l'ingestion d'eau;

. d'améliorer la commande de calage des aubes de stator à calage variable en fonction de la température dans un compresseur de turbine à gaz;

. de réaliser un détecteur de température qui réduit l'erreur dans la mesure de la température à l'entrée du compresseur due aux distorsions de température qui existent dans un courant d'air annulaire.

Ainsi, conformément à la présente invention, un élément détecteur de température est monté à l'intérieur d'un trajet d'écoulement annulaire, ayant une périphérie extérieure et une périphérie intérieure, d'un courant d'air qui s'écoule à travers une turbomachine, à un emplacement à l'intérieur du trajet d'écoulement annulaire qui est radialement éloigné de la périphérie extérieure d'une distance supérieure à cinquante pour cent de la distance radiale entre la périphérie extérieure et la périphérie intérieure.

La suite de la description se réfère aux figures annexées qui représentent respectivement:

. figure 1, une vue partielle en coupe d'une turbine à gaz, prise suivant une direction axiale, cette turbine comportant un mode de réalisation de la présente invention;

. figure 2, une vue isométrique d'un détecteur de température à immersion profonde que comporte la turbine de la figure 1;

. figure 3, une vue en coupe, prise suivant la ligne 3-3 de la figure 2;

. figure 4, un graphique qui représente les variations de température dans un courant d'air de turbine pour diverses teneurs en humidité et différentes profondeurs de pénétration dans le courant d'air;

. figure 5, un schéma synoptique du fonctionnement du système de la présente invention dans un

moteur à turbine à gaz ayant des aubes de compresseur à calage variable.

Sur la figure 1 à laquelle on se réfèrera, on a représenté une vue partielle en coupe d'un moteur à turbine à gaz, désigné par la référence générale 10. Le moteur 10 à turbine à gaz comprend un tambour de rotor cylindrique 12, s'étendant axialement, placé au centre d'un canal 13 d'entrée d'air entouré d'une enveloppe 14. Une soufflante 15 de moteur est placée à l'intérieur du canal 13 d'entrée d'air pour accroître le débit du courant d'air.

On place axialement, derrière la soufflante 15 de moteur, une section de gavage 17 du rotor de soufflante qui comporte plusieurs étages, chaque étage comprenant une partie de rotor à aubes mobiles multiples et une partie de stator à aubes fixes multiples. La section de gavage 17 précomprime l'air pompé par la soufflante 15 à un rapport de pression d'environ 2:1 ou d'environ 1013 millibars à environ 2000 millibars, au niveau de la mer. Un aubage de stator 16 de la section de gavage 17 est placé à l'entrée 18 d'un trajet d'écoulement annulaire 40 pour un courant d'air qui s'écoule à travers la turbine 10. Le trajet d'écoulement annulaire 40 est limité par le tambour 12 du rotor qui constitue sa limite ou diamètre intérieur et par la surface 21 du diviseur 27 de flux d'air qui constitue sa limite ou diamètre extérieur. Le diviseur 27 de flux détourne une partie de l'air d'arrivée par un canal de dérivation 42. La "profondeur de pénétration dans le trajet d'écoulement" à laquelle on se réfèrera est la pénétration radiale dans le trajet d'écoulement d'air annulaire 40 depuis le diamètre extérieur en direction du diamètre intérieur. Sur la figure 1, la flèche 60 représente une profondeur de pénétration de 100% étant donné qu'elle s'étend sur toute la distance

depuis le diamètre extérieur jusqu'au diamètre intérieur.

Un compresseur haute pression 29 à plusieurs étages est disposé espacé radialement à l'arrière de la section de gavage 17 à l'intérieur de la turbine à gaz 10. Le compresseur haute pression 29 comporte plusieurs rotors à aubes mobiles multiples et plusieurs stators à aubes fixes multiples dont la position est réglable. Les aubes de stator, telles que les aubes 22 et 23, sont fixées à des bras de commande 24 qui sont montés sur des anneaux 28 pour permettre de modifier l'angle d'attaque des aubes de stator en fonction de certains paramètres de fonctionnement de la turbine. L'emploi d'aubes de stator à position réglable est bien connu dans la technique et on peut trouver une description d'un tel fonctionnement dans le brevet des EUA n° 2 931 168 qui doit être considéré comme incorporé à la présente description par la référence qui y est faite ici. De l'air est refoulé axialement à travers le compresseur haute pression 29 qui accroît la pression et la température de l'air en vue de son emploi dans une partie de combustion (non représentée) du moteur 10 à turbine.

Un détecteur de température 20, servant à déterminer la température à l'entrée du compresseur, est situé à l'intérieur du trajet d'écoulement annulaire 40, écarté de la section de gavage 17 et à l'avant du compresseur haute pression 29. Le détecteur 20, qui est représenté dans une vue isométrique sur la figure 2, comprend un montant 32 dont une extrémité est fixée à une semelle 36. L'extrémité opposée du montant 32 est fixée à un boîtier 26 à l'intérieur duquel est disposé un serpentin 38 rempli d'hélium (voir également la figure 3). La semelle 36 est fixée à la surface intérieure 21 du diviseur 27 de flux. La longueur du montant est choisie de telle sorte que le boîtier 26 qui contient le serpentin 38 détecteur

de température est placé à l'intérieur du trajet d'écoulement annulaire 40 à une profondeur de pénétration qui est supérieure à 50% de la profondeur de pénétration totale 60 comme on le décrira ultérieurement.

La figure 3 représente le boîtier 26 muni d'un écran de protection contre la pluie ou "pare-gouttes", de forme conique 35, qui comporte une ouverture 43 permettant à l'air de s'écouler le long du serpentin 38 et de sortie par l'ouverture 44. Le "pare-gouttes" 35 permet à l'air de passer librement sur les surfaces du serpentin 38 grâce à la formation de remous à l'intérieur du boîtier 26 tout en empêchant les gouttelettes de pluie, qui sont présentes pendant les conditions d'ingestion d'eau, de pénétrer. Le serpentin de détection 38 est rempli d'hélium gazeux sous pression et il réagit aux changements de température de telle sorte que, lorsque la température s'accroît, la pression du gaz s'accroît et que, lorsque la température diminue, la pression du gaz diminue également. Les changements de pression du gaz à l'intérieur du serpentin de détection 38 sont transmis par un raccord 37 à un mécanisme de commande approprié. Le "pare-gouttes" favorise la détection de la température effective du courant d'air en réduisant au minimum le contact de l'humidité avec le serpentin 38, empêchant de ce fait que la température détectée s'approche de la température de bulbe humide qui est inférieure à la température effective de l'air.

Dans une installation constituant un mode de réalisation recommandé, la profondeur de pénétration dans le trajet d'écoulement du serpentin de détection 38 est d'approximativement 11,25 cm (4,8 inches) depuis la surface intérieure 21. Etant donné que, dans ce mode de réalisation choisi à titre d'exemple le trajet d'air annulaire a une profondeur de pénétration totale

d'environ 20 cm (8 inches) (profondeur de pénétration de 100%), la position du serpentin détecteur 38 représente une profondeur de pénétration d'approximativement 55% dans le trajet annulaire 40 à partir de la surface intérieure 21. Le placement du serpentin 38 à une profondeur de pénétration de 55% représente le choix d'un emplacement dans lequel l'air est plus chaud pendant l'ingestion d'eau qu'au voisinage de la surface intérieure 21 du diviseur 27 de flux (profondeur de pénétration de 0%) où de l'eau a été projetée par centrifugation par les étages tournants de la soufflante 15 et de la section de gavage 17.

Sur la figure 4, on a tracé diverses courbes qui représentent la profondeur de pénétration dans le trajet d'écoulement (en centimètres) par rapport à la température (en degrés Celsius) mesurée à l'admission du compresseur haute pression. Chaque courbe représente un pourcentage différent d'humidité contenue dans le courant d'air, ou teneur en humidité du courant d'air. Si l'on se réfère à la courbe 0% d'humidité, on voit que le placement du détecteur à une profondeur de pénétration de 55% (au point désigné par la lettre A) donne une indication de température qui est approximativement égale à l'indication de température obtenue avec le placement du détecteur, conformément à la technique antérieure, à une profondeur de pénétration de 12,5% (au point désigné par la lettre B). Cependant, pour d'autres teneurs en humidité du courant d'air, il apparaît clairement que le placement du détecteur à une profondeur de pénétration de 55% se traduit par des mesures de température plus élevées que celles mesurées à un emplacement situé à une profondeur de pénétration de 12,5% conformément à la technique antérieure. Ces températures plus élevées se rapprochent plus étroitement des températures effectives à l'entrée

du compresseur que les températures inférieures mesurées à l'emplacement situé à la profondeur de pénétration de la technique antérieure, par suite du gradient de température radial provoqué par les gouttelettes d'eau centrifugées.

Il apparaîtra clairement à la lecture de la description détaillée qui précède que si l'on désire détecter des températures encore plus élevées, il suffit d'accroître la profondeur de pénétration du serpentin de détection 38; en d'autres termes, il suffit de placer le serpentin 28 plus proche du tambour 12 du rotor. Il suffit pour cela d'allonger le montant 32 du détecteur de température 20 pour obtenir une pénétration encore plus profonde du serpentin 38 dans le trajet d'écoulement 40. Comme représenté par la famille de courbes de la figure 4, la température du courant d'air commence à s'accroître nettement à des profondeurs de pénétration supérieures à 50%. Cet accroissement devient encore plus apparent lorsque la teneur en humidité du courant d'air s'accroît. Par conséquent, le placement du serpentin de détection à une profondeur de pénétration qui dépasse 50% de la profondeur de pénétration totale disponible permet de mesurer les températures plus élevées qui existent effectivement dans le courant d'air. On considère préférable que le serpentin détecteur soit placé à une profondeur de pénétration comprise entre 55% et 85% de la profondeur de pénétration totale du trajet d'écoulement.

La figure 5 montre, sous la forme d'un schéma-bloc, que le signal de sortie du détecteur 20, qui est une fonction de la température à l'entrée du compresseur, est appliqué à un dispositif 50 de commande du stator variable. Le dispositif de commande 50 produit un signal de sortie qui est utilisé pour mettre en position les aubes de stator à calage

variable, par exemple, celles désignées sur la figure 1 par les références 22 et 23, au moyen des anneaux 28 et des bras de commande 24 en fonction de la température à l'entrée du compresseur, comme décrit et représenté dans le brevet des EUA n° 2 931 168 déjà cité.

Du fait que l'on détecte avec précision la température du courant d'air du trajet d'écoulement 40 pendant les pluies d'orage, grâce à l'emploi d'un détecteur à immersion profonde et à l'emploi d'un "pare-gouttes" 35, les aubes de stator à calage variable du compresseur 29 sont plus complètement fermées, de plusieurs degrés. Il en résulte que l'angle d'attaque des aubes de stator à calage variable est fixé de telle sorte que le compresseur haute pression 29 refoule l'air axialement à travers la turbine 10 d'une manière efficace et avec une réduction des turbulences. Par conséquent, la marge de décrochage du compresseur est améliorée.

Bien que le mode de réalisation de l'invention décrit ci-dessus prévoit de placer un détecteur de température en amont du compresseur haute pression, la présente invention est également utilisable pour mesurer les températures à d'autres emplacements du moteur à turbine à gaz où les aubes mobiles provoquent des distorsions de températures radiales. Par exemple, le détecteur peut être placé entre la soufflante et la section de gavage du moteur à turbine à gaz, à l'avant de la turbine haute pression, à l'avant de la turbine basse pression ou même à une quelconque position intermédiaire entre des étages. Par conséquent, de tels emplacements doivent être considérés comme entrant dans le cadre de la présente invention.

Il est bien entendu que l'appareil suggéré ci-dessus et tel que représenté à titre d'exemple sur les figures ne constitue qu'un exemple d'un mode de

réalisation préféré de la présente invention et que de nombreuses variantes qui entrent dans le cadre des principes de la présente invention viendront immédiatement à l'esprit des spécialistes de la technique et sont couvertes par les revendications.

REVENDICATIONS

1. Appareil pour détecter la température dans un courant d'air s'écoulant suivant un trajet d'écoulement (40) approximativement annulaire à travers une turbomachine (10), ce trajet d'écoulement ayant un diamètre intérieur (12) et un diamètre extérieur (21), appareil caractérisé en ce qu'il comprend des moyens (20) pour détecter la température de l'air à un emplacement situé entre les diamètres intérieur et extérieur du trajet d'écoulement qui est éloigné radialement du diamètre extérieur d'une distance qui est supérieure à 50% de la distance radiale entre le diamètre extérieur et le diamètre intérieur.

2. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'emplacement de détection de la température est situé à une distance radiale dudit diamètre extérieur (21) comprise entre 55 et 85% de la distance radiale entre le diamètre extérieur et le diamètre intérieur du trajet (40) d'écoulement du courant d'air.

3. Appareil selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'emplacement de détection de la température est situé à une distance radiale dudit diamètre extérieur (21) qui est égale à approximativement 55% de la distance radiale entre le diamètre extérieur et le diamètre intérieur du trajet (40) d'écoulement du courant d'air.

4. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte, en outre: a) un étage compresseur (29) et en ce que: b) les moyens (20) de détection de la température de l'air sont disposés à l'avant de l'étage compresseur.

5. Appareil selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comporte, en outre: a) un étage de gavage (17) disposé à l'avant de l'étage compresseur (20) dont il est séparé; et en ce que: b) les moyens

(20) de détection de la température (20) sont disposés entre l'étage de gavage et l'étage compresseur.

6. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte, en outre une paroi intérieure et une paroi extérieure qui définissent les diamètres intérieur et extérieur (21) qui servent à contenir le courant d'air à l'intérieur de la turbomachine (10); et en ce que les moyens de détection (20) sont fixés à proximité de la paroi extérieure et s'étendent dans le trajet d'écoulement du courant d'air annulaire.

7. Dispositif pour commander les aubes de compresseur (22, 23) d'une turbomachine, aubes qui ont un angle d'attaque variable en fonction de la température, à l'entrée du compresseur (29), d'un courant d'air, ce courant d'air ayant un trajet d'écoulement (40) approximativement annulaire qui a un diamètre extérieur et un diamètre intérieur, dispositif caractérisé en ce qu'il comporte: a) des moyens (20) pour mesurer la température du courant d'air qui entre dans le compresseur à un emplacement situé entre les diamètres intérieur et extérieur du trajet d'écoulement annulaire du courant d'air qui est radialement éloigné du diamètre extérieur d'une distance supérieure à 50% de la distance radiale entre le diamètre extérieur et le diamètre intérieur; b) des moyens (50) pour produire un signal en fonction de la mesure de température; et c) des moyens (24) fonctionnant en réponse au signal pour provoquer la sollicitation des aubes (22, 23) de compresseur à calage variable vers une position de fermeture de leur angle d'attaque en fonction desdites mesures de température afin d'accroître la marge de décrochage du compresseur de la turbomachine dans le cas où la teneur en humidité du courant d'air dépasse 0%.

8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que les moyens (20) servant à déterminer la

température de l'air comprennent: a) un détecteur constitué par un serpentin hélicoïdal (38) contenant un gaz sous pression; et b) un écran (35) muni d'une ouverture centrale (43) entourant le bord avant du serpentin hélicoïdal de sorte que l'air peut se détendre derrière l'écran et entre les spires du serpentin.

9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que le gaz est de l'hélium.

10. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que l'écran (35) a une forme conique pour dévier les gouttelettes d'eau contenues dans le courant d'air en éloignement de l'ouverture centrale (43).

11. Procédé pour détecter la température dans un courant d'air ayant un trajet d'écoulement (40) approximativement annulaire à travers une turbomachine, ce trajet d'écoulement annulaire du courant d'air ayant un diamètre intérieur et un diamètre extérieur, procédé caractérisé en ce qu'il consiste à détecter la température de l'air à un emplacement situé entre lesdits diamètres intérieur et extérieur du trajet d'écoulement annulaire du courant d'air qui est radialement éloigné du diamètre extérieur d'une distance supérieure à 50% de la distance radiale entre le diamètre extérieur et le diamètre intérieur.

12. Procédé pour améliorer la marge de décrochage d'un compresseur (29) dans une turbomachine du type comportant un compresseur muni d'aubes (22, 23) de compresseur à pas réglable, un courant d'air ayant une teneur en humidité supérieure à zéro pour cent entrant dans le compresseur sous forme d'un courant annulaire qui a un diamètre intérieur et un diamètre extérieur, procédé caractérisé en ce qu'il consiste: a) à mesurer la température de l'air qui entre dans le compresseur à un emplacement situé entre les diamètres intérieur et extérieur du courant d'air

annulaire qui est radialement éloigné du diamètre extérieur d'une distance supérieure à 50% de la distance radiale entre le diamètre extérieur et le diamètre intérieur; et b) à régler le pas des aubes du compresseur en fonction de la mesure de température de l'étape a).

13. Procédé pour améliorer la marge de décrochage d'une turbomachine (10) du type comportant un compresseur (29), ce procédé comportant des étapes qui consistent à détecter la température à l'entrée du compresseur pendant des conditions d'ingestion d'eau au moyen d'un détecteur de température (20), la turbomachine ayant un courant d'air qui entre dans ledit compresseur sous la forme d'un courant annulaire (40) ayant un diamètre intérieur et un diamètre extérieur, procédé caractérisé en ce qu'il consiste à placer le détecteur à un emplacement situé entre les diamètres intérieur et extérieur du courant d'air annulaire qui est radialement éloigné du diamètre extérieur d'une distance qui est supérieure à 50% de la distance radiale entre le diamètre extérieur et le diamètre intérieur.

14. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce qu'il comporte l'étape qui consiste à protéger le détecteur de température (38) des gouttelettes d'eau contenues dans le courant d'air.

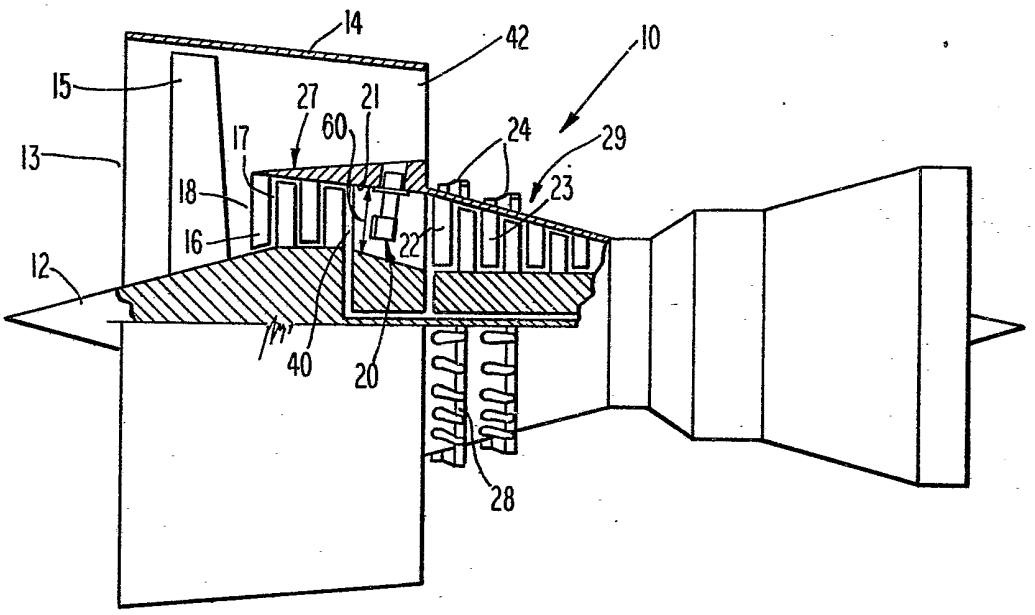


Fig. 1

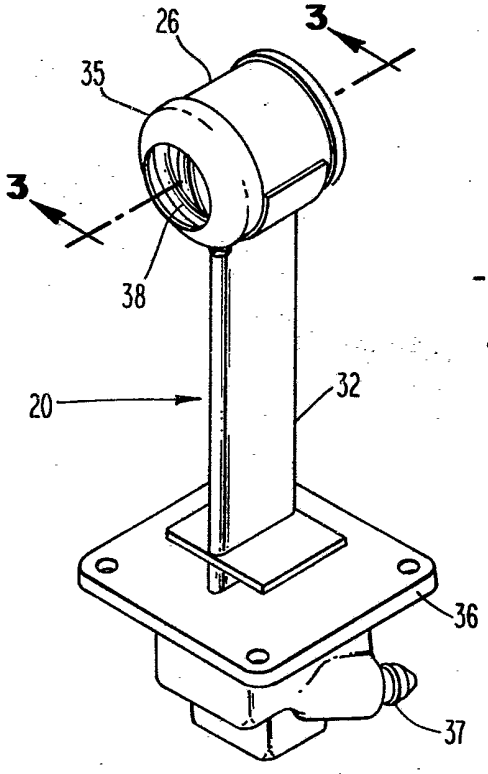


Fig. 2

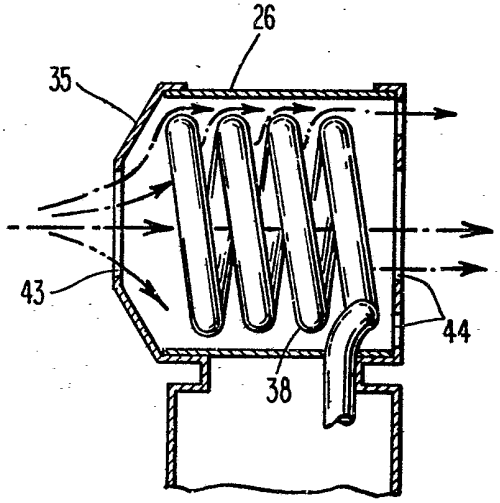


Fig. 3

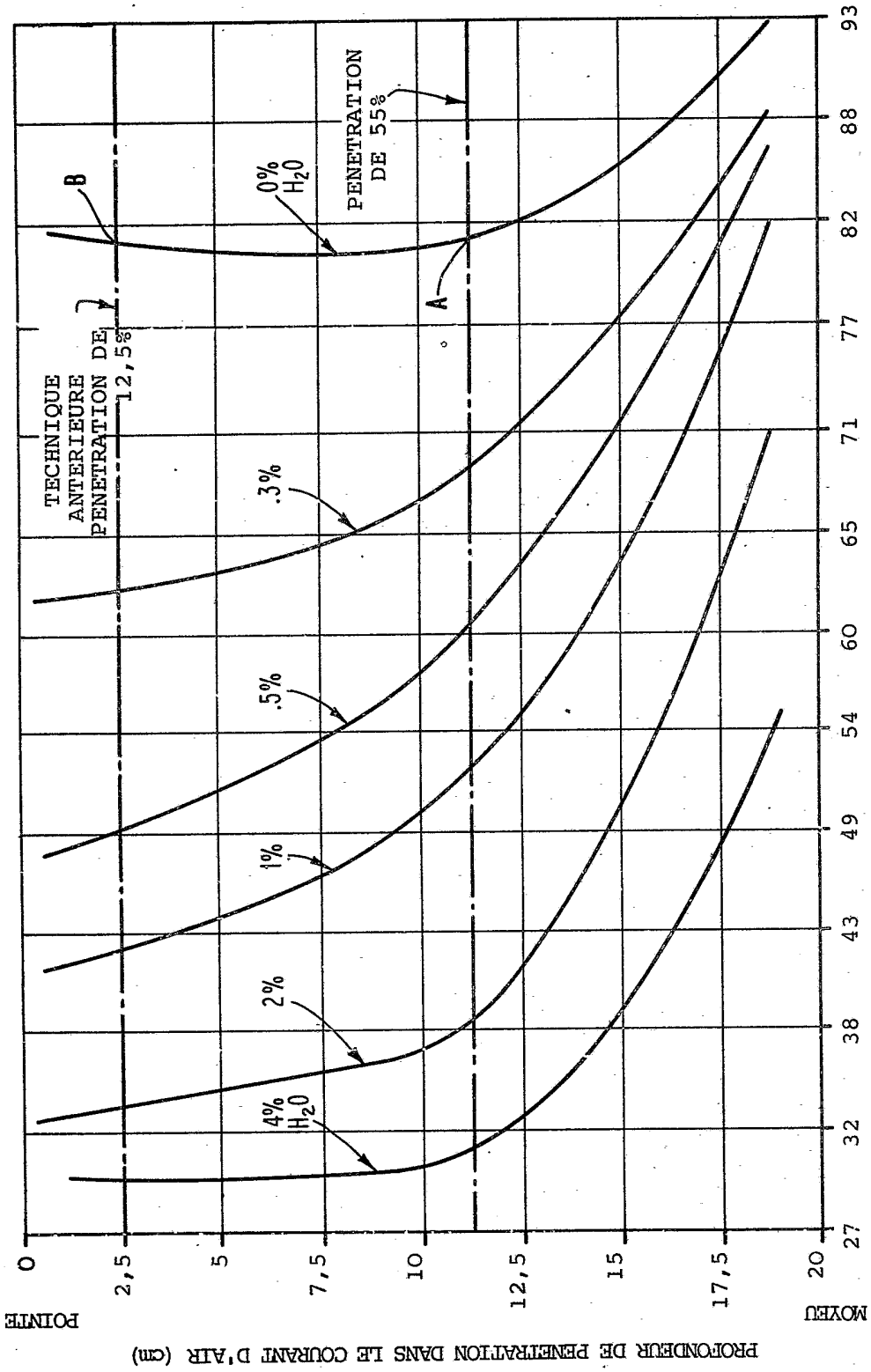

PROFONDEUR DE PENETRATION DANS LE COURANT D'AIR (cm)
POINTE
MOYEU
0
2,5
5
7,5
10
12,5
15
17,5
20
TEMPERATURE (°C)
27
32
38
43
49
54
60
65
71
77
82
88
93
PENETRATION DE 55%
TECHNIQUE ANTERIEURE PENETRATION DE 12,5%
0% H2O
.3%
.5%
1%
2%
4% H2O
A
B

Fig. 4

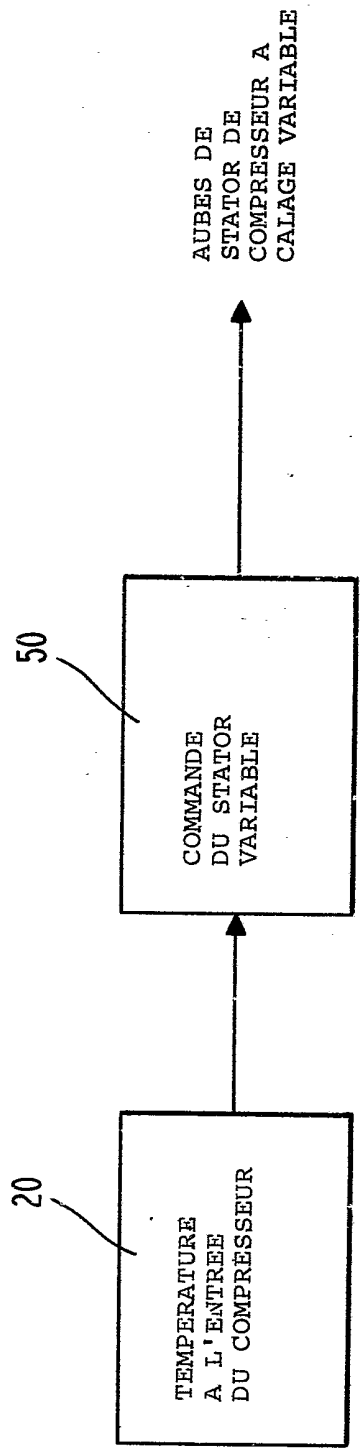

AUBES DE
STATOR DE
COMPRESSEUR A
CALAGE VARIABLE
50
COMMANDE
DU STATOR
VARIABLE
20
TEMPERATURE
A L'ENTREE
DU COMPRESSEUR

Fig. 5