

MINISTÈRE DE LA PRODUCTION INDUSTRIELLE.

SERVICE DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE.

BREVET D'INVENTION.

Gr. 6. — Cl. 4.

N° 916.435



Dispositif de chauffage destiné notamment à empêcher la formation ou provoquer la disparition de la glace et du givre sur les hélices et autres parties des avions. (Invention : T. R. GRIFFITH et J. L. ORR)

Société dite : THE HONORARY ADVISORY COUNCIL FOR SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH résidant au Canada.

Demandé le 25 octobre 1945, à 15^h 10^m, à Paris.

Délivré le 19 août 1946. — Publié le 5 décembre 1946.

Cette invention est relative à un dispositif de chauffage tel que ceux qui peuvent être utilisés pour protéger certaines parties des avions contre les dépôts de glace ou de givre et pour faire disparaître ces dépôts.

On connaît fort bien les dangers qui résultent de la formation de la glace sur certaines parties des surfaces des avions pendant le vol et en particulier sur les ailes et de nombreuses tentatives ont été faites dans le but de trouver des moyens pour empêcher ces formations de glace ou pour s'en débarrasser. Jusqu'à présent, aucune solution entièrement satisfaisante n'a été trouvée dans cet ordre d'idées. Certains des moyens proposés précédemment n'ont pas donné satisfaction parce qu'ils modifient le contour de la surface à laquelle ils sont appliqués, ce qui, d'habitude, a pour résultat de nuire aux qualités aérodynamiques. Cette nécessité de conserver les contours établis avec grand soin de certaines parties de l'avion constitue un sérieux problème dans l'étude des moyens destinés à enlever la glace de ces parties.

Sans aucun doute, la partie de l'avion sur laquelle la formation de la glace entraîne les plus grands risques, est l'hélice motrice et ce grave inconvénient se produit en premier lieu, lorsque les conditions atmosphériques entraînent la formation de la glace, avant que l'on ait à redouter les dépôts de glace sur les ailes par

suite d'effets thermiques qui se produisent au contact de ces dernières.

Le dessin des pales de l'hélice a été établi avec le plus grand soin afin d'obtenir la poussée maxima avec le couple minimum. Toute modification apportée au contour de ces hélices, tel que celui qui résulte d'un dépôt de glace, réduit considérablement cette poussée et il se produit en même temps une augmentation du couple, ce qui exige une puissance plus élevée pour obtenir le déplacement de l'air à une vitesse donnée. Il va donc de soi que tout moyen employé pour empêcher la glace de se déposer, ou pour s'en débarrasser, ne doit entraîner aucun changement essentiel dans le contour de l'hélice. En outre, les matériaux qui forment la structure de la pale ne doivent subir aucune altération profonde à la surface de cette hélice, parce qu'une altération de ce genre compromettrait sérieusement les qualités de résistance mécanique de ces matériaux.

Le but de la présente invention est de réaliser un dispositif de chauffage électrique de nature à empêcher ou à supprimer toute espèce de formation de glace sur les surfaces exposées, ce dispositif présentant partout une épaisseur réduite que lorsqu'il est appliqué aux surfaces de l'avion déjà existantes, le léger changement qui en résulte en ce qui concerne le profil de ces surfaces, n'affecte pas sérieusement leurs quali-

tés aérodynamiques, ni leurs autres fonctions.

Bien que l'invention concerne les moyens d'empêcher la formation de la glace sur certaines parties d'un avion, elle envisage tout particulièrement les moyens de supprimer successivement les couches de glace qui se forment sur les pales de l'hélice avant que ces couches ne deviennent assez épaisses pour constituer un danger. L'enlèvement de ces couches s'obtient d'habitude au moyen d'un chauffage suffisant appliqué à la surface de la pale, de façon à liquéfier une petite partie de cette formation de glace et à former une couche liquide entre la glace et la pale, ce qui a pour conséquence de réduire l'adhérence de la glace sur la pale en question. Après quoi, la force centrifuge agissant sur la glace (comme conséquence de la rotation de l'hélice) provoque la disparition de la glace. On doit toutefois admettre que l'on peut appliquer une chaleur suffisante pour faire fondre la totalité de la glace.

L'invention envisage l'application d'une feuille de chauffage type dont l'épaisseur, sur 85 % au moins de sa surface, ne dépasse pas 1 mm. 65, y compris l'élément de chauffage et l'isolant qui le recouvre, mais qui dégage une chaleur suffisante pour empêcher la formation de la glace ou pour en débarrasser les parties naturellement exposées à être recouvertes de givre. En outre, l'invention concerne la préparation d'une feuille chauffante pouvant s'appliquer sur des surfaces de courbures variées.

D'autres objets, d'autres particularités et d'autres avantages de l'invention ressortiront de la description donnée ci-après qui concerne plus particulièrement le dessin ci-joint dans lequel :

La fig. 1 est une coupe verticale, considérablement agrandie, d'un dispositif de chauffage conforme à l'invention ;

La fig. 2 est une vue schématique, en plan, de ce dispositif ;

La fig. 3 est une section de ce dispositif de chauffage appliqué à une pale d'hélice et dont les dimensions ont été quelque peu exagérées ;

La fig. 4 représente une élévation latérale de cette pale ;

La fig. 5 est une coupe partielle d'un dispositif typique de chauffage de pale d'hélice, et,

La fig. 6 est une vue schématique représentant les dispositions particulières des connexions amenant l'énergie nécessaire à ce système de chauffage

Ainsi que cela est représenté sur les fig. 1 et 2, l'élément chauffant est appliqué directement sur la surface de l'organe (ou de la pièce) d'où la glace doit être enlevée, ou sur lequel il y a lieu d'empêcher sa formation.

L'élément chauffant comprend une couche isolante, ou non conductrice de l'électricité, une couche intermédiaire électriquement conductrice, formant l'élément chauffant proprement dit, et une couche extérieure non conductrice qui joue un rôle de protection. La couche isolante et la couche protectrice se prolongent chacune au delà des bords de l'élément chauffant afin de le recouvrir complètement.

L'élément chauffant peut être construit, soit directement dans la position qu'il doit occuper sur l'organe (ou la pièce) sur lequel il doit être appliqué, soit séparément à condition d'être réalisé sous une forme permettant de l'adapter à l'organe (ou la pièce) auquel il est destiné. Dans ces deux cas, l'élément chauffant peut être formé sous forme d'une feuille plate et flexible et enroulé autour de l'organe pour lequel il a été préparé, ou bien il peut être réalisé de façon à s'appliquer sur le contour de cet organe. Chacune des couches peut être formée indépendamment.

La couche isolante est formée de préférence au moyen d'un tissu, servant de support à l'isolant, d'un poids suffisant pour assurer un isolement électrique convenable. Un tissu qui convient bien dans ce cas, est un tissu de coton armure carrée d'un poids approximatif de 170 grammes par mètre carré et comprenant environ 21 fils de chaîne et 12 à 13 fils de trame par centimètre. Ce tissu est imprégné avec une composition isolante convenable. Une composition donnant toute satisfaction pour le but que l'on se propose renferme les ingrédients suivants :

	PARTIES EN POIDS.
Néoprène type G.....	100
Oxyde de magnésium.....	4
Oxyde de zinc.....	5
Noir de charbon dit « thermo-atomique » (1).	60
Phényl-b-naphtylamine.....	2
	171

(1) Noir de charbon obtenu par décomposition d'un hydro-carbure sous l'action de la chaleur seule.

Ces ingrédients sont mélangés dans un broyeur comme ceux destinés à la fabrication du caoutchouc, puis incorporés à une solution dont la composition est la suivante :

- 5 Composition ci-dessus, 600 grammes ;
Essence hydrogénée, 2.250 centimètres cubes ;
Toluène, 750 centimètres cubes.

10 La solution est agitée dans une baratte, ou de toute autre façon, de manière à être rendue homogène. Le tissu est alors imprégné de cette solution par immersion ; on peut aussi étendre la solution sur le tissu avec une brosse ou le projeter à l'aide d'un pulvérisateur. Il est également possible de recouvrir ce même tissu en étendant la solution à sa surface ou en opérant par calandrage. L'épaisseur du tissu traité, ou de la couche complète ainsi formée, ne doit pas dépasser 0 m. 762 approximativement.

20 L'élément chauffant, ou couche conductrice 4, peut également être formé sur un tissu 8, servant de support, mais qui doit être beaucoup plus léger que le tissu de la couche 3. Un tissu de coton armure carrée, pesant approximativement 67 à 68 grammes par mètre carré et comprenant 22 à 23 fils de chaîne, et environ 18 fils de trame par centimètre, a été utilisé, mais d'autres tissus tels que le nylon ou la rayonne ou encore un tissu de verre filé, peuvent être employés et permettent d'obtenir une structure plus fine. L'épaisseur de l'élément chauffant ne dépassera pas d'habitude 0 mm. 381. Une paire d'électrodes 9, de tout type convenable, est prévue pour cet élément, ces électrodes s'étendant longitudinalement le long des bords de l'élément. Le fil de cuivre étamé à brins multiples convient parfaitement pour chaque électrode. Par exemple, un cordonnet de 16 groupes de 5 brins, comprenant donc 80 brins, chacun d'un diamètre de 0 mm. 127, donne toute satisfaction. Les dimensions qui sont généralement les plus convenables pour les électrodes sont 0 mm. 4465 en épaisseur et 1 mm. 58 en largeur. Le fil divisé est employé de préférence pour les électrodes, étant donné que le toronnage des brins maintient les fils ensemble pendant le montage de l'élément. Un autre avantage du fil divisé, c'est qu'il permet de raccourcir les électrodes sans faire de boucles. Les électrodes peuvent être tissées ou fixées sur le tissu de toute autre manière.

Le tissu est alors imprégné et recouvert d'une

composition 10 qui peut être formée des ingrédients suivants :

	PARTIES EN POIDS.
Néoprène type G	100
Oxyde de magnésium.....	4
Phényl-b-naphtylamine.....	2
Oxyde de zinc	5
Noir d'acétylène Shawinigan.....	25
	136

Le noir d'acétylène Shawinigan, ou les substances analogues, est connu comme un noir obtenu par décomposition de l'acétylène en carbone et en hydrogène au moyen de la chaleur ; le noir ainsi formé étant ensuite recueilli et l'hydrogène étant brûlé avec l'air (en présence du noir obtenu).

Ce noir présente des caractéristiques qui le distinguent nettement du noir de fumée ordinaire ou du noir « channel ». Il communique à la masse à laquelle il est incorporé une conductibilité si effective et qui engendre une chaleur telle au sein de cette masse lors du passage d'un courant électrique à bas voltage, convenablement choisi, qu'une couche très mince d'une masse de cette nature constitue un élément chauffant efficace répondant bien au but de la présente invention. Il faut toutefois prendre garde, en manipulant le noir d'acétylène, de ne pas compromettre ses qualités par de mauvais traitements. C'est ainsi, par exemple, que le broyage de ce noir nuit à ses caractéristiques de conductibilité électrique.

C'est pourquoi ce noir est incorporé de préférence de la manière suivante dans la composition où il doit entrer.

Les ingrédients qui ont été mentionnés, à l'exception du noir d'acétylène, sont mélangés dans un broyeur comme ceux que l'on emploie pour le caoutchouc, et dont l'action serait préjudiciable aux particules du noir d'acétylène. Les ingrédients mélangés et le noir d'acétylène sont ensuite introduits dans un solvant et agités, la solution résultante ayant la composition suivante avec les proportions données à titre d'exemple :

- Ingrédients mélangés, 460 grammes ;
Noir d'acétylène Shawinigan, 160 grammes ;
Essence hydrogénée, 3.600 cm³ ;
Toluène, 4.000 centimètres-cubes.

La solution ainsi préparée est alors appliquée au tissu au moyen d'une brosse ou par

pulvérisation. On applique, de préférence, sur chaque côté du tissu un certain nombre de couches, soit par exemple vingt couches lorsque la solution est étendue au moyen d'une brosse, en permettant à chaque couche de sécher avant l'application de la suivante. L'épaisseur de la couche résultante, constituant l'élément chauffant est d'environ 0 mm. 584. Sa conductibilité doit être telle que le débit atteint au moins 0 watt 23 par centimètre carré.

Un élément de feuille chauffante préparé conformément à la description ci-dessus, d'une dimension approximative de 1.220 millimètres sur 180 millimètres, avec une tension appliquée de 100 à 125 volts et un débit de 0,3 à 0,45 watt par centimètre carré, présente une résistance globale d'environ 15 ohms, ce qui correspond à une résistivité spécifique de 3.12 ohms-centimètres et donne ainsi toute satisfaction pour la réalisation de l'invention.

Il est plus ou moins essentiel d'employer un élément présentant cette conductibilité, étant donné que l'on applique de bas voltages qui doivent suffire pour alimenter ces éléments, par exemple 110 volts ou même moins. L'élément qui vient d'être décrit fonctionne d'une façon satisfaisante pour des tensions qui ne dépassent pas 150 volts, et il n'est jamais nécessaire d'appliquer plus de 220 volts. La conductibilité de l'élément, de même que sa résistivité, peut être modifiée en changeant, dans la méthode de préparation décrite, la proportion de noir d'acétylène Shawinigan employé pour la formation de l'élément, ou encore en broyant légèrement ce noir.

La résistivité de l'élément qui vient d'être décrit ne doit pas être supérieure à 10 ohms-centimètres et doit, de préférence, ne pas dépasser 5 ohms-centimètres. Dans certains cas, cette résistivité peut être réduite à 0,4 ohm-centimètre.

Le tableau ci-dessous donne, à titre d'exemple, la relation qui existe, dans divers cas, entre la résistivité et la composition de l'élément :

QUANTITÉ DE NOIR D'ACÉTYLÈNE POUR 100 PARTIES DE NÉOPRÈNE (ou d'une substance analogue).	RÉSISTIVITÉ en OHMS-CENTI- MÈTRES.
20.....	10
25.....	5
33.....	2
40.....	1
55.....	0,4

L'élément de feuille chauffante décrit ci-dessus est au point de vue électrique, isotrope en principe ou plutôt légèrement anisotrope dans le plan de la feuille. Par exemple, on a trouvé pour des feuilles comprenant 30 parties de noir d'acétylène et 100 parties de néoprène et préparées à la brosse, une résistivité moyenne, parallèlement à la direction du brossage, de 2,7 ohms-centimètres environ et à angle droit par rapport à cette direction, de 2,97 ohms-centimètres, la différence moyenne étant de 0,23 ohm-centimètre, soit de 8,4 %. L'anisotropie électrique est généralement inférieure à 10 % et en aucun cas elle ne dépasse 15 %.

Les couches 3 et 4 ayant été préparées, l'élément chauffant peut être assemblé sur un gabarit ou sur la surface sur laquelle il doit être finalement appliqué. Dans le second cas, cette surface, généralement métallique, peut être découpée au jet de sable, ou préparée de toute autre manière, comme, par exemple, par traitement électrolytique, en la reliant à une anode s'il s'agit d'une surface en duralumin, et un adhésif convenable analogue à ceux employés pour faire adhérer le caoutchouc au métal peut être utilisé pour assurer la fixation solide de la couche 3. Dans le premier cas au contraire, la couche 3 est fixée solidement sur le gabarit mais de façon à pouvoir être détachée et de telle sorte qu'il s'établisse un contact étroit et uniforme en chaque point entre ladite couche et le gabarit. L'élément chauffant 4 est alors appliqué sur la couche 3 de façon à adhérer sur cette couche. On peut employer comme adhésif une couche de la solution isolante utilisée dans la formation de la couche 3. La couche protectrice 5 est ensuite appliquée par immersion, au moyen d'une brosse, ou encore par pulvérisation, ou enfin, sous forme d'une feuille de calendrage. La solution indiquée pour la formation de la couche 3 peut être employée pour la couche 5. L'épaisseur de la couche complète peut être approximativement de 0,19 à 0,38 millimètre.

Il y a lieu d'observer que la couche intérieure 3 est environ trois fois plus épaisse que la couche extérieure 5. La couche intérieure doit être suffisamment épaisse pour empêcher toute perte inutile de chaleur à travers la surface sur laquelle elle est appliquée. D'autre part, la couche extérieure doit être assez mince pour permettre la transmission d'une quantité de cha-

leur suffisante à la surface sur laquelle il s'agit de faire fondre la glace et son épaisseur doit être suffisante pour protéger l'élément chauffant contre l'usure par frottement ou par érosion, mais pas davantage. Dans certains cas, et spécialement lorsque l'élément chauffant est

formé d'une composition particulièrement résistante au frottement et à l'érosion, la couche extérieure 5 peut être complètement supprimée.

Le tableau suivant donne, à titre d'exemple, les épaisseurs qui conviennent pour les éléments chauffants et les couches qui les recouvrent :

	(1).	(2).	(3).	(4).	(5).	(6).
	(dimensions en millimètres.)					
Couche 3.....	0,762	0,6985	0,635	0,381	1,0033	0,762
Couche 4.....	0,254	0,2540	0,381	0,508	0,1270	0,584
Couche 5.....	0,254	0,1905	0,154	0,000	0,3937	0,3048
	1,270	1,1430	1,270	0,889	1,5240	1,6508

Bien que la couche isolante 3 et la couche de chauffage 4 aient été décrites avec un tissu qui leur sert de support, il est bien entendu que ce support peut être supprimé et que ces couches peuvent se maintenir d'elles-mêmes sans aucun support. Cependant ce tissu servant de support est utile dans bien des cas. Il simplifie la formation de la couche. Il empêche l'ensemble terminé de s'allonger ; lorsque cet ensemble doit être appliqué sur une surface à double courbure, il l'empêche ainsi de mal s'adapter et de présenter du flottement, ce qui aurait pour conséquence un épaissement ou un amincissement de certaines parties de cet ensemble et une modification de la distribution des effets thermiques. Le tissu joue donc le simple rôle d'un support pour les fils servant d'électrodes disposées dans l'élément chauffant et, dans la couche 3, il empêche ces fils d'entrer en contact avec le métal ou avec toute autre surface sur laquelle est appliqué l'ensemble du dispositif chauffant.

L'élément chauffant assemblé est soumis à une opération préalable ayant pour but d'en relier plus solidement les diverses parties de façon à réaliser une structure absolument indestructible. Cette opération peut être menée à bonne fin en recourant à la méthode usuelle dite du « sac de caoutchouc » ou à toute autre variante de ce procédé ayant pour but de relier étroitement entre eux les éléments d'une structure laminée sur laquelle une pression et/ou une chaleur uniformes sont appliquées.

En se reportant aux fig. 3 et 4, on peut voir que la pale 11 de l'hélice est munie du dispositif de chauffage sur son arête d'attaque. On remarquera que cet élément chauffant s'étend sur 35 % de la surface de la pale, ainsi

que cela est indiqué par la ligne 12, ou en d'autres termes approximativement jusqu'aux points où cette pale atteint son épaisseur maxima. Des expériences effectuées en vol, quand les conditions atmosphériques produisaient naturellement un dépôt de givre, ont montré qu'un élément chauffant de cette dimension était suffisant pour assurer effectivement un fonctionnement de la pale sans dépôt de givre, étant donné que le givre tend à se déposer tout d'abord sur l'arête qui attaque l'air et au voisinage de cette arête. Il est entendu, toutefois, que l'élément chauffant peut couvrir une surface plus ou moins étendue, si on le désire. Ainsi l'étendue de la zone chauffée, limitée par une ligne droite, peut varier de 20 % à 100 %.

Les dépôts les plus importants de givre se forment sur l'arête d'attaque et les dépôts glacés de « gelée blanche » en particulier ne se produisent que dans la région de cette arête. Cette formation de givre produit un isolement thermique sur une portion limitée de l'élément chauffant, et les parties de l'élément chauffant et de la pale situées au delà, étant exposées au courant aérien produit par le glissement des couches d'air, dissipent la chaleur engendrée sur l'arête d'attaque de la pale, aussi bien que la chaleur engendrée dans les zones situées en arrière. Pour cette raison, on considère qu'on peut employer un élément chauffant assurant une concentration plus forte de la chaleur dans la région de l'arête d'attaque. Cette région (ou zone) est approximativement celle qui s'étend derrière la ligne (ou corde) indiquée en 13 et limitant environ 10 % de la surface totale. Cette concentration de chaleur peut être obtenue en augmentant la résistance de la partie

correspondante de l'élément 4 et on y arrive pratiquement en modifiant l'épaisseur de cette partie de l'élément. La fig. 5 représente un réchauffeur où se rencontre cette disposition.

5 Ainsi qu'on peut le voir l'arête d'attaque comporte une section 14 de l'élément chauffant considérablement moins épaisse que le reste de cet élément. L'épaisseur de cette portion 14
10 peut être de 0 mm. 1270 à 0 mm. 1524, tandis que l'épaisseur du reste de l'élément est de 0 mm. 254, ou encore de 0 mm. 4318 lorsque l'épaisseur du reste de l'élément est de
15 0 mm. 5842. L'épaisseur de la couche isolante intérieure 3 peut être augmentée dans cette zone afin de maintenir une épaisseur uniforme dans tout cet ensemble. A titre de variante, on peut modifier à volonté la conductibilité de cette partie de l'arête d'attaque, en faisant varier la proportion de noir d'acétylène dans
20 la couche conductrice comprise dans cette partie. A la suite d'essais effectués en vol, lorsque les conditions atmosphériques provoquaient un dépôt de givre naturel, on a constaté qu'on obtenait des résultats satisfaisants avec une puissance
25 correspondant à un débit d'environ 0 watt 62 par centimètre carré pour cette zone du réchauffeur comprise entre l'arête d'attaque et la ligne verticale, ou corde, délimitant 10 % de la surface totale et de 0 watt 31 environ par centimètre carré pour la zone comprise entre cette
30 première ligne verticale et une seconde ligne, ou corde, délimitant 35 % de cette même surface.

35 La fig. 6 représente une autre forme d'élément chauffant qui comprend une partie centrale 15 et les parties adjacentes 16. Deux fils 18 placés sur les bords extérieurs des parties 16, connectés comme cela est indiqué et des fils 17 et 20 placés sur les bords opposés de la partie
40 centrale 15, sont reliés à une source de courant triphasé 19. Les fils 18, le fil 17 et le fil 20 constituent respectivement trois électrodes dans cet élément. La concentration de chaleur dans la partie 15 peut être obtenue dans cette forme
50 d'élément en faisant varier la distance entre les diverses électrodes ou en employant une source de puissance convenable permettant de faire varier la tension appliquée à ces électrodes.

45 L'élément chauffant destiné à une pale d'hélice doit s'étendre radialement, de préférence, depuis un point situé le plus près possible de la racine de la pale jusqu'à un point

situé le plus près possible du sommet de cette pale. Cependant, comme l'usure par érosion et par frottement se fait sérieusement sentir dans
55 la région du sommet de la pale, on a proposé de terminer l'élément chauffant à 15 centimètres environ de ce sommet. Le développement de l'élément chauffant, compté à partir de la racine de la pale, peut varier et être compris
60 entre 50 et 100 % de la longueur de cette dernière.

La distribution radiale de la puissance débitée peut varier, cette puissance pouvant être augmentée dans la région de la racine de la pale
65 pour tenir compte de la diminution de la force centrifuge dans cette région et pour compenser la réduction de l'échauffement cinétique de la racine, réduction provenant du fait que cette partie de la pale fend l'air avec une vitesse
70 moindre. Ce chauffage est plus poussé vers les sommets (de la pale) et tend ainsi à réduire les pertes de chaleur de l'élément chauffant dans cette région de la pale. Ces variations dans la distribution radiale de la puissance peut être
75 obtenue en faisant varier soit l'épaisseur, soit la conductibilité de la couche conductrice, soit encore la distance entre les électrodes.

L'invention concerne aussi la mise en œuvre de dispositifs permettant aux surfaces considérées de résister à l'usure par érosion et par
80 frottement et évitant la détérioration de l'élément situé au voisinage du sommet de la pale de l'hélice sous l'action des gouttes de pluie, des particules de sable et des corpuscules semblables. Le sommet d'une pale d'hélice se déplace à travers l'air approximativement à la vitesse du son, de telle sorte que la pression maximum résultant de la chute d'une goutte de pluie a été trouvée, par le calcul, égale à 1.400 kilo-
90 grammes par centimètre carré. Une pression pareille suffit pour provoquer l'érosion du métal lui-même. Etant donné que la couche protectrice extérieure repose sur l'élément chauffant 4, élément relativement dur et dépourvu d'élasticité, cette couche 5 doit présenter une résilience et une épaisseur telles qu'elle puisse amortir le choc des particules qui viennent la frapper, de façon à réduire la pression produite par le choc sans qu'il en résulte d'avarie ni d'usure.
100 Si cette couche 5 se trouvait déchirée par le choc des particules et si les gouttes de pluie pénétraient ainsi par la déchirure, la pression due au choc et la force centrifuge entraîneraient

l'eau jusque dans les fibres du tissu de l'élé-
 ment chauffant, faisant ainsi pénétrer le caoutchouc
 vers l'extérieur et détruisant toute l'aison entre
 les plis du caoutchouc et le tissu servant de
 support. Il est donc indispensable de conserver
 intacte la couche protectrice extérieure 5 pour
 maintenir tout l'ensemble du dispositif dans de
 bonnes conditions. La composition décrite ci-
 avant pour la formation de la couche 5 permet
 d'obtenir une couche constituée par une sorte
 de caoutchouc mou et élastique qui se comporte
 comme un coussin flexible sous le choc des par-
 ticules. Il est naturellement désirable que ces
 particules s'enfoncent le plus loin possible à
 l'intérieur de ce coussin de caoutchouc avant
 d'être arrêtées, c'est-à-dire que ces particules
 doivent être arrêtées après le plus long trajet
 possible, et par conséquent par la force la plus
 réduite possible, ce qui correspond au minimum
 de pression.

On a trouvé qu'une couche protectrice 5
 ayant l'épaisseur mentionnée ci-avant offre une
 résistance effective à la pression causée par la
 chute des corpuscules, en principe sur la plus
 grande partie du dispositif. Cependant, comme
 la pression aux points de chute est notablement
 plus élevée dans la partie de l'hélice qui se
 trouve au voisinage immédiat du sommet de la
 pale, on a proposé d'augmenter l'épaisseur de
 la couche protectrice 5, dans cette partie. La
 région où cette augmentation d'épaisseur est
 désirable est relativement peu étendue et est
 indiquée en 25 sur le dessin. Ainsi, dans un
 réchauffeur ayant comme dimensions extérieures
 1.270 x 216 millimètres et comprenant un
 élément chauffant de 1.194 x 165 millimètres
 environ, la zone renforcée peut être de
 203 x 25,4 millimètres. La surépaisseur s'élève
 alors dans ce cas à environ 0,3 millimètre.

Cependant, comme cette épaisseur supplémen-
 taire augmente la résistance à l'écoulement de la
 chaleur vers l'extérieur, c'est-à-dire de la couche
 conductrice 4 vers la surface du dispositif, il
 est préférable d'augmenter l'épaisseur de la
 couche isolante 3. La quantité de chaleur qui
 s'écoulera en partant de l'élément 4 vers la sur-
 face extérieure où elle est nécessaire, est plus
 grande ou plus petite que celle qui s'écoulera
 intérieurement vers le corps de la pale où elle
 est perdue, selon que l'épaisseur de la couche
 isolante intérieure 3 est respectivement plus
 grande ou plus petite que celle de la couche

protectrice extérieure 5. Par conséquent, afin
 d'employer la chaleur de la façon la plus effi-
 cace, on empêchera l'écoulement de cette chaleur
 vers l'intérieur en augmentant l'épaisseur de
 cette portion de la couche isolante 3, en regard
 de la partie renforcée 25 de la couche 5, dans
 la même proportion, c'est-à-dire approximati-
 vement de 0 mm. 3048. Cette partie renforcée
 est indiquée en 26 sur le dessin.

Afin de ne pas compromettre les qualités
 aérodynamiques de la pale de l'hélice il est néces-
 saire que l'arête d'attaque de cette pale conserve
 la finesse primitive de son profil. Ainsi, ce ren-
 forcement d'épaisseur dont il a été question dans
 la description précédente ne s'applique qu'à
 l'arête d'attaque, tandis que sur les autres côtés
 de la pale où le choc des corpuscules se fait
 sentir avec une force relativement moins grande,
 l'épaisseur générale du dispositif de chauffage
 est maintenue aussi basse que possible pour
 empêcher la formation d'ondes de choc lorsque
 la vitesse devient voisine de celle du son. Dans
 un dispositif de réchauffage dont l'épaisseur
 générale est, par exemple, de 1 mm. 65, l'épais-
 seur moyenne de la partie renforcée à l'extré-
 mité supérieure de l'arête d'attaque est d'envi-
 ron 2 mm. 286.

Tout dispositif convenable susceptible de
 fournir l'énergie électrique au réchauffeur peut
 être employé pendant le vol. On emploiera par
 exemple, un balai et un système de bague glis-
 sante pour transmettre la puissance de l'instal-
 lation électrique de l'avion, ou un générateur
 calé sur l'axe de l'hélice, ou encore un transfor-
 mateur rotatif dont le champ fixe sera alimenté
 par l'installation électrique de l'avion.

Afin de réduire les pertes de chaleur à travers
 la partie arrière de la pale qui est exposée, ou
 qui n'est pas protégée, il est possible de la recou-
 vrir d'une couche isolante, telle qu'une peinture
 à base de caoutchouc, ainsi que cela est indiqué
 en 21. L'épaisseur de ce revêtement n'a
 pas besoin d'être, en principe, supérieur à
 0 mm. 254.

Il est bien évident que divers changements
 peuvent être apportés aux détails dont la des-
 cription a été donnée dans le cadre de la pré-
 sente invention. C'est ainsi que la composition
 de l'élément chauffant lui-même peut varier
 dans des limites relativement larges pourvu que
 l'on reste dans une certaine gamme d'épaisseurs
 et de conductibilité. La proportion de noir

d'acétylène par rapport aux substances auxquelles il est incorporé, comme par exemple le néoprène, peut varier entre 15 et 80 parties de noir d'acétylène pour 100 parties de ces substances additionnelles. Il est cependant recommandé d'employer une faible proportion de ce noir, soit par exemple 25 parties, étant donné que le produit résultant est plus souple et se comporte d'une façon plus satisfaisante. Il y a lieu de noter que l'emploi d'un noir qui n'a pas été broyé pour la réalisation d'un élément chauffant, tel que ceux qui ont été décrits, permet d'utiliser ce noir en faibles proportions et cependant d'une façon satisfaisante pour la réalisation d'un réchauffeur ayant les qualités électriques requises. On doit accorder de préférence à un mélange renfermant de 20 à 55 parties de noir pour 100 parties de substances additionnelles. A la place du néoprène, on peut utiliser toute autre espèce de caoutchouc synthétique ou naturel, ainsi que toute autre substance convenable pouvant servir de support, comme les matières plastiques synthétiques, telles que, par exemple, la formaldéhyde du phénol, la formaldéhyde de l'urée, le polystyrène, l'acétate de cellulose, la nitrocellulose ou des combinaisons de ces corps, ou encore des substances analogues. Si l'élément chauffant doit être flexible, on emploie une substance souple comme support du noir d'acétylène, comme l'éthyl-cellulose, le caoutchouc-butyl, le chlorure de polyvinyle rendu plastique, la vinylite ou le polyvinyle-butylal. Les compositions conductrices supplémentaires ci-dessous sont indiquées à titre d'exemple :

Exemple 1.

Formaldéhyde du phénol à 60 % en solution (partiellement polymérisée), 100 parties ;
 Noir d'acétylène Shawinigan, 15 parties ;
 Substance destinée à rendre le mélange fluide (3:2 méthanol:toluène), 67 parties.

Exemple 2.

Formaldéhyde de l'urée, 100 parties ;
 Noir d'acétylène Shawinigan, 15 parties ;
 Substance durcissante (siccatif), 7 parties ;
 Eau, 250 parties.

Exemple 3.

Chlorure de polyvinyle rendu plastique, 100 parties ;
 Noir d'acétylène, 25 parties ;
 Toluène monochloré, 500 parties.
 Si l'élément chauffant est constitué par une

substance plastique dure, la couche intérieure isolante doit être également formée d'une substance plastique dure renfermant toute espèce d'élément de remplissage approprié ne rendant pas cette couche conductrice de l'électricité. La couche protectrice extérieure exposée aux intempéries est faite, de préférence, d'une composition molle et élastique pour résister à l'usure par frottement. Si l'élément chauffant est fait d'une substance plastique molle, la couche intérieure peut être, à volonté, faite, elle aussi, d'une substance plastique dure ou molle. La couche protectrice extérieure exposée aux intempéries peut être, dans ce cas, faite d'une substance élastique molle.

Le terme « non broyé » appliqué au noir d'acétylène dans la présente description et dans le résumé qui la termine, indique un noir d'acétylène qui n'a pas été broyé dans la composition formant la couche à laquelle il est incorporé.

On considère qu'un dispositif de chauffage du type qui vient d'être décrit peut s'appliquer aussi bien à des pales d'hélices en bois qu'à des pales en métal et qu'il peut être installé sur les diverses autres parties de l'avion, comme les surfaces des ailes et autres parties analogues. Grâce aux progrès modernes, on peut disposer d'une augmentation considérable de la puissance électrique qu'il est possible de fournir à un avion.

Par conséquent, on envisage la possibilité d'employer une feuille renfermant un dispositif de chauffage du type décrit plus haut pour chauffer la cabine de l'avion.

Bien entendu, le dispositif de chauffage faisant l'objet de la présente invention peut être avantageusement utilisé pour d'autres applications que le chauffage des diverses parties d'un avion.

RÉSUMÉ.

L'invention qui est relative à un dispositif de chauffage destiné notamment à empêcher la formation de la glace et du givre et pour enlever la glace ou le givre sur les hélices et autres parties des avions, est caractérisée par les points suivants pris séparément ou en combinaison :

1° Dispositif de chauffage comprenant une feuille mince, conductrice de l'électricité, constituant un élément chauffant électrique, caractérisé par le fait que ladite feuille renferme

15 à 80 parties en poids d'un noir du type noir d'acétylène uniformément réparti dans 100 parties d'une substance consistant en un caoutchouc naturel ou synthétique ou en une résine synthétique ;

2° Le noir du type noir d'acétylène en question est incorporé sans avoir été broyé dans ladite substance ;

3° 20 à 55 parties dudit noir sont incorporées dans ladite substance ;

4° Le dispositif de chauffage comprend : ledit élément chauffant capable de débiter une puissance d'au moins 0 watt 23 par cm², une feuille laminée renfermant ledit élément, et au moins une couche isolante, la feuille en question présentant une épaisseur générale ne dépassant pas, en principe, 1 mm. 65 sur 85 % de son étendue ;

5° L'épaisseur générale du dispositif de chauffage mentionné en 4 ne dépasse pas, en principe, 1 mm. 016 (soit 1 mm.) et la capacité de l'élément chauffant correspond à une dissipation de chaleur de 0,31 à 0,62 watt par cm² ;

6° Dans ce même dispositif mentionné en 4 l'épaisseur de la couche conductrice en question ne dépasse pas, en principe, 0 mm. 508 et la capacité de chauffage correspond à une dissipation de chaleur de 0,31 à 0,62 watt par cm² ;

7° L'épaisseur de la couche conductrice mentionnée en 4 ne dépasse pas 0 mm. 38 ;

8° Ladite couche conductrice mentionnée en 4 comprend une substance choisie dans un groupe de composés chimiques formés de caoutchouc et de résines synthétiques, ainsi que du noir d'acétylène non broyé incorporé à ladite substance dans le but de communiquer à cette dernière une résistivité ne dépassant pas dix ohms-centimètres ;

9° La couche conductrice mentionnée en 4 comprend un tissu servant de base, une substance étendue sur cette base et choisie dans un groupe de composés chimiques formé de caoutchouc et de résines synthétiques, ainsi qu'un noir obtenu par la décomposition à chaud de l'acétylène et mélangé à cette substance ;

10° Dans la disposition du chauffage mentionné en 1 l'élément est composé d'un tissu servant de base imprégné de néoprène et dans lequel est incorporé un noir type noir d'acétylène non broyé, ce dispositif comprenant une couche isolante en contact avec un des côtés de

ladite feuille conductrice formée d'un tissu servant de base imprégné de néoprène, et une couche protectrice en contact avec l'autre côté de la feuille conductrice composée de néoprène, ladite couche isolante ayant au moins deux fois l'épaisseur de la couche protectrice, l'épaisseur de cet ensemble après laminage ne dépassant pas 1 mm. 161, en principe, sur 85 % de la surface de l'élément ;

11° La couche conductrice mentionnée en 10 a une épaisseur ne dépassant pas 0 mm. 5842 et la couche isolante une épaisseur ne dépassant pas 0 mm. 762 sur la plus grande partie de sa surface, l'épaisseur de la couche protectrice considérée ne dépassant pas 1 mm. 27 sur la plus grande partie de sa surface ;

12° La feuille laminée du dispositif mentionné en 4 est moulée sur une pale d'hélice d'avion, de façon à en épouser la forme, puis fixée de façon à adhérer fortement sur cette pale, dans le but d'empêcher la formation de la glace ou du givre ou de faire disparaître cette glace ou ce givre ;

13° Dans le dispositif mentionné en 12 des électrodes sont destinées à l'élément chauffant en question et situées sur les bords opposés de ladite couche conductrice, ce dispositif comprenant également des moyens susceptibles de fournir l'énergie électrique aux dites électrodes de façon à prévoir dans cette couche un débit correspondant à une puissance d'au moins 0 watt 23 par cm², la résistance spécifique de ladite couche étant inférieure à 5 ohms-centimètres ;

14° La feuille du dispositif mentionné en 1 a une épaisseur qui, en principe, ne dépasse pas 0 mm. 5842 et est capable d'un débit correspondant à une puissance au moins égale à 0 w. 23 par cm², ce dispositif de chauffage comprenant une couche isolante en contact avec un des côtés de ladite feuille et dont l'épaisseur ne dépasse pas 0 mm. 762 sur la plus grande partie de sa surface, ainsi qu'une couche protectrice extérieure exposée à l'air en contact avec l'autre côté de ladite feuille et dont l'épaisseur n'est pas inférieure à 0 mm. 127 sur la plus grande partie de sa surface, l'épaisseur générale de cet ensemble après laminage ne dépassant pas 1 mm. 65 en principe sur 85 % au moins de sa surface totale ;

15° Le dispositif de chauffage mentionné en 14 est moulé de façon à s'adapter exactement au contour normal d'une pale d'hélice et est

fixé de façon à adhérer à la surface normale de cette pale, son élément de chauffage s'étendant par-dessus l'arête d'attaque de la pale, de chaque côté de cette arête, jusqu'aux points situés approximativement sur la droite qui délimite une surface égale à 35 % de la surface totale de la pale ;

16° L'élément chauffant du dispositif mentionné en 12 peut, par l'application d'une tension ne dépassant pas 150 volts, fournir assez de chaleur pour faire fondre au moins une partie de la glace formée sur la pale en question dans les conditions normales de formation de la glace ;

17° Moyens tels que ceux indiqués au paragraphe 16, destinés à empêcher la glace et le givre de se déposer sur les hélices d'avions et à faire disparaître cette glace ou ce givre et dans lesquels la partie de l'élément chauffant qui s'étend par-dessus l'arête de la pale jusqu'à des points situés approximativement sur la droite qui délimite une surface égale à 10 % de la surface totale de la pale, est d'une épaisseur moindre que le reste de l'élément, d'où il résulte que la chaleur engendrée par cette partie de l'arête d'attaque est proportionnellement plus grande que celle qui est engendrée par le reste de l'élément en question ;

18° Le dispositif mentionné en 12 comprend des moyens destinés à permettre la variation de la puissance débitée dans les diverses parties de l'élément en question qui comprend un certain nombre d'électrodes et une source d'énergie polyphasée pour l'alimentation de ces dernières ;

19° Moyens pour empêcher la formation de glace sur des hélices d'avions ou pour enlever la glace de ces hélices, tels que ceux définis au paragraphe 16 où la résistance de la partie de l'élément chauffant qui s'étend par-dessus l'arête d'attaque de la pale est renforcée par rapport à celle du reste de l'élément, d'où il résulte que la chaleur développée par cette partie de l'arête d'attaque est supérieure à celle qui est développée par le reste de l'élément en question ;

20° La résistance d'au moins une partie de l'élément mentionné en 16 pour les buts indiqués est renforcée par rapport au reste de l'élément, d'où il résulte que la chaleur engendrée par une partie d'élément ainsi renforcée est supérieure à celle qui est produite par le reste de l'élément en question ;

21° Dispositif de chauffage tel que celui mentionné dans les paragraphes 12 et 14 dans lequel la partie restante de la surface de la couche protectrice présente une plus grande épaisseur et est disposée de façon à pouvoir être placée du côté opposé à l'extrémité de l'arête d'attaque de la pale de l'hélice ;

22° Moyens ayant pour but d'empêcher la formation de la glace sur les hélices d'un avion ou pour enlever la glace de ces hélices tels qu'ils sont indiqués au paragraphe 21 et dans lesquels la surface de ladite portion restante faisant partie de la couche protectrice en question est d'une épaisseur supérieure de 0 mm. 3 environ à celle de la plus grande partie de cette couche ;

23° La partie restante de la surface de ladite couche protectrice mentionnée au paragraphe précédent est d'une épaisseur supérieure de 0 mm. 3 environ à celle de la plus grande partie de cette couche et ladite couche isolante présente une partie renforcée qui se trouve, en principe du côté opposé à la partie renforcée de ladite couche protectrice, ladite couche isolante étant approximativement plus épaisse de 0 mm. 3 environ, dans sa partie renforcée, que la partie correspondante de l'ensemble de cette couche ;

24° Pour les buts indiqués, la couche conductrice mentionnée en 21 présente une partie d'épaisseur réduite, inférieure d'environ 0 mm. 1524 au reste de la couche, cette partie (d'épaisseur réduite) s'étendant le long de l'axe longitudinal de ladite couche, la partie d'épaisseur réduite étant disposée de façon à pouvoir être placée du côté opposé à l'arête d'attaque de la pale de l'hélice, mais sans couvrir approximativement plus d'un tiers de la surface de la couche en question ;

25° Un dispositif de chauffage tel que celui défini au paragraphe 12, dans lequel le développement de la feuille laminée en question sur la pale de l'hélice étant limité par une droite (ou corde) de façon à couvrir environ 20 % au moins de la surface de cette pale et le développement de cette feuille sur la pale à partir de la base de cette pale, dans la direction de son axe, atteignant au moins 50 % de sa longueur ;

26° Pour empêcher la formation de la glace et du givre sur des hélices d'avion ou pour enlever la glace et le givre de ces hélices, application des moyens spécifiés en 25, et dans lesquels le développement de la feuille en question

sur l'hélice est limité par une drôte (ou corde) de façon à couvrir approximativement 35 % de la surface de la pale ;

5 27° Dans ces mêmes buts, la surface de la pale en question non recouverte par ladite feuille est enduite d'une substance isolante pour empêcher les pertes de chaleur ;

28° Dispositif de chauffage tel que men-

tionné en 1 dans lequel l'anisotropie électrique de la feuille en question dans le plan de ce 10 dispositif est inférieure à 15 %.

Société dite : THE HONORARY ADVISORY
COUNCIL FOR SCIENTIFIC
AND INDUSTRIAL RESEARCH.

Par procuration :
Lucien PAILLARD.

The Honorary Advisory Council
for Scientific and Industrial Research

