



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0921378-3 B1



(22) Data do Depósito: 09/11/2009

(45) Data de Concessão: 31/03/2020

(54) Título: ENTRADA DE AR DE UM MOTOR DE AVIÃO DO TIPO COM HÉLICES PROPULSORAS NÃO CARENADAS, MOTOR DE AVIÃO E AVIÃO

(51) Int.Cl.: B64D 27/14; B64D 29/04; B64D 33/02.

(30) Prioridade Unionista: 14/11/2008 FR 08/06381.

(73) Titular(es): SNECMA.

(72) Inventor(es): STÉPHANE EMMANUEL DANIEL BENSILUM.

(86) Pedido PCT: PCT FR2009001295 de 09/11/2009

(87) Publicação PCT: WO 2010/055224 de 20/05/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 12/05/2011

(57) Resumo: ENTRADA DE AR DE UM MOTOR DE AVIÃO DO TIPO COM HÉLICES PROPULSORAS NÃO CARENADAS, MOTOR DE AVIÃO E AVIÃO Entrada de ar (113) de um motor de avião do tipo com hélices propulsoras não carenadas, destinada a ser ligada por um pilar (134) à fuselagem de um avião, o comprimento local dessa entrada de ar, medido paralelamente ao eixo (A) do motor entre um ponto da borda de ataque (138) da entrada de ar e um plano transversal (P) situado ao nível de uma roda de entrada do compressor do motor, é maior (L_{max}) na zona (142) da entrada de ar ligada ao pilar e menor (L_{min}) na zona da entrada de ar oposta ao pilar.

“ENTRADA DE AR DE UM MOTOR DE AVIÃO DO TIPO COM HÉLICES PROPULSORAS NÃO CARENADAS, MOTOR DE AVIÃO E AVIÃO”

[0001] A presente invenção se refere a uma entrada de ar de um motor de avião e em especial de um motor de avião com hélices propulsoras não carenadas (em inglês “open-rotor pusher” ou “pusher unducted fan”).

[0002] Um motor desse tipo comprehende duas turbinas contra-rotativas das quais uma é solidária em rotação de uma hélice situada no exterior da nacela do motor, as duas hélices sendo dispostas coaxialmente uma atrás da outra na extremidade a jusante do motor.

[0003] Esse motor é fixado a um avião por intermédio de um pilar que se estende substancialmente radialmente em relação ao eixo longitudinal do motor e do qual a extremidade radialmente interna é ligada à extremidade a montante da nacela do motor, quer dizer à entrada de ar desse motor.

[0004] O pilar deve estar a uma distância axial suficiente das hélices e da extremidade a montante ou borda de ataque da entrada de ar, em especial por razões aerodinâmicas. Na técnica atual, é necessário alongar a entrada de ar do motor na direção axial para permitir a ligação do pilar com a entrada de ar e com o motor, o que acarreta um aumento significativo da massa da nacela e do arrasto gerado por essa última em funcionamento.

[0005] A entrada de ar de um motor com hélices propulsoras não carenadas é geralmente axissimétrica na técnica atual, quer dizer que sua borda de ataque é inscrita em um plano perpendicular ao eixo do motor. Uma entrada de ar axissimétrica tem uma relação L/D constante em sua circunferência, L sendo o comprimento local da entrada de ar, medido paralelamente ao eixo do motor entre um ponto da borda de ataque e um plano que passa ao nível da roda de entrada do motor, e D sendo o diâmetro interno da entrada de ar, ao nível dessa roda de entrada.

[0006] Quando a entrada de ar não é axissimétrica, sua borda de ataque define uma superfície aproximadamente plana chamada de seção de captação (em inglês “hilite” ou “high light”). É definido para esse tipo de entrada de ar um comprimento

global de entrada de ar que é igual à distância entre o plano transversal ao nível da roda de entrada do motor e o ponto de interseção entre o plano de captação da entrada de ar e o eixo de motor.

[0007] São conhecidas por exemplo entradas de ar de motor de avião do tipo em bisel (em inglês “scarf”) das quais o plano de captação tem uma inclinação marcada em relação ao eixo longitudinal do motor, a parte inferior da entrada de ar sendo saliente axialmente na direção de a montante em relação à parte superior dessa última. Uma entrada de ar desse tipo é definida por uma relação L/D “global” (comprimento global sobre diâmetro) e apresenta uma relação L/D “local” (comprimento local sobre diâmetro) que varia de modo linear na circunferência da entrada de ar.

[0008] Essa forma especial da entrada de ar em bisel tem essencialmente como função limitar o ruído emitido pelo motor para a montante, na direção do solo. De fato, a parte inferior de maior comprimento da entrada de ar em bisel permite refletir e desviar para cima uma maior parte do ruído emitido para a montante pelo motor em funcionamento. Esse tipo de motor é em geral fixado sob a asa de um avião com o auxílio de um pilar que é ligado à entrada de ar ao nível de sua parte superior de menor comprimento.

[0009] A invenção tem notadamente como objetivo propor uma solução simples, eficaz e econômica para os problemas precipitados ligados à integração de um pilar na entrada de ar de um motor de avião com hélices propulsoras não carenadas.

[0010] Ela propõe para isso uma entrada de ar de um motor de avião do tipo com hélices propulsoras não carenadas, destinada a ser ligada por um pilar à fuselagem de um avião, caracterizada pelo fato de que o comprimento local da entrada de ar, medido paralelamente ao eixo do motor entre um ponto da borda de ataque da entrada de ar e um plano transversal situado ao nível de uma roda de entrada do compressor do motor, é maior na zona da entrada de ar ligada ao pilar e menor na zona da entrada de ar oposta ao pilar.

[0011] O comprimento local da entrada de ar de acordo com a invenção varia na circunferência da entrada de ar, sendo máximo na zona ligada ao pilar, e mínimo na

zona oposta, ao contrário da técnica anterior na qual a parte superior de menor comprimento da entrada de ar em bisel é ligada ao pilar de afixação. A forma e as dimensões da zona da entrada de ar ligada ao pilar são otimizadas em função do dimensionamento do pilar, enquanto que a forma e as dimensões do resto da entrada de ar são otimizadas independentemente desse pilar, de modo a limitar a massa da entrada de ar e o arrasto gerado pela nacela do motor em funcionamento.

[0012] A variação do comprimento local da entrada de ar é não linear na circunferência da entrada de ar. Contrariamente à técnica anterior, a seção de captação da entrada de ar não é plana e não é possível definir o comprimento da entrada de ar de acordo com a invenção por uma relação L/D “global”.

[0013] A relação L/D “local” da entrada de ar de acordo com a invenção varia de preferência entre cerca de 2,5 e 0,9 entre a zona ligada ao pilar e a zona oposta da entrada de ar, L sendo o comprimento local da entrada de ar, e D sendo seu diâmetro interno, L e D sendo medido como indicado acima.

[0014] Vantajosamente, em uma direção perpendicular a um plano mediano que passa pelo eixo do pilar e pelo eixo do motor, a borda de ataque da entrada de ar tem um contorno substancialmente em forma de diedro. O ângulo no vértice do diedro é por exemplo compreendido entre cerca de 90 e 175º. O vértice do diedro pode ter uma forma arredondada côncava no lado da abertura do diedro. Os lados do diedro podem ser substancialmente retilíneos ou encurvados côncavos ou convexos.

[0015] De preferência, a entrada de ar é simétrica em relação a um plano mediano que passa pelo eixo do pilar e pelo eixo do motor. A borda de ataque da entrada de ar de acordo com a invenção define nesse caso dois diedros situados de um lado e de outro desse plano mediano e ligados por arredondamentos.

[0016] Os lados a montante desses dois diedros se estendem em um primeiro plano de entrada de ar que é inclinado em relação ao eixo do motor, e os lados a jusante dos diedros se estendem em um segundo plano de entrada de ar mais inclinado no eixo do motor. Esses dois planos são secantes, a linha de corte desses dois planos passando substancialmente ao nível dos vértices dos diedros. A entrada

de ar de acordo com a invenção é, portanto, definido por dois planos de entrada de ar contra um só na técnica anterior.

[0017] De acordo com um outro aspecto da invenção, a entrada de ar compreende uma saliência axial, o pilar sendo destinado a se estender substancialmente axialmente e radialmente em relação ao eixo do motor, a partir dessa saliência da entrada de ar. A forma e as dimensões dessa saliência são determinadas em função daquelas do pilar. Essa saliência pode também servir para a instalação de outros equipamentos volumosos do motor.

[0018] A borda de ataque e/ou a borda de fuga do pilar podem ser inclinadas de um ângulo compreendido entre cerca de 10 e 35º, em relação a um plano transversal.

[0019] A invenção também se refere a um motor de avião com hélices propulsoras não carenadas, que compreende uma entrada de ar tal como descrita acima.

[0020] A invenção se refere finalmente a um avião, caracterizado pelo fato de que ele compreende dois motores ou mais do tipo precitado, esses motores sendo fixados por pilares na traseira da fuselagem do avião, de um lado e de outro dessa última. Quando o avião compreende dois motores, o pilar de fixação de cada motor é de preferência inclinado de um ângulo compreendido entre 5 e 45º, e por exemplo de cerca de 20º, em relação a um plano horizontal que passa substancialmente ao nível da extremidade do pilar ligada à fuselagem. Quando o avião compreende um motor suplementar, o pilar de fixação desse motor pode estar em um plano substancialmente vertical. Esse terceiro motor pode estar situado acima da fuselagem do avião.

[0021] A invenção será melhor compreendida e outros detalhes, características e vantagens da presente invenção aparecerão mais claramente com a leitura da descrição que se segue feita a título de exemplo não limitativo e em referência aos desenhos anexos nos quais:

- a figura 1 é uma vista esquemática em corte axial de um motor com hélices propulsoras não carenadas,

- a figura 2 é uma vista esquemática em perspectiva de um avião equipado com dois motores com hélices propulsoras não carenadas de acordo com a invenção,
- a figura 3 é uma vista em escala ampliada de um dos motores da figura 2,
- a figura 4 é uma vista esquemática em perspectiva da nacela e do pilar do motor da figura 3, e
- a figura 5 é uma vista esquemática parcial de lado da nacela e do pilar da figura 4, em escala ampliada.

[0001] É feito primeiramente referência à figura 1 que representa um motor de avião 10 com hélices propulsoras não carenadas, esse motor 10 compreendendo uma turbomáquina circundada por uma nacela 12 substancialmente axissimétrica da qual a extremidade a montante forma uma entrada de ar 13.

[0002] A turbomáquina compreende de a montante para a jusante, no sentido de escoamento dos gases no interior dessa última, um compressor 14, uma câmara de combustão 16, uma turbina a montante 18 de alta pressão, e duas turbinas a jusante 20, 22 de baixa pressão contra-rotativas, quer dizer que giram em sentidos opostos em torno do eixo longitudinal A do motor.

[0003] Cada turbina a jusante 20, 22 é solidaria em rotação de uma hélice externa 24, 26 que se estende substancialmente radialmente no exterior da nacela 12.

[0004] O fluxo de ar 28 que penetra na entrada de ar 13 passa no compressor 14 para ser comprimido aí, e depois é misturado com carburante e queimado dentro da câmara de combustão 16, os gases de combustão sendo nesse caso injetados nas turbinas para acionar em rotação as hélices 26, 28 que fornecem a maior parte do impulso do motor. Os gases de combustão 30 que saem das turbinas 20, 22 são em seguida ejetados através de uma tubeira a jusante 32 para aumentar o impulso do motor.

[0005] As hélices 24, 26 estão situadas na proximidade da extremidade a jusante do motor e são ditas propulsoras ou de propulsão, por oposição a hélices

externas que estivessem situadas a montante do motor que seriam ditas de tração.

[0006] Esse tipo de motor é ligado a uma parte de um avião, tal como sua fuselagem, por intermédio de um pilar 34 que se estende substancialmente radialmente em relação ao eixo A, no exterior da nacela 12, e que deve estar a uma distância axial X1 suficiente das bordas de ataque das pás da hélice a montante 24 e uma distância X2 suficiente da borda de ataque 38 da entrada de ar, notadamente por razões aerodinâmicas. É nesse caso necessário na técnica atual alongar axialmente a entrada de ar 13 para permitir a integração do pilar 34 ao motor.

[0007] No exemplo da figura 1, a entrada de ar 13 representada em traços contínuos tem um comprimento mínimo ótimo para assegurar notadamente a canalização do ar até o compressor 16, enquanto que a entrada de ar 13' representada em traços descontínuos foi alongada para permitir a integração do pilar 34 ao motor 10. O alongamento da entrada de ar aumenta, no entanto, de maneira importante a massa do motor e o arrasto gerado por essa última em vôo.

[0008] A entrada de ar 13 do motor é perfilada e sua extremidade a montante ou borda 38 de ataque dos gases tem em seção uma forma arredondada convexa.

[0009] Uma entrada de ar de um motor de avião pode notadamente ser definida por uma relação L/D “local” que no exemplo representado é constante em toda a circunferência da entrada de ar. D é o diâmetro interno da entrada de ar 13, medido ao nível da primeira roda ou roda de entrada do compressor 14, e L é o comprimento local dessa entrada de ar medido paralelamente ao eixo A entre um ponto da borda de ataque 38 e um plano transversal P situado ao nível da roda de entrada do compressor 14. A entrada de ar é aqui axissimétrica e todos os pontos da borda de ataque 38 estão situados em um mesmo plano transversal P1 (ou P2 no caso da entrada de ar 13'), chamado plano ou seção de captação.

[0010] A entrada de ar 13 em traços contínuos tem um comprimento L1 (medido entre P e P1) e é definida pela relação L1/D, e a entrada de ar 13' em traços descontínuos tem um comprimento L2 (medido entre P e P2) e é definida pela relação L2/D.

[0011] A invenção permite corrigir os problemas precipitados ligados ao

alongamento da entrada de ar do motor graças a uma entrada de ar da qual a relação L/D não é constante, mas sim varia de modo não linear na circunferência da entrada de ar, a zona da entrada de ar de maior comprimento sendo ligada ao pilar.

[0012] As figuras 2 a 5 representam um modo preferido de realização da invenção, no qual os elementos já descritos em referência à figura 1 são referenciados pelos mesmos números, aumentados de uma centena.

[0013] O avião 140 representado na figura 1 é equipado com dois motores 110 com hélices propulsoras não carenadas, esses motores sendo fixados por pilares 134 na traseira da fuselagem 141 do avião, de um lado e de outro dessa última.

[0014] A nacela 112 de cada motor 110 comprehende em sua extremidade a montante uma entrada de ar 113 de acordo com a invenção que comprehende uma saliência axial 142 de ligação ao pilar 134. Esse pilar 134 se estende substancialmente radialmente em relação ao eixo A do motor, a partir da saliência 142 da entrada de ar na direção do exterior até a fuselagem 141 do avião. A saliência 142 da entrada de ar é, portanto, situada no lado da fuselagem 141 do avião. O pilar 134 é inclinado de um ângulo α compreendido entre 5 e 45º, e por exemplo de cerca de 20º, em relação a um plano horizontal que passa substancialmente ao nível da extremidade do pilar 134 ligada à fuselagem 141.

[0015] A saliência 142 tem uma forma geral triangular ou trapezoidal da qual o vértice ou a base menor está situado a montante e da qual a base (maior) está situada a jusante. A base a jusante da saliência 142 se estende angularmente em torno do eixo A em um ângulo inferior ou igual a cerca de 180º.

[0016] Essa saliência 142 forma a zona de entrada de ar de maior comprimento axial e seu comprimento, medido entre o plano P precipitado e um plano transversal P2' que passa ao nível da extremidade a montante da saliência, é denotado Lmax. Esse comprimento Lmax é substancialmente igual ao comprimento L2 da entrada de ar 13' da figura 1, essa entrada de ar 13' tendo sido alongada para permitir a integração do pilar 34 ao motor.

[0017] O comprimento Lmax permite calcular o valor máximo da relação L/D da entrada de ar que é igual a Lmax/D e que vale por exemplo cerca de 2,5.

[0018] A saliência 142 é ligada a uma porção substancialmente anular 144 da entrada de ar que se estende em torno do eixo A, e que define a zona de menor comprimento da entrada de ar. Essa porção 144 é diametralmente oposta à saliência 142. O comprimento dessa porção 144, medido entre o plano P e um plano transversal P1' que passa ao nível da extremidade a jusante dessa porção, é denotado Lmin (a extremidade a jusante da porção 144 sendo diametralmente oposta à extremidade a montante da saliência 142). Esse comprimento Lmin é substancialmente igual ao comprimento L1 da entrada de ar 13 da figura 1, quer dizer ao valor mínimo ótimo dessa entrada de ar, determinado independentemente do pilar.

[0019] O comprimento Lmin permite calcular o valor mínimo da relação L/D da entrada de ar que é igual a Lmin/D e que vale por exemplo cerca de 0,9.

[0020] Quando a entrada de ar 113 é vista de lado ou em uma direção perpendicular ao plano mediano que passa pelo eixo a do motor e pelo eixo do pilar 134, como é o caso na figura 5, a borda de ataque 138 define de um lado e de outro do eixo A um diedro que tem um ângulo de abertura β relativamente grande, quer dizer superior a 90° . Esse ângulo β é da ordem de $120\text{-}150^\circ$ no exemplo representado.

[0021] A borda de ataque 138 da entrada de ar define assim de um lado e de outro do plano mediano uma pluralidade de comprimentos L' , L'' diferentes da entrada de ar, compreendidos entre Lmin e Lmax. Esses comprimentos permitem fazer variar a relação L/D da entrada de ar em toda SUS circunferência. Ao contrário da técnica anterior, a evolução dessa relação não é linear (caso em que a borda de ataque se estende em um só e mesmo plano inclinado de entrada de ar) mas é ao contrário não linear e por exemplo aproximadamente hiperbólica ou parabólica. Essa configuração especial da borda de ataque 138 permite definir pelo menos dois planos de entrada de ar.

[0022] No exemplo da figura 5, a borda de ataque 138 da entrada de ar define dois planos P3, P4 secantes inclinados em relação ao eixo A. O primeiro plano a montante P3 é definido pela parte da borda de ataque da saliência 142 (ou os lados

a montante dos diedros precipitados) e é inclinado de um ângulo compreendido entre cerca de 15 e 50º em relação ao eixo A. O segundo plano a jusante P4 é definido pela parte da borda de ataque da porção 144 da entrada de ar (ou lados a jusante dos diedros) e é inclinado de um ângulo de cerca de 70-90º em relação ao eixo A. Esses dois planos P3, P4 se cortam substancialmente ao nível das zonas de junção entre a saliência 142 e a porção anular 144 da entrada de ar.

[0023] Como está também visível na figura 5, a zona 146 de junção entre a entrada de ar 113 e a borda de ataque do pilar 134 é situada em um plano transversal que se estende entre os planos transversais P1' e P2'.

[0024] Na variante representada na figura 6, a borda de ataque 238 da entrada de ar 213 define de um lado e de outro do eixo A um diedro que em um ângulo de abertura β' por exemplo compreendido entre cerca de 90 e 175º. Esse angulo β' é de cerca de 170º no exemplo representado.

[0025] A borda de ataque 250 do pilar 234 é aqui inclinada em relação a um plano perpendicular ao eixo A do motor, de um ângulo γ compreendido entre cerca de 10 e 35º, e de preferência de 20º. A borda de fuga 252 do pilar 234 é também inclinada em relação a um plano perpendicular ao eixo A, de um ângulo γ' compreendido entre cerca de 10 e 35º, e de preferência de 20º. Os valores dos ângulos γ e γ' podem ser idênticos ou diferentes.

[0026] O pilar de fixação do motor ao avião pode por outro lado ser inclinado em relação a um plano radial que passa pelo eixo do motor.

[0027] Em uma variante de realização da invenção, a saliência axial da entrada de ar permite a integração de um equipamento volumoso do motor diferente de um pilar.

REIVINDICAÇÕES

1. Entrada de ar (113) de um motor de avião do tipo com hélices propulsoras não carenadas, destinada a ser ligada por um pilar (134) à fuselagem de um avião, caracterizada pelo fato de que o comprimento local da entrada de ar, medido paralelamente ao eixo (A) do motor entre um ponto da borda de ataque (138) da entrada de ar e um plano transversal (P) situado ao nível de uma roda de entrada do compressor do motor, é maior na zona (142) da entrada de ar ligada ao pilar e menor na zona da entrada de ar oposta ao pilar.
2. Entrada de ar de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a relação L/D varia entre cerca de 2,5 e 0,9 entre a zona (142) ligada ao pilar (134) e a zona oposta da entrada de ar, L sendo o comprimento local da entrada de ar, e D sendo seu diâmetro interno medido ao nível da roda de entrada do compressor do motor.
3. Entrada de ar de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizada pelo fato de que, em uma direção perpendicular a um plano mediano que passa pelo eixo do pilar (134) e pelo eixo (A) do motor, a borda de ataque (138) da entrada de ar tem um contorno substancialmente em forma de diedro.
4. Entrada de ar de acordo com a reivindicação 3, caracterizada pelo fato de que o ângulo (β, β') no vértice do diedro é compreendido entre 90 e 175º.
5. Entrada de ar de acordo com qualquer uma das reivindicações 3 ou 4, caracterizada pelo fato de que o vértice do diedro tem uma forma arredondada côncava no lado da abertura do diedro.
6. Entrada de ar de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizada pelo fato de que ela compreende uma saliência axial (142) na direção a montante, o pilar (134) sendo destinado a se estender substancialmente radialmente em relação ao eixo (A) do motor a partir dessa saliência.
7. Entrada de ar de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizada pelo fato de que ela é simétrica em relação a um plano mediano que passa pelo eixo do pilar (134) e pelo eixo (A) do motor.
8. Entrada de ar de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7,

caracterizada pelo fato de que a borda de ataque (250) e/ou a borda de fuga (252) do pilar (234) são inclinadas de um ângulo (γ) compreendido entre cerca de 10 e 35º, em relação a um plano transversal.

9. Motor de avião (110) com hélices propulsoras não carenadas, caracterizado pelo fato de que ele compreende uma entrada de ar (113) como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 8.

10. Avião (140), caracterizado pelo fato de que ele compreende dois motores como definido na reivindicação 9, esses dois motores (110) sendo fixados por pilares (134) na traseira da fuselagem (141) do avião, de um lado e de outro dessa última.

11. Avião de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que ele compreende um terceiro motor fixado por um pilar na traseira da fuselagem do avião, esse pilar se estendendo substancialmente verticalmente acima da fuselagem.

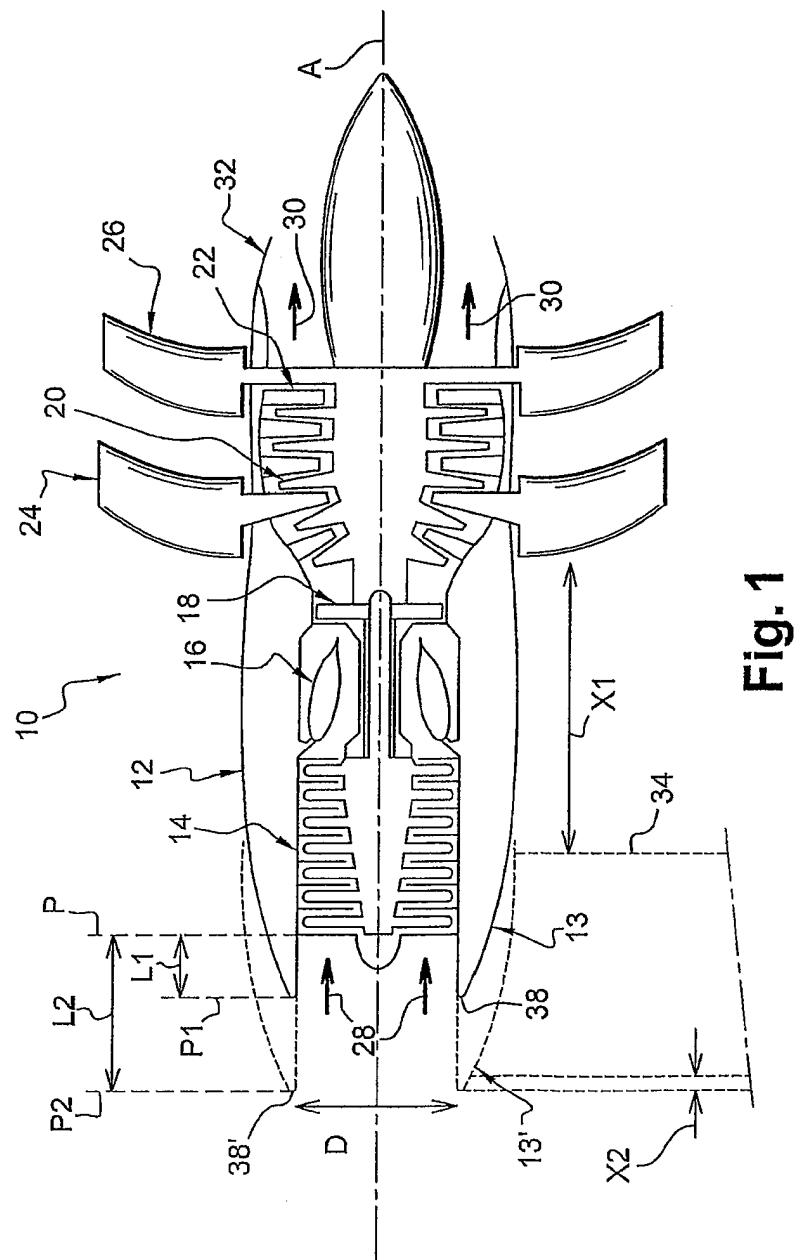
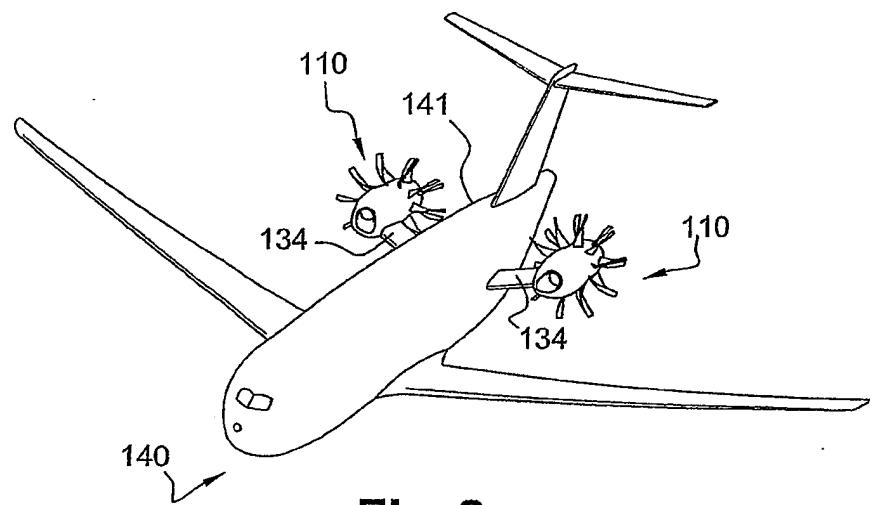
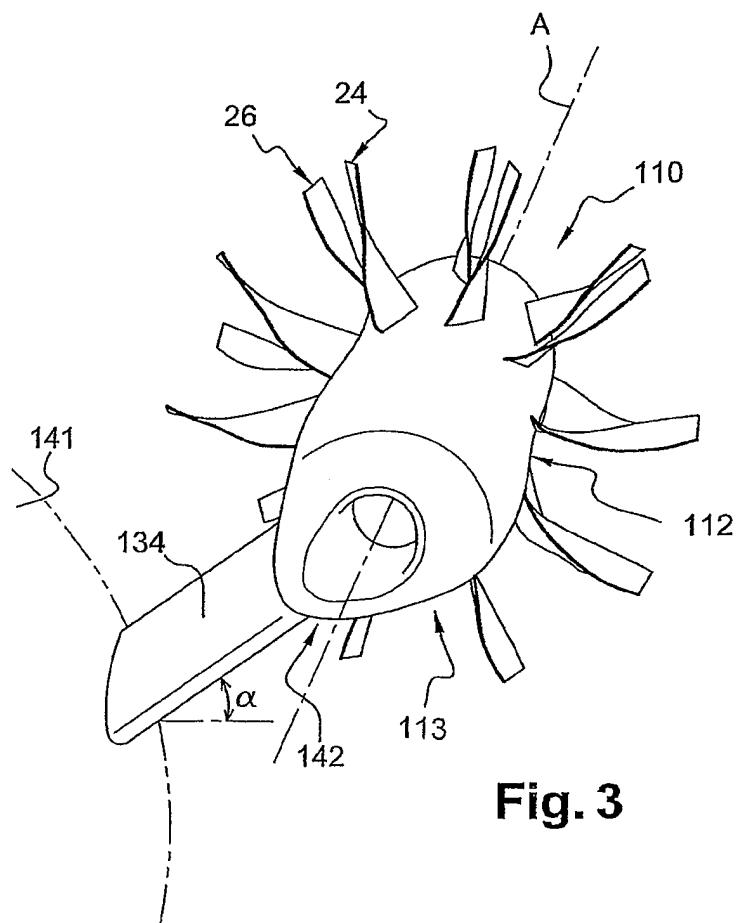


Fig. 1

**Fig. 2****Fig. 3**

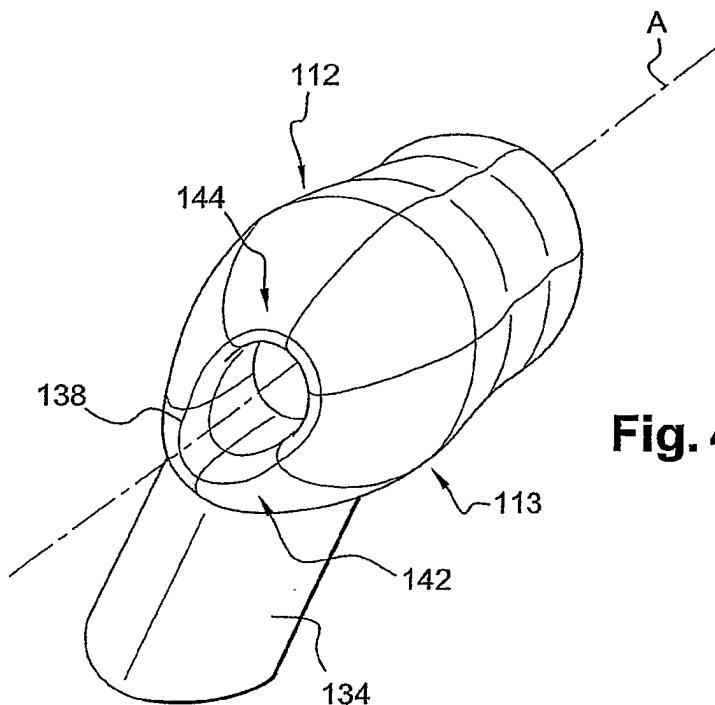


Fig. 4

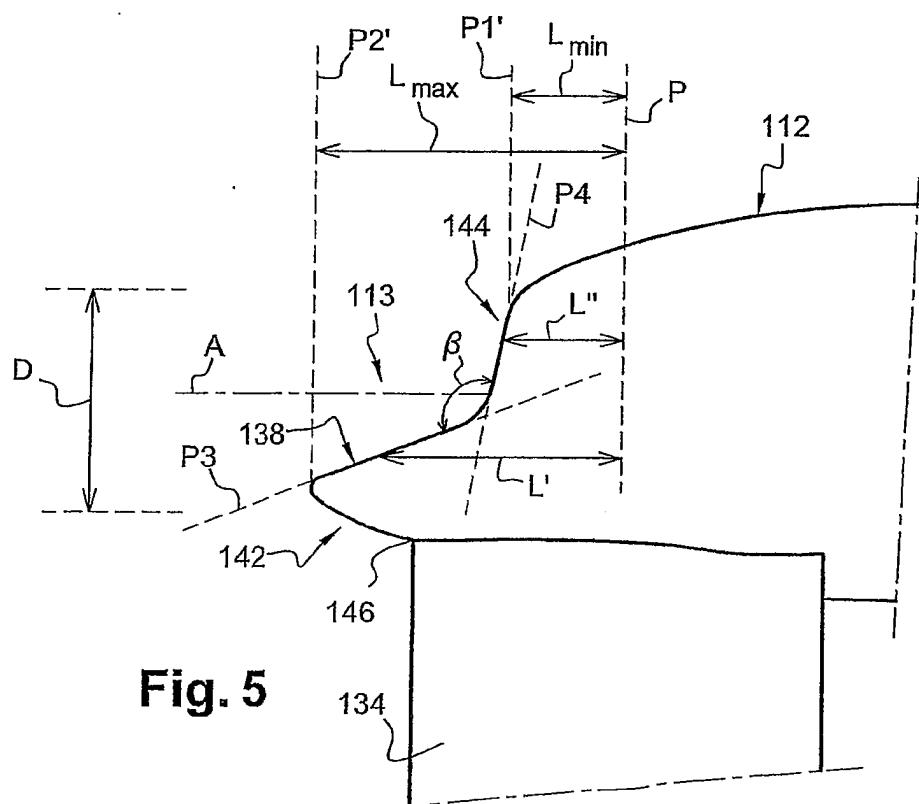


Fig. 5

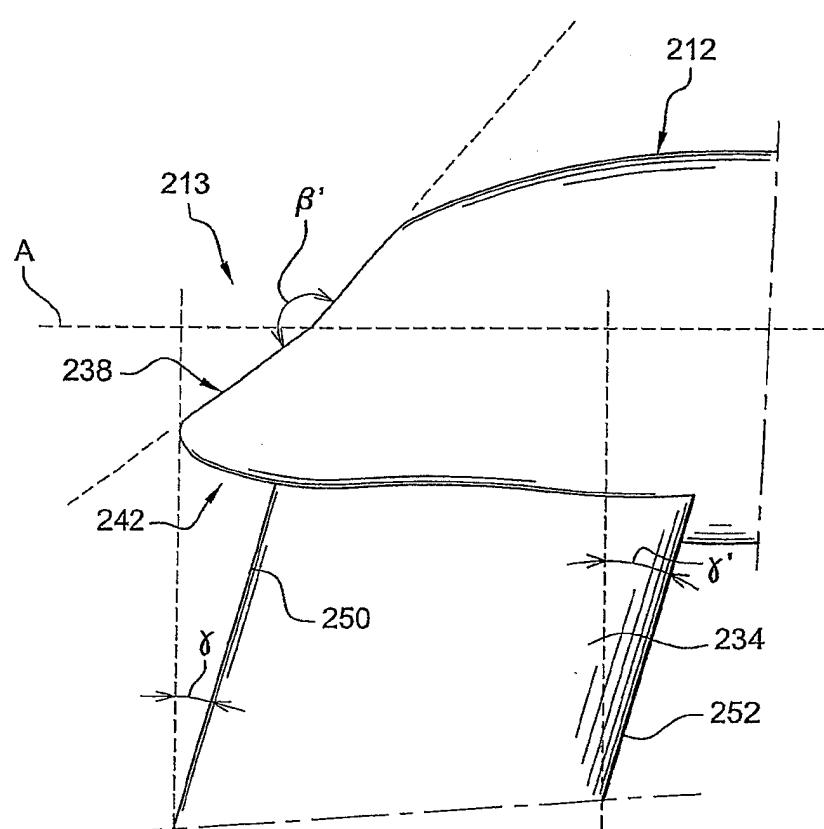


Fig. 6