

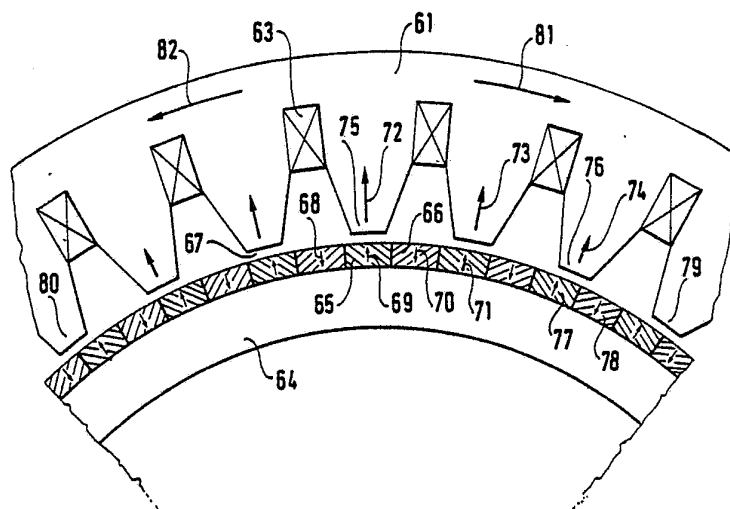


DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIEE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS (PCT)

<p>(51) Classification internationale des brevets⁴ : H02K 21/14, 21/12, 19/10 H02K 19/22</p>	A1	<p>(11) Numéro de publication internationale: WO 85/ 04058 (43) Date de publication internationale: 12 septembre 1985 (12.09.85)</p>
<p>(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR85/00033 (22) Date de dépôt international: 26 février 1985 (26.02.85) (31) Numéro de la demande prioritaire: 84/03154 (32) Date de priorité: 29 février 1984 (29.02.84) (33) Pays de priorité: FR (71) Déposant (JP seulement): CEM - COMPAGNIE ELECTRO-MECANIQUE [FR/FR]; 12, rue Portalis, F-75008 Paris (FR). (72) Inventeur; et (75) Inventeur/Déposant (US seulement) : POUILLANGE, Jean [FR/FR]; 7, allée des Sylphides, F-77410 Gressy en France (FR). (74) Mandataires: DALSA, Michel etc.; Sospi, 14-16, rue de la Baume, F-75008 Paris (FR).</p>	<p>(81) Etats désignés: JP, US. Publiée Avec rapport de recherche internationale.</p>	

(54) Titre: VERNIER ELECTRODYNAMIC MACHINE

(54) Titre: MACHINE ELECTRODYNAMIQUE VERNIER



(57) Abstract

It comprises a stator (61) provided with a polyphase winding (63) with $2p$ poles and comprising n teeth (65) per pair of poles, and a rotor provided with $2(n+1)$ magnets (65) per pair of poles, arranged facing the air gap (67) and radially magnetized in alternated directions (68 to 71). Application to the making of robot motors.

(57) Abrégé

Elle comporte un stator (61) muni d'un bobinage polyphasé (63) à $2p$ pôles et comprenant n dents (75) par paires de pôles, et un rotor muni de $2(n+1)$ aimants (65) par paire de pôles, disposés en regard de l'entrefer (67) et aimantés radialement en sens alternés (68 à 71). Application à la réalisation de moteurs de robotique.

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AT	Autriche	GA	Gabon	MR	Mauritanie
AU	Australie	GB	Royaume-Uni	MW	Malawi
BB	Barbade	HU	Hongrie	NL	Pays-Bas
BE	Belgique	IT	Italie	NO	Norvège
BG	Bulgarie	JP	Japon	RO	Roumanie
BR	Brésil	KP	République populaire démocratique de Corée	SD	Soudan
CF	République Centrafricaine	KR	République de Corée	SE	Suède
CG	Congo	LI	Liechtenstein	SN	Sénégal
CH	Suisse	LK	Sri Lanka	SU	Union soviétique
CM	Cameroun	LU	Luxembourg	TD	Tchad
DE	Allemagne, République fédérale d'	MC	Monaco	TG	Togo
DK	Danemark	MG	Madagascar	US	Etats-Unis d'Amérique
FI	Finlande	ML	Mali		
FR	France				

Machine électrodynamique vernier

La présente invention concerne une machine électrodynamique vernier.

On connaît une machine électrodynamique vernier, du type comportant

- 5 - deux pièces séparées l'une de l'autre par un entrefer, ces pièces pouvant se déplacer l'une par rapport à l'autre suivant une direction de manière que l'épaisseur moyenne de l'entrefer reste constante
- et des moyens coopérant magnétiquement avec une première de ces pièces pour créer un champ magnétique à $2p$ pôles, glissant le long de ladite
- 10 direction, p étant un nombre entier,

la première pièce étant constituée par une armature magnétique comportant N dents formant N encoches, N étant un nombre entier multiple de p , les encoches débouchant dans l'entrefer et étant uniformément réparties le long de ladite direction,

- 15 la seconde pièce comportant M éléments disposés le long de ladite direction, M étant un nombre entier multiple de p et différent de N d'un nombre $T = t \times p$, t étant un nombre entier petit par rapport à $\frac{N}{p}$.

Par exemple, un moteur rotatif de ce type comporte un rotor monté en rotation autour d'un axe, et un stator coaxial comprenant N encoches et N dents. Dans les encoches est disposé un bobinage polyphasé créant un champ tournant dans le rotor. Les M éléments du rotor sont constitués par M dents formant M encoches, M étant supérieur à N . Un aimant est fixé coaxialement dans le rotor de manière à créer un champ magnétique continu qui traverse l'entrefer et pénètre dans le stator.

20

25 D'une manière générale les machines électrodynamiques vernier connues sont des machines de type synchrone homopolaire dont les deux pièces en mouvement relatif comportent respectivement deux rangées de dents en regard l'une de l'autre, le nombre des dents d'une rangée étant différent du nombre de dents de l'autre rangée.

30 Ces machines présentent des inconvénients. En effet elles doivent avoir un entrefer de faible épaisseur, ce qui entraîne, par suite de la saturation du circuit magnétique, une diminution des ampères-tours et par conséquent du couple de la machine. Par ailleurs, le flux magnétique de ces machines présente une composante homopolaire qui ne produit pas de

- 2 -

couple tout en contribuant à la saturation du circuit magnétique. Il en résulte un encombrement qui peut être prohibitif dans certaines applications.

La présente invention a pour but de pallier ces inconvénients.

Elle a pour objet une machine électrodynamique vernier du type mentionné précédemment, caractérisée en ce que

5 - les M éléments comportent chacun deux générateurs de flux orientés en sens alternés, ces éléments interférant avec les N dents de la première pièce pour créer dans cette première pièce un champ magnétique à 2p pôles, capable de s'accrocher de manière synchrone au champ glissant à 2
10 p pôles créé par lesdits moyens coopérant magnétiquement avec la première pièce.

Plusieurs formes particulières de machines électrodynamiques vernier sont décrites ci-dessous, à titre d'exemple, en référence aux dessins annexés dans lesquels

15 - la figure 1 représente schématiquement, en coupe partielle longitudinale, un moteur vernier de type connu,

- la figure 2 est une vue montrant partiellement, en coupe transversale, le profil dentaire du stator et du rotor du moteur illustré par la figure 1,

20 - la figure 3 représente partiellement, en coupe transversale, un autre moteur vernier de type connu,

- la figure 4 est un graphique illustrant le fonctionnement du moteur représenté sur la figure 3,

25 - la figure 5 est une vue partielle, en coupe transversale, d'un réducteur vernier de type connu,

- la figure 6 est une vue partielle, en coupe transversale, d'un autre réducteur vernier de type connu

30 - et les figures 7 à 12 représentent partiellement, en coupe transversale, six moteurs différents, de type vernier, selon l'invention.

Le moteur vernier représenté sur la figure 1 comporte un stator 1 muni d'un bobinage 2. Le stator 1 est formé d'un assemblage de tôles magnétiques dentées et le bobinage 2, du type polyphasé à 2 p pôles, est logé dans les encoches situées entre les dents du stator. Le stator 1 est

35

- 3 -

cylindrique de révolution autour d'un axe 3 et de section annulaire. Un rotor denté 4, formé aussi d'un assemblage de tôles magnétiques et monté en rotation autour de l'axe 3, est disposé dans le volume cylindrique intérieur du stator 1 et séparé de celui-ci par un entrefer cylindrique 5. Un aimant cylindrique 6 est fixé coaxialement dans le rotor 4. La fixation de l'aimant 6 dans le rotor 4 est réalisée de façon qu'une face plane 7 de l'aimant soit située dans le volume du rotor 4 alors que son autre face plane 8 est située en dehors de ce volume. L'aimant 6 est aimanté dans le sens 9 allant de la face 8 à la face 7, de manière à créer dans le rotor 4 un flux magnétique traversant l'entrefer 5 pour pénétrer dans le stator 1. Celui-ci est fixé à l'intérieur d'une carcasse magnétique cylindrique 10. Le rotor 4 et l'aimant 6 sont fixés sur un arbre 11 capable de tourner autour de l'axe 3 dans deux paliers montés dans des flasques s'appuyant sur la carcasse 10. Le flasque 12 représenté en coupe sur la figure 1 comporte un palier 13 monté sur l'arbre 11. Le flasque 12 est réalisé en acier magnétique et comporte une surface 14 disposée à proximité et en regard de la face 8 de l'aimant 6 de façon à refermer le circuit du flux magnétique créé par l'aimant 6.

En référence à la figure 2, les dents du stator 1 sont uniformément réparties autour de l'axe de la machine. Le stator comporte n pas dentaires égaux entre eux, par paire de pôles définis par le bobinage 2. Comme il est visible sur la figure 2, les dents du rotor sont uniformément réparties autour de l'axe, mais le nombre de ces dents est plus élevé ; le rotor 4 comprend par exemple $n + 1$ dents par paire de pôles. La position du rotor par rapport au stator sur la figure est telle qu'un côté d'une dent 15 du rotor est aligné avec un côté d'une dent 16 du stator suivant une direction radiale 17. On voit alors que les dents suivantes 18, 19, 20 du rotor sont décalées par rapport aux dents homologues 21, 22, 23 du stator. Ces décalages provoquent une variation de la réductance magnétique.

Lorsqu'on alimente le bobinage 2 par un courant électrique polyphasé, ce bobinage crée un champ à $2p$ pôles tournant autour de l'axe 3. Le moteur représenté sur les figures 1 et 2 est du type synchrone et la configuration des pôles d'excitation tourne à une vitesse égale à la

- 4 -

vitesse de rotation du champ tournant, tandis que, par suite de l'effet vernier, la vitesse de rotation du rotor est égale au quotient de la vitesse du champ tournant par un coefficient K.

Rappelons que, dans le cas où le stator comporte n dents par paire de pôles et le rotor n + 1 dents par paire de pôles stator, le coefficient K est égal à n + 1. La réduction de vitesse ainsi obtenue s'accompagne, par rapport à une machine synchrone classique dont l'induit est traversé par le même champ continu, d'une augmentation du couple, celui-ci étant multiplié par le facteur K.

D'une manière générale, les décalages varient par paliers le long de l'entrefer. Dans le cas des figures 1 et 2, chaque palier correspond sensiblement à un pas dentaire. Comme le nombre de dents est en général élevé, les paliers sont de faible longueur et la loi de variation du décalage le long de l'entrefer est sensiblement linéaire.

Cependant il est possible de réaliser des machines vernier connues dans lesquelles les paliers de décalage successifs correspondent chacun à plusieurs pas dentaires. Par exemple, dans le moteur illustré par la figure 3, le rotor 24 comporte des pas dentaires régulièrement répartis, tandis que le stator 25 comporte des groupes de pas dentaires séparés entre eux par des intervalles. Chaque groupe comporte plusieurs pas dentaires égaux entre eux au pas dentaire rotor. La figure 3 montre un premier groupe stator comportant les dents 26, 27 et 28 et un deuxième groupe stator comportant les dents 29, 30 et 31. Ces deux groupes sont séparés entre eux par un intervalle 32 dans lequel est logé un faisceau du bobinage 33 du stator. Dans la position représentée sur la figure, les dents 26, 27 et 28 sont juste en face des dents 34, 35 et 36 du rotor. L'intervalle 32 est déterminé pour obtenir un décalage tel que 37 entre les dents 29, 30 et 31 du stator et les dents 38, 39 et 40 du rotor.

La figure 4 représente la loi de variation 41 des décalages magnétiques le long de l'entrefer dans une machine du type de celle illustrée sur la figure 3. La position le long de l'entrefer est repérée en abscisse par un angle A par rapport à un plan axial de référence, les décalages D étant portés en ordonnée. On voit que la courbe 41 comporte des paliers successifs 42, 43, 44 et 45. On peut définir à partir de cette loi de variation par paliers une loi moyenne linéaire 46.

En pratique, les deux modes de réalisation de moteurs vernier représentés sur les figures 2 et 3 ont un fonctionnement tout à fait comparable. Le coefficient K est égal au nombre d'encoches rotor par paire de pôles du bobinage stator dans la mesure où le décalage statorique par paire de pôles est d'une unité.

5 Le principe de fonctionnement des machines électrodynamiques de type vernier s'applique aussi aux génératrices vernier. Dans ce cas, par exemple, on fait tourner le rotor des machines représentées sur les figures 2 et 3 et on recueille le courant électrique produit dans les bobinages stator de ces machines.

10 Ce principe s'applique aussi aux machines vernier de type linéaire dans lesquelles l'entrefer n'est pas disposé suivant une surface cylindrique, mais suivant une surface plane séparant les deux pièces en mouvement relatif ; la pièce mobile se déplace alors par rapport à la pièce fixe suivant une ligne droite parallèle à la surface de l'entrefer.

15 Il est possible de réaliser aussi des machines électrodynamiques de type vernier fonctionnant en réducteur rotatif.

Le réducteur de type connu représenté sur la figure 5 comporte un premier rotor 47 de forme annulaire. Ce rotor n'est pas denté mais porte un bobinage continu 48 à 2 p pôles. Le réducteur comporte en outre un
20 deuxième rotor 49 cylindrique coaxial. Ce rotor comporte n + 1 dents par paire de pôles non représentées, analogues à celles du rotor du moteur de la figure 2. Entre les rotors 47 et 49 est disposé un stator 50 coaxial de forme annulaire et comprenant n dents radiales 51 par paire de pôles, ces dents étant séparées l'une de l'autre par des entretoises 52 en
25 matériau amagnétique. Le stator 51 est séparé des rotors 47 et 49 par des entrefers cylindriques 53 et 54.

Lorsqu'on entraîne en rotation le rotor 47 à une vitesse v et qu'on alimente le bobinage 48 par un courant électrique continu, on crée un champ tournant qui traverse radialement le stator 50 et pénètre dans
30 le deuxième rotor 49. Il apparaît donc que l'ensemble 47-53-50 est équivalent au stator des moteurs représentés sur les figures 2 et 3. Dans ces conditions, si le rotor 49 comporte n + 1 dents par paire de pôles du bobinage 48, le rotor 49 tourne à une vitesse $\frac{v}{n+1}$.

La figure 6 représente un autre réducteur vernier de type connu

- 6 -

comportant un stator 55 et un rotor 56 coaxiaux et dentés. Le champ tournant est ici produit par un autre rotor coaxial 57 disposé dans l'entrefer situé entre le stator 55 et le rotor 56. Le rotor 57 comporte 2 p aimants tels que 58 juxtaposés le long de l'entrefer et dont les directions d'aimantation radiales 59 et 60 sont alternées de façon à
5 créer un champ tournant à 2 p pôles. Si le stator 55 possède n encoches par paires de pôles et si le rotor 56 possède n + 1 encoches par paires de pôles, l'entraînement en rotation du rotor 57 à une vitesse v provoque une rotation du rotor 56 à une vitesse $\frac{v}{n + 1}$.

La figure 7 représente un moteur électrique vernier selon l'inven-
10 tion. Ce moteur comporte un stator comportant une armature magnétique 61 formée d'un assemblage de tôles magnétiques. Cette armature est cylindrique de révolution autour d'un axe non représenté, de section droite annulaire, et comprend des dents et des encoches débouchant sur la surface cylindrique intérieure de cette armature. Un bobinage 63 polyphasé
15 à 2 p pôles est logé dans les encoches. L'armature 61 du stator comprend n dents par paires de pôles, régulièrement espacées entre elles, soit en tout N = n p dents. Un rotor cylindrique, de révolution autour de l'axe et monté en rotation autour de cet axe, est disposé dans le volume délimité par la surface cylindrique interne du stator. Le rotor comporte
20 une culasse magnétique 64 cylindrique, de forme annulaire, et des aimants sensiblement parallélépipédiques tels que 65 et 66 fixés sur la surface cylindrique extérieure de la culasse. La longueur de ces aimants est parallèle à l'axe, cette longueur étant sensiblement égale à la longueur de fer de l'armature du stator. La largeur des aimants est
25 orientée tangentiellement par rapport à la surface cylindrique extérieure de la culasse 64, tandis que leur épaisseur est orientée radialement. Ces aimants sont juxtaposés sur la surface cylindrique extérieure de la culasse de manière que la surface cylindrique extérieure du rotor soit séparée de la surface cylindrique intérieure du
30 stator par un entrefer 67. La fixation des aimants entre eux et sur la culasse 64 peut être réalisée par exemple par collage. Il est nécessaire d'isoler galvaniquement les aimants les uns des autres et de la culasse s'ils sont conducteurs.

Les aimants successifs le long de l'entrefer sont aimantés radia-

- 7 -

lement de manière à produire des flux magnétiques traversant l'entrefer en sens alternés tels que 68, 69, 70 et 71. Le rotor comporte, par paire de pôles stator, un nombre m de paires d'aimants différent du nombre de dents stator par paire de pôles. Dans le cas de la figure 7, le nombre m est égal à $n + 1$. Le rotor comporte donc au total $M = 2$
5 $(n + 1) p$ aimants.

Des flèches telles que 72, 73 et 74 ont été tracées dans les dents du stator pour indiquer le sens des flux magnétiques continus provenant des aimants et traversant le stator. La longueur de chaque flèche est proportionnelle à l'intensité du flux. En effet, la flèche 72 située
10 dans la dent 75 correspond à une intensité maximale du flux, celui-ci étant créé par l'aimant 65 aimanté dans le sens 69 de la flèche 72, l'axe de la dent 75 passant au milieu de la largeur de l'aimant. Par contre la flèche 74 située dans la dent 76 correspond à une intensité de flux plus faible, puisqu'une partie seulement de la surface de la dent 76 en regard
15 du rotor couvre l'aimant 77 aimanté parallèlement à la flèche 74, une autre partie plus faible de la dent 76 couvrant l'aimant 78 aimanté dans le sens opposé à la flèche 74. Enfin les dents 79 et 80 du stator, dont les axes sont situés juste à la jonction entre deux aimants, ne reçoivent aucun flux des aimants du rotor.

Il est clair qu'on obtient, dans les dents stator non visibles sur la figure 7 et situées immédiatement à droite et à gauche de cette figure, respectivement deux flux continus provenant des aimants. Le profil de ces deux flux continus est analogue à celui du flux représenté par les flèches 72 à 74 mais leur direction radiale est dans le sens
25 opposé à celui de ces flèches. Le rotor crée donc dans le stator un champ magnétique continu qui se referme derrière les encoches suivant les flèches 81 et 82. Le champ continu produit dans le stator par les aimants a une intensité qui varie le long de l'entrefer selon une courbe périodique. La période de cette courbe correspond à n dents stator et à $n + 1$
30 dents rotor. Il s'agit donc d'un champ continu hétéropolaire à $2 p$ pôles.

Le bobinage 63 du stator crée dans le rotor un champ alternatif à $2 p$ pôles qui se referme dans la culasse 64. La machine représentée sur la figure 7 est donc un moteur de type synchrone. Compte-tenu de la différence entre le nombre n des dents stator par paires de pôles et le

- 8 -

nombre ($n + 1$) des couples d'aimants par paires de pôles, portés par le rotor, ce moteur est du type vernier : lorsqu'on alimente le bobinage stator 63 par un courant polyphasé, de façon à créer un champ tournant autour de l'axe, le rotor tourne à une vitesse $n + 1$ fois plus faible que celle du champ tournant.

5 Le moteur électrique vernier représenté sur la figure 8 comporte un stator et un rotor muni d'une culasse 64 ; le stator et la culasse 64 sont identiques au stator et à la culasse du moteur illustré par la figure 7. Mais, dans le cas de la figure 8, le rotor comporte des bobines
10 électriques telles que 83 fixées sur la surface cylindrique extérieure de la culasse. Ces bobines, en nombre égal à celui des aimants du moteur de la figure 7, sont disposées le long de l'entrefer de façon à créer des flux traversant l'entrefer en sens alternés.

Bien entendu le rotor comporte alors un système de bagues collectrices et de balais pour alimenter ces bobines en courant continu. Les
15 bobines ainsi alimentées jouent un rôle identique à celui des aimants de la figure 7. Le fonctionnement du moteur illustré par la figure 8 est donc identique à celui du moteur de la figure 7.

Le moteur électrique vernier représenté sur la figure 9 est analogue à celui de la figure 8. Mais les bobines électriques 84 faisant
20 partie du rotor du moteur de la figure 9 comportent des noyaux magnétiques tels que 85. Ces noyaux en acier magnétique sont disposés radialement et sont solidaires de la culasse 64.

Le moteur électrique vernier représenté sur la figure 10 comporte un stator et un rotor muni d'aimants 65, comme le moteur illustré par la
25 figure 7. Mais dans le cas de la figure 10, la culasse du rotor est divisée en deux parties : une partie 86 de faible épaisseur, capable de supporter les aimants, et une partie coaxiale interne 87 séparée de la partie 86 par un entrefer supplémentaire. La partie interne 87 est fixe ; elle permet de refermer le circuit des flux magnétiques. Cette
30 disposition entraîne une perte d'ampères-tours dans l'entrefer supplémentaire mais présente l'avantage de diminuer l'inertie du rotor.

Le moteur électrique vernier représenté sur la figure 11 comporte un stator comprenant une armature magnétique 88 annulaire, cylindrique
autour d'un axe non représenté. L'armature 88 comporte des dents et des

encoches dans lesquelles est disposé un bobinage polyphasé 90 apte à créer un champ à 2 p pôles tournant autour de l'axe. L'armature 88 comporte n dents et n encoches par paires de pôles, uniformément réparties autour de l'axe.

5 La surface cylindrique intérieure de l'armature 88 est séparée d'un rotor annulaire coaxial par un entrefer 91 dans lequel débouchent les encoches de cette armature. Le rotor comprend un châssis magnétique annulaire constitué par exemple par un paquet de tôles. Ce châssis comporte, par paire de pôles stator, 2 (n + 1) secteurs radiaux 92 entre lesquels sont disposés des aimants 93 ; ces secteurs sont uniformément répartis autour de l'axe.

10 La surface cylindrique intérieure du rotor est séparée, par un autre entrefer 94, d'une autre armature magnétique 95 fixe, annulaire et coaxiale. L'armature 95 comporte n dents par paire de pôles, ces dents formant n encoches débouchant dans l'entrefer 94. Les dents des armatures 88 et 95 sont disposées de manière que le plan de symétrie axial 96 d'une dent quelconque 97 de l'armature 95 coïncide avec le plan de symétrie axial d'une encoche 98 de l'armature 88. Les encoches de l'armature 95 contiennent un bobinage polyphasé 99 apte à créer un champ tournant identique à celui créé par le bobinage 90.

20 Le moteur électrique vernier représenté sur la figure 11 fonctionne de la manière suivante. Les aimants 93 sont disposés de façon à produire des flux magnétiques tangentiels orientés alternativement dans un sens et dans l'autre, comme indiqué par les flèches 100 à 103. Ces flux sont concentrés dans les secteurs radiaux du rotor qui les dirigent alternativement de façon préférentielle vers les armatures 88 ou 95. On obtient ainsi dans les deux armatures du stator un champ magnétique continu à 2 p pôles, lié au rotor. Par suite de la différence entre le nombre de paires de secteurs radiaux du rotor et celui des dents de chaque armature, la vitesse de rotation du rotor est n + 1 fois plus faible que la vitesse de rotation du champ tournant créé par les bobinages des deux armatures du stator.

30 Le moteur électrique vernier représenté sur la figure 12 comporte un stator comprenant deux armatures dentées 88 et 95 munies respectivement de bobinages polyphasés 90 et 99 à 2 p pôles, ce stator étant

identique à celui du moteur illustré par la figure 11. Chaque armature est donc munie de n dents par paires de pôles.

Le rotor du moteur de la figure 12 comporte un châssis magnétique annulaire comprenant $2(n + 1)$ secteurs radiaux 104 par paires de pôles, uniformément répartis autour de l'axe. Entre ces secteurs sont disposées
5 des bobines 106. Le rotor comporte aussi un jeu de balais et de bagues non visibles sur la figure pour alimenter ces bobinages en courant continu. Le rotor est séparé des deux armatures stator 88 et 95 respectivement par deux entrefers 107 et 108.

Les bobines 106 sont disposées de façon à créer entre les secteurs
10 radiaux des flux magnétiques tangentiels 109 à 112 orientés en sens alternés. Ces flux sont concentrés dans les secteurs radiaux qui les dirigent alternativement vers les armatures 88 et 95. De préférence, le châssis magnétique du rotor comporte aussi des noyaux tangentiels 113
15 reliant entre eux les secteurs radiaux. Les bobines 106 sont enroulées autour des noyaux tangentiels.

Bien entendu le fonctionnement du moteur électrique vernier représenté sur la figure 12 est tout à fait analogue à celui du moteur de la figure 11.

Bien que les machines vernier selon l'invention décrites ci-dessus
20 en référence aux figures 7 à 12 soient des moteurs rotatifs à pas dentaire réguliers, il est possible aussi de réaliser des machines selon l'invention comprenant des groupes de pas dentaires égaux entre eux et progressivement décalés. Il est possible aussi de réaliser des machines
25 selon l'invention fonctionnant en génératrices, en réducteurs, et des machines électrodynamiques fonctionnant par déplacement linéaire.

Les machines électrodynamiques vernier selon l'invention sont du type hétéropolaire et présentent l'avantage, par rapport aux machines vernier selon l'art antérieur, d'avoir un encombrement et une inertie plus faibles.

30 A titre indicatif, il est possible de réaliser un moteur du type de celui illustré par la figure 7 ayant un couple maximum de 300 Nm et un couple permanent de 220 Nm, une vitesse de rotation de 1 à 2 tours/seconde et pesant 22Kg. Le poids d'un moteur du type de celui illustré par la figure 11 et présentant les mêmes performances est envi-

ron de 13 Kg.

Les machines vernier selon la présente invention peuvent être appliquées notamment dans le domaine de la robotique, pour réaliser des moteurs de faible vitesse de rotation et de faible inertie, et inversement pour réaliser des moteurs compacts à très forts couple.

5

10

15

20

25

30

35

REVENDEICATIONS

1/ Machine électrodynamique vernier, comportant

- deux pièces séparées l'une de l'autre par un entrefer, ces pièces pouvant se déplacer l'une par rapport à l'autre suivant une direction de manière que l'épaisseur moyenne de l'entrefer reste constante

5 - et des moyens coopérant magnétiquement avec une première de ces pièces pour créer un champ magnétique à $2p$ pôles, glissant le long de ladite direction, p étant un nombre entier,

la première pièce étant constituée par une armature magnétique comportant N dents formant N encoches, N étant un nombre entier multiple de p ,
10 les encoches débouchant dans l'entrefer et étant uniformément réparties le long de ladite direction,

la seconde pièce comportant M éléments disposés le long de ladite direction, M étant un nombre entier multiple de p et différent de N d'un nombre $T = t \times p$, t étant un nombre entier petit par rapport à $\frac{N}{p}$,

15 caractérisée en ce que les M éléments comportent chacun deux générateurs de flux (65-66) orientés en sens alternés (69-70), ces éléments interférant avec les N dents (75) de la première pièce (61) pour créer dans cette première pièce un champ magnétique (72, 73, 74) à $2p$ pôles, capable de s'accrocher de manière synchrone au champ glissant à $2p$ pôles créé
20 par lesdits moyens (63) coopérant magnétiquement avec la première pièce (61).

2/ Machine selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits générateurs de flux sont des aimants (65) disposés en regard de l'armature (61) et aimantés perpendiculairement à l'entrefer.

25 3/ Machine selon la revendication 1, caractérisée en ce que lesdits générateurs de flux comportent des bobines électriques (83) disposées en regard de l'armature (61), les axes de ces bobines étant perpendiculaires à l'entrefer, et des moyens pour alimenter ces bobines (83) en courant continu.

30 4/ Machine selon la revendication 3, caractérisée en ce que chacun desdits M éléments comporte en outre deux noyaux magnétiques (85) dont les axes sont perpendiculaires à l'entrefer, les bobines électriques (84) étant disposées coaxialement autour de ces noyaux (85).

5/ Machine selon la revendication 1, caractérisée en ce que, ladite

seconde pièce étant cylindrique de révolution autour d'un axe, de section droite annulaire et mobile en rotation autour de l'axe, l'armature (61) étant fixe, cylindrique de révolution autour de l'axe, de section droite annulaire et disposée coaxialement autour de la deuxième pièce,

5 - lesdits moyens pour créer un champ magnétique glissant comportent un bobinage polyphasé (63) disposé dans les encoches de l'armature (61), le champ glissant étant un champ tournant autour de l'axe,
- et elle comporte en outre une culasse cylindrique (64) coaxiale, disposée dans le volume cylindrique interne de la seconde pièce, cette
10 culasse coopérant magnétiquement avec la seconde pièce de façon à fermer le circuit des flux magnétiques créés par lesdits générateurs de flux (65) et par ledit bobinage (63).

6/ Machine selon la revendication 5, caractérisée en ce que la culasse (87) est fixe et séparée de la seconde pièce par un autre entrefer.
15

7/ Machine selon la revendication 5, caractérisée en ce que la culasse (64) est fixée sur la surface cylindrique interne de la seconde pièce.

8/ Machine selon la revendication 1, caractérisée en ce que, ladite
20 seconde pièce étant cylindrique de révolution autour d'un axe, de section droite annulaire et mobile en rotation autour de l'axe, ladite armature étant une première armature fixe (88), cylindrique de forme annulaire et disposée coaxialement autour de la seconde pièce, l'entrefer séparant la première armature de la seconde pièce étant un premier
25 entrefer (91),

- la machine comporte en outre une seconde armature (95) fixe cylindrique, de forme annulaire, disposée coaxialement dans le volume cylindrique intérieur de la seconde pièce et séparée de celle-ci par un second entrefer (94), la seconde armature comportant N dents formant N encoches
30 débouchant dans le second entrefer, le plan axial (96) de symétrie de chaque dent (97) d'une armature (95) étant confondu avec le plan axial de symétrie d'une encoche (98) de l'autre armature (88),

- lesdits moyens pour créer un champ magnétique glissant comportent un premier bobinage (90) polyphasé disposé dans les encoches (98) de la

première armature (88) et un deuxième bobinage (99) polyphasé disposé dans les encoches de la seconde armature (95), le champ glissant étant un champ tournant autour de l'axe

- et chacun des M éléments de la seconde pièce comporte en outre deux secteurs radiaux (92) d'un châssis magnétique, lesdits 2M générateurs de flux étant disposés entre les secteurs radiaux de façon à créer des flux magnétiques tangentiels, ces flux étant dirigés par lesdits secteurs radiaux alternativement vers la première (88) et la deuxième (95) armature à travers les premier (91) et deuxième (94) entrefers, ledit champ magnétique continu étant formé dans les première et seconde armatures.

5
10 9/ Machine selon la revendication 8, caractérisée en ce que lesdits générateurs de flux sont des aimants (93).

10/ Machine selon la revendication 8, caractérisée en ce que lesdits générateurs de flux sont des bobines électriques (106) et en ce que le châssis magnétique de la seconde pièce comporte des noyaux tangentiels (113) reliant entre eux les secteurs radiaux (104), les bobines (106) étant disposées autour de ces noyaux (113).

15
20 11/ Machine selon la revendication 1, caractérisée en ce que, la première (61) et la seconde pièce étant cylindriques de révolution autour d'un même axe, le déplacement relatif de ces pièces étant un mouvement de rotation autour de cet axe, ledit champ magnétique glissant étant alors un champ tournant autour dudit axe, le nombre N des encoches de l'armature (61) est égal à $n p$, n étant un nombre entier, et le nombre M desdits éléments de la seconde pièce est égal à $(n + 1) p$, ledit champ magnétique continu (72 à 74) étant un champ à $2 p$ pôles, la
25 vitesse de rotation de la seconde pièce (65) par rapport à l'armature (61) étant $n + 1$ fois plus faible que la vitesse du champ tournant.

FIG.1

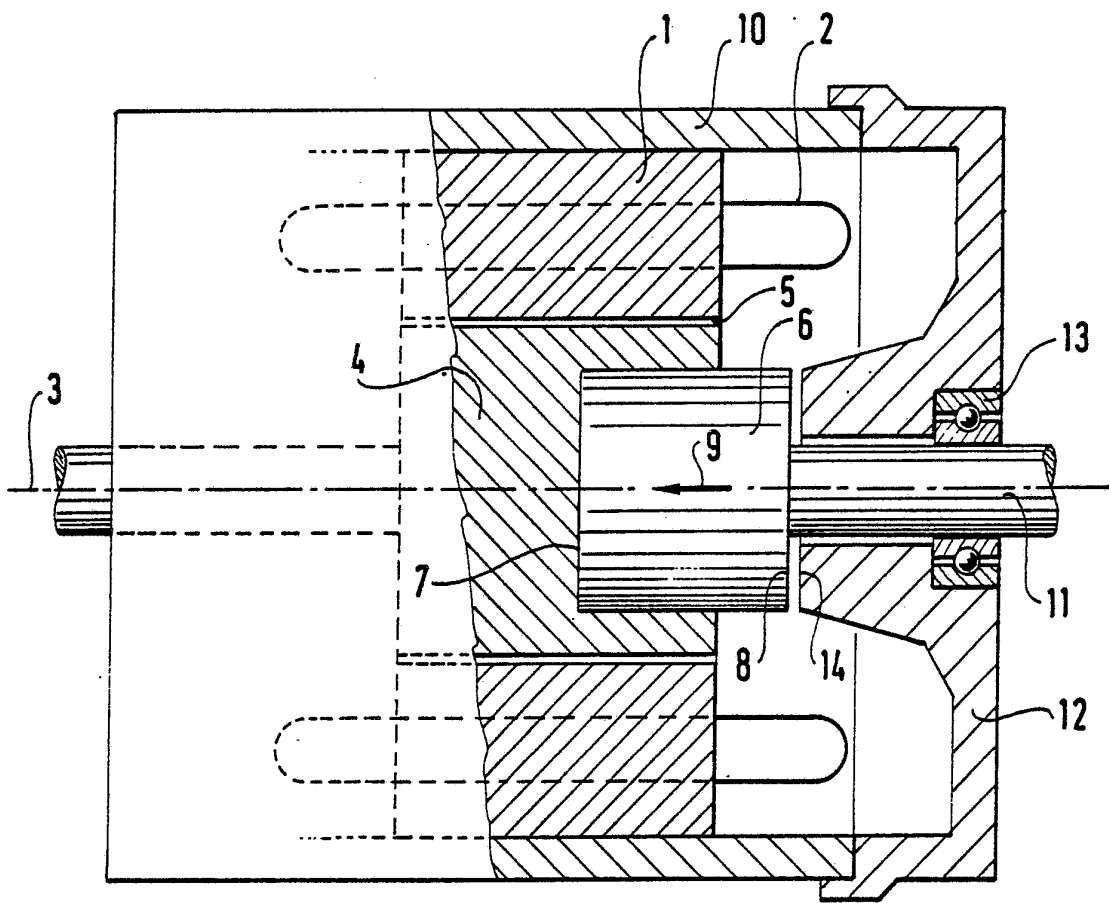


FIG. 2

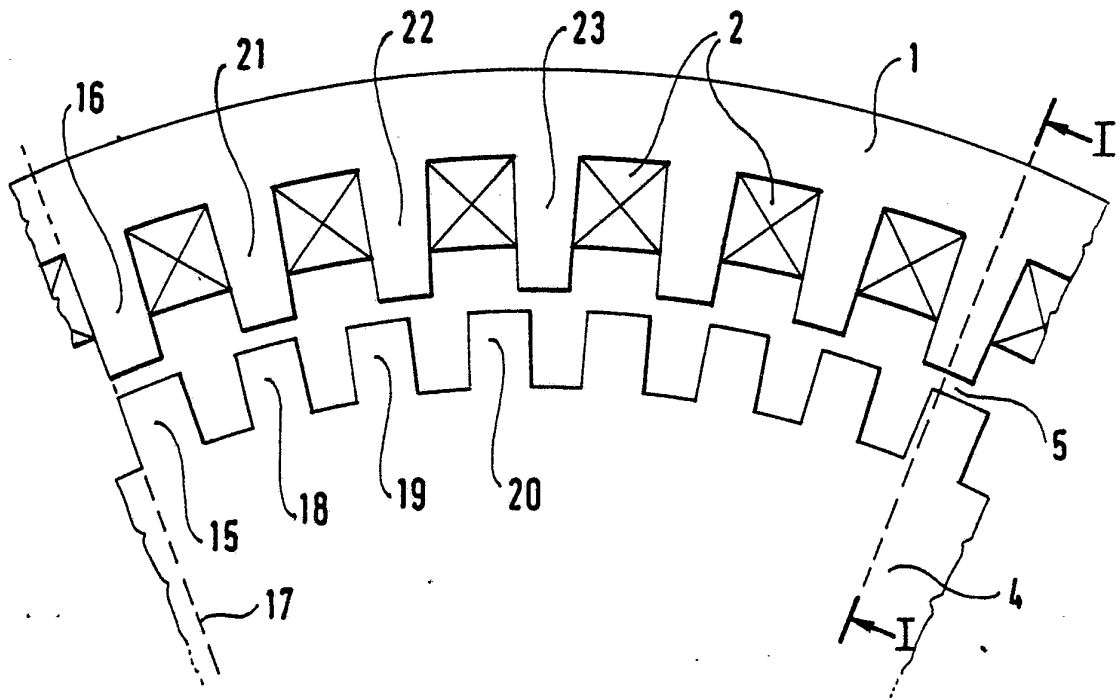


FIG. 3

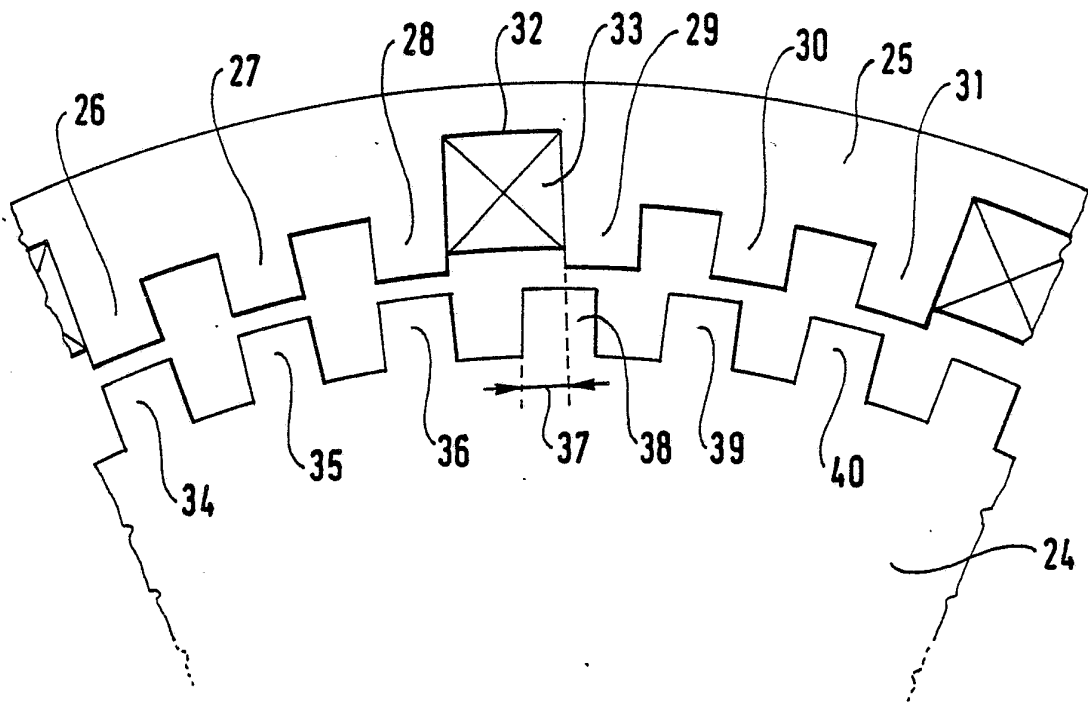


FIG. 4

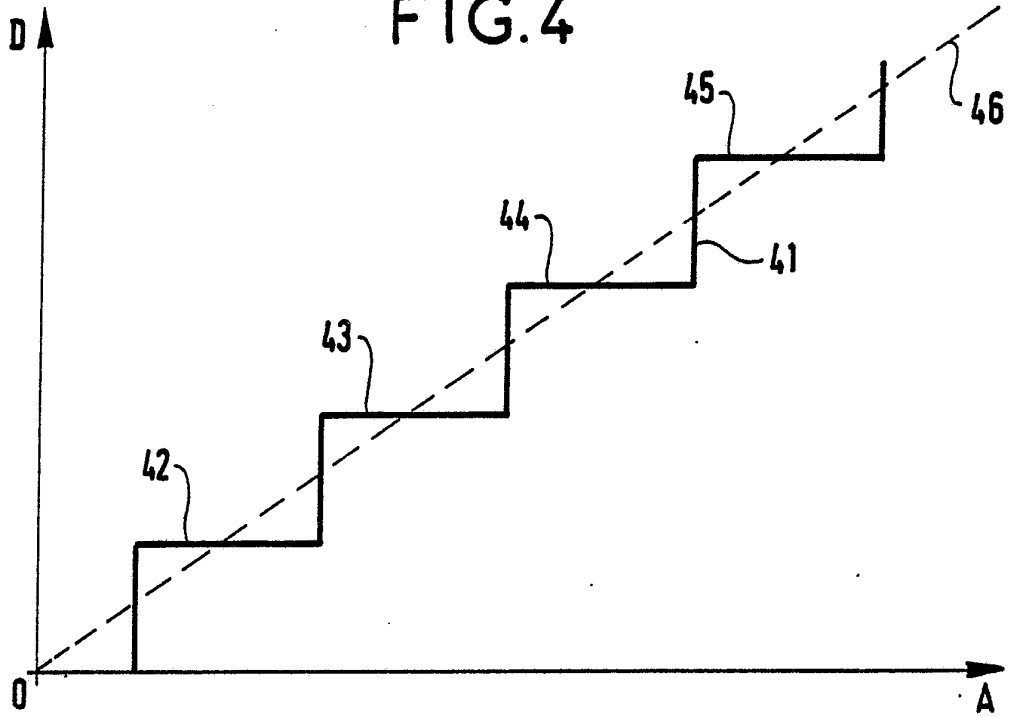
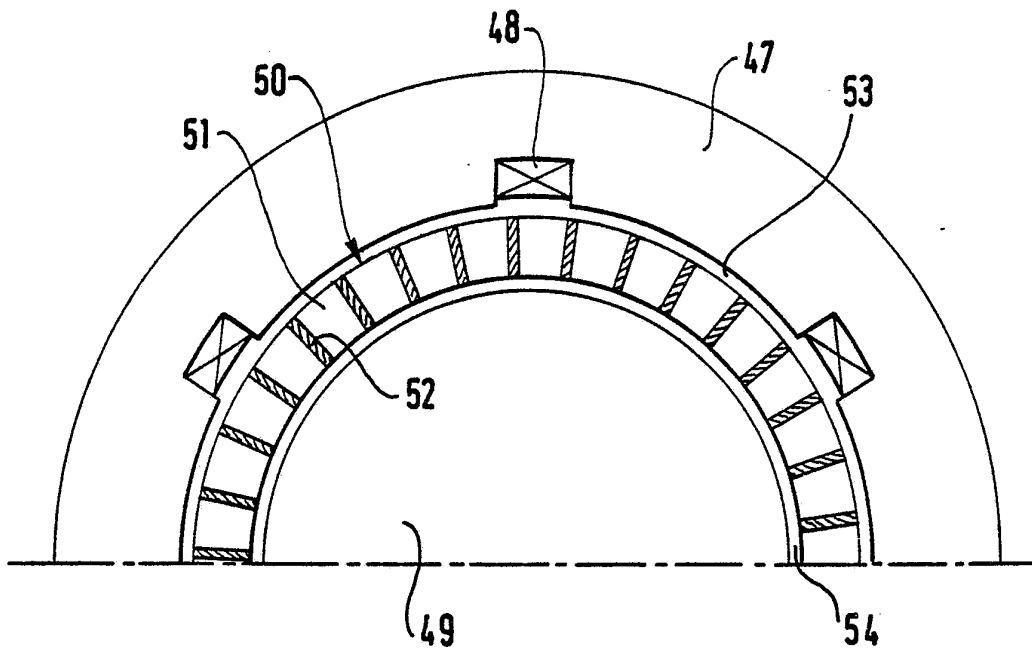


FIG. 5



4/7

FIG.6

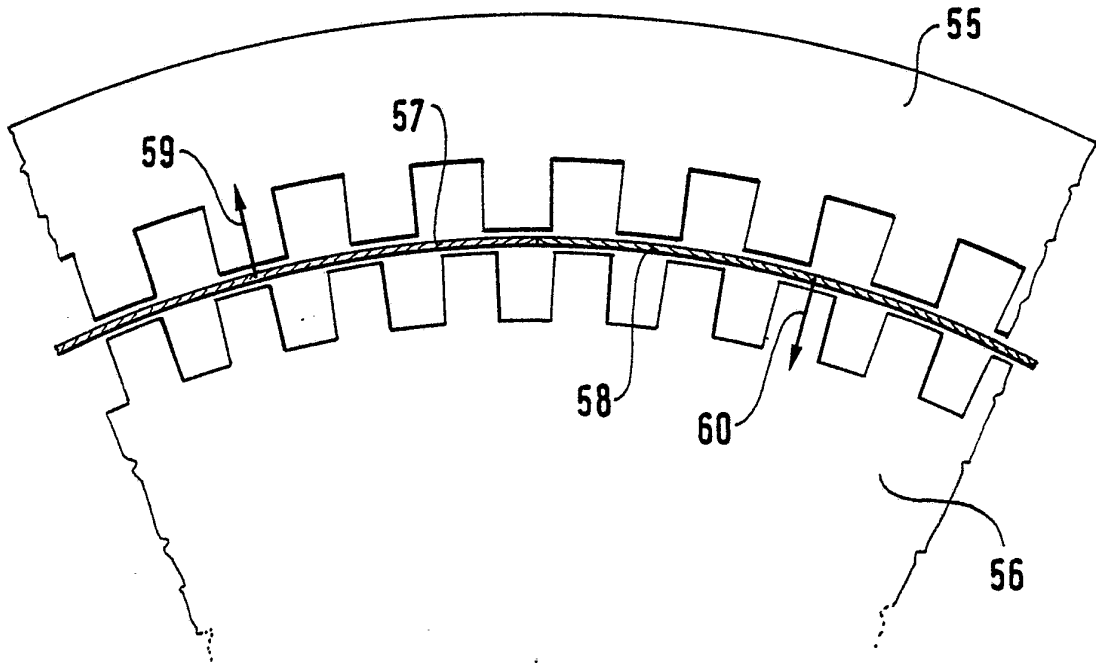
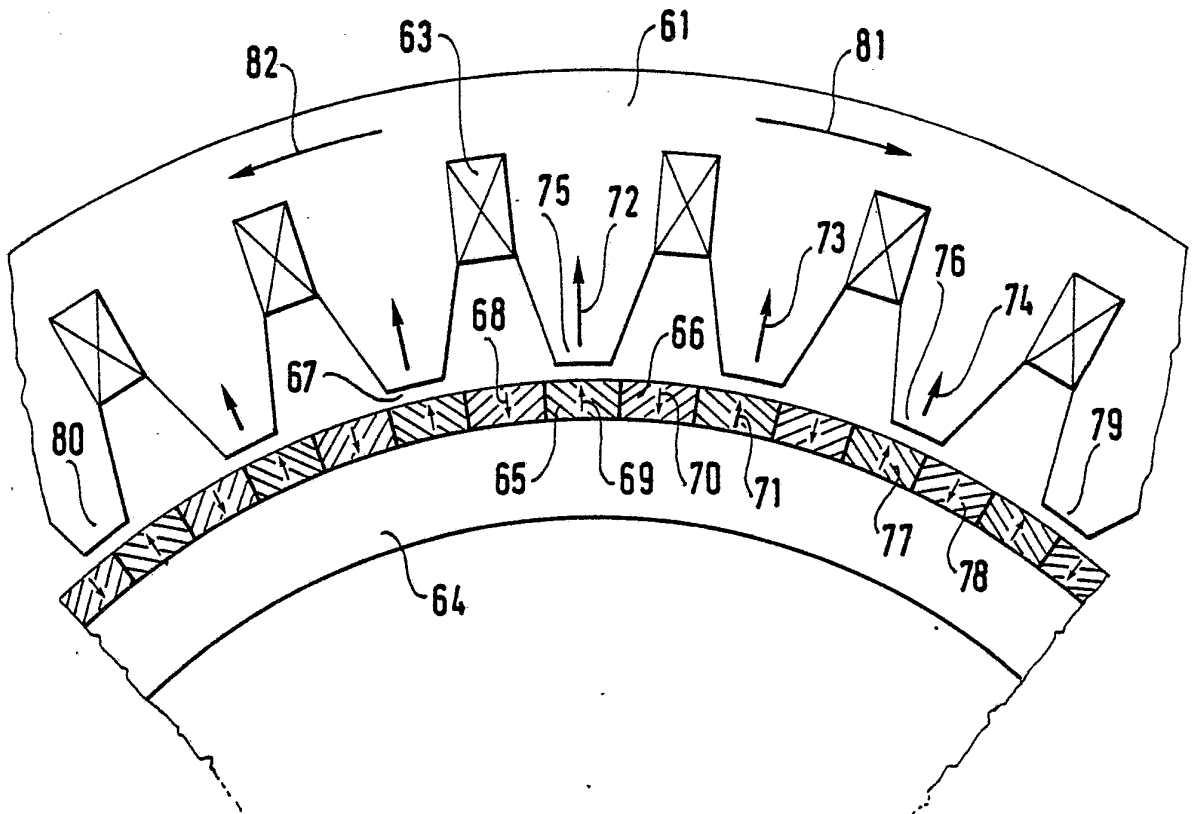


FIG.7



5/7
FIG. 8

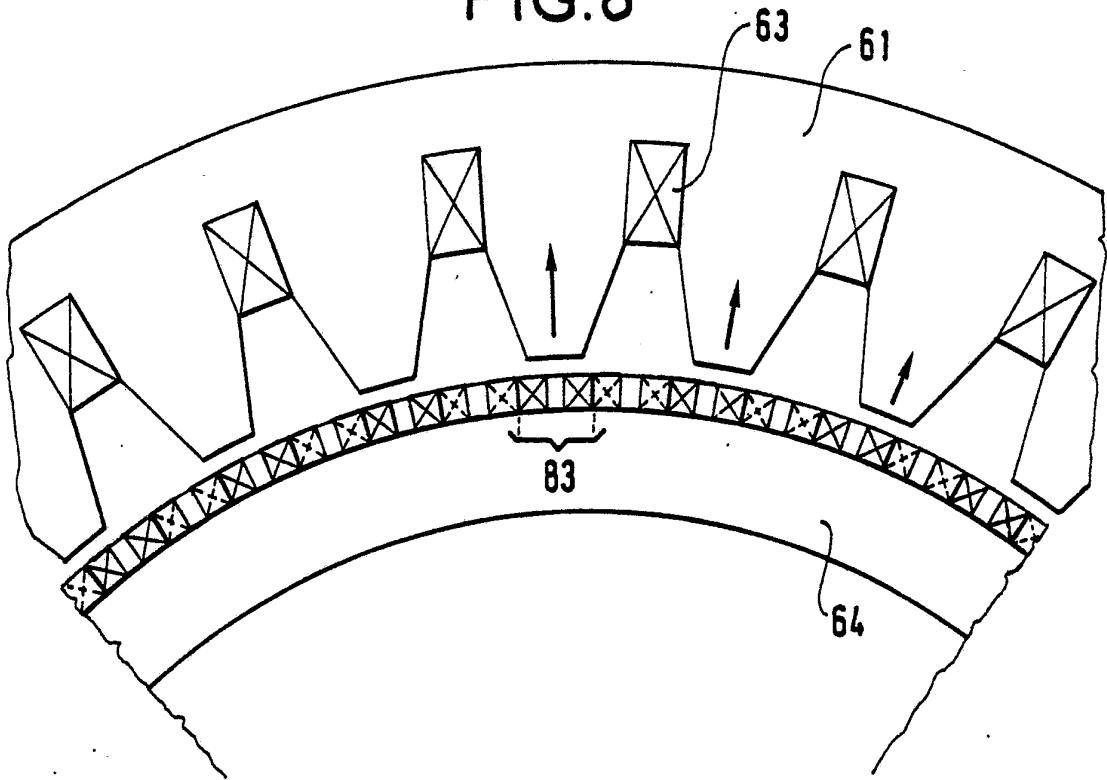
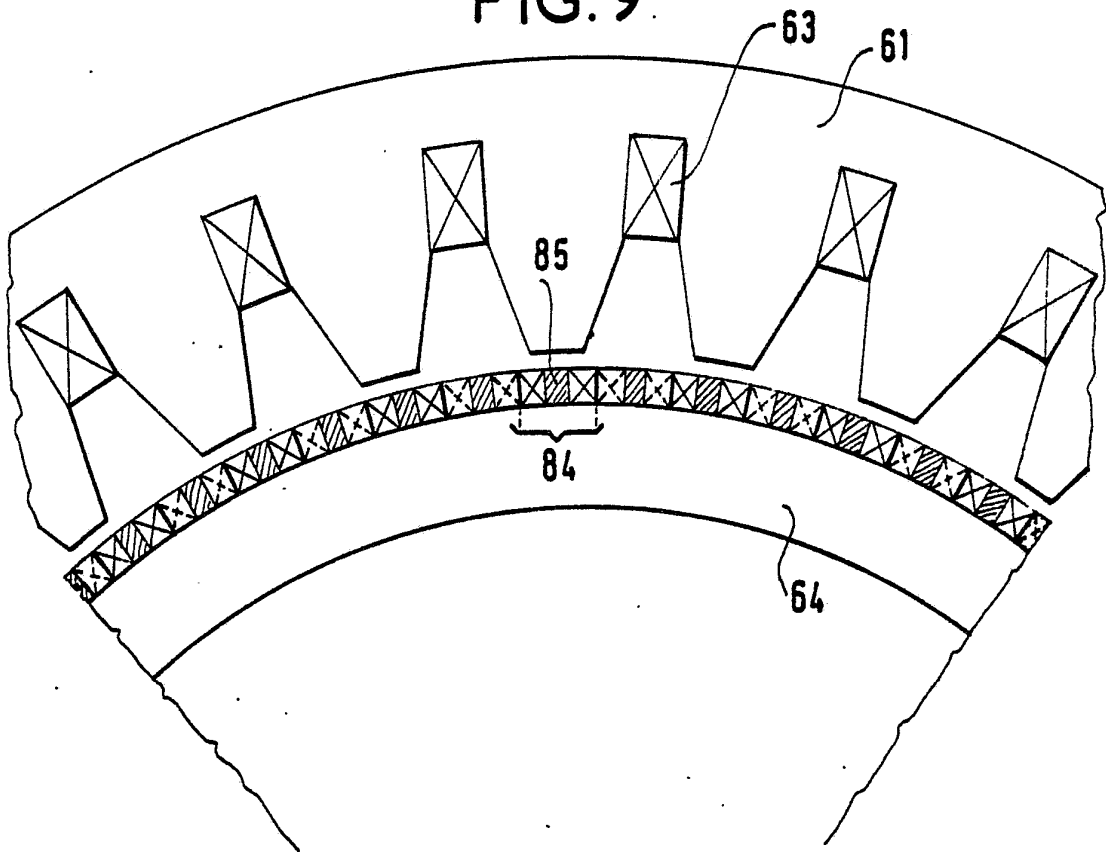


FIG. 9



6/7

FIG.10

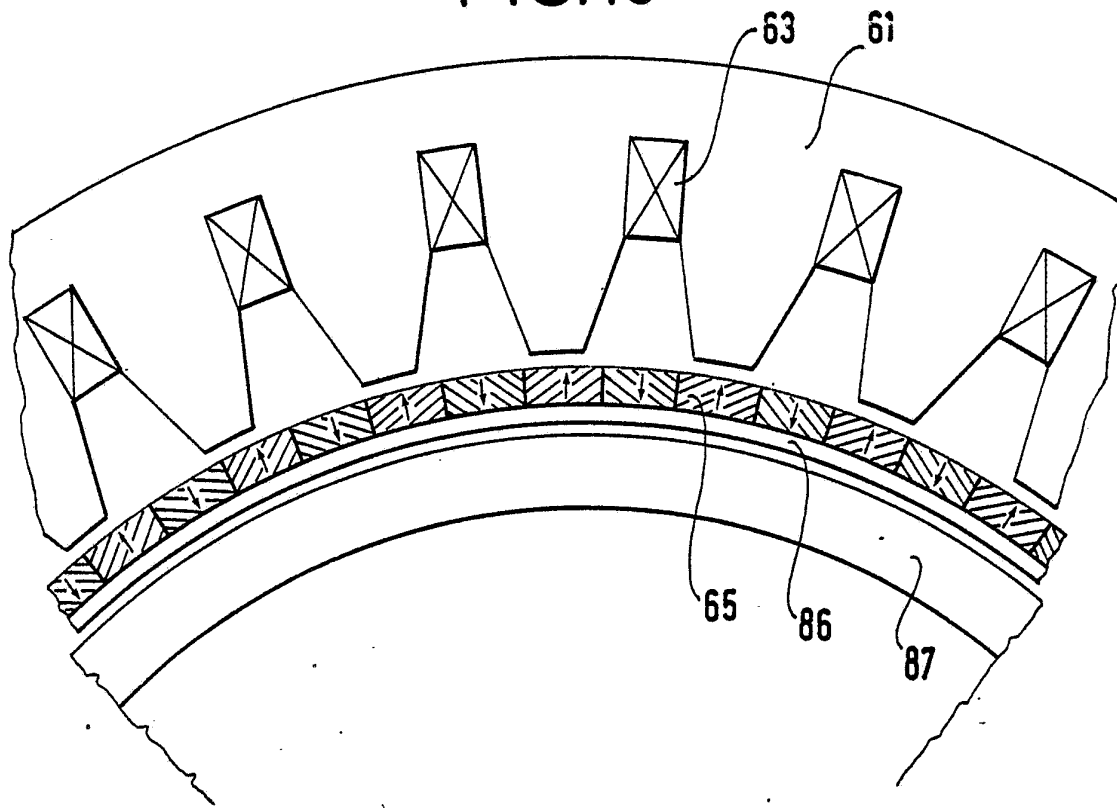


FIG.11

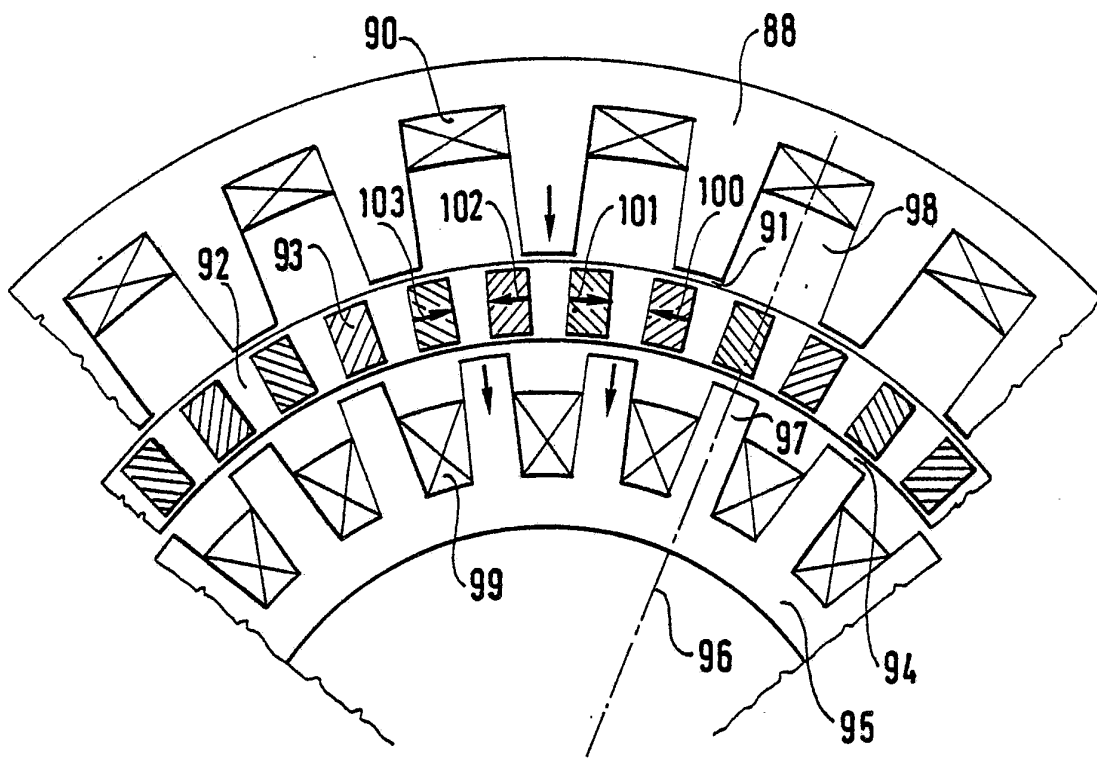
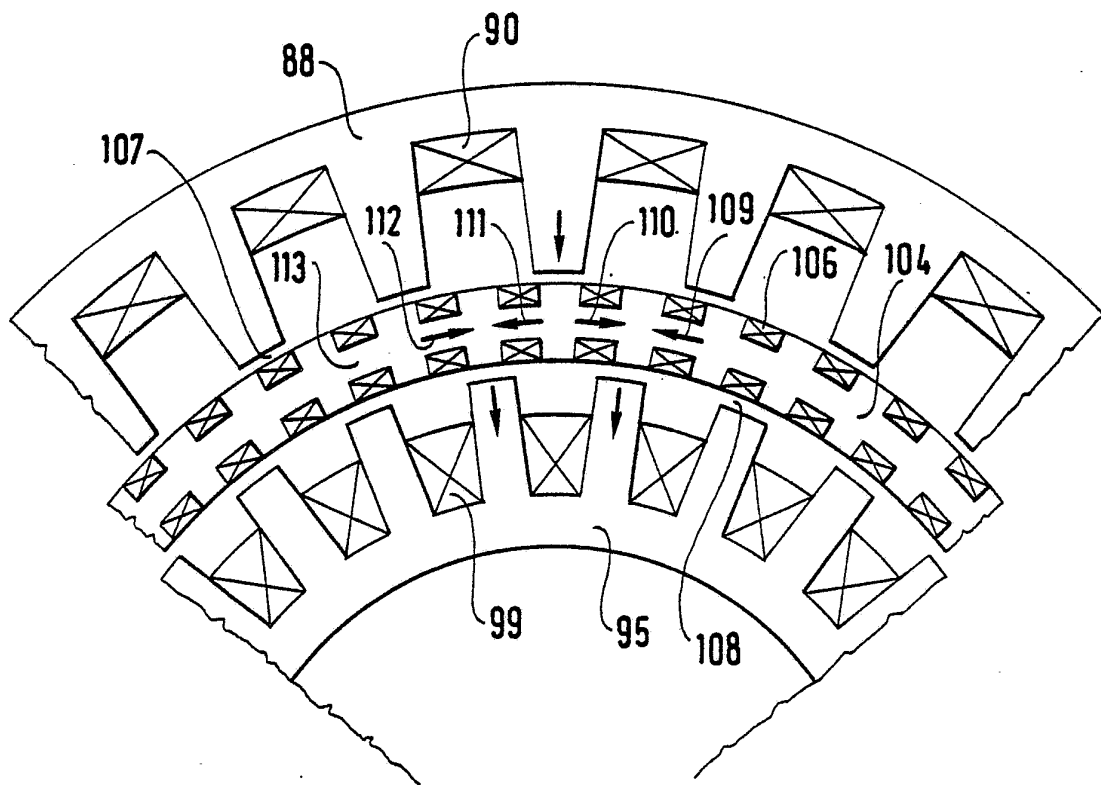


FIG.12



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/FR 85/00033

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) *		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
Int.Cl. ⁴ H 02 K 21/14; H 02 K 21/12; H 02 K 19/10; H 02 K 19/22		
II. FIELDS SEARCHED		
Minimum Documentation Searched ⁴		
Classification System	Classification Symbols	
Int.Cl. ⁴	H 02 K	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the extent that such Documents are included in the Fields Searched ⁵		
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT ¹⁴		
Category *	Citation of Document, ¹⁶ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹⁷	Relevant to Claim No. ¹⁸
X	DE, C, 92958 (A.E.G.) 26 July 1897, see page 1, left hand column, line 32 – page 2, right hand column, line 27; figures 1–4	1,3–5,11
A	US, A, 2790098 (NYSSONEN) 23 April 1957, see column 36, line 4–column 37, line 17; figures 1–26	1,3–5,11
A	FR, A, 1556113 (LICENTIA) 31 January 1969, see page 1, left hand column, lines 1–7; page 1, left hand column, line 25 – page 2, right hand column, line 34; figure	1–3,5
A	US, A, 4190779 (SCHAEFFER) 26 February 1980, see column 4, line 33–column 10, line 64; figures 2–15	1,2,5,7,11
A	EP, A1, 0094978 (MAGNET–MOTOR) 30 November 1983, see page 2, line 1 – page 3, line 29; page 8; line 12 – page 9, line 6; page 9, line 14 – page 10, line 28; figure 1	1,2,5,7,11
A	FR, A, 848115 (MAGNETOS LUCIFER) 24 October 1939, see page 2, lines 53–77; page 3, lines 70–91; figures 1,2,7,8	6
A	US, A 1491441 (THOMSON) 22 April 1924, see page 1, line 91 – page 2 line 49; figures 1,2	8,10
A	GB, A, 418659 (INTERNATIONAL GENERAL ELECTRIC) 31 July 1933, see page 1, lines 28–47; figures 1,2	8
.../...		
<p>* Special categories of cited documents: ¹⁵</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>"Δ" document member of the same patent family</p>		
IV. CERTIFICATION		
Date of the Actual Completion of the International Search ¹⁹	Date of Mailing of this International Search Report ²	
31 May 1985 (31.05.85)	20 June 1985 (20.06.85)	
International Searching Authority ¹	Signature of Authorized Officer ²⁰	
European Patent Office		

III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT (CONTINUED FROM THE SECOND SHEET)		
Category *	Citation of Document, ¹⁶ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹⁷	Relevant to Claim No ¹⁸
A	GB, A, 864899 (HATOT) 12 April 1961, see page 5, lines 59-75; figure 18	9

ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT ON

INTERNATIONAL APPLICATION NO. PCT/FR 8500033 (SA 8929)

This Annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 13/06/85

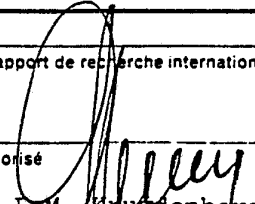
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE-C- 92958		None	
US-A- 2790098		None	
FR-A- 1556113	31/01/69	DE-A- 1638361	21/05/70
US-A- 4190779	26/02/80	US-A- 4315171	09/02/82
EP-A- 0094978	30/11/83	None	
FR-A- 848115		None	
US-A- 1491441		None	
GB-A- 418659		None	
GB-A- 864899		None	

For more details about this annex :
see Official Journal of the European Patent Office, No. 12/82

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale N° PCT/FR 85/00033

I. CLASSEMENT DE L'INVENTION (si plusieurs symboles de classification sont applicables, les indiquer tous) ⁷		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
CIB ⁴ : H 02 K 21/14; H 02 K 21/12; H 02 K 19/10; H 02 K 19/22		
II. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTÉ		
Documentation minimale consultée ⁸		
Système de classification	Symboles de classification	
CIB ⁴	H 02 K	
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où de tels documents font partie des domaines sur lesquels la recherche a porté ⁹		
III. DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS ¹⁰		
Catégorie [*]	Identification des documents cités, ¹¹ avec indication, si nécessaire, des passages pertinents ¹²	N° des revendications visées ¹³
X	DE, C, 92958 (A.E.G.) 26 juillet 1897, voir page 1, colonne de gauche, ligne 32 - page 2, colonne de droite, ligne 27; figures 1-4	1,3-5,11
	--	
A	US, A, 2790098 (NYSSONEN) 23 avril 1957, voir colonne 36, ligne 4 - colonne 37, ligne 17; figures 1-26	1,3-5,11
	--	
A	FR, A, 1556113 (LICENTIA) 31 janvier 1969, voir page 1, colonne de gauche, lignes 1-7; page 1, colonne de gauche, ligne 25 - page 2, colonne de droite, ligne 34; figure	1-3,5
	--	
A	US, A, 4190779 (SCHAEFFER) 26 février 1980, voir colonne 4, ligne 33 - colonne 10, ligne 64; figures 2-15	1,2,5,7,11
	--	
A	EP, A1, 0094978 (MAGNET-MOTOR) 30 novembre 1983, voir page 2, ligne 1 - page 3, ligne 29; page 8, ligne 12 - page 9,	1,2,5,7,11
<p>[*] Catégories spéciales de documents cités: ¹¹</p> <p>« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>« E » document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>« L » document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)</p> <p>« O » document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>« P » document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p> <p>« T » document ultérieur publié postérieurement à la date de dépôt international ou à la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>« X » document particulièrement pertinent: l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive</p> <p>« Y » document particulièrement pertinent: l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier.</p> <p>« & » document qui fait partie de la même famille de brevets</p>		
IV. CERTIFICATION		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale	
31 mai 1985	20 JUIN 1985	
Administration chargée de la recherche internationale	Signature du fonctionnaire autorisé	
OFFICE EUROPEEN DES BREVETS	 G.L.M. Kuydenberg	

III. DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		(SUITE DES RENSEIGNEMENTS INDICUÉS SUR LA DEUXIÈME FEUILLE)
Catégorie *	Identification des documents cités, avec indication, si nécessaire, des passages pertinents	N° des revendications visées
	ligne 6; page 9, ligne 14 - page 10, ligne 28; figure 1 --	
A	FR, A, 848115 (MAGNETOS LUCIFER) 24 octobre 1939, voir page 2, lignes 53-77; page 3, lignes 70-91; figures 1,2,7,8 --	6
A	US, A, 1491441 (THOMSON) 22 avril 1924, voir page 1, ligne 91 - page 2, ligne 49; figures 1,2 --	8,10
A	GB, A, 418659 (INTERNATIONAL GENERAL ELECTRIC) 31 juillet 1933, voir page 1, lignes 28-47; figures 1,2 --	8
A	GB, A, 864899 (HATOT) 12 avril 1961, voir page 5, lignes 59-75; figure 18 -----	9

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE RELATIF

A LA DEMANDE INTERNATIONALE NO. PCT/FR 8500033 (SA 8929)

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche international visé ci-dessus. Lesdits membres sont ceux contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 13/06/85

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevets	Date de publication
DE-C- 92958		Aucun	
US-A- 2790098		Aucun	
FR-A- 1556113	31/01/69	DE-A- 1638361	21/05/70
US-A- 4190779	26/02/80	US-A- 4315171	09/02/82
EP-A- 0094978	30/11/83	Aucun	
FR-A- 848115		Aucun	
US-A- 1491441		Aucun	
GB-A- 418659		Aucun	
GB-A- 864899		Aucun	