

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :
(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 490 304

A2

**DEMANDE
DE CERTIFICAT D'ADDITION**

(21) **N° 81 13266**

Se référant : au brevet d'invention n° 79 23118 du 17 septembre 1979.

(54) Plaque de friction réversible pour ensembles d'engrenages planétaires.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). F 16 D 65/02, 13/64; F 16 H 3/44, 5/18.

(22) Date de dépôt..... 6 juillet 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : EUA, 16 septembre 1980, n° 187 694.

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 11 du 19-3-1982.

(71) Déposant : CATERPILLAR TRACTOR CO., société de droit américain, résidant aux EUA.

(72) Invention de : Willis Eugene Windish.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Malémont,
42, av. du Président-Wilson, 75116 Paris.

Certificat(s) d'addition antérieur(s) :

La présente invention se rapporte à des plaques de friction réversibles et à des paquets de plaques de friction.

De nombreux mécanismes utilisés en machinerie emploient des plaques de friction et des paquets de plaques de friction.

- 5 Par exemple, des embrayages de grande puissance, tout comme des freins à disque de grande puissance, peuvent employer de telles plaques et de tels paquets de plaques. De même, des mécanismes à engrenages planétaires, tels que par exemple des transmissions, dans lesquels des couples importants sont impliqués, peuvent
10 utiliser de tels paquets de plaques de friction pour freiner les engrenages annulaires de l'un ou de plusieurs ensembles d'engrenages planétaires.

Dans un grand nombre de ces mécanismes, particulièrement dans les transmissions dans lesquelles plusieurs paquets de friction sont utilisés, un pour chaque ensemble d'engrenages planétaires, les plaques fixes de chaque paquet de friction ont été fixées entre des parties de boîtier, d'une manière quelconque parmi de nombreuses, et dans le cas le plus fréquent, des goujons ont été employés pour positionner les parties de boîtier
20 les unes par rapport aux autres afin d'obtenir une orientation appropriée des différents composants. Ces goujons exigent un usinage de précision afin d'obtenir un alignement précis et en conséquence, la fabrication de ces mécanismes revient nettement plus chère que si l'usinage de précision pouvait être réduit au minimum
25 ou complètement supprimé.

De plus, les plaques de friction fixes dans un paquet donné ne sont pas toutes identiques. Dans le cas classique où le paquet est comprimé par un piston actionné par fluide, une plaque fixe est en contact immédiat avec le piston afin d'éviter un mouvement
30 relatif de rotation entre eux. Afin de réaliser la rétraction du piston lorsque ce dernier n'est plus soumis au fluide sous pression, un ressort de rétraction est en prise avec cette plaque fixe pour appliquer, par l'intermédiaire de celle-ci une force de rétraction sur le piston. De façon caractéristique, le ressort
35 de rétraction agit axialement par rapport au paquet, ce qui a pour conséquence le fait que les autres plaques fixes du paquet

doivent être détalonnées d'une manière ou d'une autre pour loger les ressorts de rétraction.

En conséquence, il se pose à la fois des problèmes de stockage et de fabrication en ce sens que deux types différents 5 de plaques de friction fixes doivent être disponibles et, bien entendu, fabriqués de façon différente.

La présente invention a pour but de surmonter l'un au moins des problèmes indiqués plus haut.

Conformément à l'un des aspects de la présente invention, 10 celle-ci concerne une plaque de friction réversible qui comprend un élément en forme de disque sensiblement circulaire, ayant des surfaces de friction opposées sensiblement parallèles ; une ouverture dans le centre de l'élément ; plusieurs premières pattes espacées angulairement et s'étendant radialement vers l'extérieur 15 à partir de la périphérie de cet élément, le nombre de ces pattes étant un entier pair ; ces premières pattes comprenant plusieurs secondes pattes définies par certaines premières pattes préterminées et ayant chacune au moins une dimension supérieure à celle des pattes restantes, le nombre de ces secondes pattes étant un 20 entier pair ; plusieurs ouvertures espacées angulairement, une dans chaque patte pour recevoir des éléments de réaction ; et plusieurs points/^{de montage} de ressort, un sur chacune des secondes pattes, sur leur partie ayant la plus grande dimension ; chacune des pattes restantes étant diamétralement opposée à une autre des 25 pattes restantes, chacune des secondes pattes étant diamétrale- ment opposée à une autre des secondes pattes, et toutes les pattes étant situées autour de l'élément dans des positions symétriques par rapport à un diamètre préterminé de celui-ci.

Une telle plaque de friction peut être utilisée dans n'im- 30 porte quelle position dans un paquet de friction, soit en contact avec le piston, soit loin de celui-ci.

D'autres buts et avantages de la présente invention ressortiront plus clairement de la description qui va suivre donnée unique- 35 ment à titre d'exemple en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue en coupe partielle d'une trans-

mission à engrenages planétaires ;

- la figure 2 est une vue davantage partielle de la transmission ;

5 - la figure 3 est une vue en coupe prise approximativement selon la ligne 3-3 de la figure 2 et représentant une seule plaque de friction ; et

10 - la figure 4 est une vue en coupe prise approximativement selon la ligne 4-4 de la figure 2 et représentant plusieurs plaques de friction réalisées conformément à la présente invention, et alignées les unes avec les autres.

Les différentes figures représentent une forme de réalisation de la présente invention donnée à titre d'exemple et qui va être décrite en relation avec une transmission à engrenages planétaires. Il convient toutefois de noter que certains aspects de 15 la présente invention peuvent être utilisés dans des mécanismes autres que des transmissions à engrenages planétaires. Il convient aussi de noter que la description qui va suivre des ensembles d'engrenages planétaires à l'intérieur de la transmission ne sera faite que de façon sommaire dans le but de familiariser 20 le lecteur avec l'une des possibilités d'utilisation, puisque la nature précise des ensembles d'engrenages planétaires dans la transmission, les rapports des engrenages et leur interaction ne font pas partie de la présente invention.

Sur la figure 1 on voit que la transmission comprend un 25 arbre d'entrée rotatif 10 qui peut être entraîné par un moteur par l'intermédiaire d'un convertisseur de couple ou autre, dont ni l'un, ni l'autre n'est représenté. La sortie de la transmission est prise à partir des dents 12 d'engrenage prévues sur un arbre creux 14 disposé concentriquement par rapport à l'arbre 30 d'entrée 10. Un planétaire 16 ayant deux groupes de dents d'engrenage 18 et 20 est relié par des cannelures à l'arbre d'entrée 10. Les dents 18 sont en prise avec plusieurs satellites 22 (dont l'un seulement est représenté) montés rotatifs sur un porte-satellites 24 monté rotatif sur une partie de boîtier 26 par l'intermédiaire de paliers 28.

Une couronne dentée 30 est en prise avec les satellites 22

et est montée rotative à l'intérieur de l'assemblage sur des pa-
liers 32 par l'intermédiaire d'un porte-satellites 34 pour les
satellites 36 (dont l'un seulement est représenté) en prise avec
les dents d'engrenage 20. Une couronne dentée 40 est en prise
5 avec les satellites 36.

Un troisième groupe d'engrenages planétaires comportant
plusieurs satellites 42 (dont l'un seulement est représenté)
comporte un porte-satellites 44 pour ceux-ci, qui est relié au
porte-satellites 34. Les satellites 42 sont en prise avec un pla-
10 nétaire 46 sur l'arbre creux 14 et avec une couronne dentée 48.

Un porte-satellites 50 pour un quatrième ensemble d'engre-
nages planétaires est relié à la couronne dentée 48 et porte
plusieurs satellites 52 (dont l'un seulement est représenté), qui
sont en prise avec un planétaire 54 relié par des cannelures à
15 l'arbre creux 14 et à une couronne dentée 56.

La couronne dentée 56 peut être reliée sélectivement à
l'arbre creux 14 par l'intermédiaire d'un ensemble d'embrayage
rotatif actionné par piston, désigné dans son ensemble en 58, de
construction classique.

20 La partie de boîtier 26 comporte une chambre annulaire
recevant un piston annulaire qui agit pour entraîner une plaque
de friction fixe 62 dans le sens axial afin de comprimer un
paquet de friction comportant des plaques fixes additionnelles 62
et des plaques rotatives intercalées 64 contre une partie de
25 boîtier 66. La partie de boîtier 66 est maintenue contre toute
rotation par le fait qu'elle est prise entre la partie de boîtier
26, comme on le voit mieux dans la partie supérieure droite de la
figure 1 et une partie de boîtier 68. Les plaques de friction
rotatives 64 sont reliées par des cannelures au porte-satellites
30 24 avec comme conséquence le fait que lorsque le piston 60 est
en extension le porte-satellites 24 est freiné pour interrompre
la rotation de celui-ci.

La partie de boîtier 68 comporte une chambre annulaire
recevant un piston annulaire 70 avec lequel entre en contact une
35 plaque de friction fixe 72 identique à la plaque de friction 62
et qui agit pour comprimer un paquet de friction comportant des

plaques de friction fixes additionnelles 72 et des plaques de friction rotatives intercalées 74. Le paquet est comprimé contre la partie de boîtier 66.

Les plaques de friction rotatives 74 sont reliées par 5 des cannelures à la couronne dentée 40 du second ensemble d'engrenages planétaires et lorsque le piston 70 est en extension, à un moment donné, la couronne dentée 40 est freinée jusqu'à l'arrêt. Comme on le sait bien, des commandes sont prévues afin que les pistons 60 et 70 ne soient jamais sous pression simultanément.

10 La partie de boîtier 68 comporte une chambre annulaire supplémentaire recevant un piston annulaire 80 avec lequel entre en contact une plaque de friction fixe 82 identique aux plaques de friction 62 et 72. La plaque de friction 82 peut comprimer un autre paquet de friction comportant des plaques de friction 15 fixes additionnelles 82 et des plaques de friction rotatives intercalées 84 contre une partie de boîtier 86. La partie de boîtier 86 est maintenue fixe du fait qu'elle est prise entre la partie de boîtier 68 et une partie de boîtier 88, comme on le voit mieux dans la partie centrale supérieure de la figure 1. Les plaques de 20 friction rotatives 84 sont reliées par des cannelures au porte-satellites 50 du troisième ensemble d'engrenages planétaires et ainsi, lorsqu'elles sont comprimées contre les plaques 82, elles en arrêtent la rotation.

La partie de boîtier 88 comporte une chambre annulaire 25 recevant un piston annulaire 90 qui entre en contact avec une plaque de friction fixe 92. La plaque de friction fixe 92 peut comprimer un paquet de friction comportant une plaque de friction fixe additionnelle 92 et des plaques de friction rotatives intercalées 94 contre la partie de boîtier 86. Les plaques de 30 friction 92 sont identiques aux plaques de friction 62, 72 et 82. Lorsque le piston 90 est en extension pour comprimer le paquet y compris les plaques 92 et 94, la couronne dentée 56 du quatrième ensemble d'engrenages planétaires est freinée. Là aussi, des commandes appropriées sont prévues pour empêcher la mise sous 35 pression simultanée des pistons 80 et 90.

Les spécialistes peuvent immédiatement se rendre compte du

fait que l'arbre d'entrée et l'arbre creux de sortie 14 peuvent être accouplés sélectivement par l'intermédiaire des divers ensembles d'engrenages planétaires et/ou l'embrayage déplaçable 58 afin de réaliser une grande variété de rapports d'engrenages.

Conformément à la présente invention, un montage unique est prévu pour provoquer la rétraction des pistons 60, 70, 80 ou 90 lorsqu'ils ne sont pas soumis au fluide sous pression. Plus précisément, en des points espacés angulairement, dans le mode de réalisation préféré, quatre de ces points sont prévus et les 10 différentes parties de boîtiers sont pourvues d'alésages qui peuvent être alignés. Comme on le voit sur la figure 1, la partie de boîtier 26 est pourvue d'un tel alésage en 100, la partie de boîtier 66 en 102, la partie de boîtier 68 en 104, la partie de boîtier 86 en 106 et la partie de boîtier 88 en 108. Les alésages 15 102 et 106 sont plus grands que les alésages 100, 104 et 108 et les alésages 100-108 alignés reçoivent librement une tige flottante 110 de forme allongée. La tige 110 passe dans des trous dans chacune des plaques de friction fixes 62, 72, 82 et 92 qui sont en contact avec les pistons correspondants 60, 70, 80 et 90, trous 20 qui seront décrits plus loin. Comme on le verra, la tige 110 ne passe pas cependant dans les autres plaques fixes 62, 72, 82 et 92.

Un ressort hélicoïdal de compression 112 est disposé autour de la tige 110 de façon à s'étendre dans l'alésage 102 et à entrer 25 en contact avec les plaques fixes 62 et 72 en contact avec les pistons 60 et 70. Un ressort hélicoïdal de compression 114 similaire s'étend dans l'alésage 106 pour entrer en contact avec les plaques de friction fixes 82 et 92 en contact avec les pistons 80 et 90. La conséquence de ce mode de construction, c'est que 30 les plaques fixes 62, 72, 82 et 92 en contact direct avec les pistons 60, 70, 80 et 90 sont sollicitées élastiquement par le ressort 112 ou 114 qui leur est associé, de telle sorte qu'elles provoquent le déplacement du piston associé en position rétractée. Ainsi, lorsque le fluide sous pression n'est pas appliqué à l'un 35 des pistons, il est déplacé en position rétractée pour diminuer la compression sur le paquet de friction associé. Ce mode de

construction assure la rétraction adéquate des pistons et le relâchement de la compression dans tous les paquets de friction lorsque cela est souhaité et du fait que les alésages ont un diamètre supérieur à celui de la tige 110, ce qui lui permet de 5 flotter, on peut avoir d'importantes tolérances qui suppriment ainsi la nécessité d'alésages usinés avec précision ainsi que les goujons qui leur sont associés.

Espacés circonférentiellement des alésages 100-108 et en des points équidistants angulairement autour de l'axe de l'arbre 10, 10 se trouvent plusieurs alésages supplémentaires, six dans la forme de réalisation choisie à titre d'exemple. La partie de boitier 26 comporte un tel alésage en 116, la partie de boitier 66 un alésage 118, la partie de boitier 68 un alésage 120, la partie de boitier 86 un alésage 122 et la partie de boitier 88 un alésage 124. Les 15 alésages correspondants 116-124 sont alignés pour recevoir un nombre correspondant de boulons d'entretoise 126.

Comme on le voit mieux sur la figure 2, les boulons d'entretoise 126 possèdent une tête hexagonale 128 à une extrémité et une extrémité filetée 130 de l'autre côté, qui est vissée dans une 20 partie taraudée 132 de l'alésage 116 de la partie de boitier 26. Les boulons d'entretoise servent, de façon classique, à maintenir les composants assemblés.

De plus, les boulons d'entretoise 126 servent d'éléments de réaction pour toutes les plaques de friction fixes 62, 72, 82 25 et 92, y compris les plaques 62, 72, 82 et 92 en contact direct avec les pistons 60, 70, 80 et 90;

Plus précisément, chacune des plaques 62, 72, 82 et 92 est pourvue de plusieurs ouvertures 134 à travers lesquelles passent les boulons d'entretoise 126 correspondants.

30 Dans une forme de réalisation nettement préférée, les boulons d'entretoise 126 au moins sont durcis superficiellement et ont une dureté supérieure à celle des plaques de friction 62, 72, 82 et 92 au voisinage des ouvertures 134. Ceci assure que 35 l'usure due à la réaction de couple à la suite du contact entre les divers paquets de friction reste limitée à la plaque de friction et ne s'étende pas à la surface des boulons d'entretoise

126 avec lesquels les plaques de friction sont en contact.

La figure 3 représente une forme de réalisation d'une seule plaque de friction qui peut être utilisée comme n'importe laquelle des plaques de friction 62, 72, 82 et 92. Bien que la figure 3, 5 pour des raisons qui vont suivre, ne concerne de manière spécifique que la plaque 92 en contact avec le piston 90, il convient de noter que sa construction est caractéristique.

Sur la figure 3, la plaque de friction 182 est formée d'un élément sensiblement circulaire en forme de disque 140 ayant des 10 surfaces de friction 142 et 144 opposées (figure 2) parallèles entre elles. L'élément 140 comporte une ouverture circulaire centrale 146 ainsi que plusieurs pattes 148, 150, 152, 154, 156 et 158 équidistantes angulairement et s'étendant radialement vers l'extérieur à partir de la périphérie de l'élément 140. Conformément à la présente invention le nombre des pattes 148-158 est un entier pair, c'est-à-dire 2, 4, 6, 8 etc...

Chacune des pattes 148-150 comporte une ouverture 134 recevant un boulon d'entretoise et on voit sur la figure 3 que les ouvertures 134 sont équidistantes angulairement. De plus, elles 20 sont radialement espacées de façon égale à partir du centre du disque 140 et sont de préférence de forme allongée radialement, étant par exemple formées de deux alésages 160 et 162 non concentriques et sécants. Par suite de la forme allongée radiale des ouvertures 134, elles peuvent se déplacer quelque peu afin de 25 permettre un auto-alignement du centre de rotation du paquet de friction associé, ce qui ici encore supprime la nécessité d'un usinage de précision.

Il convient aussi de noter que les ouvertures 134 dans les pattes 152, 154, 156 et 158 sont déportées sur un côté du centre 30 de ces pattes.

Des trous 164 sont déportés sur un côté du centre des plus grandes pattes 152, 154, 156 et 158, en face des ouvertures 134. Les trous 164, quand ils sont utilisés, reçoivent les tiges 110 et la zone qui entoure immédiatement chacune des pattes 152, 154, 35 156 et 158, lorsque les trous 164 reçoivent les tiges 110, est contactée par l'un des ressorts 112 ou 114.

Dans cette forme de réalisation, quatre des pattes les plus grandes sont prévues. Là où les plus grandes pattes ont leur plus grande dimension s'étendant dans le sens circonférentiel, les pattes les plus petites 148 et 150 peuvent être omises pour ne 5 garder que les plus grandes. Toutefois, en général, il y aura au moins quatre grandes pattes et au moins deux petites pour assurer un guidage approprié des plaques fixes ainsi que pour éviter toutes force de relèvement qui pourrait provoquer le grippage des plaques sur les boulons d'entretoise 126. Il est évident 10 que l'utilisation de pattes plus petites, comme les pattes 148 et 150, sur la figure 3, diminue le coût et est par conséquent préférable.

De la construction qui précède résulte la formation d'une plaque de friction réversible. Cette plaque peut être utilisée 15 dans n'importe laquelle des positions de plaques de friction fixe représentées et n'est pas limitée à un usage en tant que plaque de friction en contact avec un des pistons. Sur la figure 4 on voit comment ces plaques sont orientées les unes par rapport aux autres dans le paquet afin de remplir cette fonction. La plaque 20 de friction la plus en avant représentée sur la figure 4 est la plaque de friction 82 en contact avec le piston 80 et on va voir que même si le piston 80 agit à l'inverse du piston 90, la plaque de friction la plus en avant 82 est disposée de façon identique à la plaque de friction 92 en contact avec le piston 90. 25 Les ressorts hélicoïdaux 114 sont représentés en pointillés autour des tiges 110 et sont, comme on le voit sur la figure 1, en contact avec le bord arrière de la plaque la plus en avant 82.

Sur la figure 4, on voit aussi une plaque de friction 82 qui n'est pas en contact direct avec le piston 80 et cette plaque 30 de friction est désignée en 82 R sur la figure 4. La plaque 82 R est identique à la plaque 82 mais elle a subi une rotation de 180° autour d'un diamètre de celle-ci, c'est-à-dire qu'elle a été déplacée. Elle a aussi tourné autour de son centre de telle sorte que les ouvertures 134 dans la plaque 82 et les ouvertures 134 dans 35 la plaque 82 R sont alignées pour recevoir les boulons d'entretoise 126. Le résultat c'est une configuration de paquet dans

laquelle le bord arrière des pattes les plus grandes 152, 154, 156 et 158 de la plaque la plus en avant 82 ont des portions directement en face d'une partie de boîtier éloigné, telle que la partie de boîtier 86 (figure 2), de sorte que les ressorts 114 peuvent entrer en contact avec celui-ci sans qu'il y ait contact ou interférence avec l'une quelconque des pattes de la plaque la plus en arrière 82 R.

- Sur la figure 3 sont réalisés plusieurs premières pattes s'étendant radialement vers l'extérieur à partir de la plaque 92.
- 10 Comme cela est plus précisément représenté il y a six premières pattes 148, 150, 152, 154, 156 et 158 sur chacune des plaques. Les pattes 152-158 forment plusieurs secondes pattes à l'intérieur des premières pattes. Les premières et secondes pattes sont toujours des nombres entiers pairs et le plus souvent mais pas 15 toujours le nombre des secondes est un entier pair inférieur au nombre des premières. Sur la figure 3 les premières pattes sont au nombre de six tandis que les secondes sont au nombre de quatre.

Chaque patte étroite 148 et 150 a son équivalent diamétrale-
ment opposé et la même chose est vraie pour chaque patte 152-158
20 incluse.

Bien que sur la figure 4 les pattes soient équidistantes angulairement, ceci n'est pas nécessaire. Du moment que chaque patte a son équivalent qui lui est diamétralement opposé et que la position des pattes est telle que pour les placer en des 25 points symétriques par rapport à un diamètre choisi à l'avance, il n'est pas nécessaire qu'elles soient également espacées angu-
lairement. Dans la forme de réalisation représentée sur la figure 4, ce diamètre prédéterminé peut être soit le diamètre passant par les pattes 148 et 150 ou un diamètre transversal au 30 diamètre passant par les pattes 144 et 150.

Du fait de ce mode de construction, pour obtenir les résultats de la présente invention tels qu'ils ont été décrits plus haut, il suffit de déplacer les plaques pour que le rapport 114 ne soit pas en contact avec elles, comme par exemple la plaque 35 82 R de 180° autour de ce diamètre prédéterminé. Dans la forme de réalisation représentée sur la figure 4, la plaque 82 R a été

tournée autour du diamètre passant par les pattes 148 et 150. Ainsi un seul modèle de plaque fournit des plaques qui peuvent servir alternativement de plaques sollicitées par ressort ou de plaques non sollicitées par ressort sans que cela ait d'influence 5 sur le dispositif de sollicitation par ressort et les autres composants.

Il convient donc de noter qu'une plaque de friction réversible faite conformément à la présente invention peut être utilisée en toute position dans un paquet de friction là où une plaque 10 d'embrayage fixe est nécessaire. En conséquence, la nécessité d'avoir deux types non semblables de plaques fixes dans un seul paquet de friction, ce qui était souvent le cas dans les techniques antérieures, se trouve éliminée. Les dépenses de stockage ainsi que les coûts de fabrication s'en trouvent diminués puisqu' 15 il suffit de fabriquer et de stocker une seule plaque au lieu de deux. Ce trait caractéristique de la présente invention peut être employé dans nombre de mécanismes comme cela a été dit plus haut et se trouve particulièrement utile en relation avec le mécanisme représenté sur les figures 1 et 2 et pour lequel l'usinage de précision a été éliminé.

REVENDICATIONS

- 1) Plaque de friction réversible, caractérisée en ce qu'elle comprend :
 - un élément en forme de disque 140 sensiblement circulaire et ayant des surfaces de friction opposées (142, 144) sensiblement parallèles ;
 - une ouverture (146) dans le centre de cet élément ;
 - plusieurs premières pattes espacées angulairement (148, ... 158), s'étendant radialement vers l'extérieur à partir de la périphérie de cet élément, le nombre de ces premières pattes étant un entier pair ;
 - les premières pattes comportant plusieurs secondes pattes dé-finies par des premières pattes pré-déterminées et ayant chacune au moins une dimension supérieure à celle des pattes restantes, le nombre de ces secondes pattes étant un entier pair ;
 - plusieurs ouvertures (134) espacées angulairement, une dans chaque patte, pour recevoir des éléments de réaction (126) ; et
 - plusieurs points de montage de ressort, un sur chacune des secondes pattes, sur leur partie ayant la plus grande dimension ; chacune des pattes restantes étant diamétralement opposée à une autre des pattes restantes, chacune des secondes pattes étant diamétralement opposée à une autre des secondes pattes, toutes les pattes étant situées autour de l'élément, en des endroits symétriques par rapport à un diamètre pré-déterminé de celui-ci.
- 2) Plaque de friction réversible selon la revendication 1, caractérisée en ce que la plus grande dimension s'étend dans le sens circonférentiel.



