

## Pompes à pistons radiaux

# Faible bruit et résistance à l'usure

Faible bruit et longue durée de vie sont deux exigences majeures des constructeurs de machines et d'installations lorsqu'il s'agit de choisir des pompes hydrauliques. Moog, fabricant de solutions d'entraînement électriques et hydrauliques, a repris ces exigences pour les mettre systématiquement en œuvre dans le développement de ses pompes à pistons radiaux nouvelle génération : les RKP-II.

► « On rencontre trois types de bruits dans les entraînements hydrauliques : les bruits de structure, les bruits hydrauliques et les bruits aériens. La pompe hydraulique participe à l'apparition de ces trois types de bruits.

Des forces ou couples variables agissant sur la structure de la machine sont à l'origine du bruit de structure et sont inhérents au fonctionnement. Dans les pompes à pistons, les variations de pression sont essentiellement responsables de la production de bruits de structure. Lors du passage du côté basse pression au côté haute pression et inversement, le niveau de pression dans la chambre du piston varie en quelques millisecondes, entre la pression côté réservoir et la pression de fonctionnement. La pression variable dans la chambre du piston agit comme une charge dynamique sur le mécanisme d'entraînement par le biais des surfaces des pistons de travail, tout en étant transmise au corps en tant que bruit de structure. Si les oscillations parviennent à la surface, elles sont transformées en bruits aériens.

L'importance de la charge qui alterne en suivant le mécanisme



Réduire l'émission de bruit de manière considérable et augmenter la durée de vie étaient les principaux objectifs pour le développement des RKP-II.

L'augmentation du nombre de pistons a permis de largement diminuer les forces dynamiques du mécanisme d'entraînement ainsi que la pulsation du flux volumétrique du côté haute pression.

Un canal d'alimentation optimisé en terme d'écoulement a également entraîné une diminution de la pulsation du côté basse pression.

Dans l'ensemble, le niveau sonore des RKP-II par rapport à l'ancienne génération a pu être réduit de moitié en fonction du point de fonctionnement.

Le nouveau concept de l'anneau de cylindrée contribue à l'amélioration importante de la durée de vie des pompes à pistons radiaux de Moog.

d'entraînement est déterminée par la surface des pistons de travail qui reçoit la pression. Il est donc généralement souhaitable d'utiliser une surface de piston relativement petite. Il est possible de diminuer le diamètre des pistons en augmentant leur nombre. La figure 1 montre qu'avec une pompe à pistons radiaux, l'utilisation de 9 pistons au lieu de 7 permet de réduire les forces du mécanisme d'entraînement d'environ 30 % dans la direction du déplacement et d'environ 10 % dans la direction du contact entre l'anneau de cylindrée et le corps.

### BRUITS HYDRAULIQUES

Deux causes sont à l'origine des bruits hydrauliques. Le mouvement d'un seul piston peut être décrit par une relation sinusoïdale en fonction de l'excentricité et de l'angle de rotation. Cela signifie que la vitesse des pistons et le débit volumique sont proportionnels à la vitesse des pistons et qu'ils se modifient en permanence en fonction de l'angle de rotation. Les flux volumiques des différents pistons sont superposés et leur somme donne un parcours marqué par une certaines irrégularités de forme.

La valeur en pourcentage de ces irrégularités de forme cinématiques par rapport au flux volumique moyen transporté dépend uniquement du nombre de pistons : plus les pistons sont nombreux, plus l'irrégularité cinématique est faible et l'utilisation d'un nombre pair ou

impair de pistons est également significative. Une autre cause de pulsations à la sortie de la pompe est la compressibilité du fluide. Avant qu'un piston ne puisse à nouveau transporter activement un fluide suite au processus d'inversion du côté basse pression au côté haute

pression, la pression dans la chambre du piston doit tout d'abord être adaptée au niveau de pression du côté haute pression. Cela est réalisé en premier lieu grâce au mouvement de déplacement du piston. Cependant, la vitesse du piston est très petite après l'inversion, de sorte que le processus d'adaptation de la pression devrait nécessiter un angle de rotation très important. Ceci entraîne une chute du débit à la sortie de la pompe et donc une pulsation de débit plus élevée. Pour cette raison, une quantité d'huile supplémentaire est prélevée temporairement par des entailles d'inversion placées sur le pivot entre le côté haute pression et la chambre du piston.

La représentation de la **figure 2** montre que l'influence de la compressibilité sur la pulsation du flux volumique dépasse largement l'influence de la pulsation cinématique, en particulier

tique du mécanisme d'entraînement est réduite de 2,5 % à environ 1,5 %, d'autre part, le volume de la chambre à piston est réduit dans un rapport 7/9. Cela permet de diminuer directement les pulsations induites par la compression.

### CUP DESIGN

La pompe à pistons radiaux présente une autre caractéristique de construction produisant un effet positif sur la réduction de la pulsation haute pression : l'utilisation du Cup Design, c'est-à-dire un piston de travail "fermé", permet de réduire à la valeur minimale le volume mort, ce qui est très significatif pour la pulsation induite par la compression (**figure 3**). Pour une question de poids, les autres pompes à pistons emploient souvent des pistons de travail creux, qui présentent un volume global nettement supérieur. La **figure 4** compare les valeurs

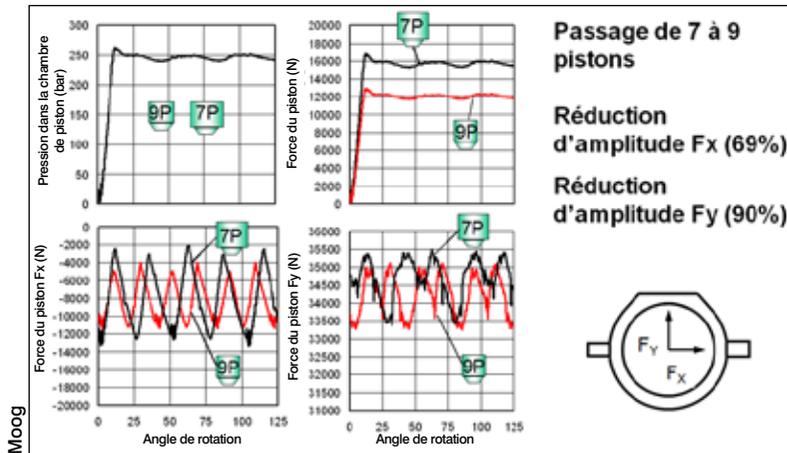


Figure 1 : Évolution des forces du mécanisme d'entraînement de la RKP80 avec 7 et 9 pistons

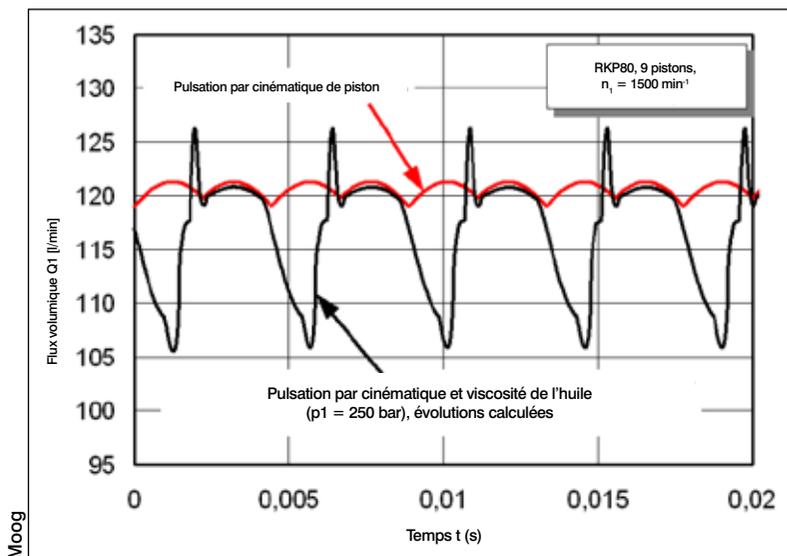


Figure 2 : Comparaison de l'irrégularité de forme cinématique avec pulsation par irrégularité de forme et compressibilité

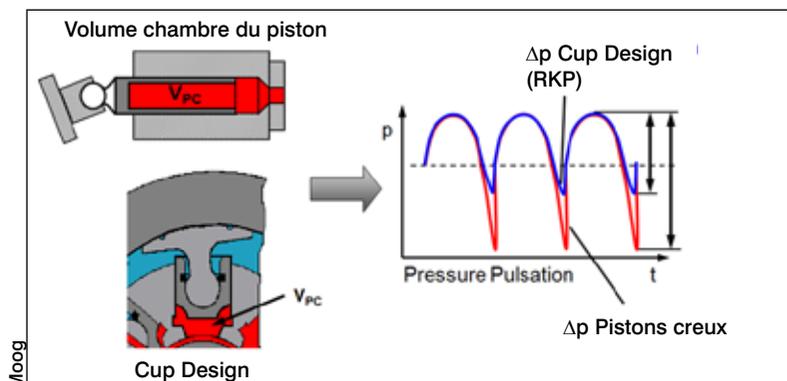


Figure 3 : Influence du volume mort sur la pulsation du flux volumique à la sortie de la pompe

« En utilisant 9 pistons de travail, il est possible de diviser quasiment par deux l'amplitude de la pulsation, avec une excentricité maximale »

avec des pressions de service élevées. En raison du bruit, une réduction de la pulsation du flux volumique est souhaitable étant donné que cette pulsation est transformée en pulsations de pression dans l'installation hydraulique et que des éléments de sa construction situés loin de la pompe risquent de produire des oscillations et donc d'émettre du bruit.

Pour la réduction de la pulsation du flux volumique à la sortie de la pompe, l'augmentation du nombre de pistons de travail présente deux avantages : d'une part la pulsation cinéma-

mesurées pour la pulsation de haute pression entre des mécanismes d'entraînement à 7 et 9 pistons. On constate qu'en utilisant 9 pistons de travail, il est possible de diviser quasiment par deux l'amplitude de la pulsation, avec une excentricité maximale.

La pulsation cinématique n'apparaît cependant pas seulement du côté haute pression, mais également du côté basse pression, dans le même ordre de grandeur. Ici aussi, la pulsation du flux volumique est convertie en une variation de pression. Avant d'atteindre la chambre

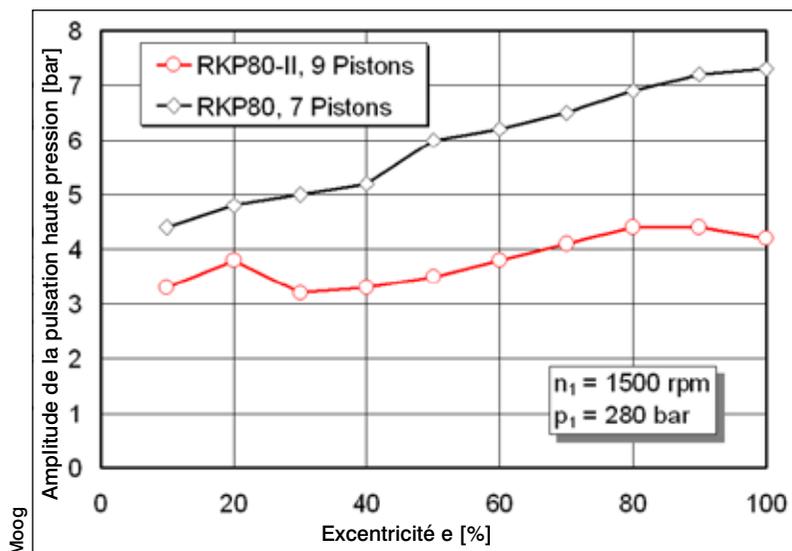


Figure 4 : Pulsation haute pression mesurée à la sortie de la pompe : comparaison entre mécanismes d'entraînement à 7 et 9 pistons

du piston, le fluide doit tout d'abord s'écouler à travers le canal dans le corps et par des perçages dans le pivot. Les perçages dans le pivot forment l'endroit le plus étroit. Du point de vue dynamique, le flux volumique s'écoulant par ces perçages peut être décrit par l'effet d'une inductance hydraulique (figure 5) :

$$Q_{Tube} = \frac{1}{L_{Tube}} \cdot \int (P_{1Tube} - P_{2Tube}) dt$$

Cette équation peut également s'écrire comme suit :

$$\frac{dQ_{Tube}}{dt} \cdot L_{Tube} = P_{1Tube} - P_{2Tube}$$

Cette écriture signifie qu'une

modification temporelle du flux volumique, due par exemple à l'irrégularité cinématique, entraîne une pulsation de pression. La magnitude de cette pulsation de pression est déterminée par le niveau d'inductance hydraulique. Pour un perçage, celui-ci s'élève à :

$$L_{Tube} = \frac{4 \cdot \rho}{\pi} \cdot \frac{l_{Tube}}{d_{Tube}^2}$$

Pour réduire l'inductance, il est possible d'agrandir le diamètre du perçage ou de raccourcir le perçage en longueur. Un agrandissement du diamètre est soumis à des limites de construction. C'est pourquoi,

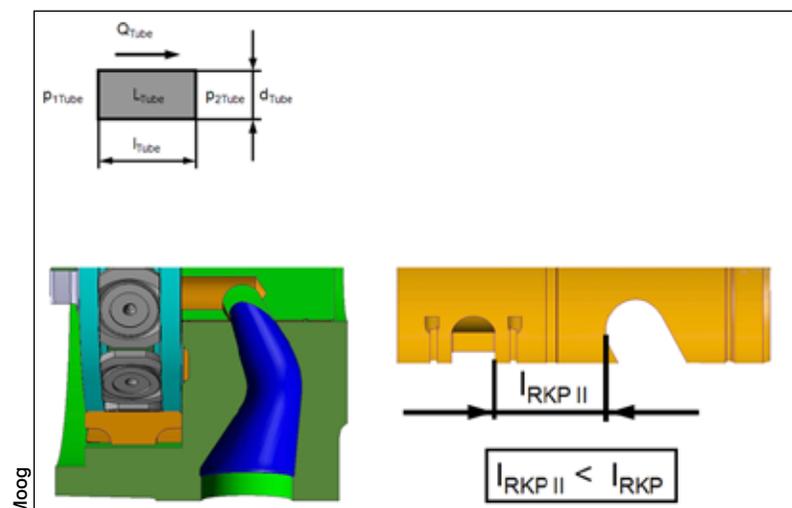


Figure 5 : Description d'une inductance hydraulique (tube = tuyau)

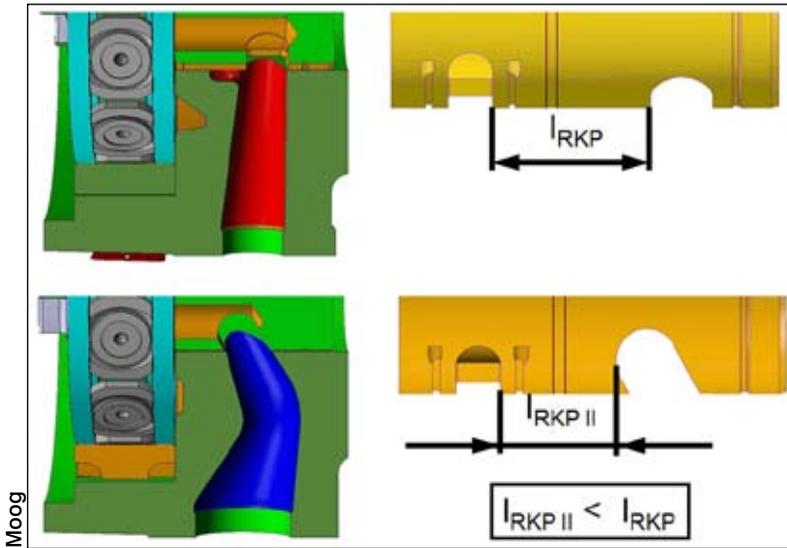


Figure 6 : Conception du canal d'alimentation pour RKP et RKP-II

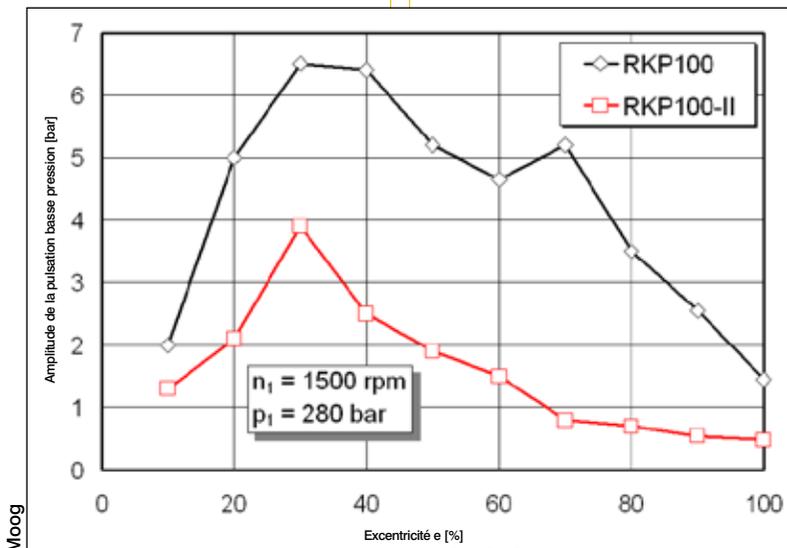


Figure 7 : Pulsation haute pression mesurée à la sortie de la pompe : effet du canal d'alimentation optimisé

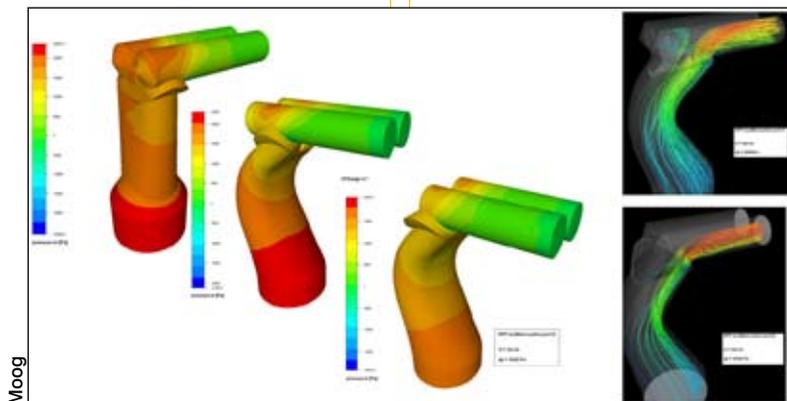


Figure 8 : Utilisation de simulations CFD pour la réduction des tourbillonnements et des pertes de pression dans le canal d'alimentation

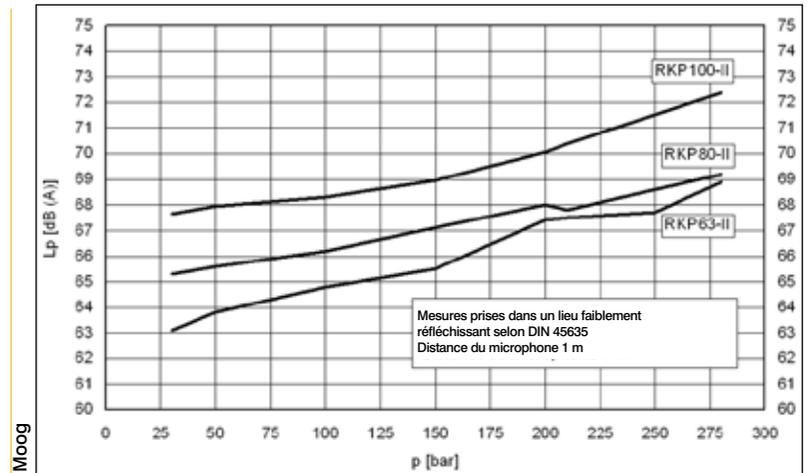


Figure 9 : Valeurs mesurées pour le niveau sonore avec des volumes d'écoulement maximum (régulateur hydraulique de la pression de flux)

dans la conception de la RKP-II, la longueur du perçage dans le pivot a été réduite (figure 6). L'effet de cette opération sur la pulsation mesurée de la basse pression est illustré par la figure 7. Les deux pompes examinées possèdent le même nombre de pistons. Dans la RKP 100-II, le canal d'alimentation a été raccourci. Cela entraîne une diminution nette de la pulsation de pression mesurée sur l'ensemble de la zone de fonctionnement. Du point de vue de la technique des flux, il est important, lors de la conception du canal d'alimentation, de limiter au maximum les turbulences de flux et les pertes de pression afin d'empêcher la cavitation, donc les bruits et l'usure supplémentaires. Pour examiner l'influence de différentes géométries, le comportement de flux statique a été analysé à l'aide d'un calcul CFD - Computational Fluid Dynamics - (figure

8). Dans l'ensemble, l'optimisation de la géométrie du canal d'alimentation a permis de réduire de l'ordre de 20 % la perte de pression dans les RKP-II. Les bruits de structure et les bruits hydrauliques sont directement transformés en bruits aériens à la surface des éléments de construction. Une comparaison de niveaux sonores entre des RKP et des RKP-II a révélé que le nouveau design permet une réduction de 3 à 4 dB(A) en fonction du point de fonctionnement. Cela correspond à une division par deux du niveau sonore. La figure 9 représente le niveau sonore en fonction du point de fonctionnement, avec une excentricité maximale, pour les modèles RKP63-II, RKP80-II et RKP100-II. On constate que les deux plus petits modèles ne dépassent pas la valeur de 70 dB(A) en aucun point de fonctionnement.

## 26 FILIALES DANS LE MONDE

Moog Industrial est un fabricant et fournisseur de solutions d'entraînement électriques, hydrauliques et hybrides destinées à des applications industrielles. Les experts de Moog aident les sociétés animées par la quête de la performance et opérant dans le domaine de la mécanique et du plastique, du textile, de la production d'énergie et de la simulation, à développer de nouvelles générations de machines.

Avec 26 filiales à travers le monde et un chiffre d'affaires de 530 millions de dollars (2008), Moog Industrial appartient au groupe Moog Inc. La filiale allemande de Moog a été fondée en 1965 à Böblingen. Avec un chiffre d'affaires d'environ 100 millions d'euros et quelque 500 collaborateurs, c'est la plus importante filiale étrangère du groupe.

### DURÉE DE VIE

Parallèlement à l'émission de bruits, la durée de vie d'une pompe représente un critère de choix important. La pompe RKP a acquis sa réputation de pompe à pistons robuste grâce à la mise en œuvre systématique de procédés de traitement thermique tels que le durcissement et la nitruration pour toutes les pièces de la pompe en mouvement. Pour prolonger encore davantage la durée de vie, le design de l'anneau de cylindrée de la RKP-II a été retravaillé pour exclure toute rotation éventuelle de cet anneau de cylindrée et donc de supprimer l'usure.

À la place d'un diamètre extérieur rond, l'anneau de cylindrée comporte à présent un méplat, sur lequel il glisse sur une contre plaque dans le corps.

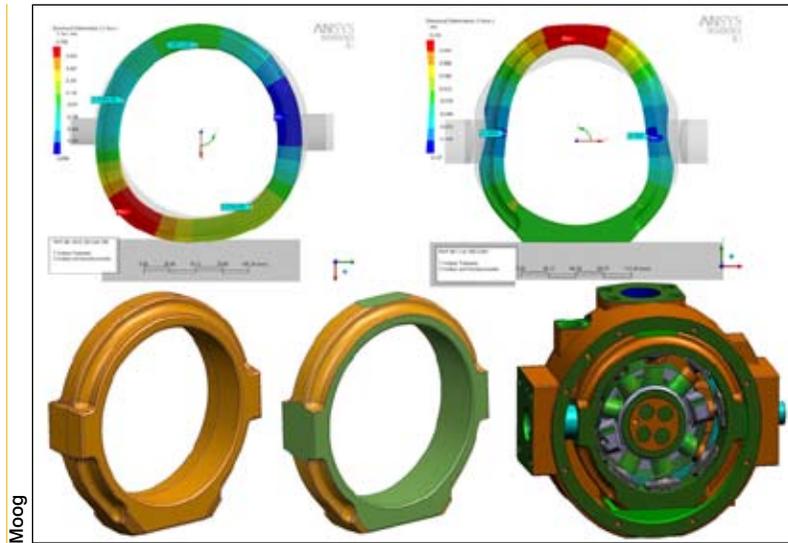


Figure 10 : Nouveau design de l'anneau de cylindrée pour empêcher l'usure

La **figure 10** montre la réalisation de la construction de l'anneau de cylindrée. Pour sa conception, le comporte-

ment à la déformation a été analysé à l'aide de calculs FE. Le but consistait ici à atteindre un comportement

à la déformation similaire à celui de l'anneau de cylindrée rond tout en utilisant une quantité minimale de matière. La partie supérieure de la **figure 10** montre que l'anneau de cylindrée glissant a tendance à moins se déformer du côté soumis à la pression. Cela signifie que la différence de forme circulaire entre le diamètre intérieur de l'anneau de cylindrée et le diamètre extérieur est dans l'ensemble réduite ». ■

*Auteur : Dr. Dirk Becher, directeur de l'ingénierie pompes à pistons radiaux chez Moog à Boeblingen, Allemagne, chargé du développement technique de la gamme de pompes.*