

Il augmente les frottements

Quand on augmente le nombre de pièces d'un dispositif et qu'on en augmente la complexité apparente, on a le sentiment que le dispositif va dissiper plus d'énergie par frottement. Ceci peut être vrai, mais ceci peut être faux. Un patin de traîneau est très simple, mais frotte beaucoup plus qu'une roue montée sur un roulement à billes qui comporte plusieurs dizaines de pièces en mouvement. C'est pour cette raison que les trains ne sont pas montés sur des patins mais sur des roues montées sur roulement.

Limiter le frottement d'un moteur repose sur au moins trois règles élémentaires : il faut favoriser autant que possible le roulement au lieu du frottement, il faut favoriser une lubrification hydrodynamique (coefficient de frottement = 0,00x) et il faut limiter les efforts lorsqu'un frottement s'opère à régime de lubrification mixte ou limite (0,x).

Le MCE-5 VCRI repose sur ces trois règles élémentaires et les met en œuvre dans les meilleures conditions possibles.

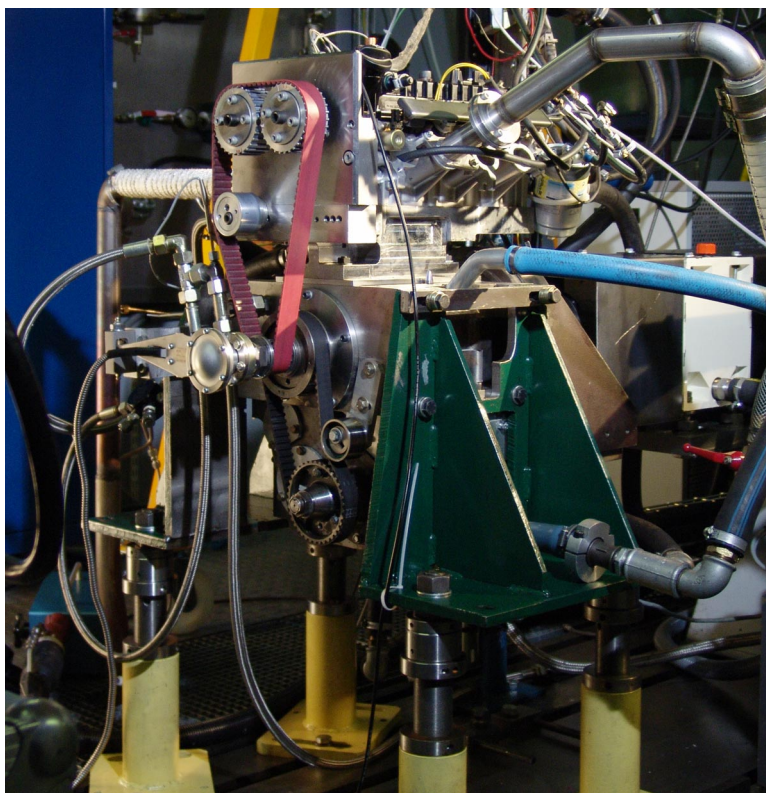
L'appui de la bielle n'est plus repris par le cylindre via le frottement du piston, mais par un dispositif de roulement pur, matérialisé à la fois par un rouleau, par les pistes de roulement de la roue, et par les pistes de roulement des crémaillères. La position du rouleau est synchronisée verticalement par des petites crémaillères.

Le piston se retrouve ainsi « protégé » des efforts radiaux exercés par la bielle, et n'assure plus lui-même son guidage en orientation axiale. Le dispositif MCE-5 VCRI sépare ainsi 2 fonctions jusqu'alors confondues : récupérer la poussée des gaz et transformer la translation alternative du piston en rotation continue du vilebrequin. Les conditions de fonctionnement qui en découlent sont favorables à une moindre dissipation d'énergie par frottement du piston. Ceci est crucial : l'ensemble piston-segments-cylindre d'un moteur classique génère entre 40 et 60 % de ses pertes totales par frottement. Réduire les pertes de cet ensemble donne une nouvelle marge de manœuvre pour ajouter les composants nécessaires au VCR qui eux aussi frottent inévitablement. Ceci est la stratégie retenue pour le MCE-5 VCRI.

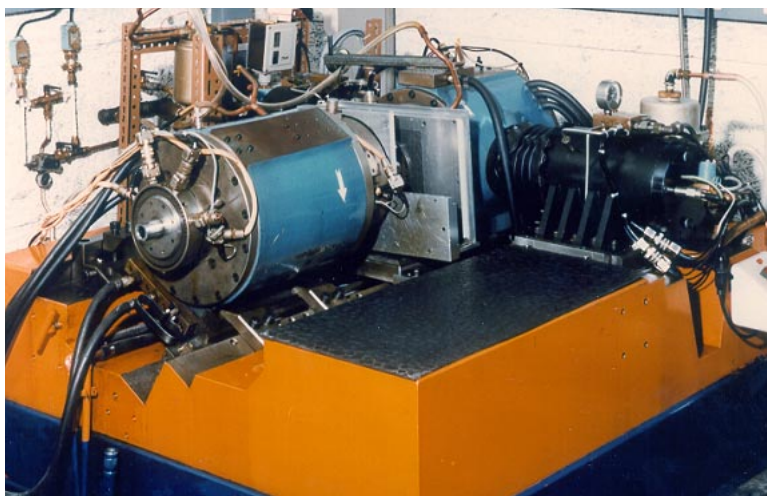
Ce sont les dentures du MCE-5 VCRI qui permettent le contrôle du VCR. Ces dentures constituent néanmoins une nouvelle source de frottement. Réduire au maximum cette source de frottement a été l'un des principaux défis à relever. Des dentures droites ont été retenues car elles ne génèrent pas d'effort axial. Les dentures à chevrons ont été écartées car trop encombrantes, trop lourdes, et trop complexes. Les dentures droites offrent un excellent rendement, de l'ordre de 0,98. Ce rendement est acceptable pour une boîte de vitesses mais insuffisant pour le MCE-5 VCRI : un rendement de l'ordre de 0,997 est nécessaire. Entre un rendement de 0,98 et un



Les pistes de roulement de la roue et celles des crémaillères remplacent le frottement du piston sur son cylindre par du roulement pur



En 2004, le projet IMPACT a permis de comparer les pertes par frottement d'un moteur classique moderne avec celles du MCE-5 VCRI



Un tribomètre capable de reproduire le contact des dentures a été intensivement utilisé pour identifier les meilleurs appairages de matériaux

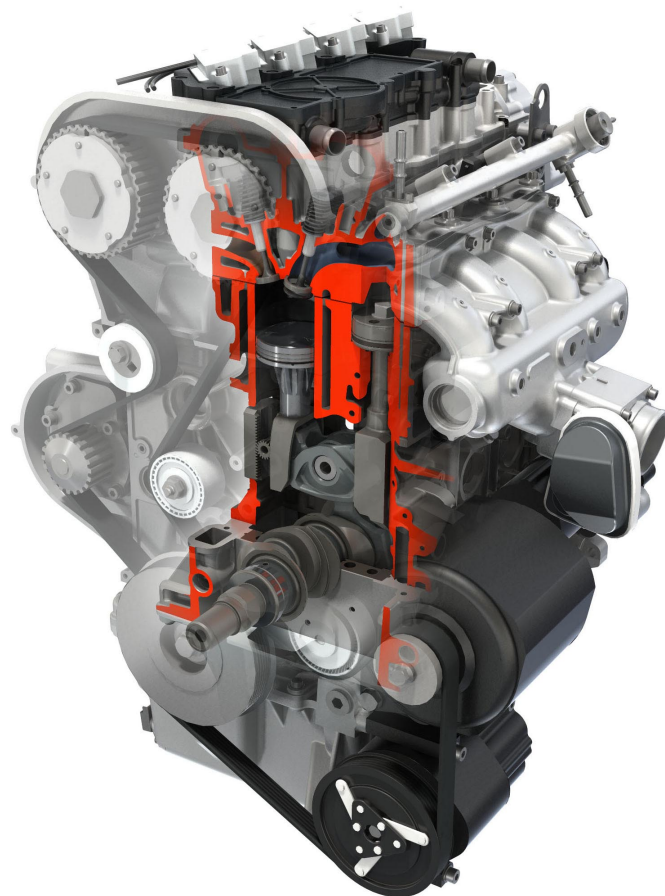


Les mesures de PMF définitives sont réalisées sur multicylindres puis comparées avec celles de moteurs conventionnels de référence

rendement de 0,997, la perte énergétique est divisée par 6,6. Pour atteindre l'objectif de 0,997, des dentures les plus petites possibles ont été retenues (petit module). Plus la denture est petite, plus leur fonctionnement se rapproche du roulement pur qui a lieu au niveau de leur cercle primitif. En outre, le rapport de conduite (pourcentage du temps où 2 paires de dents sont en prise simultanément) a été réduit en minimisant encore la hauteur des dents, réduisant ainsi la composante de glissement de l'engrènement.

Les dentures droites n'ont pas que des avantages : elles offrent une moins bonne continuité d'engrènement que les dentures hélicoïdales, de ce fait, on évite de les utiliser dans des applications chargées à haut régime de rotation. Ceci est une chance pour le MCE-5 VCRi. Les zones chargées des dentures du MCE-5 VCRi ont lieu à très faible régime de rotation (au voisinage du PMH et du PMB) de sorte qu'un fonctionnement silencieux est assuré. Pour parfaire l'efficacité des dentures du MCE-5 VCRi, des corrections géométriques leur ont été apportées pour disposer du meilleur rendement mécanique possible, et de la meilleure continuité d'engrènement possible. Ceci passe notamment par un rapport de conduite variable en fonction de la charge.

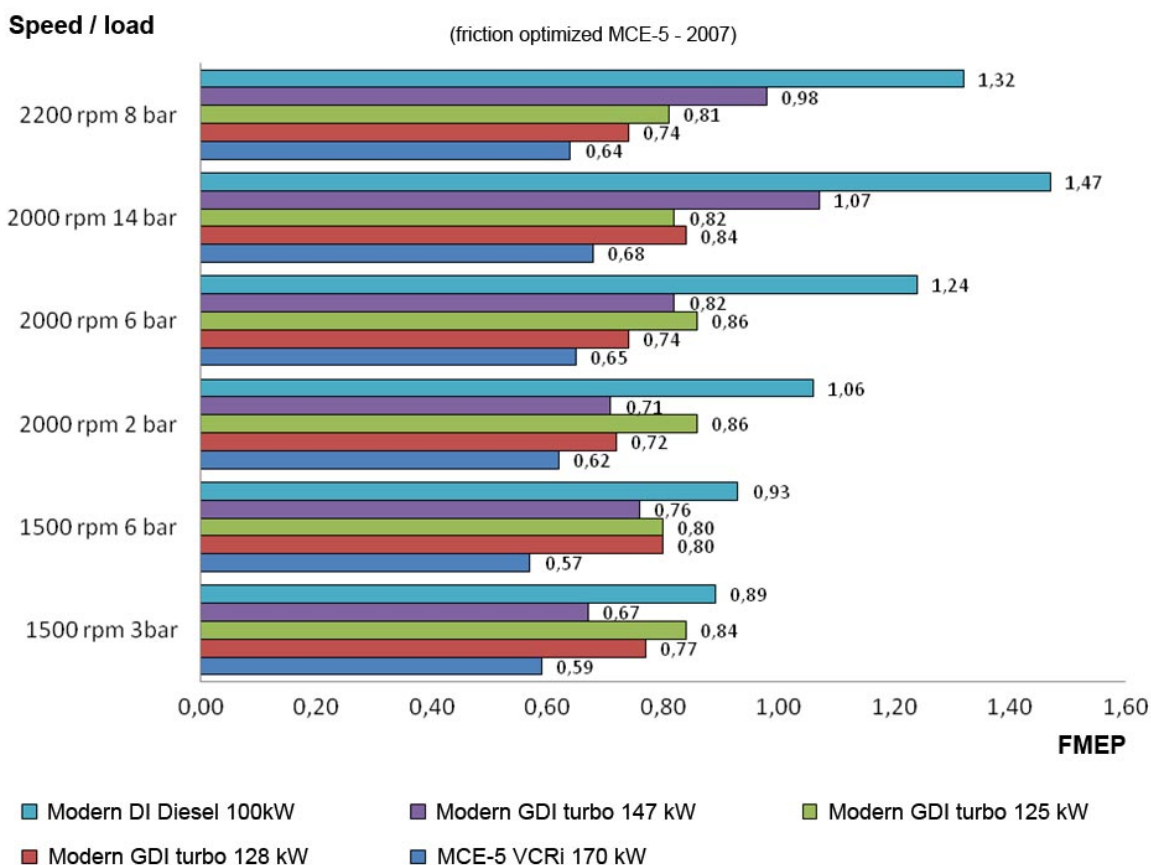
Au final, les pertes par frottement totales du MCE-5 VCRi sont significativement inférieures à celles des moteurs classiques les plus modernes utilisés dans les mêmes conditions. Le MCE-5 VCRi a une nette tendance à réduire les frottements à bas régimes, en dessous de 3 500 tr/min. Au-dessus de ce régime, le moteur « frotte » davantage à cause des efforts d'inertie transmis par les dentures, mais ces régimes ne sont pas la cible privilégiée en utilisation courante (downspeeding). Par ailleurs, les régimes élevés à forte puissance sont peu sensibles à une légère augmentation des pertes par frottement (rapport PMI/PMF élevé). Du fait de ses dentures à haut rendement, le MCE-5 VCRi est très peu sensible à la charge. Ceci veut dire qu'à charges élevées, il frotte significativement moins qu'un moteur classique soumis à la même charge. Ceci est



L'architecture mécanique du MCE-5 VCRi est prévue pour supporter des charges élevées, sans pour autant accroître les pertes par frottement

exactement la qualité recherchée pour un moteur VCR fortement chargé (hard downsizing).

En conclusion, l'apparence de la technologie MCE-5 VCRI est trompeuse : le MCE-5 VCRI est une solution efficace pour réduire les pertes par frottement des moteurs chargés. Ceci constitue une source additionnelle de rendement directement induite par la technologie MCE-5 VCRI.



En 2007, un moteur MCE-5 VCRI optimisé sur un critère de frottement a été mis au banc. Ce moteur a révélé tout le potentiel de réduction des pertes par frottement par rapport aux moteurs classiques