



Pièces moteur

Dommmages – causes,
solutions et prévention

Introduction

MAHLE est l'un des plus importants partenaires de développement et équipementiers de l'industrie automobile. Le groupe est spécialisé dans la fabrication de pièces et systèmes moteur.

Les ingénieur-e-s MAHLE développent des produits d'excellente qualité en étroite collaboration avec les motoristes et les constructeurs automobiles du monde entier.



Plus d'infos sur :

www.mahle-aftermarket.com

Les pièces de rechange destinées au marché de l'après-vente répondent aux mêmes exigences de qualité.

Des contrôles multiples pendant et après la fabrication garantissent le niveau de qualité élevé des produits MAHLE. Si le véhicule tombe malgré tout en panne, la faute en incombe le plus souvent aux pièces périphériques du moteur. Défaut de montage, erreur d'utilisation ou emploi d'équipements inappropriés peuvent toutefois également être à l'origine d'une panne.

Cette brochure décrit les dommages typiques ainsi que leurs causes et donne des conseils pour éviter de tels dommages à l'avenir. L'objectif est de faciliter la recherche des causes possibles des dommages. Cette brochure contribue à la fiabilité et à la longévité de nos produits et, par conséquent, à prolonger la durée de vie du moteur.

Néanmoins, il peut arriver que nos experts se trouvent confrontés à des scénarios de pannes complexes, dont l'explication dépasse le cadre de cette brochure. Si vous avez des doutes sur l'origine de dommages affectant nos produits, nous vous proposons d'examiner ces derniers dans nos ateliers et d'établir un rapport d'expertise. Pour ce faire, veuillez vous adresser à notre partenaire commercial le plus proche de chez vous.



Sommaire

1. Généralités

1.1	Usure due à la présence d'impuretés	06
1.2	Excès de carburant	08
1.3	Intrusion de liquide	10
1.4	Consommation d'huile accrue	12

2. Piston

	Modèles	18
	Conseils de montage	22
	Marquages	24
2.1	Tête de piston et zone de segmentation	
2.1.1	Tête de piston calcinée sur moteurs essence et diesel	26
2.1.2	Points de fusion sur la tête du piston et le segment de feu sur moteurs essence	28
2.1.3	Points de fusion sur la tête du piston et le segment de feu sur moteurs diesel	30
2.1.4	Rupture des segments de piston	32
2.1.5	Impacts de soupape sur la tête de piston et chocs du piston sur la culasse	34
2.1.6	Fissures sur la tête de piston	36
2.2	Jupe du piston	
2.2.1	Grippage côté pression et contre-pression uniquement sur la jupe du piston	38
2.2.2	Grippage d'un seul côté de la jupe du piston	40
2.2.3	Grippage en diagonale à côté de l'alésage de l'axe	42
2.2.4	Portée asymétrique sur la jupe du piston	44
2.2.5	Grippage uniquement sur la partie inférieure de la jupe du piston	46
2.2.6	Forte usure de la jupe du piston avec une surface rugueuse et mate	48

2.3	Étai – palier de l'axe du piston	
2.3.1	Grippage de l'alésage de l'axe	50
2.3.2	Paroi érodée au niveau du bossage de l'axe du piston	52

3. Segments de piston

	Modèles et terminologie	56
	Conseils de montage	58
3.1	Traces de brûlures et de grippage sur la jupe du piston	60
3.2	Détérioration de la zone de segmentation due à la rupture d'un segment de piston	62
3.3	Forte usure des gorges et des segments	64
3.4	Forte usure radiale des segments	66
3.5	Consommation d'huile accrue après le remplacement des segments de piston	68

4. Chemises de cylindre

	Modèles et terminologie	72
	Conseils de montage pour les cylindres à ailettes et les chemises de cylindre	73
	Joints pour les cylindres à ailettes et les chemises de cylindre	76
4.1	Dégradations sur la paroi extérieure des chemises de cylindre (cavitation)	78
4.2	Collerette arrachée sur les chemises de cylindre	80
4.3	Fissures longitudinales dans les chemises de cylindre	82
4.4	Grippage à l'extérieur et à l'intérieur de la chemise de cylindre pré-usinée (WN/LS)	84

5. Soupapes

	Modèles et terminologie	86
	Conseils de montage	87
	Guides de soupape	88
	Bagues de siège de soupape	90
5.1	Grippage de la tige de soupape	92
5.2	Déformation de la tige de soupape	94
5.3	Rupture dans la gorge de la soupape	96
5.4	Rupture au niveau de la tête de soupape	98
5.5	Usure du siège de soupape	100
5.6	Déformation de la tête de soupape	102
5.7	Tête de soupape calcinée	104

6. Coussinets

	Types de coussinets	108
	Emplacements des coussinets	109
	Modèles et matériaux	110
	Conseils de montage	113
6.1	Stries et corps étrangers sur les surfaces de frottement des coussinets	114

6.2	Traces d'usure locales sur les surfaces de frottement des coussinets	116
6.3	Fortes traces d'usure à la jointure des coussinets	118
6.4	Traces de polissage, de frottement ou de corrosion sur l'extérieur du coussinet	120
6.5	Usure ou détérioration des bords extérieurs du coussinet	122
6.6	Forte usure de tous les coussinets de palier	124
6.7	Portée irrégulière des coussinets	126
6.8	Grippage des coussinets	128
6.9	Matière arrachée sur la couche de frottement des coussinets	130
6.10	Couche de frottement poreuse sur les coussinets	132

Glossaire 134

Nos produits 138

Nos services d'info 139

1.1 Usure due à la présence d'impuretés

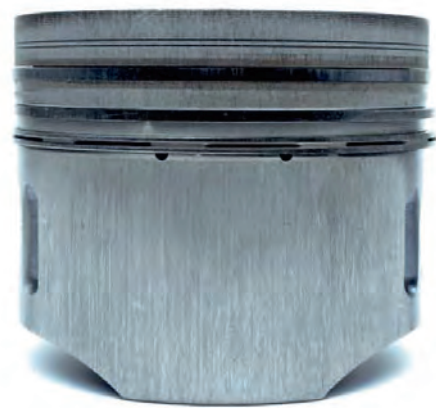


Fig. 1 Usure du piston due à des impuretés : stries profondes dans le sens longitudinal



Fig. 2 Usure axiale des segments

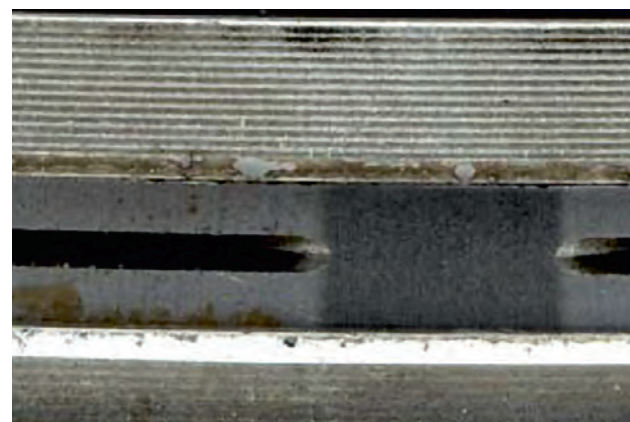


Fig. 3 Usure extrême du segment racleur d'huile

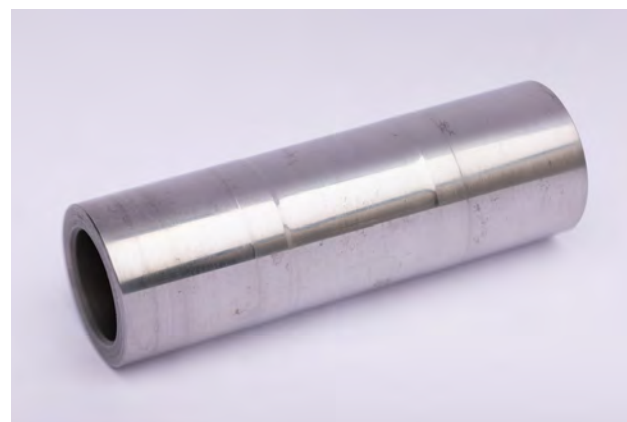


Fig. 4 Usure de l'axe de piston

Diagnostic :

L'usure due à la présence d'impuretés dans le moteur se traduit le plus souvent par une consommation d'huile accrue. L'analyse des pièces reçues révèle différents types de dommages :

- La jupe du piston présente une large portée mate du côté pression et contre-pression (Fig. 1).
- Le profil d'usinage sur la tige du piston (Fig. 2) et la surface en contact (surface de frottement du cylindre) est usée (Fig. 3).
- La jupe du piston, les segments et les surfaces de frottement des cylindres présentent des stries étroites dans le sens de la course.
- Les segments et les flancs de gorge sont fortement usés (Fig. 4).
- Le jeu à la coupe des segments est trop important. Les bords des segments peuvent alors devenir coupants comme des rasoirs.
- Les passerelles du segment racleur d'huile sont usées (Fig. 3).
- L'axe du piston comporte des stries ondulées dans le sens longitudinal (Fig. 4+5).
- D'autres composants, tels que la tige de soupape, peuvent présenter une usure due à la présence d'impuretés.

Cause(s) :

En fonction du nombre de cylindres détériorés et de l'importance de l'usure des segments, il existe plusieurs types de dommages dus à l'usure par des impuretés :

Si un seul cylindre est détérioré ... et que le premier segment est nettement plus usé que le troisième, cela signifie que des impuretés ont pénétré dans la chambre de combustion, via le système d'admission du cylindre, donc par le haut. Ce phénomène résulte soit d'une fuite, soit de dépôts d'impuretés n'ayant pas été éliminés avant le montage.

Si plusieurs ou tous les cylindres sont endommagés ... et que le premier segment est nettement plus usé que le troisième, cela signifie que des impuretés ont pénétré dans la chambre de combustion, via le système d'admission commun à tous les cylindres. Ce phénomène résulte soit de fuites et/ou d'un filtre à air endommagé ou absent.

... et que le troisième segment est nettement plus usé que le premier, cela signifie que l'huile moteur est probablement encrassée.

L'huile moteur a pu être encrassée par des impuretés restées dans le moteur après le montage ou à cause d'intervalles de vidange trop espacés de l'huile moteur et du filtre à huile.

Solution/prévention :

- Contrôler l'étanchéité du système d'admission.
- Nettoyer le carter de vilebrequin et les tuyaux d'aspiration de toute impureté avant le montage.
- Faire attention à la propreté lors du montage.
- Contrôler le filtre à air et, au besoin, le remplacer.

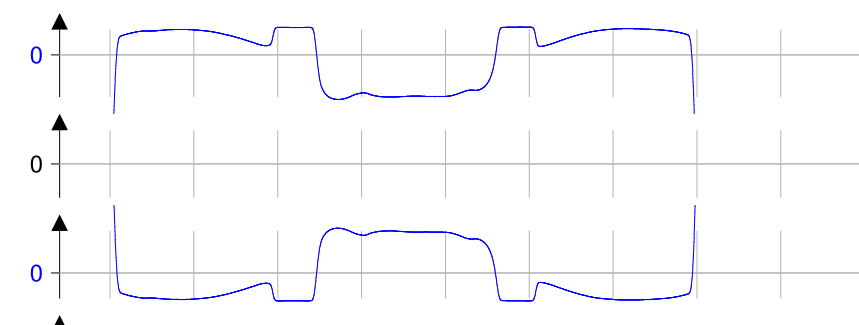


Fig. 5 Gains de l'axe de piston

1.2 Excès de carburant



Fig. 1 Piqûres dans l'alésage de l'axe causées par la dilution de l'huile moteur



Fig. 2 Grippage d'un côté en panorama

Diagnostic :

- La jupe du piston présente une portée mate, foncée par endroits, parsemé de traces de grippage et de stries (Fig. 2).
- Les segments comportent des stries et éventuellement des traces de brûlure en surface.
- Le rodage de la chemise du cylindre ou de la surface de frottement est très usé.
- De fortes traces d'usure sont visibles sur l'axe du piston. Une formation de piqûres est visible sur l'alésage de l'axe (Fig. 1).

Cause(s) :

Un excès de carburant dilue le film d'huile, ce qui diminue fortement sa capacité de charge, augmentant ainsi l'usure des pièces moteur. De tels dommages peuvent résulter des causes suivantes :

- Le système d'injection est mal réglé.
- Le mélange de démarrage à froid est trop gras.
- Les injecteurs ne fonctionnent pas correctement.
- En cas de conduite fréquente sur de courtes distances, le cycle de régénération du filtre à particules est souvent interrompu. Du carburant non brûlé s'accumule alors dans l'huile moteur.
- En raison d'un écartement trop faible, le piston vient heurter la culasse et provoque une injection incontrôlée de carburant dans les buses.
- La pression de compression est trop faible. Cela peut résulter des causes suivantes :
 - Une soupapes n'est pas étanche.
 - Le joint de culasse n'est pas étanche.
 - Les temps de commande ne sont pas réglés correctement.
 - L'écartement est trop grand.
 - Un ou plusieurs segments sont défectueux.
 - Une erreur s'est produite dans le système d'allumage, par ex. une bougie défectueuse.

Solution/prévention :

- Régler correctement le système d'injection (mélange de démarrage à froid, etc.).
- Examiner les injecteurs.
- Respecter les dimensions de montage.
- Respecter les intervalles de remplacement du filtre à carburant et les réduire en cas de conditions extrêmes.
- Vérifier les bougies d'allumage et les remplacer au besoin.
- Parcourir régulièrement de longues distances, notamment pour les véhicules diesel, afin d'achever la régénération du filtre à particules. Faire attention à la propreté lors du montage.

1.3 Intrusion de liquide



Fig. 1 Piston d'utilitaire éclaté suite à une intrusion de liquide



Fig. 2a Rupture brutale de la tête de piston à l'alésage de l'axe



Fig. 2b Gros plan d'une rupture brutale

Diagnostic :

Une intrusion de liquide génère des contraintes extrêmes, susceptibles d'affecter plusieurs composants :

- Le piston est cassé ou déformé (Fig. 1).
- La bielle est pliée et cassée (Fig. 3).
- Un ou les deux bossages d'axe présentent une fissure ou une capture s'étendant vers le haut, en partie à travers toute la tête de piston (Fig. 2a+b).
- L'axe du piston est cassé.

Cause(s) :

Ces dommages sont provoqués par l'intrusion de liquide, d'eau ou de carburant dans la chambre de combustion. Comme ni l'eau ni le carburant ne sont compressibles, il en résulte une brusque contrainte sur le piston, l'axe du piston, la bielle, la culasse, le carter de vilebrequin, les coussinets et le vilebrequin. L'intrusion d'une trop grande quantité de liquide dans la chambre de combustion peut s'expliquer par les raisons suivantes :

- De l'eau a pénétré dans la chambre de combustion via le système d'admission (par ex. lors de la traversée d'une étendue d'eau).
- Du liquide de refroidissement a pénétré dans la chambre de combustion en raison de joints défectueux.
- Trop de carburant a pénétré dans la chambre de combustion à cause d'un injecteur défectueux.

Solution/prévention :

- Utiliser des joints en parfait état lors de la révision d'un moteur. Remplacer les joints défectueux.
- Vérifier les injecteurs et les remplacer en cas de doute.



Fig. 3 Bielle pliée et cassée à cause d'une intrusion de liquide

1.4 Consommation d'huile accrue



Fig. 1 Arrêtez immédiatement le moteur si ce voyant s'allume !



Fig. 2 Bague d'huile obstruée

Diagnostic :

Une certaine consommation d'huile est normale. Elle varie en fonction du type de moteur et des sollicitations. Si la consommation dépasse celle indiquée par le constructeur, on parle de consommation d'huile accrue, contrairement aux pertes d'huile dues par ex. aux fuites ou à d'autres causes similaires.

Cause(s) :

- Un défaut d'étanchéité dans le turbocompresseur, par ex. des coussinets usés, a laissé pénétrer de l'huile dans la chambre de combustion via le collecteur d'admission.
- La conduite de retour d'huile du turbocompresseur est bouchée ou calaminée. L'augmentation de la pression dans le circuit d'huile a poussé de l'huile depuis le turbocompresseur dans le collecteur d'admission et la sortie d'échappement.
- De l'huile a pénétré dans la chambre de combustion avec le carburant, par ex. en raison d'une pompe d'injection usée généralement lubrifiée via le circuit d'huile du moteur.
- Suite à un défaut d'étanchéité sur le système d'admission, des impuretés ont pénétré dans la chambre de combustion où elles contribuent à augmenter l'usure (voir aussi le chapitre « 1.1 Usure dus à la présence d'impuretés », page 6).
- En cas de dépassement incorrect du piston, ce dernier peut heurter la culasse. Les vibrations ainsi produites se répercutent sur les injecteurs. Conséquences possibles : l'injecteur ne se ferme plus complètement et une trop grande quantité de carburant arrive dans la chambre de combustion, ce qui provoque un excès de carburant (voir aussi le chapitre « 1.2 Excès de carburant », page 8).
- L'huile moteur est altérée, par ex. par
 - une huile obsolète en raison d'intervalles de vidange trop longs ou
 - des huiles de mauvaise qualité, non autorisées.

- Il en résulte une formation excessive de charbon et de suie. Ces particules en suspension dans l'huile peuvent bloquer les segments de piston et obstruer les trous de retour d'huile dans les segments racleur d'huile (Fig. 2).
- Les bielles déformées ou tordues provoquent une course non rectiligne du piston. L'étanchéité de la chambre de combustion n'est alors plus assurée (voir aussi le chapitre « 2.2.4 Portée asymétrique sur la jupe du piston », page 44). Dans le pire des cas, le piston peut exercer un effet de pompage. L'huile est alors activement refoulée dans la chambre de combustion.
- Des segments brisés, bloqués ou mal montés peuvent conduire à un défaut d'étanchéité entre la chambre de combustion et le carter de vilebrequin. Du fait de ce défaut, l'huile peut pénétrer dans la chambre de combustion.
- Les vis de culasse ne sont pas serrées correctement, ce qui peut entraîner des déformations des vis et donc des fuites dans le circuit d'huile.
- En cas d'usure sur les pistons, les segments et les parois du cylindre, les pertes de gaz augmentent, provoquant une surpression dans le carter de vilebrequin. En cas de pression trop élevée, un brouillard d'huile peut être projeté dans les chambres de combustion via la ventilation du carter de vilebrequin.
- En cas de niveau d'huile trop élevé, le vilebrequin baigne dans l'huile moteur du carter d'huile, ce qui provoque la formation d'un brouillard d'huile. De plus, une huile usagée ou de mauvaise qualité peut provoquer la formation de mousse d'huile. Le brouillard ou la mousse d'huile passe alors avec les pertes de gaz via la ventilation du moteur dans le collecteur d'admission et donc dans les chambres de combustion.
- Les incidents dans le processus de combustion peuvent entraîner un excès de carburant. La dilution de l'huile par le carburant entraîne alors une usure extrême des pistons, des segments et des surfaces de frottement des cylindres (voir aussi le chapitre « 1.2 Excès de carburant », page 8).
- Les huiles de moindre qualité possèdent souvent une plus faible capacité de charge et peuvent donc provoquer une usure accrue.

- En cas de déformation du cylindre, par ex. à cause de vis de culasse usées et/ou mal vissées, les segments ne peuvent plus assurer correctement l'étanchéité entre la chambre de combustion et le carter. Un brouillard d'huile risque alors de pénétrer dans la chambre de combustion. En cas de déformations extrêmes, il arrive même que le piston puisse exercer un effet de pompage, c'est-à-dire que l'huile soit littéralement pompée dans la chambre de combustion.
- Un usinage défectueux du cylindre avec une surface de frottement mal rodée empêche une absorption suffisante de l'huile. Il s'ensuit alors une usure excessive des éléments de glissement, tels que les pistons, les segments et les surfaces de frottement des cylindres, d'où un défaut d'étanchéité du carter de vilebrequin. Lorsque les pierres de rodage sont colmatées ou obstruées, le rodage n'a

pas lieu proprement. Il est plutôt écrasé et étalé, créant ainsi une « gaine de tôle ». Les lamelles de graphite ainsi recouvertes ne peuvent plus remplir leur mission. De plus, la gaine de tôle (écailles métalliques) est arrachée des segments. Les particules métalliques détachées entraînent des stries et de l'usure.

- Sur les compresseurs pour systèmes pneumatiques, une plaque de soupape non étanche peut provoquer la formation d'eau de condensation dans le cylindre. Cette eau de condensation dilue l'huile de lubrification, ce qui a pour conséquence une usure accrue des pistons, des segments et de la surface de frottement des cylindres. L'huile pénètre également dans le système pneumatique et endommage d'autres composants (voir également la brochure dommages du filtre).



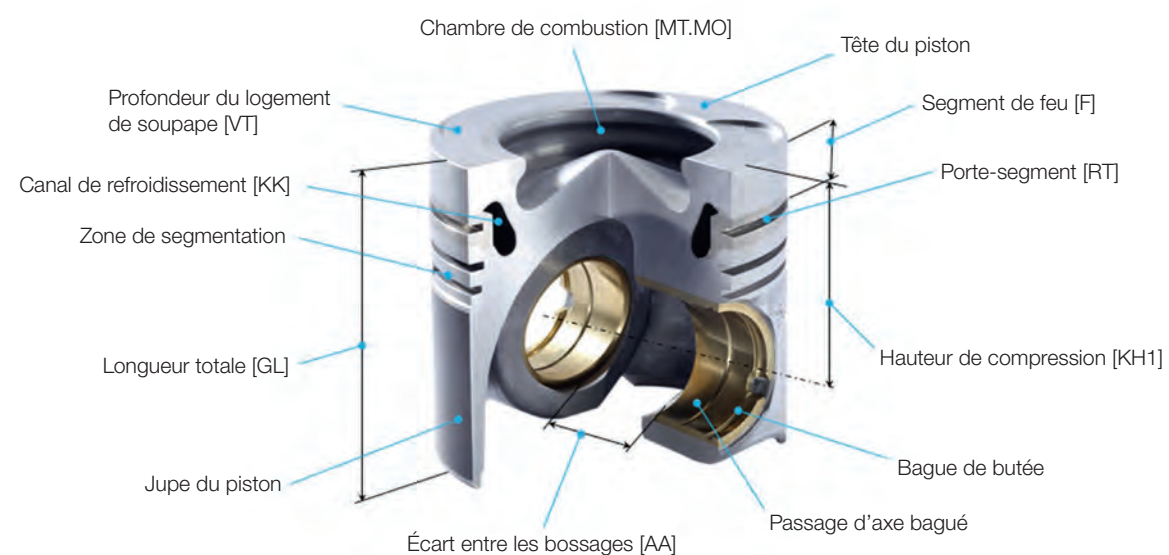
Fig. 3 Fumées sortant du pot d'échappement



2. Piston

Les pistons de rechange MAHLE Original sont livrés prêts au montage, avec leurs segments installés. Les dimensions principales et les caractéristiques des pistons sont indiquées dans le catalogue. Le diamètre de l'axe du piston, le jeu et le sens de montage figurent sur la tête de piston. Le diamètre du cylindre est égal à la somme du diamètre de l'axe du piston et du jeu de montage correspondant.

Veuillez respecter le sens de montage lors de l'installation du piston. Répartissez les coupes des segments de manière régulière sur la circonférence du piston. Placez le circlip de manière à ce que la coupe se trouve en haut ou en bas. Huilez l'alésage du cylindre ou le piston et ses segments. Afin d'éviter tout dommage lors du montage du piston dans l'alésage du cylindre, utilisez un outillage approprié (par ex. collier).



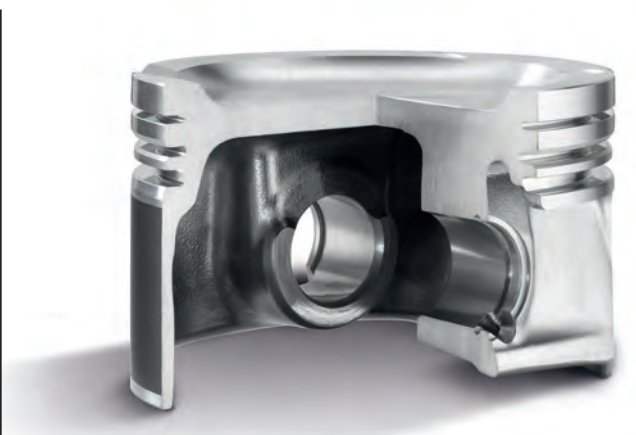
Modèles

En tant que plus grand fabricant de pistons au monde, nous offrons une gamme diversifiée de produits et de matériaux.

Notre catalogue comprend des pistons en aluminium coulés ou soudés par faisceau d'électrons, ainsi que modèles composites avec des jupes en aluminium, en fonte nodulaire et en acier. Les pistons composites sont vissés avec des têtes en acier forgé, un matériau qui a fait ses preuves. Les pistons acier existent en modèle vissé, mais aussi soudé par friction ou brasé à haute température. La gamme MAHLE pour les gros moteurs comprend des produits d'un diamètre allant jusqu'à 580 mm.

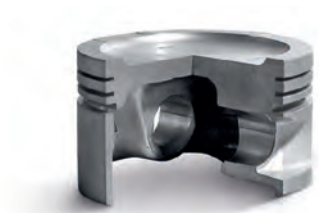
Domaines d'application des pistons grande classe

- Véhicules ferroviaires
- Véhicules spéciaux
- Technologie navale
- Industrie gazière et pétrolière
- Moteurs industriels



Pistons ECOFORM® à noyau latéral oblique

Pistons allégés pour les moteurs essence de véhicules particuliers. Grâce à une technique de coulée spéciale, ces pistons combinent poids réduit et grande solidité.



Pistons AUTOTHERMATIK®/HYDROTHERMATIK®

Ces pistons sont essentiellement utilisés dans les moteurs essence et diesel de véhicules particuliers très sollicités. Ils comportent des bandes d'acier intégrées à la coulée, mais ne sont pas fendus, formant ainsi un bloc homogène plus résistant.



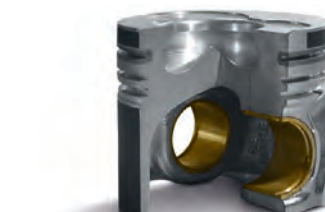
Pistons AUTOTHERMIK®/HYDROTHERMIK®

Ces pistons très silencieux sont surtout installés dans les moteurs de véhicules particuliers. Ils comportent des bandes d'acier intégrées à la coulée et présentent une entaille à la jonction de la zone de segmentation et de la jupe.



Pistons à porte-segment refroidi

Sur ces pistons, le porte-segment et le canal de refroidissement sont réunis grâce à une procédé de fabrication spécial. La dissipation de la chaleur s'en trouve nettement améliorée, particulièrement au niveau de la première gorge.



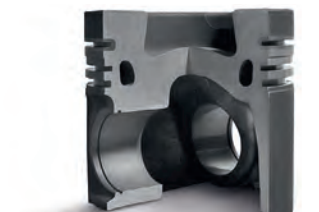
Pistons à porte-segment et passage d'axe bagué

Ces pistons pour moteurs diesel sont dotés d'un porte-segment en fonte spéciale, solidement fixé par du métal au matériau du piston pour augmenter la résistance à l'usure, en particulier dans la première gorge des moteurs diesel. Des passages d'axe bagués en matière spéciale améliorent la résistance des bossages.



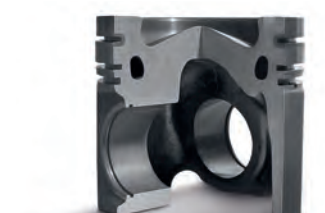
Pistons MONOTHERM®

Extrêmement solides, ces pistons monobloc en acier forgé destinés aux véhicules particuliers et utilitaires ont été spécialement conçus pour les chambres de combustion modernes soumises à des pressions de 220 bar et plus. Dans la variante combinant jupe ouverte et axe court, le poids du piston est comparable à celui d'un piston en aluminium.



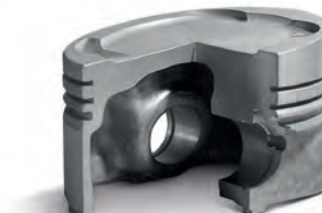
Pistons à porte-segment avec canal de refroidissement et tête renforcée

Ces pistons sont destinés aux moteurs diesel fortement sollicités. La tête de ces pistons est revêtue d'une couche anodisée spéciale (couche HA) pour une protection supplémentaire et pour éviter les fissures sur le bord de la chambre de combustion et la tête de piston.



Pistons à porte-segment avec canal de refroidissement

Ces pistons sont utilisés dans toutes les applications soumises à de hautes températures. En raison des températures plus élevées dans la tête et la zone de segmentation du piston, de l'huile circule dans le canal de refroidissement pour assurer un refroidissement intense.



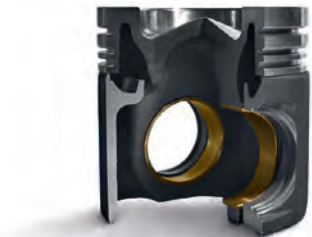
Pistons coulés à jupe pleine

La tête de piston, la zone de segmentation et la jupe forment une seule pièce, très solide. Ces pistons coulés à jupe pleine affichent une grande longévité et sont destinés aux moteurs essence et diesel. Leur application s'étend des modèles réduits aux gros moteurs.



Pistons forgés à jupe pleine

Ces pistons sont principalement utilisés dans les moteurs de série et de voitures de courses fortement sollicités. Le procédé de fabrication utilisé augmente leur résistance, ce qui permet de réduire l'épaisseur des parois et le poids des pistons.



Pistons FERROTHERM®

Ces pistons se composent d’une tête en acier et d’une jupe en aluminium, reliées de manière mobile par l’axe de piston. Très résistants et peu sensibles à l’usure, ils permettent aux moteurs diesel fortement sollicités de maintenir leurs taux de gaz d’échappement et d’émissions dans les limites autorisées.



Pistons 2 temps

En alliages d’aluminium spéciaux, ces pistons résistent à toutes les contraintes mécaniques et thermiques inhérentes aux moteurs à 2 temps.



Pistons pour utilitaire MonoWeld®

Ces pistons acier soudés par friction affichent une capacité de charge thermique élevée et des pressions d’allumage supérieures à 230 bar. Sa structure fermée et rigide assure un meilleur refroidissement des bords de la chambre de combustion grâce à des parois plus minces. La jupe solidaire de l’axe permet d’améliorer le guidage latéral et de réduire la tendance à la cavitation.

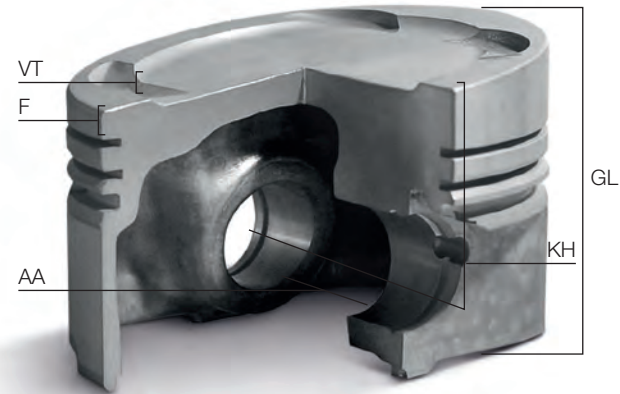
Terminologie

Types de pièces brutes

- F = piston coulé
- KB = piston FERROTHERM®
- L = piston à jupe pleine
- MT = piston MONOTHERM®
- P = piston forgé
- V = piston AUTO-/HYDROTHERMIK®/ piston AUTO-/HYDROTHERMATIK®

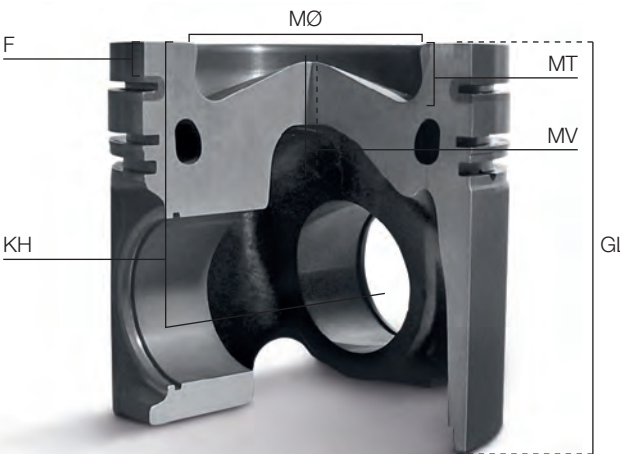
- AK = encoche pour buse d’huile de refroidissement
- DRT = double porte-segment
- KK = canal de refroidissement
- RT = porte-segment
- GRT = porte-segment refroidi
- Fe = revêtement acier
- HA = anodisation dure
- C = revêtement graphite

Terminologie



Piston (dimensions)

- AA = écart entre les bossages
- F = hauteur du segment de feu
- GL = longueur totale
- KH = hauteur de compression
- MØ = diamètre de la chambre de combustion
- MT = profondeur de la chambre de combustion
- MV = décalage de la chambre de combustion
- ÜH = surélévation
- VT = profondeur du logement de soupape



Axe de piston

Dimensions de l’axe :
diamètre extérieur de l’axe x longueur totale

- FB = axe profilé
- NB = passage d’axe bagué
- S = bielle à serrage
- T = bielle trapézoïdale
- ST = bielle étagée

Conseils de montage

Les pistons de rechange MAHLE sont livrés prêts au montage, avec leurs segments installés. Le diamètre de l'axe du piston, le jeu et le sens de montage figurent sur la tête de piston. Le diamètre du cylindre est égal à la somme du diamètre de l'axe du piston et du jeu de montage correspondant. Pour les pistons à jupe en graphite, déduisez également l'épaisseur du revêtement, soit 0,015 à 0,020 mm, du diamètre de piston mesuré pour obtenir le diamètre nominal.

Exemple

Diamètre mesuré sur le revêtement graphite	90,00 mm
Diamètre marqué sur la tête de piston	– 89,96 mm
Épaisseur du revêtement graphite	0,04 mm

Les segments sont montés avec le plus grand soin. À chaque opération de démontage et remontage inutile, le moindre écartement excessif risque de provoquer des déformations permanentes et de nuire à leur bon fonctionnement. Les axes de pistons sont protégés par un emballage anticorrosion et joints aux pistons avec leurs circlips respectifs (si nécessaire). Les axes sont fournis dans la cote adaptée au type de piston et sont interchangeable. Cependant, certains pistons et axes portent un marquage de couleur. Ils ne doivent en aucun cas être remplacés par d'autres modèles.

Assemblage du piston et de la bielle

Avant de procéder à l'assemblage, vérifiez le parallélisme des alésages des bielles (flexion et torsion) et, au besoin, remplacez-les. Lors de l'assemblage, assurez-vous que toutes les pièces sont suffisamment lubrifiées. Les pistons et les bielles doivent impérativement être assemblés en respectant le sens de montage spécifié.



Axe serré dans la bielle

L'assemblage des pistons et des axes serrés dans la bielle nécessite le plus grand soin. Il est essentiel que le piston et l'axe puisse bouger librement après l'assemblage.

Axe flottant dans la bielle

Sur les pistons à axe flottant dans la bielle, le piston est maintenu dans son alésage par des circlips.

Ces derniers doivent être montés avec un outil adapté. Veillez à ce qu'ils épousent parfaitement les gorges prévues à cet effet et que leur coupe soit toujours placée dans le sens de la course du piston. Utilisez uniquement des circlips neufs et évitez de trop les serrer, ce qui pourrait conduire à des déformations permanentes.

Montage du piston

Veillez respecter le sens de montage lors de l'installation du piston. Répartissez les coupes des segments de manière régulière sur la circonférence du piston. Placez le circlip de manière à ce que la coupe se trouve en haut ou en bas. Huilez l'alésage du cylindre ou le piston et ses segments.

Afin d'éviter tout dommage lors du montage du piston dans l'alésage du cylindre, utilisez un outillage approprié (par ex. collier).

Sur les moteurs diesel, mesurez l'écartement et suivez scrupuleusement les instructions du motoriste.

Ne dévissez jamais les têtes des pistons à revêtement anodisé.

N'utilisez que des joints de culasse et des filtres à air, carburant et huile homologués par les motoristes.

Avant de procéder au montage, nettoyez minutieusement toutes les pièces (bloc-cylindres, vilebrequin, bielle et carter d'huile) en éliminant tout résidu d'usinage et tout dépôt.



Marquages

Indications sur la tête du piston

- 1

Logo de l'entreprise/la marque. Ces repères sont garants de la qualité MAHLE.
- 2

Le sens de montage est indiqué sur la tête du piston en fonction du constructeur du moteur et doit être impérativement respecté. Il peut s'agir, entre autres, du symbole du vilebrequin, d'une encoche moulée ou de termes tels que « devant », « avant » ou « échappement ». Le respect du sens de montage peut être nécessaire en raison d'une tête asymétrique ou d'un alésage de l'axe excentré pour réduire les bruits de fonctionnement. Les pistons destinés à des moteurs aux dimensions de cylindres en pouces affichent également la mention « Std. » ou, pour les surdimensions, « .020 » par ex., en plus du diamètre maximal.
- 3

Le jeu de montage en millimètres correspond à la différence nécessaire entre le diamètre de l'alésage du cylindre et celui de la jupe du piston.

- 4

La mention indiquée correspond au diamètre maximal du piston en millimètres. Les petits pistons ne portent généralement que le marquage du groupe d'appariement et du diamètre nominal. D'autres diamètres ainsi que le jeu de montage peuvent être indiqués sur l'emballage.

La tête du piston peut comporter des marquages supplémentaires :

- A = échappement
- E = admission
- 1 = cylindre 1
- 1/2 = cylindre 1 et 2

Calcul de la dimension nominale de l'alésage du cylindre pour le piston illustré ici :

Diamètre de l'axe de piston (4)	83,93 mm
Jeu (3)	+ 0,07 mm
-----	-----
Diamètre du cylindre	84,00 mm



2.1.1 Tête de piston calcinée

Sur moteurs essence et diesel



Fig. 1 Tête de piston percée à cause de bougies d'allumage ayant un indice thermique incorrect

Diagnostic :

- La tête du piston est percée (Fig. 1).
- Les surfaces autour du trou sont recouvertes de matériau de piston fondu.
- Le segment de feu a fondu (Fig. 2).
- La tête du piston a fondu et la zone de segmentation est partiellement calcinée (Fig. 3+4).

Cause(s) :

Une surchauffe locale peut avoir causé ces dommages, avec quelques différences entre les moteurs essence et diesel.

Moteur essence :

- La bougie d'allumage présente un indice thermique trop faible.

- Il y a eu des allumages par incandescence sur une bougie en surchauffe (voir aussi le chapitre 2.1.2, page 28).

Moteur diesel :

La tête du piston a subi une surchauffe, sans que la chambre de combustion ne soit détériorée. L'aspect de l'injection sur la tête de piston est correct. La température excessive au niveau de la tête du piston peut avoir les causes suivantes :

- La buse d'huile de refroidissement est déformée, arrachée ou absente (erreur de montage).
- L'intervalle de vidange d'huile est trop long. Dans ce cas, il existe un risque de polymérisation de l'huile moteur, susceptible de colmater la buse d'huile de refroidissement de l'huile, notamment avec des biocarburants comme l'huile de colza ou de soja.
- Des corps étrangers, tels que des résidus de joint, entravent la circulation nécessaire dans le circuit d'huile (voir aussi chapitre 2.1.3, page 30).

Solution/prévention :

Moteur essence :

- N'utiliser que du carburant conforme à l'indice d'octane prescrit.
- Régler correctement le système d'injection, le carburateur et l'allumage.
- N'utiliser que des bougies d'allumage conformes aux instructions du fabricant.
- Vérifier l'étanchéité du système d'admission.

Moteur diesel :

- Régler le débit et le moment de l'injection conformément aux instructions du fabricant.
- Contrôler l'étanchéité, la pression et l'aspect de l'injection.
- Respecter l'alignement correct des buses d'huile de refroidissement lors du montage.

- En cas d'utilisation de biocarburants, réduire fortement les intervalles de vidange d'huile.
- Nettoyer soigneusement les canaux d'huile du bloc moteur, du vilebrequin et de la culasse.
- Vérifier le bon fonctionnement du régulateur de pression.



Fig. 2 Segment de feu fondu sur piston essence



Fig. 3 Piston calciné sur moteur diesel



Fig. 4 Segment de feu fondu sur piston diesel

2.1.2 Points de fusion sur la tête du piston et le segment de feu

Sur moteurs essence



Fig. 1 Traces d'érosion sur un piston essence



Fig. 2 Traces de calcination (cliquetis)

Diagnostic :

Les dommages décrits ici comprennent plusieurs étapes, allant des points de fusion au trou dans la tête du piston :

- La surface de la tête du piston et/ou du segment de feu présente localement des traces d'érosion (Fig. 1).
- Le segment de piston est cassé (Fig. 3).
- La tête du piston présente des points de fusion (Fig. 2), allant jusqu'à une tête de piston complètement fondue, y compris une rupture du segment de piston (Fig. 3).
- Le piston est percé.

Cause(s) :

Ces dommages peuvent provenir d'une combustion défectueuse. Il peut y avoir plusieurs causes :

- La combustion utilise un mélange air/carburant trop pauvre pour les raisons suivantes :
 - De l'air extérieur est aspiré.

- Il y a un problème dans la commande du moteur, par ex. dans le débit de carburant.
- Le réglage du carburateur est incorrect.
- Un capteur est défectueux (débitmètre massique d'air, sonde lambda, capteur PMH, etc.).
- Le carburant utilisé n'est pas le bon (indice d'octane trop faible, diesel au lieu d'essence).
- La bougie d'allumage présente un indice thermique trop faible.
- Le point d'allumage est mal réglé.
- La pression de suralimentation est trop élevée (par ex. suite à un tuning).
- Certains composants ou l'ensemble du moteur sont en surchauffe. Les facteurs sont par ex. :
 - Un jeu de soupape trop faible et la surchauffe de la tête de soupape en résultant.
 - Une trop forte température de l'air d'admission.
 - Un défaut dans le circuit de refroidissement, tel qu'un manque d'eau, une courroie trapézoïdale desserrée ou un thermostat défectueux.

Solution/prévention :

- N'utiliser que du carburant conforme à l'indice d'octane prescrit.
- Régler correctement le système d'injection, le carburateur et l'allumage.
- N'utiliser que des bougies d'allumage conformes aux instructions du fabricant.
- Examiner l'étanchéité du système d'admission.
- Sur les culasses retouchées, installer un joint plus épais et tenir compte de la hauteur de compression réduite sur les pistons surdimensionnés.
- Sur les moteurs suralimentés, s'assurer que la pression de suralimentation est correcte.



Fig. 3 Rupture du segment

2.1.3 Points de fusion sur la tête du piston et le segment de feu

Sur moteurs diesel



Fig. 1 Couronne de piston fondue sur piston diesel



Fig. 2 Point de fusion sur le segment de feu et grippage sur la jupe



Fig. 3 Décoloration due à une surchauffe sur piston FERROTHERM®



Fig. 4 Buse d'huile de refroidissement cassée

Diagnostic :

Les dommages décrits ici comprennent plusieurs étapes, allant des légères détériorations sur le piston à la casse du moteur :

- La tête du piston présente des traces d'érosion.
- La tête du piston présente des points de fusion, allant jusqu'à la tête de piston complètement fondue (Fig. 1).
- Dans les cas extrêmes, le piston est grippé sur toute sa longueur et sur toute sa circonférence.
- Le tête de piston est percée.

Cause(s) :

Ces dommages résultent d'une surcharge thermique du piston. Il existe deux causes possibles avec des dommages d'aspect différent :

1. Dysfonctionnement du processus de combustion :

Le diagnostic peut être établi à l'aide des caractéristiques suivantes :

- Le bord de la chambre de combustion est « rongé », localement avec des matériaux fondus.
- L'aspect de l'injection n'est pas correct.
- La pression d'injection et le débit des injecteurs sont mal réglés.
- Un dysfonctionnement du processus de combustion peut avoir plusieurs origines :
 - Un mélange air-carburant trop gras pour les causes suivantes :
 - La prise d'air est réduite, par ex. le filtre à air est bouché.

Solution/prévention :

- Régler le débit et le moment de l'injection conformément aux instructions du fabricant.
- Contrôler l'étanchéité, la pression et l'aspect de l'injection.
- Respecter l'alignement correct des buses d'huile de refroidissement lors du montage.
- Démontez les buses d'huile de refroidissement avant de démonter les pistons afin d'empêcher que la bielle ne plie la buse d'huile de refroidissement lorsque les pistons sont tirés.
- Nettoyer soigneusement les canaux d'huile du bloc moteur, du vilebrequin et de la culasse.
- Vérifier le bon fonctionnement du régulateur de pression.
- En cas de fonctionnement avec des biocarburants, utiliser une huile moteur appropriée et respecter les intervalles de vidange d'huile prescrits.

2.1.4 Rupture des segments de piston



Fig. 1 Segments cassés suite à un dysfonctionnement dans le processus de combustion



Fig. 2 Rupture brutale du segment de feu



Fig. 3 Rupture de bas en haut

Diagnostic :

- En cas de segments cassés, il faut distinguer deux courbes de rupture : de haut en bas (Fig. 1) et de bas en haut (Fig. 2+3).
- Des traces d'érosion sont généralement visibles sur la tête de piston, le segment de feu et les flancs de gorge.

Cause(s) :

Ces types de dommages sont causés par des surcharges mécaniques, elles-mêmes provoquées par un dysfonctionnement du processus de combustion ou une erreur de montage.

1. Dysfonctionnement du processus de combustion :

Après l'allumage par étincelle de la bougie, de l'auto-allumage se produit à d'autres endroits de la chambre de combustion et la vitesse de combustion est multipliée par 10. S'ensuivent une montée en pression excessive allant jusqu'à 300 bar par degré d'angle du vilebrequin (valeur normale 3 à 5 bar), des vibrations proches des ultrasons, ainsi qu'une surchauffe due à une combustion irrégulière. Conséquences : des fissures et/ou une rupture des segments et de la jupe du piston, allant du haut vers le bas. Ce dysfonctionnement du processus de combustion est aussi appelé « cliquetis ».

Les causes peuvent être les suivantes :

Moteur essence :

- Le point d'allumage est incorrect (allumage précoce).
- Le mélange air-carburant est trop pauvre.

- On a fait le plein avec du diesel au lieu de l'essence (même des ajouts minimes dans l'essence sont déjà dangereux).
- L'air d'admission est trop chaud.
- Le taux de compression est trop élevé.

Moteur diesel :

Comme pour un cliquetis dans le moteur à essence, un retard à l'allumage trop important entraîne une combustion incontrôlée avec des pics de pression élevés et à une surcharge mécanique des segments. Causes possibles :

- La pression de compression est trop faible.
- La pression d'injection des buses est trop faible.
- Les aides au démarrage, par ex. le spray d'aide au démarrage, n'ont pas été utilisées à bon escient.
- Les injecteurs ne sont pas étanches.
- Une trop grande quantité de carburant est injectée.
- On a fait le plein d'essence au lieu de diesel.

2. Erreur de montage :

- Si les segments ont été montés sans feillard plastique, ils ne se trouvent souvent pas entièrement dans la gorge. Ensuite, lorsque l'on frappe le piston, les bagues dépassent par endroit et se bloquent sur la face avant de l'alésage. Il en résulte une rupture typique des segments de bas en haut (Fig. 2+3).
- En revanche, sur les moteurs à deux temps, la rupture se produit du haut vers le bas en cas d'erreur de montage, le piston étant inséré dans le cylindre par le bas.

Solution/prévention :

- N'utiliser que du carburant conforme à l'indice d'octane prescrit.
- Régler correctement le système d'injection, le carburateur et l'allumage.
- N'utiliser que des bougies d'allumage conformes aux instructions du fabricant.
- Examiner l'étanchéité du système d'admission.
- Sur les culasses retouchées, installer un joint plus épais et tenir compte de la hauteur de compression réduite sur les pistons surdimensionnés.
- Sur les moteurs suralimentés, s'assurer que la pression de suralimentation est correcte.
- Utiliser des joints en parfait état lors de la révision d'un moteur et remplacer les joints pertinents.
- Vérifier les injecteurs et les remplacer en cas de doute.

2.1.5 Impacts de soupape sur la tête de piston et chocs du piston sur la culasse



Fig. 1 Tête de piston avec chocs causés par la soupape



Fig. 2 Piston ayant cogné contre la culasse



Fig. 3 Rupture transversale du piston au niveau de l'axe du piston

Diagnostic :

- La tête du piston présente des empreintes de soupapes ou des traces de chocs contre la culasse (Fig. 1+2).
- Le piston est arraché de façon transversale par rapport à l'alésage de l'axe (Fig. 3), suite à des chocs extrêmes sur la tête du piston.

Cause(s) :

Les dommages décrits ci-dessus résultent d'une collision avec le piston. Cette collision peut avoir eu lieu avec les éléments suivants :

Une ou plusieurs soupapes :

Causes possibles de la collision :

- En cas de surrégime, les ressorts ne sont plus capables de ramener la soupape à temps et le piston entre en collision avec la(les) soupape(s).
- Le temps de commande des soupape s'est déréglé à cause d'un réglage incorrect après le montage du moteur ou d'un tendeur défectueux, par ex. en raison d'un temps de commande mal réglé ou d'une tension insuffisante de la courroie/chaîne de distribution.
- Une soupape a été arrachée.
- La chaîne de distribution s'est étirée (suite à des intervalles de vidange d'huile trop longs).

Solution/prévention :

- Lors du montage, régler correctement les temps de commande.
- Lors du montage des coussinets de bielle, vérifier le jeu entre le maneton et le grand bossage de la bielle.
- Installer les vis du coussinet de bielle selon les indications du constructeur automobile (consignes de serrage pour le remplacement).
- Lors du montage, contrôler l'écartement sur tous les cylindres.
- En cas de bruit sec lors du fonctionnement, arrêter le moteur et rechercher la cause pour éviter les dommages corollaires.

2.1.6 Fissures sur la tête de piston



Fig. 1 Fissures sur le bord de la chambre de combustion



Fig. 2 Piston cassé jusqu' dans l'alésage de l'axe



Fig. 3a Fissures sur le bord de la chambre de combustion



Fig. 3b Gros plan

Diagnostic :

- La tête du piston comporte des fissures (Fig. 1).
- Le piston est cassé dans le sens de l'axe du piston (Fig. 2).
- Il y a des fissures sur le bord de la chambre de combustion (Fig. 3a+b).

Cause(s) :

Ces fissures sont dues à une surcharge mécanique ou thermique du piston.

Surcharge mécanique :

La surcharge mécanique du piston résulte souvent d'un tuning.

- Une augmentation excessive des performances (tuning) du moteur génère une surcharge du piston, en particulier dans le sens de l'axe du piston. Il s'en suit alors la formation de fissures dans l'alésage de l'axe ou une rupture longitudinale dans le sens de l'axe du piston.
- Le tuning du moteur en augmentant nettement les pressions d'allumage ou en modifiant la géométrie de l'axe du piston (réduction du poids) peut surcharger le piston mécaniquement. Ainsi, sous l'action de la pression d'allumage, l'axe du piston devient ovale, ce qui peut entraîner des tensions élevées dans l'alésage de l'axe et la rupture du piston dans le sens de l'axe.
- Du fait de la réduction du poids du piston, les contraintes qui se produisent ne sont plus absorbées, ce qui provoque des fissures dans le matériau.

Surcharge thermique :

Un dysfonctionnement du système d'admission, une augmentation des performances (tuning) ou l'aide au démarrage sur les moteurs diesel provoquent une arrivée de carburant trop importante dans la chambre de combustion, ce qui a pour conséquence des contraintes thermiques extrêmement variables sur le piston. Cela peut entraîner des fissures sur le bord de la chambre de combustion, en particulier sur les moteurs diesel (Fig. 3a+b).

Solution/prévention :

- Ne faire augmenter la puissance et apporter les modifications nécessaires au moteur que par le motoriste ou par des tuners de moteur expérimentés.
- Régler le système d'injection conformément aux instructions du fabricant.

2.2.1 Grippage côté pression et contre-pression

Uniquement sur la jupe du piston



Fig. 1 Grippage sur piston FERROTHERM®, décolorations thermiques sur la chemise de cylindre



Fig. 2 Grippage sur la jupe à cause d'un manque de jeu

Diagnostic :

- La jupe du piston présente des traces de grippage avec des stries, côté pression et contre-pression (Fig. 1).
- Les zones de grippage sont partiellement brillantes, comme après un polissage (Fig. 2).
- Le grippage est plus intense vers le bas de la jupe.
- Les segments et la zone de segmentation sont en bon état.
- Sur un piston en deux parties (FERROTHERM®) : grippage important sur toute la jupe du piston. Léger grippage dans la zone de segmentation de la tête en acier.

Cause(s) :

Une surchauffe locale peut avoir causé ces dommages. La couronne et la tête du piston n'étant pas endommagés, il est possible d'exclure un dysfonctionnement du processus de combustion. Il reste deux causes possibles :

Grippage par manque de jeu (surchauffe) :

Le moteur a subi une surchauffe pour les raisons suivantes :

- Le niveau de liquide de refroidissement est trop faible.
- La circulation du liquide de refroidissement est insuffisante, par ex. à cause d'une pompe défectueuse, d'une courroie trapézoïdale détendue ou déchirée, d'un thermostat défectueux, d'un Visco®-coupleur détérioré ou d'un ventilateur défectueux
- La purge de l'air du moteur n'est pas correcte.
- L'utilisation d'un produit d'étanchéité pour radiateur a pour effet de réduire les coupes transversales du radiateur.

L'aluminium du piston se dilatant deux fois plus que la fonte grise du cylindre, une contrainte thermique trop importante (moteur froid, piston chaud) peut provoquer un grippage du piston.

Grippage par manque de jeu (défaut d'usinage) :

L'alésage du cylindre n'a pas été usiné à la dimension correcte (diamètre du piston plus jeu de montage). Les dommages se produisent dès la première mise en service, quand le moteur atteint la température de fonctionnement.

Solution/prévention :

- Respecter impérativement les dimensions correctes du cylindre, à déterminer à l'aide des valeurs indiquées sur le piston (diamètre du piston plus jeu de montage).
- Vérifier le circuit de liquide de refroidissement, à savoir :
 - le niveau de liquide de refroidissement,
 - la pompe à liquide de refroidissement (courroie),
 - le thermostat,
 - le ventilateur.
- Purger le système de refroidissement. Cela concerne le circuit de chauffage, le refroidisseur EGR, le refroidisseur de transmission et d'huile.
- Pour purger le circuit de refroidissement, il est recommandé d'utiliser un dispositif de purge à vide.

2.2.2 Grippage d'un seul côté de la jupe du piston

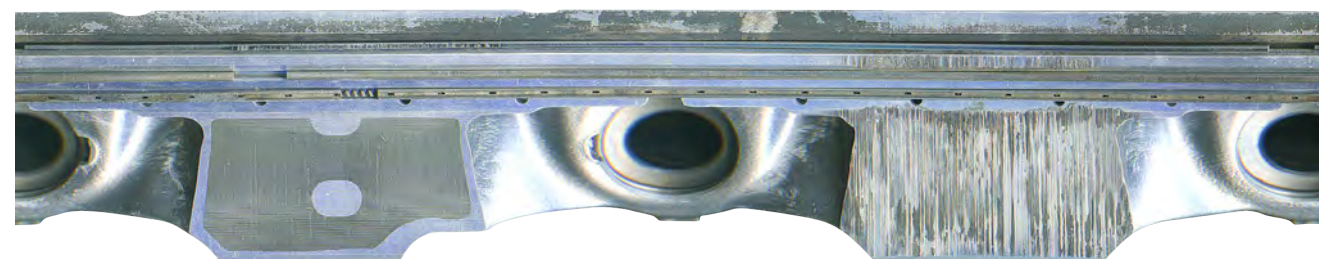


Fig. 1 Grippage d'un seul côté



Fig. 2 Segments avec stries et traces de brûlure

Diagnostic :

- Le grippage n'est visible que du côté pression sur la jupe du piston (Fig. 1).
- La portée ne présente aucune particularité côté contre-pression.
- Les segments présentent des traces de brûlure (Fig. 2).

Cause(s) :

Le piston supportant plus de contraintes du côté pression que du côté contre-pression lors du cycle de travail, un manque de lubrification se manifeste d'abord du côté poussée. Les causes suivantes sont possibles :

Teneur élevée en carburant dans l'huile :

- Système d'injection mal réglé
- Mélange de démarrage à froid trop gras
- Injecteurs défectueux
- Trajets courts fréquents

Manque d'huile au niveau de la paroi du cylindre :

- Niveau d'huile trop bas
- Trou d'admission d'huile obstrué dans la bielle
- Buse d'huile de refroidissement défectueuse
- Rodage inapproprié après la réparation du moteur
- Huile avec une capacité de charge trop faible
- Huile diluée par du carburant ou de l'eau condensée (voir aussi le chapitre « 1.2 Excès de carburant », page 8)

Solution/prévention :

- Assurer l'alimentation en huile et vérifier la perméabilité des trous d'huile dans la bielle.
- Utiliser uniquement des huiles autorisées par le motoriste.
- Faire tourner le moteur à régime moyen et à charge moyenne immédiatement après l'assemblage.
- Contrôler impérativement le niveau d'huile de manière régulière ; si nécessaire, faire l'appoint.
- Contrôler la pression d'huile. Une pression d'huile trop faible peut provenir d'une pompe à huile usée, d'un filtre encrassé, d'un limiteur de pression défectueux sur la pompe à huile ou d'une dilution de l'huile.
- Vérifier le système de refroidissement. Une fuite du refroidisseur d'huile peut causer la présence de liquide de refroidissement dans l'huile et inversement.

2.2.3 Grippage en diagonale à côté de l'alésage de l'axe

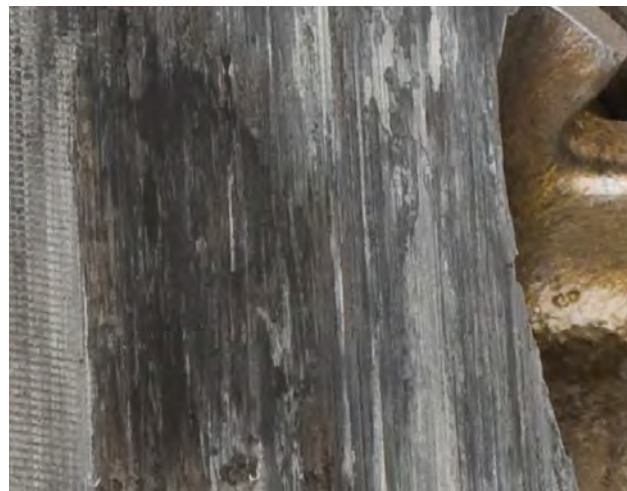


Fig. 1 Traces de grippage en diagonale à côté de l'alésage de l'axe



Fig. 2 Grippage latéral à côté de l'alésage de l'axe



Fig. 3 Traces de grippage sur l'alésage de l'axe

Diagnostic :

- Les traces de grippage ne sont visibles qu'en diagonale à côté de l'alésage de l'axe (Fig. 1).
- Généralement, la jupe du piston ne présente pas de grippage dans les sens de la pression et de la contre-pression (Fig. 2).
- Près du grippage, il y a des surfaces fortement polies.
- Il est difficile d'incliner la bielle autour de l'axe du piston.
- Il y a des traces de grippage dans l'alésage de l'axe (Fig. 3).

Cause(s) :

Ces dommages surviennent lorsque la capacité de charge du film d'huile est insuffisante entre la jupe du piston et les surfaces de frottement des cylindres dans la zone en diagonale à côté de l'alésage de l'axe.

Le film lubrifiant est alors partiellement comprimé. Le contact local qui en résulte entre les surfaces de frottement des cylindres conduit à des grippages localisés.

Causes possibles :

- Le montage de la bielle à serrage est incorrect, par ex. lorsque le piston et la bielle ont été déplacés directement après le frettage. Lors de la répartition de la température, l'axe du piston peut devenir très chaud, se dilater et gripper dans l'alésage de l'axe.
- Les déformations du cylindre limitent fortement le jeu de la course. Comme la zone autour du bossage de l'axe est la partie la plus rigide, le piston ne peut céder à cet endroit.
- Si l'axe du piston n'a pas suffisamment été lubrifié avant l'assemblage du moteur, il se peut que, lors de la mise en marche du moteur réparé, il y ait un manque de lubrification entre le piston et l'axe du piston. Il en résulte un grippage dans le bossage de l'axe, ce qui entraîne une augmentation de la température dans la zone de l'alésage de l'axe.
- Le préchauffage à des régimes trop faibles a été trop long. Les déflecteurs ou les ailettes de refroidissement encrassées subissent une surchauffe locale

Solution/prévention :

- Juste avant l'assemblage du moteur, lubrifier suffisamment la bielle, l'axe du piston et le bossage d'axe et vérifier qu'ils peuvent bouger sans entrave.
- Remplir une partie de la nouvelle huile moteur avec un remplissage sous pression, par ex. via le raccordement du pressostat d'huile, dans le moteur assemblé. Ainsi, lors de la première mise en service, il y a déjà de l'huile moteur dans le boîtier de filtre et le refroidisseur d'huile, ainsi que dans les canaux, les conduites d'huile et les coussinets.
- Faire tourner le moteur à régime moyen et à charge moyenne immédiatement après l'assemblage.

2.2.4 Portée asymétrique sur la jupe du piston



Fig. 1 Portée asymétrique (course oblique) sur la jupe de piston

Diagnostic :

- La jupe du piston présente une portée asymétrique (Fig. 1).
- Le segment de feu est poli à blanc d'un côté dans la direction de l'axe de piston et noirci sur le côté opposé par des dépôts de combustion.

Cause(s) :

Des écarts géométriques dans le guidage du piston provoquent une course oblique dans le cylindre. De ce fait, un côté du piston entre en contact avec le cylindre tandis qu'un écart important se forme du côté opposé, par lequel passent les gaz chauds (pertes de gaz) en brûlant le film lubrifiant. Les segments dont la course est également oblique oscillent en provoquant un mouvement de pompage qui fait augmenter la consommation d'huile (voir aussi le chapitre « 1.4 Consommation d'huile accrue », page 12). Ce déplacement oblique peut avoir les causes suivantes :

- Les alésages de la tête et du pied de bielle ne sont pas parallèles, ce qui crée des écarts d'alignement parce que :
 - la bielle est pliée ou tordue ou
 - la bielle a été alésée en biais.
- La ligne du coussinet du palier est inclinée, ce qui peut être dû par ex. à une usure des demi-coussinets.
- Les vis de culasse sont mal serrées (ordre incorrect ou mauvais couple de serrage). Attention : les cylindres à ailettes refroidis par air sont particulièrement sensibles à ce défaut.
- La base du cylindre à ailettes est encrassée. Le cylindre à ailettes repose donc de biais sur le carter de vilebrequin, entraînant un fonctionnement oblique du piston dans l'alésage du cylindre (course oblique).

Solution/prévention :

- Usiner et installer la ligne du coussinet de palier, le vilebrequin et la bielle en ligne (concentrique).
- Veiller à ce que la bielle soit coudée.
- Serrer les vis de culasse conformément aux instructions du fabricant.
- Lors du montage du moteur, respecter une propreté absolue, par ex. éliminer soigneusement les résidus de joint.

2.2.5 Grippage uniquement sur la partie inférieure de la jupe du piston



Fig. 1 Grippage sur le bas de la jupe par rétrécissement de la chemise de cylindre

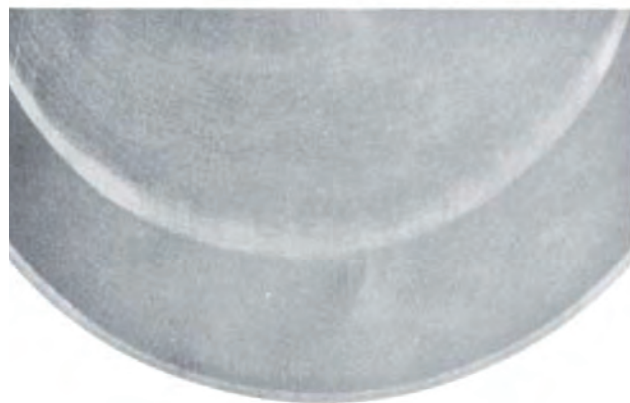


Fig. 2 Ligne brillante tout autour de l'alésage du cylindre

Diagnostic :

- Dans la zone inférieure de la jupe du piston, un grippage nettement délimité est visible (Fig. 1).
- L'alésage du cylindre présente un marque brillante circulaire (Fig. 2).

Cause(s) :

Ces traces sont provoquées par un manque de jeu localisé entre le piston et l'alésage du cylindre dont les causes sont les suivantes :

En cas de manque d'espace dans la rainure du joint, la chemise de cylindre est resserrée dans cette zone. Cela peut être causé par :

- l'utilisation d'un joint incorrect (trop épais),
- l'utilisation d'un produit d'étanchéité supplémentaire,
- un joint décentré ou
- des résidus de l'ancien joint.

Lorsque les vis de culasse ont été serrées avec un couple incorrect et/ou irrégulier, notamment sur des cylindres à ailettes, il existe un risque plus élevé de déformation du cylindre.

Un mauvais réglage de la machine de rodage, par ex. un débordement insuffisant des barres de rodage, peut se traduire par un alésage trop étroit à l'extrémité du cylindre.

Solution/prévention :

- Serrer les vis de culasse conformément aux consignes de serrage.
- Pour éviter un manque de jeu ou une déformation du cylindre, commencer par monter les chemises humides sans joints. Cela permet de détecter à temps un manque de jeu. Ensuite seulement, monter la chemise de cylindre entièrement avec les joints.
- Utiliser uniquement les joints fournis.
- Veiller à ce que les joints soient correctement placés dans les gorges prévues à cet effet.
- Régler correctement la machine de rodage. Pendant et après le rodage, mesurer les alésages du cylindre à plusieurs niveaux et couches.

2.2.6 Forte usure de la jupe du piston avec une surface rugueuse et mate



Fig. 1 Usure due aux impuretés sur la jupe du piston

Diagnostic :

- La consommation d'huile du moteur est trop élevée (voir aussi chapitre « 1.4 Consommation d'huile accrue », page 12).
- Il y a des fuites importantes de gaz (pertes de gaz) avec de mauvaises performances au démarrage, en particulier par temps froid.
- Les deux côtés de la jupe du piston présentent une large portée mate (Fig. 1).
- Le profil d'usinage est partiellement érodé.
- Il y a quelques stries étroites sur la jupe du piston.
- Les segments ont un grand jeu à la coupe et sont usés dans le sens radial.
- Les passerelles sur le segment racleur d'huile sont très usées ou érodées.
- Les flancs des gorges présentent une usure axiale.

Cause(s) :

Ce type de dommage est dû à une usure par encrassement. En fonction du nombre de cylindres détériorés et de l'importance de l'usure des segments, il existe plusieurs cas de figure :

Si un seul cylindre est endommagé

... et que le premier segment est nettement plus usé que le troisième, cela signifie que des impuretés ont pénétré dans la chambre de combustion, via le système d'admission du cylindre, donc par le haut. Ce phénomène résulte soit d'une fuite, soit de dépôts d'impuretés n'ayant pas été éliminés avant le montage.

Si plusieurs ou tous les cylindres sont endommagés

... et que le premier segment est nettement plus usé que le troisième, cela signifie que des impuretés ont pénétré dans la chambre de combustion, via le système d'admission commun à tous les cylindres. Ce phénomène résulte soit de fuites et/ou d'un filtre à air détruit ou absent.

... et que le troisième segment est nettement plus usé que le premier, cela signifie que l'huile moteur est probablement encrassée. L'huile moteur a pu être contaminée par des impuretés dès le remplissage.

Impuretés restées dans le carter du vilebrequin après le montage.

Solution/prévention :

- | | | |
|--|--|--|
| ■ Contrôler l'étanchéité du système d'admission. | ■ Nettoyer le carter de vilebrequin et les tuyaux d'aspiration de toute impureté avant le montage. | ■ Dans l'atelier, conserver le gobelet doseur et l'entonnoir pour l'huile moteur de manière à ce qu'ils ne puissent pas s'encrasser. |
| ■ Contrôler le filtre à air et, au besoin, le remplacer. | ■ Faire attention à la propreté lors du montage. | |

2.3.1 Grippage de l'alésage de l'axe de l'axe



Fig. 1 Grippage de l'alésage de l'axe

Diagnostic :

- Le piston présente un grippage dans l'alésage de l'axe, en particulier dans la partie supérieure (Fig. 1).

Cause(s) :

- L'axe du piston n'a pas été suffisamment lubrifié avant le montage (voir aussi le chapitre « 2.2.3 Grippage en diagonale à côté de l'alésage de l'axe », page 42).
- Un excès de carburant a fortement réduit la capacité de charge du film lubrifiant (voir aussi le chapitre « 1.2 Excès de carburant », page 8).
- La bague de bielle n'a pas été usinée aux dimensions prescrites, le diamètre est donc trop petit. De ce fait, l'axe de piston ne peut se déplacer librement que dans le piston.
- L'alimentation en huile est entravée par un coussinet mal monté (coussinet de palier/coussinet de bielle/bague de bielle) (voir aussi le chapitre « 6.8 Grippage des coussinets », page 128).
- Une huile de qualité inférieure a été utilisée, qui ne répond pas aux exigences données.
- Les contraintes, la chaleur et les résidus d'abrasion dus au grippage du piston ont détruit le film d'huile dans l'alésage de l'axe.
- Ce type de dommage est un stade préliminaire aux dommages décrits au chapitre 2.2.3 « Grippage en diagonale à côté de l'alésage de l'axe » (page 42).

Solution/prévention :

- S'assurer d'un jeu suffisant entre l'axe du piston et la bague de bielle lors du montage.
- Lubrifier suffisamment l'axe du piston avant le montage du moteur.
- Utiliser uniquement des huiles moteur autorisées par le motoriste.
- Respecter le sens de montage des coussinets (trou d'admission d'huile, rainures d'huile).

2.3.2 Paroi érodée au niveau du bossage de l'axe du piston



Fig. 1a Paroi du piston érodée par un circlip desserré ou par des corps étrangers dans l'alésage de l'axe du piston



Fig. 1b Gros plan des surfaces du piston en matière tendre et de la segmentation en matière dure, avec enlèvement de matière identique dans les deux cas

Diagnostic :

- Le piston est érodé dans la zone du bossage d'axe du piston (Fig. 1a).
- Les dommages s'étendent jusqu'à la zone de segmentation.
- La surface est nue et lisse, comme polie (Fig. 1b).
- Les segments peuvent également être endommagés.
- Les traces d'usure sont présentes des deux côtés du piston.

Cause(s) :

Ce type de dommage est causé par des fragments mobiles dans la zone de l'alésage de l'axe, par ex. des corps étrangers ou un circlip arraché en raison d'un surrégime ou d'une erreur de montage.

Les corps étrangers et les fragments peuvent également migrer de l'autre côté du piston à travers l'alésage de l'axe du piston. Par conséquent, il y a généralement des dépôts des deux côtés du piston, même si le circlip n'est arraché que d'un seul côté.

Surrégime :

En cas de surrégime, les deux extrémités du circlip peuvent entrer en résonance et se détacher de la bague de butée.

Erreur de montage :

- Les corps étrangers et les fragments migrent d'un côté à l'autre à travers l'alésage de l'axe du piston. Par conséquent, les dépôts sont souvent présents des deux côtés, bien que le déclencheur (par ex. un circlip arraché) n'ait été que d'un seul côté.
- Un circlip a été inséré tordu.
- Il n'y a pas de circlip dans la gorge ou le circlip est cassé.
- Des circlips usagés ont été utilisés.
- Lors du montage de l'axe du piston, une rupture brutale s'est produite dans la zone de la bague de butée.
- La bielle est mal positionnée (voir aussi la chapitre « 2.2.4 Portée asymétrique sur la jupe du piston », page 44).

Solution/prévention :

- Lors du montage des circlips, s'assurer que la coupe des circlips se trouve à « 6 heures » ou « 12 heures ».
- Par principe, toujours utiliser des circlips neufs et non déformés.
- Avant de monter la bielle, vérifier le parallélisme des alésages (couder la bielle).
- Ne pas forcer sur l'axe du piston lors du montage, par ex. avec des coups de marteau.

3. Segments de piston

Le jeu de segments « N » de MAHLE correspond aux segments utilisés en première monte. Il peut se monter sur des pistons neufs ou déjà utilisés. Pour les pistons déjà utilisés, les jeux de segments

MAHLE « V » et « G » sont une solution rentable pour réguler la consommation d'huile et réduire les pertes de compression.



Les segments doivent être montés de manière à ce que les marquages (par ex. « Top » ou «  ») soient orientés vers le haut (vers la tête de piston).



Modèles et terminologie

Les segments sont montés avec le plus grand soin. À chaque opération de démontage et remontage inutile, le moindre écartement excessif risque de provoquer des déformations permanentes et de nuire à leur bon fonctionnement.

Modèles

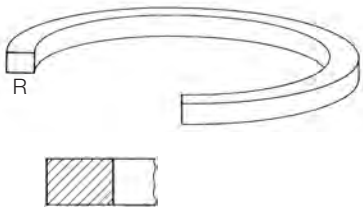
- Cr = chrome
- CrC = chrome multicouche
- CrK = chrome-céramique
- Fe = ferro-oxyde
- Mo = molybdène
- P = phosphate
- N = nitruré
- PVD = revêtement plasma
- IF = chanfrein intérieur (haut)
- IFU = chanfrein intérieur (bas)
- IW = angle intérieur (haut)
- IWU = angle intérieur (bas)

Conversion de millimètres en pouces

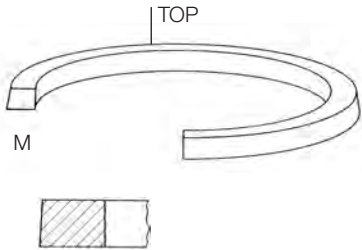
mm	pouces
1 600	1/16
1 990	5/64
2 385	3/32
3 160	1/8
3 947	5/32
4 747	3/16
6 335	1/4

Segments d'étanchéité

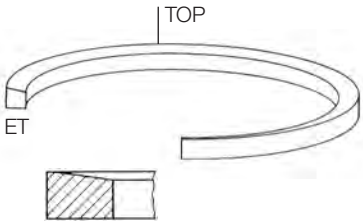
Segment rectangulaire



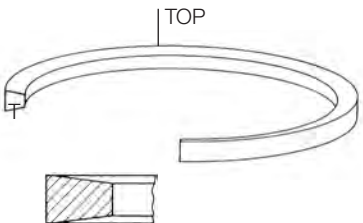
Segment conique



Segment semi-trapézoïdal

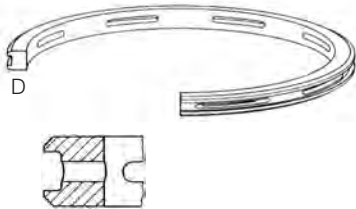


Segment trapézoïdal

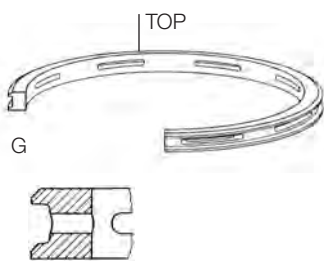


Segments racleurs d'huile

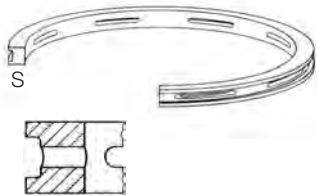
Segment racleur à chanfreins convergents



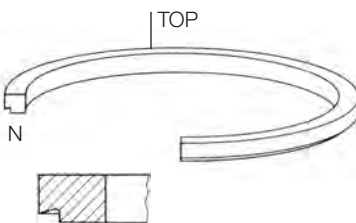
Segment racleur à chanfreins parallèles



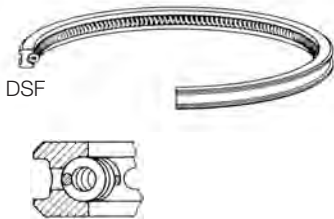
Segment racleur à fentes



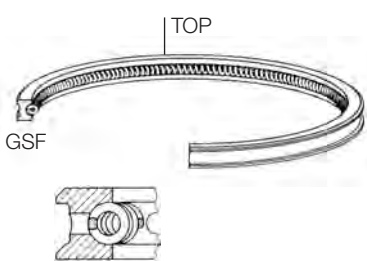
Segment à talon



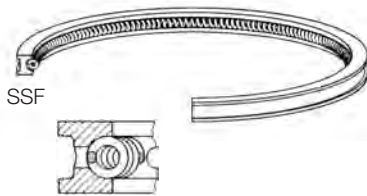
Segment racleur à chanfreins convergents avec ressort spiroïdal



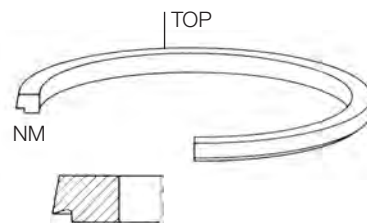
Segment racleur à chanfreins parallèles et ressort spiroïdal



Segment racleur à fentes avec ressort spiroïdal



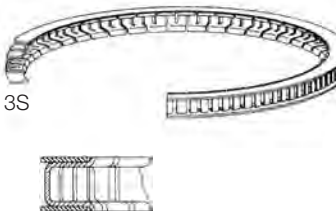
Segment conique à talon



Segment racleur U-flex (multi pièces)



Segment racleur d'huile (multi pièces)



Conseils de montage

Nettoyez soigneusement les gorges avant de monter les segments. Veillez impérativement à n'endommager ni les flancs ni les rayons du fond des gorges.

Utilisez une pince à segment adaptée pour monter les segments, en commençant par le bas. Veillez à ne pas trop les écarter. Les segments pourraient se déformer et ne plus assurer correctement leur fonction d'étanchéité.

Tenez absolument compte du marquage TOP. Pour les anneaux marqués TOP, veillez à les installer avec le marquage vers le haut vers la tête du piston.

Dans le cas des segments à ressort spiroïdal, orientez la coupe du ressort (l'extrémité avec fil de liaison) à 180° par rapport à la coupe du segment. Si le ressort spiroïdal est recouvert d'une ruban de téflon, veillez à ce qu'elle repose sur la coupe du segment.

Les segments à lamelles d'acier (segments 3S) exigent une attention particulière lors du montage. Après avoir mis le ressort, montez les de manière à ce que leurs coupes se placent dans la direction de l'alésage de l'axe du piston. Lors du montage de la lamelle supérieure, maintenez les extrémités du ressort afin d'éviter un chevauchement (suivez le marquage de couleur). Procédez ensuite au montage de la lamelle inférieure.

Pour les pistons avec arrêts dans les gorges, assurez-vous que les coupes soient positionnées contre les tiges d'arrêt.

Une fois tous les segments montés, répartissez les coupes de manière uniforme sur le pourtour du piston (par ex. décalée de 120° pour un piston à 3 segments).

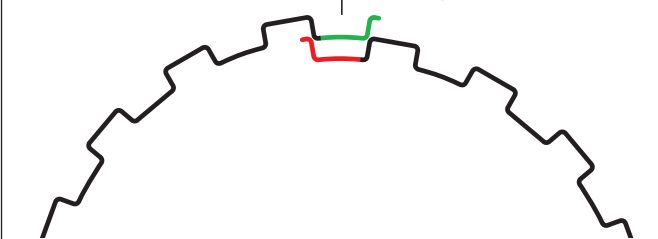
Vérifiez le jeu des coupes après le montage des segments. Il ne doit pas dépasser 0,100 mm. Si c'est le cas, remplacez le piston.

Les jeux de segments prennent en compte une certaine usure des surfaces de frottement des cylindres. Cependant, elle ne doit pas dépasser 0,100 mm env. (par rapport au diamètre du cylindre). Si l'usure est plus importante, utilisez une chemise de cylindre neuve ou agrandissez l'alésage du cylindre et utilisez un piston surdimensionné en conséquence.

N'utilisez jamais de segments chromés sur des surfaces de frottement chromées.

Incorrect !

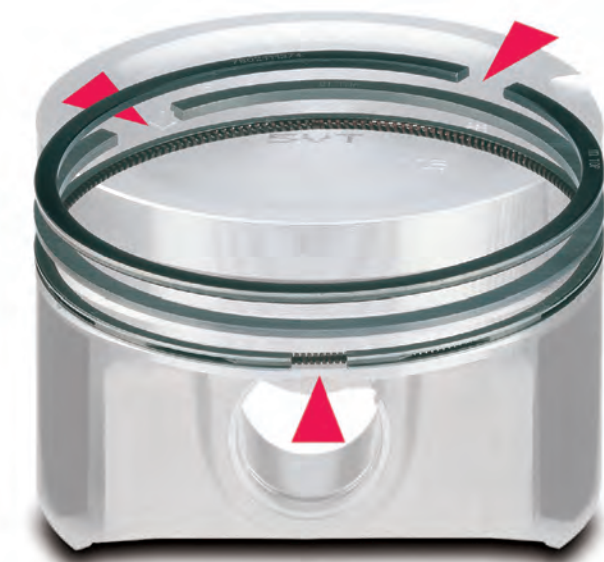
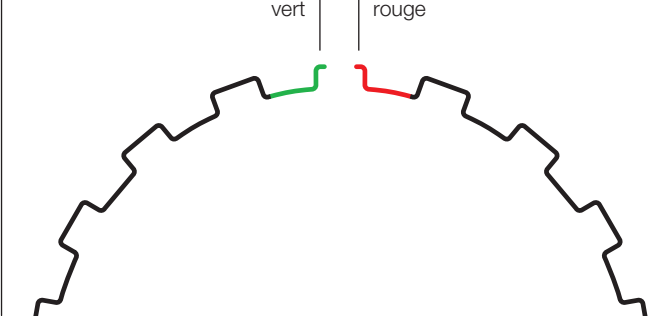
Chevauchement de la coupe



Correct

Repère vert

Repère rouge



3.1 Traces de brûlures et de grippage sur la jupe du piston

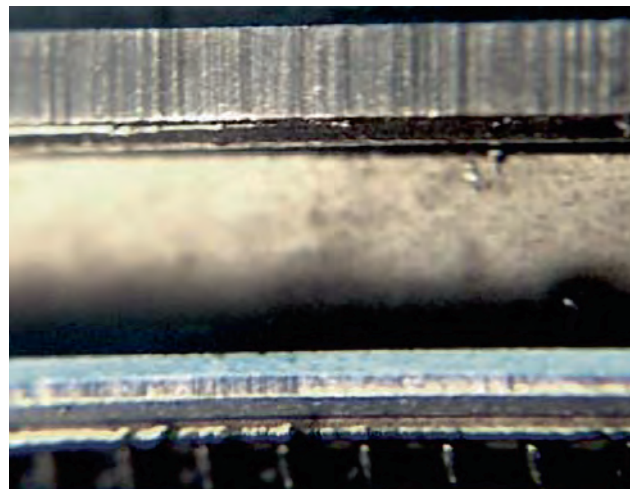


Fig. 1 Segments avec stries et traces de brûlure

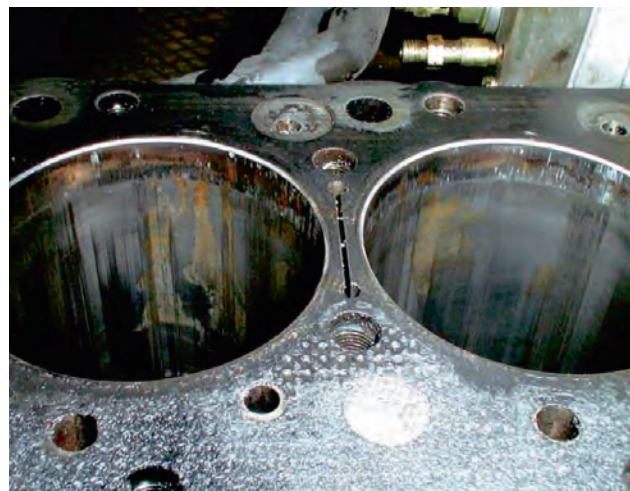


Fig. 2 Alésage de cylindre avec stries longitudinales

Diagnostic :

- Toute la circonférence des segments présente des stries de grippage et des traces de brûlure (Fig. 1).
- Le grippage est visible sur la jupe du piston.
- Des stries longitudinales sont présentes dans l'alésage du cylindre (Fig. 2).

Cause(s) :

Les traces de brûlure sur les segments se produisent généralement en conjonction avec d'autres dommages sur le piston ou le cylindre. Les brûlures sur les segments indiquent une lubrification insuffisante, causée par les facteurs suivants :

- Le moteur a été trop sollicité pendant la phase de rodage. Les segments n'ayant pas encore atteint leur pleine capacité d'étanchéité à ce stade, les gaz de combustion brûlants peuvent s'échapper (pertes de gaz) au niveau du piston et brûler le film d'huile. En plus du grippage des segments, cela peut provoquer un grippage du piston.

Solution/prévention :

Éviter les régimes élevés ou les charges élevées à bas régime pendant la phase de rodage du moteur.

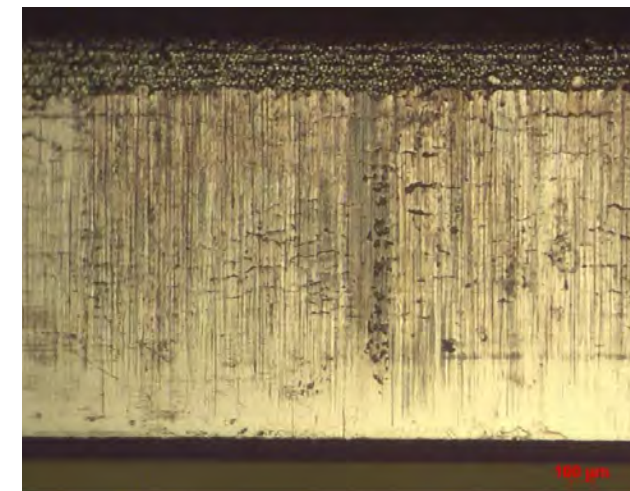


Fig. 3 Segment de piston avec traces de grippage dans le sens de la course

3.2 Détérioration de la zone de segmentation due à la rupture d'un segment de piston



Fig. 1 Dommages sur la tête de piston causés par des fragments du porte-segment



Fig. 2a Rupture du segment causée par du cliquetis

Diagnostic :

- Les segments et/ou le segments de feu piston sont érodés en forme de cuvette (Fig. 1).
- Les surfaces érodées sont nues et lisses.
- Par la suite, des impacts de fragments de segments sont visibles sur la tête du piston.
- Le segment de piston de la gorge érodée est cassé.

Cause(s) :

Les dommages sont causés par la rupture ou des oscillations d'un segment de piston. Causes possibles :

Erreur de montage :

Lors du montage, le segment n'a pas été enfoncé complètement dans la gorge et s'est cassé lors de la mise en place dans le cylindre.

Traces de calcination (cliquetis) :

Des pics de pression lors d'un cliquetis ont entraîné une rupture du segment (Fig. 2a+b).

Jeu de hauteur du segment :

- Les gorges des segments sont usées.
- Le segment de piston est usé.
- En raison de la surcharge thermique du moteur, la résistance du matériau diminue et les gorges s'élargissent.

Solution/prévention :

- Utiliser une sangle de serrage lors du montage des segments.
- Avant le montage, vérifier l'état d'usure des gorges des segments. En cas d'usure excessive des gorges, utiliser un nouveau piston.



Fig. 2b Gros plan d'une rupture de segment

3.3 Forte usure des gorges et des segments

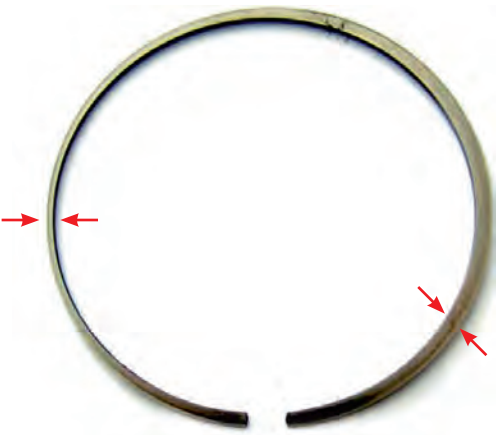


Fig. 1 Segment avec une usure radiale extrême



Fig. 2 Forte usure axiale, notamment sur le premier segment

Diagnostic :

- Les segments présentent une forte usure radiale (Fig. 1). Le jeu à la coupe risque ainsi d'augmenter de quelques millimètres.
- Une forte usure axiale est visible sur les segments et les flancs des gorges (Fig. 2+3).
- La consommation d'huile du moteur est trop élevée (voir le chapitre « 1.4 Consommation d'huile accrue », page 12) et s'accompagne d'une perte de puissance.

Cause(s) :

Ce type de dommage est dû à une usure par encrassement. En fonction du nombre de cylindres détériorés et de l'importance de l'usure des segments, il existe plusieurs cas de figure :

Si un seul cylindre est endommagé

... et que le premier segment est nettement plus usé que le troisième, cela signifie que des impuretés ont pénétré dans la chambre de combustion, via le système d'admission du cylindre, donc par le haut. Ce phénomène résulte soit d'une fuite, soit de dépôts d'impuretés n'ayant pas été éliminés avant le montage.

Si plusieurs ou tous les cylindres sont endommagés

... et que le premier segment est nettement plus usé que le troisième, cela signifie que des impuretés ont pénétré dans la chambre de combustion, via le système d'admission commun à tous les cylindres. Ce phénomène résulte soit de fuites et/ou d'un filtre à air détruit ou absent.

... et que le troisième segment est nettement plus usé que le premier, cela signifie que l'huile moteur est probablement encrassée. L'huile est contaminée par un carter de vilebrequin encrassé et/ou un séparateur de brouillard d'huile encrassé.

Solution/prévention :

- Contrôler l'étanchéité du système d'admission.
- Contrôler le filtre à air et, au besoin, le remplacer.
- Nettoyer le carter de vilebrequin et les tuyaux d'aspiration de toute impureté avant le montage.
- Faire attention à la propreté lors du montage.
- Contrôler, nettoyer ou remplacer le séparateur de brouillard d'huile.

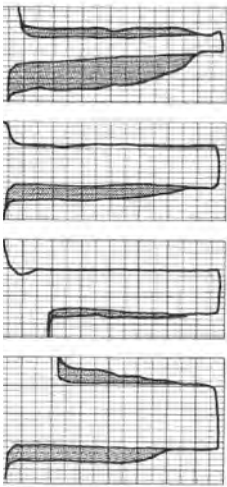
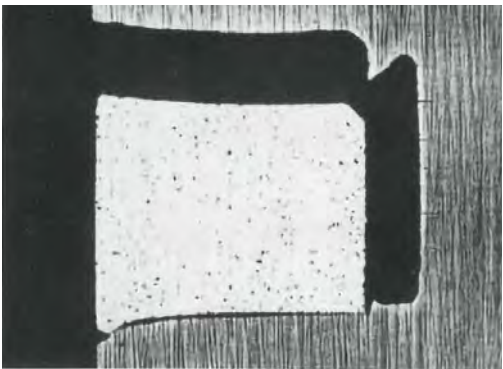


Fig. 3 Usure des gorges



3.4 Forte usure radiale des segments

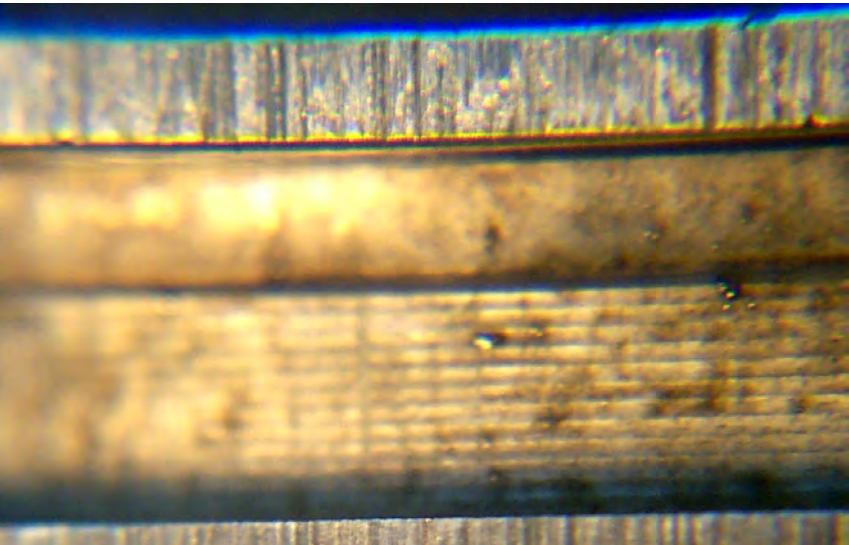


Fig. 1 Forte usure radiale avec une usure axiale relativement faible



Fig. 2 Stries et traces de brûlure sur les segments

Diagnostic :

- Les segments présentent une forte usure radiale (Fig. 1).
- Les surfaces de frottement des segments comportent des stries sur toute leur circonférence dans le sens de la couse.
- Les surfaces de frottement des segments présentent des traces de brûlure (Fig. 2).
- L'usure axiale des segments est faible.
- L'usure axiale des flancs des gorges est également faible.
- Les passerelles du segment racleur d'huile peuvent être érodées (Fig. 2).
- Il y a de fortes stries sur la jupe du piston, associées le cas échéant avec des traces de frottement ou de grippage.

Cause(s) :

- Un excès de carburant dilue le film d'huile, ce qui diminue fortement sa capacité de charge, augmentant ainsi l'usure des pièces moteur. De tels dommages peuvent résulter des causes suivantes :
- Le système d'injection est mal réglé.
 - Le mélange de démarrage à froid est trop gras.
 - Les injecteurs ne fonctionnent pas correctement.
 - En raison d'un écartement trop faible, le piston vient heurter la culasse et provoque une injection incontrôlée des buses.
 - La pression de compression est trop faible, ce qui peut entraîner des ratés à l'allumage. Cela peut résulter des causes suivantes :
 - Une soupape n'est pas étanche.
 - Le joint de culasse n'est pas étanche.
 - Les temps de commande ne sont pas réglés correctement.
 - L'écartement est trop grand.
 - Un ou plusieurs segments sont défectueux.
 - Une erreur s'est produite dans le système d'allumage, par ex. une bougie défectueuse.

Solution/prévention :

- Régler correctement le système d'injection (mélange de démarrage à froid, etc.).
- Contrôler les injecteurs.
- Respecter les dimensions de montage.
- Vérifier les bougies d'allumage et les remplacer au besoin. Les régler conformément aux consignes du fabricant.

3.5 Consommation d'huile accrue après le remplacement des segments de piston

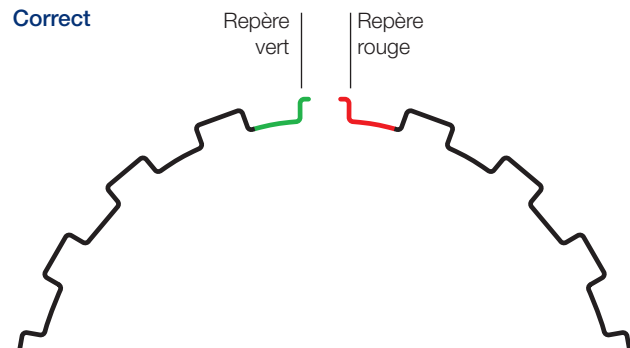


Fig. 1 Ressort d'expansion correctement inséré (les deux repères de couleur sont visibles)

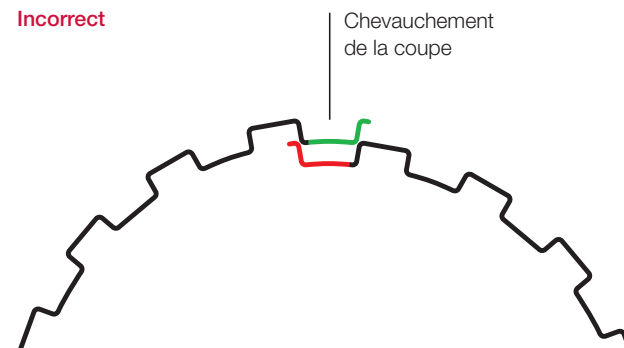


Fig. 2 Retour d'huile

Correct



Incorrect



Diagnostic :

- Après le montage de nouveaux jeux de segments avec segment racleur d'huile en trois parties (type 3S), le moteur émet une fumée bleue et présente une consommation d'huile accrue.
- Souvent, cette augmentation de la consommation ne concerne que certains pistons du moteur.
- La bougie d'allumage et la chambre de combustion du cylindre concerné sont huileuses ou/et couvertes de suie.

Cause(s) :

Lors du montage du segment racleur en trois parties, le ressort d'expansion a été mal installé et se chevauche. La pression exercée par le ressort sur les deux lamelles en acier (rails) est donc trop faible.

Lors de la manipulation du piston, par ex. au moment de monter la bielle, le ressort d'expansion a sauté, de sorte que les deux extrémités de coupe se chevauchent.

La coupe de la lamelle inférieure du segment anneau 3S n'est pas bien positionné (dans la zone de retour d'huile).

Solution/prévention :

- Insérer le ressort d'expansion de manière à ce que les extrémités ne se chevauchent pas.
- Installer les lamelles inférieure et supérieure (rail) à 120° à gauche ou à droite de la coupe du ressort d'expansion.
- Ne jamais placer la coupe de la lamelle dans la zone de retour d'huile.
- Avant de monter le piston dans l'alésage du cylindre, vérifier à nouveau la coupe du ressort d'expansion. Les deux repères de couleur aux extrémités doivent être visibles (Fig. 1). Si un seul repère de couleur est visible, démonter le segment racleur d'huile et le remettre en place correctement.
- Ne jamais placer la coupe de la lamelle dans la zone de retour d'huile (Fig. 2). Sinon, la lamelle risque de se détacher de la gorge.
- Contrôler, nettoyer ou remplacer le séparateur de brouillard d'huile.



Une qualité qui s'impose –
sur mesure et durable

4. Chemises de cylindre

Les chemises de cylindre MAHLE (WN/LW + WT/LD) et les cylindres à ailettes (WR/LF) ont un alésage de cylindre fini usiné (rodé) ou déglacé (WV/LP) en fonction du modèle du motoriste. Les dimensions principales et les caractéristiques des cylindres sont indiquées dans le catalogue.



Chemise de cylindre humide (WN/LW)

Nettoyez soigneusement les alésages de logement et les surfaces d'appui dans le bloc-cylindres et ne les endommagez pas. Réusinez les surfaces corrodées (utiliser des chemises à collerette ou diamètre extérieur surdimensionnés) en veillant à un positionnement correct (dépassement de la chemise conforme aux consignes du motoriste). Une fois la chemise installée avec les joints d'étanchéité correspondants (utiliser du lubrifiant), vérifiez le diamètre du cylindre, en particulier dans la zone des joints, afin de détecter les éventuels rétrécissements en cas de pincement du joint. Une mauvaise étanchéité (diamètre et matériau) peut entraîner un étranglement du cylindre et donc des dégâts moteur. C'est pourquoi nous recommandons d'utiliser les cylindres MAHLE avec les jeux de joints MAHLE correspondants.

Chemise de cylindre sèche (WT/LD)

Avant d'installer la chemise, nettoyez soigneusement l'alésage de logement dans le bloc-cylindres et contrôlez la stabilité dimensionnelle pour détecter d'éventuelles déformations. Il est important que l'alésage de logement soit circulaire et cylindrique, car il détermine la géométrie intérieure de la chemise à paroi mince utilisée.

Par principe, n'utilisez pas d'huile ou de graisse pour insérer les chemises, car elle se calamine et empêche le flux de chaleur. Il est préférable d'utiliser des lubrifiants spéciaux, tels que le bisulfure de molybdène.

Chemise de cylindre ébauchée (WV/LP)

La surface d'appui de la collerette doit être perpendiculaire à l'alésage de logement, plane et suffisamment chanfreinée. Une surface inégale de la collerette peut entraîner le déchirement de la chemise.

Dans ce cylindre, l'alésage n'est que pré-percé. Après avoir enfoncé le cylindre, l'alésage du cylindre est finement percé pour arriver à la dimension nominale.

La surface frontale de la chemise doit être plane par rapport à la surface d'étanchéité du bloc-cylindres. Si nécessaire, rectifiez la surface du bloc et la chemise.

Cylindre à ailettes (WR/LF)

Selon les modèles, les motoristes utilisent des cylindres en fonte grise ou en alliage léger.

Les cylindres en alliage léger (par ex. avec des surfaces de frottement en NIKASIL®, SILUMAL®, Cromal®) sont divisés en plusieurs groupes en raison des petits jeux d'installation sur certains types de cylindres. Il faut donc utiliser le piston qui convient au groupe d'appariement. Nous recommandons d'utiliser un ensemble complet (cylindre + piston) appariées dans l'usine MAHLE.

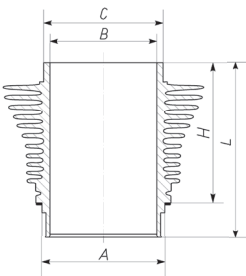
Modèles et terminologie

Dimensions principales

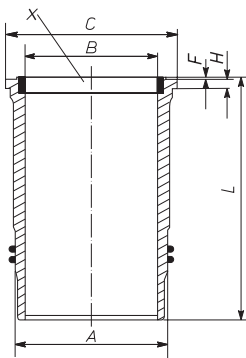
- A = diamètre d'ajustement
- B = diamètre fini maximal admissible pour les chemises ébauchées
- C = diamètre de la collerette
- F = hauteur pare-feu
- H = hauteur de la collerette
- L = longueur totale
- R = hauteur de rotation libre
- X = anneau de chemise

Les cylindres et les chemises MAHLE sont parfaitement adaptés à leurs partenaires tribologiques que sont les pistons et les segments.

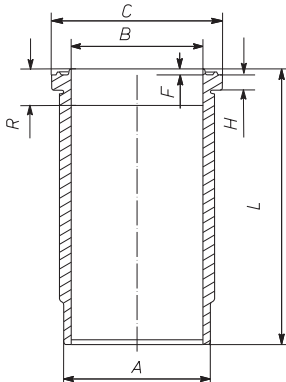
Cylindre à ailettes



Chemise humide



Chemise sèche



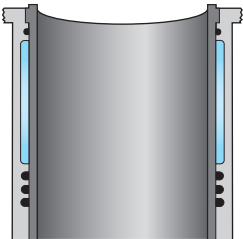
Conseils de montage pour les cylindres à ailettes et les chemises de cylindre

Les chemises de cylindre et les cylindres à ailettes MAHLE ont un alésage de cylindre fini usiné (rodé) ou déglacé en fonction du modèle du motoriste.

Dans la mesure où le motoriste prescrit des groupes d'appariement subdivisés (par ex. marquage couleur ou lettres), nous les avons conservé dans les ensembles à l'aide d'un marquage correspondant.

Chemise de cylindre humide (WN/LW)

Nettoyez soigneusement les alésages de logement et les surfaces d'appui dans le bloc-cylindres et ne les endommagez pas. Réusinez les surfaces corrodées (utiliser des chemises à collerette ou diamètre extérieur surdimensionnés) en veillant au fonctionnement facile et à un positionnement correct (dépassement de la chemise conforme aux consignes du motoriste). Une fois la chemise installée avec les joints d'étanchéité correspondants (utiliser du lubrifiant), vérifiez le diamètre du cylindre, en particulier dans la zone des joints, afin de détecter les éventuels rétrécissements en cas de pincement du joint. Une mauvaise étanchéité (diamètre et matériau) peut entraîner un étranglement du cylindre et donc des dégâts moteur. Mettez le système de refroidissement en pression après l'installation des chemises pour détecter d'éventuelles fuites avant le démarrage du moteur.



Chemise de cylindre sèche

Avant d'installer la chemise, nettoyez soigneusement l'alésage de logement dans le bloc-cylindres et contrôlez la stabilité dimensionnelle pour détecter d'éventuelles déformations.

Les trous endommagés ou qui ne sont pas ronds peuvent être retravaillés installer des chemises surdimensionnées. Il est important que l'alésage de logement soit circulaire et cylindrique, car il détermine la géométrie intérieure de la chemise à paroi mince utilisée.

Chemise de cylindre ébauchée (WV/LP)

La surface d'appui de la collerette doit être perpendiculaire à l'alésage de logement, plane et suffisamment chanfreinée. Une surface inégale de la collerette peut entraîner le déchirement de la chemise.

Après l'installation de la chemise au diamètre intérieur seulement pré-percé, cet alésage est percé avec précision pour arriver à la dimension nominale ou simplement rodé à la dimension nominale pour les chemises finement percées (tolérance selon DIN/ISO H5).

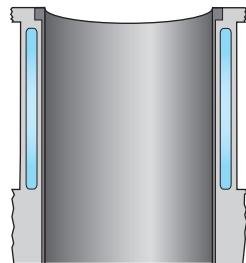
La surface frontale de la chemise doit être plane par rapport à la surface d'étanchéité du bloc-cylindres. Si nécessaire, rectifiez la surface du bloc et la chemise.

Chemise de cylindre rodée (WT/LD)

Ces chemises de cylindre ne présentent qu'un faible siège coulissant ou un faible ajustement dans l'alésage du bloc-cylindres. Mesurez avec précision l'alésage de logement dans le bloc avant d'installer la chemise.

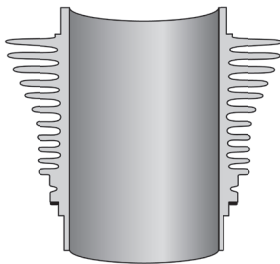
Par principe, n'utilisez pas d'huile ou de graisse pour enfoncer les chemises, car elle se calamine et empêche le flux de chaleur. Il est préférable d'utiliser des lubrifiants spéciaux, tels que le bisulfure de molybdène.

Une fois le cylindre enfoncé, mesurez son diamètre en croix sur plusieurs niveaux (au moins en haut et en bas).



Cylindre à ailettes (WR/LF)

Selon les modèles, les motoristes utilisent des cylindres en fonte grise ou en alliage léger. Les cylindres en alliage léger (par ex. avec des surfaces de frottement en NIKASIL®, SILUMAL®, Cromal®) sont divisés en plusieurs groupes en raison des petits jeux d'installation sur la dimension standard du cylindre.



L'exemple suivant explique la classification sur une dimension standard pour trois groupes d'appariement.

Piston 503 81 00	Cylindre 503 WR 27	Ensemble 503 81 92
Marquage du groupe d'appariement diamètre		Combinaisons piston/cylindre
A 94,919–94,923	A 95,000	A–A
AB 94,923–94,933		AB–A et AB–B
B 94,933–94,937	B 95,013	B–B

Jointes pour les cylindres à ailettes et les chemises de cylindre

Jeux de joints (SK)

Il existe des jeux de joints assortis à nos chemises de cylindre et cylindres à ailettes les plus courants, à commander avec des références distinctes (Fig. 1).

Matériaux des joints

- Ke = Keltan/EPDM
- Pa = joint en papier
- Pe = Perbunan/NBR
- Si = silicone/VMQ/MVQ
- T = bague en tombak
- Vi = Viton/FKM/FPM
- We = joint en fer doux/rondelle de compensation

Propriétés des matériaux des joints

Pour les moteurs très sollicités, nous proposons des joints conformes aux spécifications première monte en matériau réticulé au peroxyde. Ces joints sont identifiés par la mention « perox » dans le catalogue.

perox = matériau réticulé au peroxyde



Fig. 1 Jeu de joints pour chemise de cylindre humide



4.1 Dégradations sur la paroi extérieure des chemises de cylindre (cavitation)



Fig. 1a Chemise de cylindre avec dommages par cavitation

Diagnostic :

Les chemises de cylindre humides présentent des creux ou des perforations (cavitation, Fig. 1a+b) sur la paroi extérieure dans la zone de circulation d'eau. Cependant, la plupart de ces trous ne sont visibles que du côté pression et/ou contre-pression dans la zone du point mort haut ou bas du piston.

Cause(s) :

La cavitation est due à des oscillations de la chemise de cylindre. Ces oscillations peuvent résulter du changement d'appui du piston et de la chemise de cylindre aux points morts haut et bas et elles se répercutent sur l'eau qui entoure la chemise. Lors du recul de la paroi du cylindre pendant une phase d'oscillation, un vide provisoire se crée, entraînant la formation de bulles de vapeur dans l'eau. Lors du reflux de la colonne d'eau, ces bulles de vapeur implosent et l'eau retombant sur la chemise du cylindre provoque l'érosion du matériau. La cavitation est favorisée par les facteurs suivants :

- Le liquide de refroidissement ne contient pas assez d'antigel, qui réduit la formation de bulles.
- Le système de refroidissement, par ex. le bouchon du radiateur, n'est pas étanche. De ce fait, le système de refroidissement ne peut pas monter en pression, ce qui favorise la formation de bulles.
- La chemise de cylindre a un jeu trop important dans le carter de vilebrequin. Les vibrations causées par le changement d'appui du piston ne sont donc plus suffisamment absorbées.
- Le liquide de refroidissement n'est pas bon (par ex. eau acide ou similaire).
- La température du moteur trop faible. La pression du liquide de refroidissement est donc trop faible, ce qui favorise la formation de bulles. Le piston n'atteint pas non plus sa température de fonctionnement et a un jeu plus important. Le changement d'appui devient trop saccadé. Éventuelles causes d'une température trop faible :
 - Le thermostat ou le thermocontact est défectueux.
 - Le Visco®-coupleur de l'hélice du ventilateur est défectueux. L'hélice est entraînée en permanence.

Solution/prévention :

- Contrôler impérativement l'étanchéité du système de refroidissement (bouchon du radiateur, flexibles, colliers).
- Contrôler la pression d'ouverture de la soupape dans le bouchon du radiateur/du vase d'expansion. Si nécessaire, remplacer le bouchon.
- Mettre suffisamment d'antigel avec une protection contre la corrosion.
- Vérifier le fonctionnement du système de refroidissement (thermostat, ventilateur, thermocontact).



Fig. 1b Gros plan de la chemise de cylindre avec des arêtes coupantes et des perforations s'élargissant vers l'intérieur

4.2 Colletette arrachée sur les chemises de cylindre



Fig. 1 Rupture de la collette d'une chemise de cylindre



Fig. 2 Rupture grossière selon un angle d'env. 30°

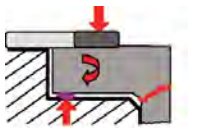
Diagnostic :

- La chemise de cylindre est arrachée en-dessous de la collette (Fig. 1).
- L'angle de rupture est d'environ 30° (Fig. 2).
- La rupture est grossière (Fig. 2).

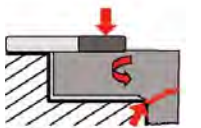
Cause(s) :

Cette rupture brutale résulte d'un moment de flexion au niveau du logement de la collette. Ce moment de flexion peut avoir les causes suivantes :

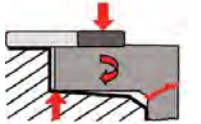
Il y a des corps étrangers (par ex. impuretés, résidus de joint, copeaux) entre la chemise de cylindre et le logement de la collette.



Le siège de la collette n'est pas chanfreiné.



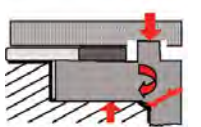
Le logement de la collette a été usiné de biais.



Le joint de culasse n'est pas bon : le diamètre de la garniture de la chambre de combustion est trop petit.



Le siège du pare-feu de la culasse n'a pas été nettoyé ou retravaillé après la rectification plane de la culasse.



En raison d'un trop grand retrait de la chemise du cylindre, elle vacille dans son siège, créant ainsi des chocs importants.

Solution/prévention :

- S'assurer que l'usinage du logement de la collette dans le bloc moteur est propre.
- Vérifier que le siège de la chemise de cylindre dans le bloc moteur est plan et perpendiculaire.
- Utiliser uniquement des joints de culasse prévus pour le moteur.
- Fixer le chanfrein après l'usinage de la collette.

4.3 Fissures longitudinales dans les chemises de cylindre



Fig. 1 Fissure longitudinale dans la chemise de cylindre



Fig. 2 Extrémité inférieure de la chemise de cylindre avec une fissure longitudinale

Diagnostic :

La chemise de cylindre présente une fissure longitudinale (Fig. 1+2).

Solution/prévention :

- Transporter les chemises de cylindre avec précaution et exclusivement en position verticale.
- Réaliser un test de résonance avant d'installer la chemise de cylindre. Effectuer également un contrôle visuel des surfaces de la chemise de cylindre.

Cause(s) :

Fissure longitudinale partant du haut ou du bas de la chemise de cylindre :

La chemise de cylindre présente des dommages dus à la manipulation ou au transport, provoqué par ex. par un choc axial important, tel qu'une chute sur un sol dur. Les contraintes en résultant dans le matériau de la chemise de cylindre peuvent entraîner les dommages décrits plus haut.

Fissure longitudinale dans la zone de déplacement du piston :

Une intrusion de liquide (voir aussi le chapitre « 1.3 Intrusion de liquide », page 10) crée de très grandes contraintes dans la chambre de combustion. Comme l'eau ne peut pas être comprimée, les pièces voisines, y compris la chemise du cylindre, doivent absorber ces contraintes, ce qui peut littéralement faire éclater la chemise du cylindre.

4.4 Grippage à l'extérieur et à l'intérieur de la chemise de cylindre pré-usinée (WN/LS)



Fig. 1 Grippage sur la jupe de piston



Fig. 2a+b Grippage à l'extérieur de la chemise de cylindre (sur toute la circonférence)



Diagnostic :

- Le piston est grippé environ 1 000 km après la révision du moteur (Fig. 1).
- L'alésage de l'axe présente un grippage important sur toute sa circonférence.
- La chemise de cylindre présente de fortes stries longitudinales à l'extérieur et une érosion de matière sur toute sa circonférence (Fig. 2a+b).
- Tous les cylindres du moteur présentent des dommages similaires.

Cause(s) :

Dans le bloc moteur, les alésages de logement des chemises de cylindre ébauchées sont trop petits. Par conséquent, l'ajustement entre la chemise de cylindre et le bloc moteur est trop grand. L'insertion a donc généré des stries à l'extérieur de la chemise et des contraintes très fortes à l'intérieur. Même après l'usinage par perçage et rodage de la surface de frottement du cylindre aux dimensions prévues, les contraintes demeurent. En raison des températures de fonctionnement pendant les premiers 1 000 km, les contraintes dans la chemise de cylindre se sont réduites lentement, ce qui a entraîné une déformation ondulée de la chemise montée. Du fait de cette déformation ondulée, le jeu entre l'alésage du cylindre et le piston a été usé en continu, provoquant le grippage des pistons.

Solution/prévention :

Insérer les chemises de cylindre déglacées avec l'ajustement prescrit par le motoriste, soit généralement 0,04 à 0,06 mm pour les moteurs de véhicules particuliers (valeurs indicatives pour le bloc et le cylindre en fonte grise). L'insertion nécessite normalement des forces de 5 000 à 15 000 N (soit 500 à 1 500 kg).

S'il faut 40 000 à 50 000 N (soit 4 à 5 t) pour insérer le cylindre, il est clair que l'ajustement est trop important ! Si la presse affiche de telles forces, interrompre le processus, mesurer et retravailler l'alésage du logement.

5. Soupapes

Modèles et terminologie

Soupapes monométalliques

Elles sont fabriquées par extrusion à chaud ou par forgeage par refoulement.

Soupapes bimétalliques

Elles permettent une combinaison idéal de matériaux, pour la tige comme pour la tête.

Soupapes creuses

Elles permettent de réduire le poids et la température. Lorsqu’elles sont remplies de sodium (point de fusion 97,5 °C), la chaleur est transportée par le va-et-vient du sodium liquide depuis la tête jusqu’à la tige de la soupape, ce qui favorise une diminution de la température comprise entre 80 °C et 150 °C.

Matériaux

- S

= Acier CrSi fortement allié pour les soupapes d’admission extrêmement sollicitées, les soupapes d’échappement peu sollicitées et comme matériau pour les tiges des soupapes bimétalliques.
- X

= Acier CrMoV présentant des qualités remarquables de glissement et de résistance à l’usure, pour les soupapes d’admission fortement sollicitées.
- T

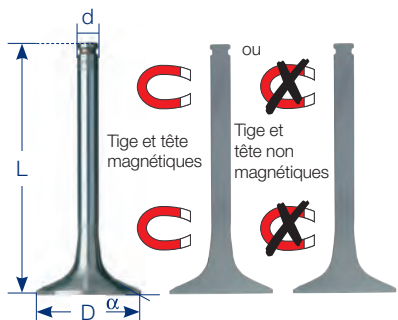
= Acier CrMnMi austénitique avec ajout d’azote pour les soupapes d’admission et d’échappement soumises à de fortes contraintes mécaniques et thermiques dans les moteurs essence et diesel. Également utilisé comme matériau pour les têtes des soupapes bimétalliques.
- PT

= Acier CrMnNiNb austénitique possédant une excellente résistance à la chaleur et à l’usure. Soupape standard pour les poids lourds avec et sans cordon de stellite sur la portée du siège. Également utilisé pour les véhicules particuliers turbo diesel.
- I2

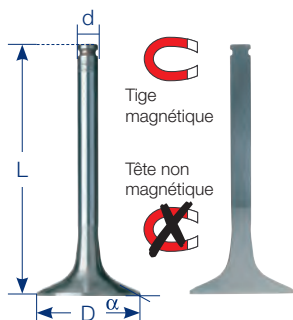
= Alliage à faible teneur en fer et nickel avec une bonne résistance à la corrosion et une résistance élevée à la chaleur. Utilisé comme matériau pour les têtes, principalement sur les soupapes bimétalliques des véhicules utilitaires.
- I

= Superaliage de nickel (Nimonic 80A®) pour les soupapes d’échappement subissant des contraintes extrêmes.

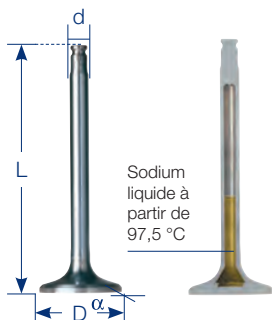
Soupape monométallique



Soupape bimétallique



Soupape creuse remplie de sodium



Conseils de montage

Les soupapes font partie des pièces moteur les plus sollicitées sur le plan thermique et mécanique. Leur durée de vie, et celle du moteur, dépend fortement de la qualité du montage, qui doit être confié à un professionnel.

Les soupapes MAHLE sont livrées prêtes au montage dans un emballage individuel.

Avant de les monter, vérifiez si les soupapes ne sont pas endommagées (traces de chocs, etc.). N’installez jamais de soupapes endommagées ou déformées ! Assurez-vous que les soupapes conviennent au moteur sur lequel vous travaillez.

Les soupapes MAHLE ont été conçues pour une application spécifique et ne doivent en aucun cas faire l’objet d’un usinage ou d’une modification mécanique.

Avant le montage de la soupape, vérifiez le bon état de la rondelle d’appui du ressort. Vérifiez également que la force de compression du ressort est conforme à celle prescrite par le motoriste.

Utilisez impérativement des clavettes et des garnitures de tige neuves.

La tige de soupape doit être enduite d’un film suffisant d’huile moteur propre avant de la mettre en place dans le guide de soupape.

Respectez impérativement les données et consignes de montage fournies par le motoriste.

Après avoir inséré les soupapes, poussez la douille de montage pour les joints de tige sur le pied de la soupape. Cela empêche que les lèvres d’étanchéité de la garniture de tige de soupape ne soient endommagées par les rainures de la soupape.

Matériaux

Aciers austénitiques
Aciers martensitiques

Modèle

Soupapes monométalliques
Soupapes bimétalliques

Finition du siège

Revêtement plasma
Trempe par induction

Trempe du pied par induction

Trempe des contours
Trempe à cœur
Trempe des surfaces planes

Soupapes creuses

Diamètre de la tige : >6 mm

Fermeture de l’alésage :

- Soudage au laser
- Soudage par friction
- Rempli de sodium

Profilé de col

Tourné, poli, contour forgé

Tête de soupape

Usiné
Forgé
Avec ou sans coupelle

Géométrie du pied

Modèle spécial 1–3 rainures

Longueur

80–210 mm

Diamètre de la tête

18–65 mm

Diamètre de la tige

5–12 mm

Traitement de surface

Nitruré au bain de sel, chromé dur (épaisseur : 3–35 µm)

Pour résister aux sollicitations mécaniques, chimiques et thermiques extrêmes et dissiper la chaleur le mieux possible, nos soupapes sont optimisées pour les applications les plus diverses.

Guides de soupape

Terminologie

Les guides de soupape centrent la soupape sur la bague de siège et compensent les forces latérales s'exerçant sur la tige. Ils servent aussi à dissiper la chaleur de la tête de soupape vers la culasse via la tige de soupape. En général, on fait la distinction entre les guides de soupape spécifiquement conçus pour l'admission ou l'échappement et les guides pouvant être utilisés d'un côté comme de l'autre.

Matériaux

Les guides de soupape sont fabriqués en fonte grise, en laiton et en matière frittée. Des composants en alliages spéciaux optimisent les propriétés thermiques, la qualité de glissement et la résistance à l'usure. Voici les matériaux utilisés :

- B = Alliage CuZnAl présentant une bonne résistance à l'usure, à la fatigue et à la corrosion. Pour les applications moyennement exigeantes.
- B1 = Alliage CuSn enrichi en phosphore pour une résistance accrue à l'usure. Pour les applications avec de fortes sollicitations.
- G1 = Alliage de fonte grise avec matrice perlitique possédant une bonne résistance à l'usure. Pour des sollicitations normales.
- G2 = Alliage de fonte grise avec matrice perlitique possédant une bonne et un apport accru de phosphore. La structure en réseau de la matrice assure une meilleure résistance à l'usure et améliore les propriétés en cas d'urgence. Pour les fortes sollicitations.
- CN = Alliage CuNi avec une dureté et une conductibilité thermique accrue, ainsi qu'une meilleure résistance à l'usure et aux frottements. Pour une grande solidité même dans des conditions d'utilisation exigeantes.
- SM = Alliage en métal fritté possédant une grande résistance mécanique, même à des températures extrêmement élevées. Conçu pour les moteurs fortement sollicités.

Conseils de montage

Après le montage des guides de soupape (rétrécissement/enfoncement), il faut rectifier l'intérieur des guides jusqu'à atteindre la dimension spécifiée. Cela concerne les guides de soupapes semi-finis et les guides déjà usinés aux dimensions nominales.

La raison en est la déformation des nouveaux guides de soupapes, susceptible de survenir lors de l'installation dans la culasse.

Pour la rectification, nous recommandons d'utiliser un alésoir manuel et un peu d'huile de taraudage.

Le diamètre de la tige ne donne le jeu spécifié par le constructeur automobile qu'une fois le guidage rectifié.

Avant l'assemblage, il convient de nettoyer et de bien huiler toutes les pièces.

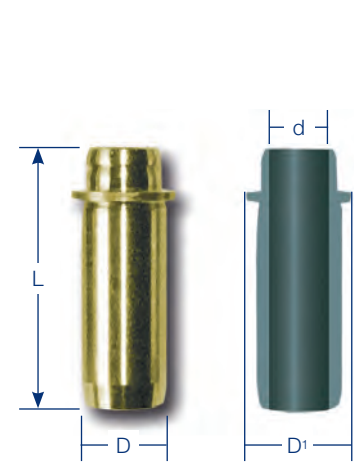
Les nouvelles garnitures de tige de soupape doivent toujours être installées avec une aide au montage pour éviter d'endommager les lèvres d'étanchéité.

Valeurs indicatives pour la rectification des guides de soupapes

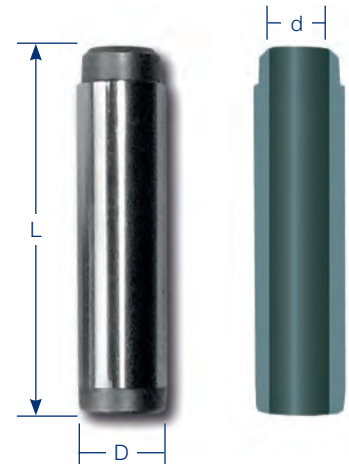
Diamètre de la tige de soupape		Soupape d'admission	Soupape d'échappement
6–7 mm	8–9 mm	10–40 µm	25–55 µm
		20–50 µm	35–65 µm
10–12 mm		40–70 µm	55–85 µm

Valeurs indicatives pour le jeu entre la tige et le guide de soupape.

Guide en métal non ferreux



Guide en fonte grise



Guide en cuivre



Bagues de siège de soupape

Terminologie

Les bagues de siège de soupape constituent un élément central de la distribution dans les culasses en aluminium : leur principale fonction est d'assurer l'étanchéité de la chambre de combustion avec les soupapes et de dissiper la chaleur dégagée vers la culasse. Les propriétés des matériaux de la culasse en aluminium et de ses alliages étant insuffisantes pour remplir les fonctions d'un siège de soupape, les bagues de siège extrêmement résistantes empêchent un contact direct des soupapes avec la culasse, dont le matériau est plus tendre.

Les bagues de siège sont adaptées très précisément à leurs sollicitations et remplissent leur fonction aussi bien grâce à leur matériau que grâce à leur usinabilité.

Matériaux

Pour répondre aux exigences plus élevées des moteurs modernes, en plus de divers aciers de type fonte grise et aciers moulés, MAHLE propose aussi des métaux frittés très résistants.

ST = Matériau à base de cobalt à haute teneur en chrome et en tungstène. Les bagues de siège dans cet alliage extrêmement résistant à l'usure et à la corrosion sont principalement utilisées dans des moteurs entraînés par des carburants alternatifs, tels que le GNC, le biogaz et le gaz de décharge.

GG1 = Alliage de fonte grise à haute teneur en carbone facilement usinable, caractérisé par une grande résistance à la pression et à l'usure et utilisé dans la plage d'admission des moteurs essence et turbo diesel.

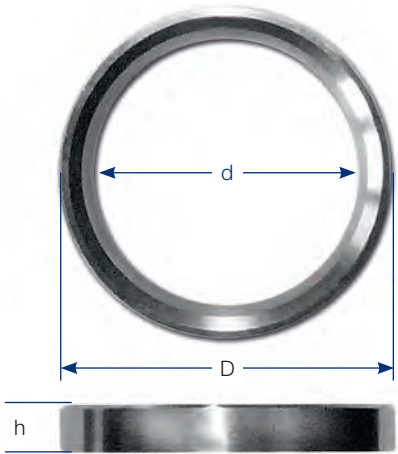
SG1 = Acier moulé très résistant à la chaleur, à teneur importante en chrome (>10 %) et en molybdène. Outre leur résistance à la chaleur, ces bagues de siège se distinguent aussi par une bonne résistance au fluage et une excellente résistance à la corrosion. Application : elles sont utilisées dans les moteurs diesel et essence.

SG2 = Acier moulé haute performance à teneur très élevée en chrome (>30 %), qui, associé au molybdène, présente une très forte résistance à la corrosion et à la chaleur. Il est surtout utilisé dans les moteurs diesel et essence.

SG3 = Acier moulé fortement allié à teneur élevée en molybdène et vanadium, utilisé pour les bagues de siège extrêmement résistantes à l'usure, dans les moteurs diesel et essence suralimentés ainsi que les moteurs fonctionnant aux carburants alternatifs, tels que le GNC et le GPL.

SM1 = Matière frittée haut de gamme et très performante pour les bagues de siège des soupapes d'admission et d'échappement présentant une résistance extrême à l'usure, développée pour les moteurs atmosphériques et turbocompressés haute performance en essence, diesel ou GPL.

Bague de siège de soupape



Dimensions principales d'une bague de siège de soupape

- D = diamètre extérieur
- d = diamètre intérieur
- h = hauteur

Conseils de montage

Les bagues de siège de soupape MAHLE sont prêtes au montage et ne nécessitent aucune rectification d'ajustement.

Pour fixer la bague de siège dans la culasse, il faut qu'il y ait un ajustement correct entre la bague de siège et le siège dans la culasse. Si l'ajustement est trop serré, la forte déformation de l'aluminium lors de l'insertion de la bague de siège peut entraîner une déformation plastique de la culasse. Des fissures peuvent même apparaître au niveau des cloisons entre les bagues de siège.

Le tableau des intervalles de tolérance indique la bonne dimension pour l'alésage de logement dans la culasse.

Les bagues de siège de soupape de MAHLE en métal fritté s'installent dans la culasse avec l'ajustement correspondant à température ambiante après avoir lubrifié l'alésage de logement avec une huile haute pression (huile de transmission).

Pour monter les bagues de siège coulées, plusieurs méthodes sont possibles :

- Installer la bague de siège dans l'alésage de logement de la culasse à température ambiante.
- Installer la bague de siège à température ambiante dans la culasse préalablement chauffée.
- Refroidir la bague dans de l'azote liquide, puis l'insérer dans la culasse à température ambiante.
- Chauffer la culasse et refroidir la bague de siège : c'est la meilleure méthode pour un assemblage sans forcer.

Valeurs indicatives pour l'alésage du logement

Diamètre extérieur de la bague de siège	Ajustement sur une culasse en fonte grise	Ajustement sur une culasse en aluminium
20–30 mm	0,050–0,090 mm	0,040–0,080 mm
30–40 mm	0,060–0,100 mm	0,050–0,090 mm
40–50 mm	0,070–0,110 mm	0,060–0,100 mm
50–60 mm	0,080–0,120 mm	0,070–0,110 mm
60–70 mm	0,090–0,130 mm	0,080–0,120 mm

5.1 Grippage de la tige de soupape de soupape



Fig. 1a Soupape grippée dans le guide



Fig. 1b Grippage et stries sur la tige de soupape

Diagnostic :

La tige de soupape présente des traces de grippage ou de friction (Fig. 1a+b).

Cause(s) :

En principe, il faut distinguer deux causes :

Écarts géométriques :

- Le guide et le siège de soupape ne sont pas alignés. Cela peut être dû à un mauvais usinage ou à un encrassement du guide et/ ou du siège de soupape.
- La soupape est inclinée ou tordue, ce qui peut par ex. résulter d'un choc causé par la soupape. Même une déformation à peine perceptible peut entraîner un écart de concentricité de la soupape.

Solution/prévention :

- Aligner le guide et le siège de soupape.
- Lors de retouches sur des soupapes utilisées, vérifier que la tige de soupape est bien droite.
- Installer les bagues de siège conformément aux indications du constructeur.
- Par principe, utiliser des clavettes neuves. Les anciennes clavettes sont souvent usées de manière inégale, empêchant les soupapes de tourner librement.
- Toujours usiner les guides de soupape (« semi-finis » et « finis ») après insertion dans la culasse pour les rectifier à la bonne dimension et à la bonne géométrie. Respecter les indications du constructeur.
- Après l'apparition de systèmes de distribution, inspecter l'ensemble du système de distribution des soupapes et la tête du piston pour détecter d'éventuels dommages.

- Une bague de siège desserrée entraîne un désalignement par rapport au guide de soupape.
- Le diamètre intérieur du guide de soupape est trop grand ou trop petit, ce qui provoque un jeu trop élevé ou trop faible entre la soupape et le guide.
- Les clavettes de soupape utilisées sont usées.
- Des déformations de la culasse peuvent provoquer des écarts de forme de l'alésage de logement pour le guide de soupape. Ces écarts se répercutent sur le guide.

Surrégime :

- Un surrégime peut entraîner la rupture du système tribologique. Le film d'huile entre le guide et la soupape ne résiste plus aux mouvements rapides, ce qui entraîne un contact métallique entre la soupape et le guide.
- Un régime trop élevé génère des chocs par la soupape (voir plus haut « Écarts géométriques »).

5.2 Déformation de la tige de soupape



Fig. 1 Tige de soupape déformée



Fig. 2a Tête de soupape cassée



Fig. 2b Rupture par vibration au niveau de la tige de soupape

Diagnostic :

- La tige de soupape présente une légère courbure ou est déformée (Fig. 1).
- La tête de soupape est cassée (Fig. 2a+b).

Cause(s) :

Les déformations de la tige de soupape sont dues à une surcharge mécanique. Causes possibles :

- Un réglage incorrect de la soupape peut entraîner des chocs de la soupape sur le piston.
- En cas de sursrégimes du moteur, la vitesse de rappel des ressorts de soupape n'est plus suffisante pour empêcher le piston et la soupape d'entrer en collision.
- Les temps de commande sont mal réglés, c'est-à-dire que les marquages n'ont pas été respectés. La distribution de la soupape et les mouvements du piston ne sont plus correctement synchronisés, ce qui peut entraîner des impacts de soupape.
- La courroie synchrone ou la chaîne a sauté à cause d'un tendeur défectueux.
- La chaîne a sauté à cause d'une rotation du moteur en sens inverse.
- La courroie synchrone ou la chaîne a été arrachée.
- Le retrait de la soupape est trop faible.

Solution/prévention :

- Régler correctement le jeu des soupapes.
- Éviter de faire tourner le moteur en sursrégime.
- Régler les temps d'ouverture avec précision.
- Ne jamais faire tourner le moteur en sens inverse.
- Lors du remplacement de la courroie synchrone ou de la chaîne, remplacer également le tendeur.
- Après l'usinage de la culasse, vérifier le retrait de la soupape.
- Toujours garer les véhicules à transmission manuelle avec un frein à main.

5.3 Rupture dans la gorge de la soupape

Diagnostic :

- La soupape est cassée ou arrachée dans une rainure (Fig. 1+2). Les clavettes sont déformées (Fig. 3).

Cause(s) :

Ce type de dommages ne peut être dû qu'à une surcharge mécanique de la soupape. Il peut y avoir deux raisons à cela :

Rupture grossière – erreur de montage :

- Il y a une rupture brutale d'aspect grossier. Elle résulte d'une erreur de montage et survient peu de temps après la maintenance du moteur. Si le ressort de soupape est placé de travers, il se bloque d'un côté lorsqu'il est comprimé, créant ainsi un grand moment de flexion sur la coupelle de ressort de la soupape. Ce moment de flexion peut entraîner la rupture ou l'arrachement de la soupape (Fig. 4+5).

Rupture fine – erreur de géométrie :

- La rupture de fatigue se caractérise par son aspect fin. Elle résulte d'une erreur de géométrie dans le système de distribution des soupapes. Par ex. si la tête de soupape n'est plus perpendiculaire à la tige en raison d'un léger contact de la soupape sur le piston, le passage entre la tête et la tige subit un moment de flexion lorsque la soupape revient sur le siège. À la longue, cela peut entraîner une fatigue des matériaux et, par conséquent, la rupture de la soupape.
- Les leviers culbuteurs inclinés ou l'utilisation de clavettes usagées peuvent également provoquer un léger moment de flexion sur la soupape. À la longue, cela peut entraîner un arrachement de la soupape.

Solution/prévention :

- Bien positionner le ressort de soupape lors du montage.
- Vérifier le système de distribution de la soupape.
- Par principe, utiliser des clavettes neuves. Les anciennes clavettes sont souvent usées de manière inégale, empêchant les soupapes de tourner librement et causant une accumulation des contraintes de flexion sur la tige de soupape.



Fig. 1 Soupape fortement déformée



Fig. 2 Pied de soupape cassé dans la rainure (rupture brutale/contrainte de flexion)



Fig. 3 Déformation des clavettes sur les bourrelets

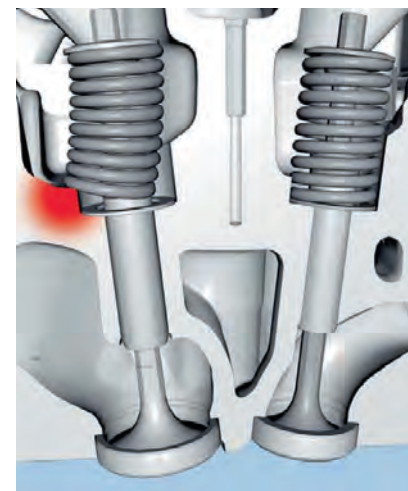


Fig. 4 Ressort monté de biais qui se bloque d'un côté



Fig. 5 Traces sur la culasse causées par un ressort de soupape incliné

5.4 Rupture au niveau de la tête de soupape



Fig. 1 Tête de soupape cassée et martelée dans le piston



Fig. 2 Impacts de la soupape sur la tête du piston

Diagnostic :

- La soupape est cassée et/ou déformée au niveau de la tête (Fig. 1).

Cause(s) :

Ce type de dommages est causée par une surcharge mécanique de la soupape. Il existe trois types de surcharge :

Rupture grossière – rupture brutale :

- Elle se produit après un pic de force court, rapide et très élevé, comme un choc de la soupape contre le piston (voir aussi le chapitre « 2.1.5 Impacts de soupape sur la tête de piston et chocs du piston sur la culasse », page 34). Ce phénomène résulte d'un mauvais réglage des temps d'ouverture des soupapes, à un mauvais retrait de la soupape ou au fonctionnement du moteur en surrégimes.

Rupture fine – rupture de fatigue :

- En raison d'une légère déformation de la soupape au niveau du passage entre la tête et la tige, la soupape se déforme à chaque fermeture. Il s'ensuit une fatigue du matériau, puis la rupture de la tête de soupape.

Surcharge thermique :

- Une sollicitation thermique excessive peut endommager le matériau de la grille métallique (corrosion par gaz chaud), notamment sur les aciers fortement alliés. Ces dommages très fins en biseau ne sont pas visibles depuis l'extérieur.

Solution/prévention :

- Régler les temps d'ouverture avec précision lors du montage.
- Lors de la réparation d'une culasse, contrôler scrupuleusement le retrait de la soupape.
- Éviter de faire tourner le moteur en surrégime.
- En cas de réutilisation des soupapes, vérifier impérativement l'exactitude de leurs dimensions.
- Usiner le siège de soupape avec soin afin de pouvoir aligner le guide et le siège.
- L'atelier prend la décision de retoucher d'anciennes soupapes ou d'installer de nouvelles soupapes et en assume la responsabilité.
- Pour les soupapes en acier fortement allié, il est fortement recommandé d'en installer de nouvelles, car les dommages matériels dus à la corrosion par gaz chaud ne peuvent être détectés qu'après la rupture de la soupape.

5.5 Usure du siège de soupape

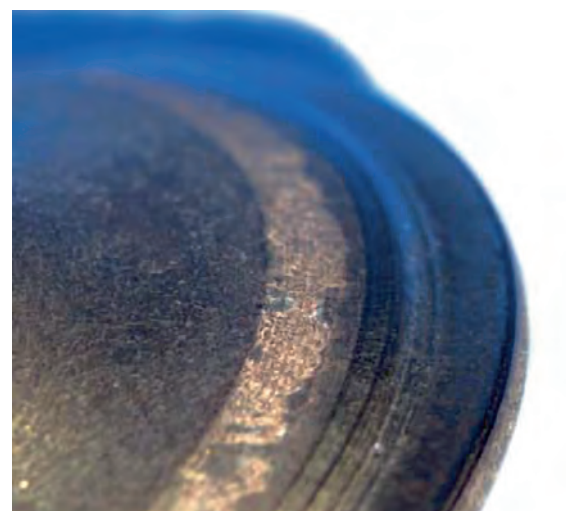


Fig. 1 Forte usure de la surface d'étanchéité

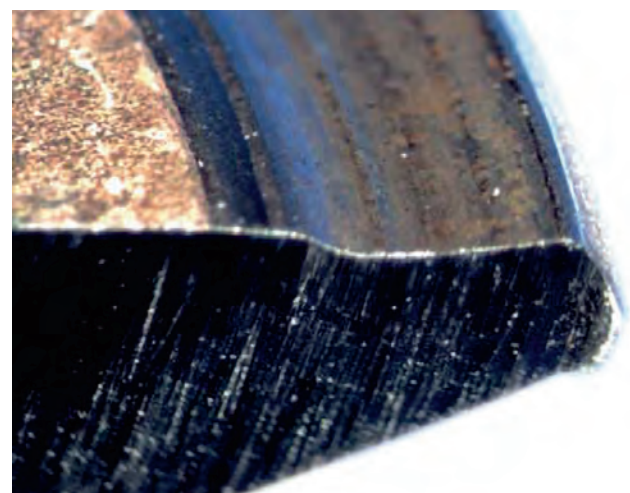


Fig. 2 Vue détaillée de la surface d'étanchéité



Fig. 3 Usure extrême de la surface d'étanchéité (blindage stellite)

Diagnostic :

- La surface d'étanchéité de la tête de soupape est très usée (Fig. 1-3).
- Les clavettes sont déformées.

Cause(s) :

- Une trop grande contrainte provoque l'usure du siège de soupape.
Causes possibles :
- Le guide et le siège de soupape présentent un écart géométrique, c'est-à-dire qu'ils ne sont pas alignés.
 - La température est trop élevée, par ex. en raison :
 - d'un mauvais mélange,
 - de dysfonctionnements dans le processus de combustion,
 - d'un jeu trop faible des soupapes,
 - de traces de calcination (cliquetis) ou de tuning.
 - Le siège de soupape est soumis à des contraintes mécaniques trop fortes, comme des ressorts de soupape renforcés ou des arbres à cames pointus.
 - Suite à la conversion du moteur au gaz et à l'absence de refroidissement par évaporation ou à l'absence d'effet lubrifiant du carburant, la soupape chauffe davantage et est soumise à des contraintes plus fortes.

Solution/prévention :

- Bien aligner le guide et le siège de soupape.
- Régler le jeu des soupapes conformément aux spécifications.
- Utiliser uniquement pièces spécifiées par le fabricant (ressorts, arbres à cames, etc..).
- Utiliser des soupapes et des bagues de siège adaptées à un fonctionnement au gaz.

5.6 Déformation de la tête de soupape



Fig. 1 Tête de soupape déformée (en tulipe)



Fig. 2 Pour comparaison : tête de soupape sans déformation



Fig. 3 Traces de contact linéaires sur la tête déformée

Diagnostic :

- La tête de soupape est déformée et/ou cassée (Fig. 1).
- En raison de la déformation de la tête de soupape, il n'y a plus qu'un contact linéaire avec la surface d'étanchéité (Fig. 3).

Cause(s) :

La tête de soupape est déformée par une surcharge thermique ou mécanique. Ces surcharges peuvent résulter des causes suivantes :

Surcharge thermique :

- Le jeu des soupapes est trop petit.
- Des dysfonctionnements se sont produits dans le processus de combustion.
- Il y a eu des opérations de tuning.

Surcharge mécanique :

- Un corps étranger est coincé entre la soupape et le siège de soupape.

Solution/prévention :

- Régler correctement le jeu des soupapes.
- Vérifier le système d'injection.
- Lors du montage du moteur, retirer les petites pièces restantes dans la chambre de combustion ou dans le collecteur d'admission.

5.7 Tête de soupape calcinée



Fig. 1 Soupape calcinée



Fig. 2 Fissures et points de fusion à différents stades

Diagnostic :

- Une partie de la tête de soupape a fondu, laissant un trou conique (Fig. 1).
- Des fissures ou des points de fusion sont visibles sur la tête de la soupape (Fig. 2).

Cause(s) :

Soupape non étanche :

La soupape n'assure plus une étanchéité correcte en raison d'un siège mal usiné, d'un jeu mal réglé, d'une petite fissure sur la tête ou d'autres erreurs de géométrie. De même, un manque de jeu entre le guide et la tige de soupape peut entraver la rotation de la soupape. Le turbocompresseur a été remplacé après un dommage mécanique, mais la ligne d'air de suralimentation n'a pas été nettoyée et le refroidisseur d'air de suralimentation n'a pas été remplacé. Des corps étrangers issus de dommages préalables pénètrent dans les chambres de combustion et se déposent en partie sur les têtes des soupapes. En cas de contact trop court ou inexistant entre la tête de soupape et la bague de siège dans la culasse, la soupape ne peut plus dissiper la chaleur. La chaleur s'accumule sur la tête de soupape, ce qui, à long terme, entraîne des fissures, puis la fonte de la tête de soupape.

Rotation limitée de la soupape :

Les soupapes à 3 gorges dépendent de la rotation. Si les anciennes clavettes sont réutilisées lors du montage, les soupapes risquent de ne plus pouvoir tourner. Cela peut entraîner une accumulation de chaleur qui, à long terme, provoque la fusion de la soupape.

Solution/prévention :

- Lors des retouches sur le siège de la soupape, veiller à ce que le guide et le siège de soupape soient perpendiculaires l'un à l'autre.
- Par principe, utiliser des clavettes neuves. Les anciennes clavettes sont souvent usées de manière inégale, empêchant les soupapes de tourner librement.
- En règle générale, il faut rectifier l'alésage du guide jusqu'à la dimension spécifiée.
- Nettoyer la ligne d'air de suralimentation avec soin (y compris le boîtier du filtre à air) et remplacer le refroidisseur d'air de suralimentation après un dommage mécanique sur le turbocompresseur.



Solides et résistants
pour tout type de moteur

6. Coussinets

Conseils de montage

Lors du démontage du moteur, identifiez les pièces qui vont ensemble, par ex. la bielle et le couvercle de son coussinet. Nettoyez soigneusement les pièces démontées.

Avant le montage des coussinets, mesurez les dimensions et la géométrie des alésages de logement et des manetons.

Huilez correctement les coussinets. Veillez à respecter le sens de montage sur certains demi-coussinets. Le dos de ces coussinets porte la mention « upper » (haut) ou « lower » (bas).

La plupart des vis de bielle et pour les couvercles de coussinet de palier sont des vis de dilatation, qui ne peuvent être utilisées qu'une seule fois. Remplacez-les.

Lors de l'assemblage, vérifiez que le vilebrequin tourne facilement et sans à-coups.

Par principe, respectez les instructions en vigueur et les données fournies par le motoriste.



En plus de toutes les technologies classiques, MAHLE fournit divers coussinets et flasques de butée revêtus de polymère.

Types de coussinets

Demi-coussinets

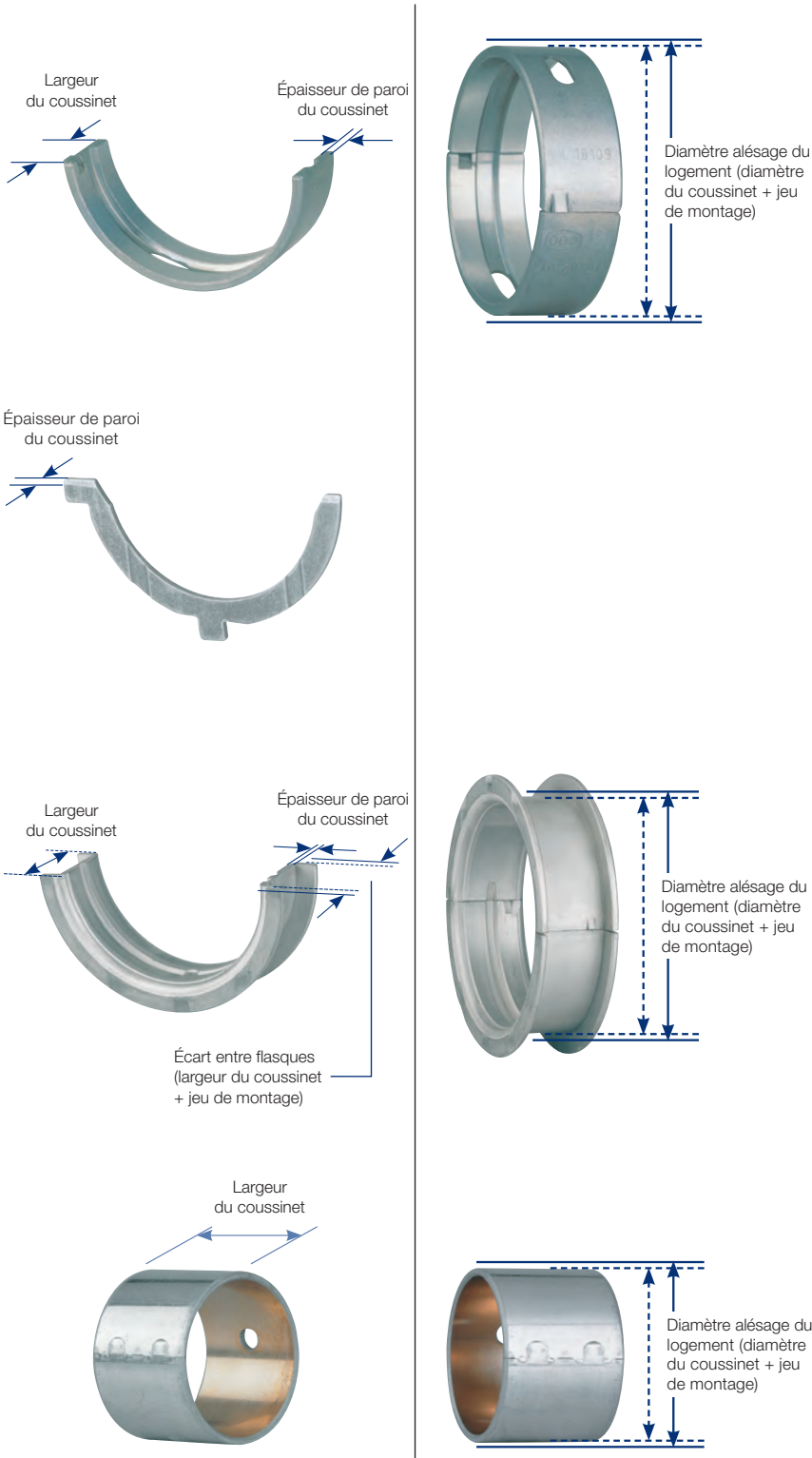
- HL Coussinet de palier
- PL Coussinet de bielle

- AL Flasque de butée

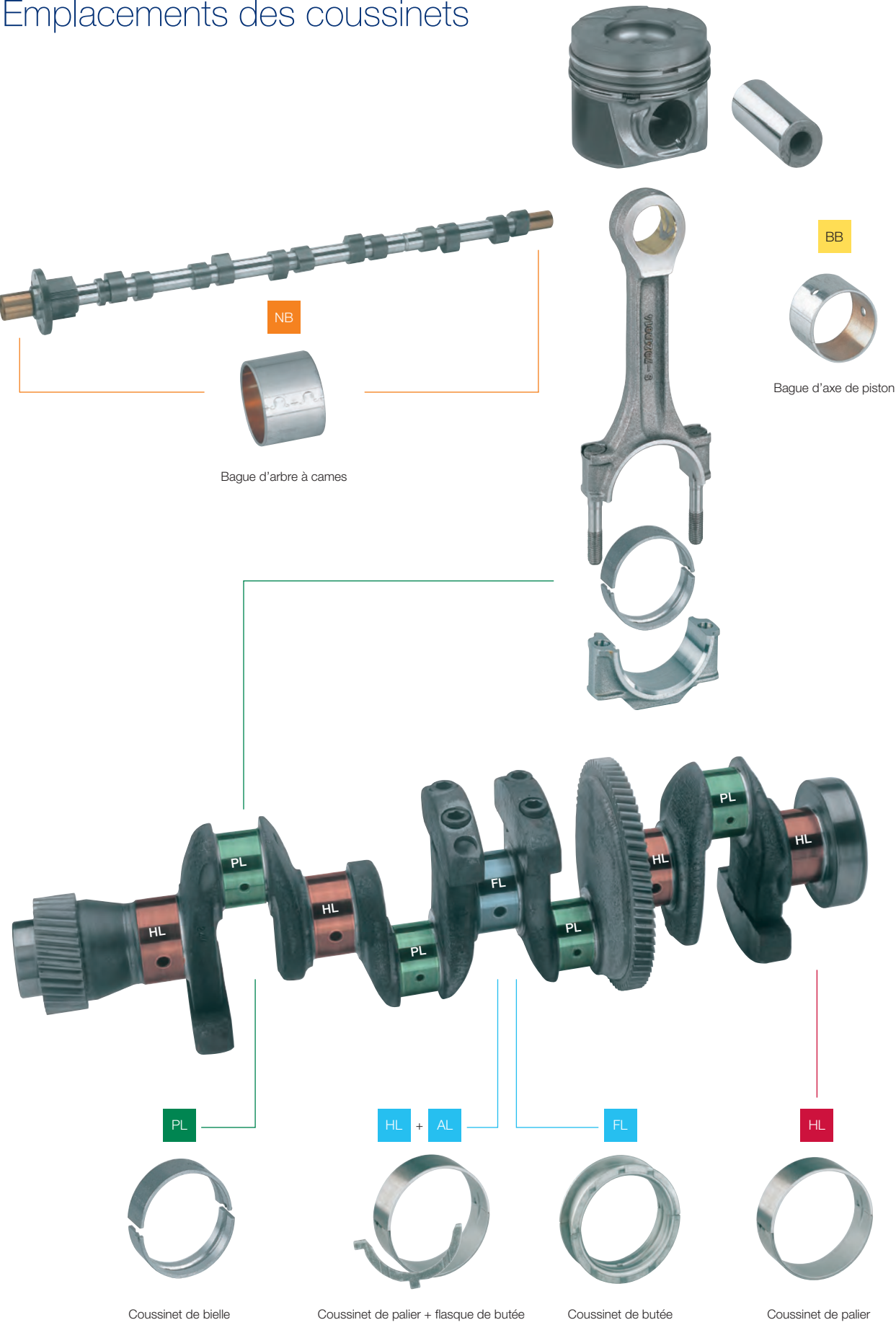
- FL Coussinet de butée

Bagues de palier

- BB Bague d'axe de piston
- KB Bague de culbuteur
- LB Bague de palier
- NB Bague d'arbre à cames



Emplacements des coussinets



Modèles et matériaux

Modèles

Les coussinets massifs sont entièrement en métal, souvent en alliages de bronze spéciaux. La plupart des coussinets massifs sont des bagues.

Les coussinets bimatière se composent d'un support en acier, d'une couche de liaison et d'une couche de métal antifriction. La plupart du temps, cette dernière est en alliage d'aluminium. Les coussinets bimatière sont utilisés pour les moteurs diesel turbocompressés et essence des véhicules particuliers faiblement et moyennement sollicités.

Les coussinets trimétalliques se composent d'un support en acier, d'une couche de frottement, d'une couche isolante et d'une couche antifriction. Ils sont surtout utilisés dans les moteurs plus fortement sollicités.

Le coussinet sputter est également un coussinet trimétallique. Grâce au procédé de production spécial (pulvérisation cathodique), ces coussinets offrent une dureté et une résistance à l'usure nettement supérieures. Par conséquent, ils conviennent tout particulièrement aux moteurs suralimentés avec refroidissement de l'air de suralimentation. Au-delà des utilitaires, les coussinets sputter sont de plus en plus utilisés dans les moteurs diesel de véhicules particuliers.

Dans la plupart des cas, tous les types de coussinets sont aussi protégés contre la corrosion par une couche d'étain appliquée par galvanisation.

Coussinet massif



Coussinet bimatière



Coussinet trimétallique



Matériaux

Selon l'application, les coussinets MAHLE sont constitués d'un support en acier très résistant, revêtu de plusieurs métaux antifriction différents. Les matériaux des coussinets sont choisis de manière à compléter les propriétés positives des différents matériaux et à les optimiser pour l'application concernée.

Le développement des matériaux joue un rôle clé pour répondre aux exigences actuelles envers les coussinets. Grâce à de nombreuses années d'expérience et à ses activités de développement, MAHLE dispose d'un grand nombre d'alliages antifriction de haute qualité, notamment en aluminium et en bronze.

Métaux en %								
Matériau	Cu	Al	Si	Pb	Sn	Sb	Autre	Couche antifriction
M1	3				89	8		
M5	80			10	10			
M7	73			23	4			
M10	88			1	10		1	
M11	0,5			74	10	15	0,5	
M23			1	82	1	15	1	
M30	70			30				
M31	70			30				P 77
M83	1	91	1	1			6	P 77
M100	80			10	10			
M114	78			20	2			P 77, P 80, P 94
M157	1	79			20			
M172	2	81			17			
M183	2	91	2				5	P 77, P 80
M215	2	83	4		11			
M218	2	83	4		11			
M221	85			2	11,5		1,5	
M222	83			7	7		3	

Modèles et matériaux

Métaux en %								
Matériau	Cu	Al	Si	Pb	Sn	Sb	Autre	Couche antifriction
M250	73			23	4			
M330	78			20	2			Sutter AISn
M331	75			23	2			Sutter AISn 40Cu
M770	74			25	1			
M780	78			20	2			P 77
M790	72			23	3,5		1,5	
M800	74			20	2		4	P 77
M810	0,8	87	3		9		0,2	
M817	1	80,3		1,7	17			
M900	75			23	2			Q1
M901	75			23	2			P 77, P 78, P 80
M902				83	6	10	1	
M916	1	78,7			20		0,3	
M920	1	90	2		6		1	

Conseils de montage

1.

Lors du démontage du moteur, identifiez les pièces qui vont ensemble.
2.

Lors du démontage du vilebrequin, aucune pièce ne doit être endommagée. Nettoyez les pièces démontées avec soin. Les impuretés sont la cause la plus fréquente de dommages sur les coussinets. Par conséquent, il faut soigneusement nettoyer toutes les pièces du circuit d'huile, en particulier les canalisations d'huile du bloc moteur et du vilebrequin.
3.

Contrôlez l'état des pièces. Contrôler les dimensions des trous taraudés et des manetons (surface, rayons et trous de retour d'huile) ainsi que leur sphéricité, leur dureté, leur rugosité et leur cylindricité. Vérifiez également qu'ils ne présentent aucun dommage.

Vérifiez que les bielles ne présentent aucune déformation ou torsion.

Par principe, respectez les instructions et les données fournies par le motoriste.
4.

La forme de l'alésage du logement a une grande influence sur la durée de vie des coussinets. Par conséquent, n'usinez l'alésage du logement qu'après avoir serré les vis, conformément aux instructions de serrage du motoriste.

Avant l'installation finale, effectuez une installation de contrôle si nécessaire. Nettoyez les trous taraudés et retirez le traitement de conservation des nouveaux coussinets. Lors de l'installation des coussinets, lubrifiez les surfaces de frottement avec de l'huile moteur propre pour éviter les dommages d'un démarrage à sec.

Veillez à ce que les pièces en contact fabriquées à partir de différents matériaux soient correctement installées. Le dos des coussinets porte la mention « upper » (haut) ou « lower » (bas). La moitié de coussinet marquée « upper » doit être installée en haut contre le logement, la moitié marquée « lower » en bas contre le couvercle.

Une fois les coussinets correctement positionnés, serrez les vis du couvercle conformément aux instructions. Ensuite, mesurez les diamètres d'alésage avec précision sur trois niveaux, dont une mesure dans le sens de la charge.

5.

Contrôlez la différence de dimensions entre la largeur des flasques du vilebrequin et la largeur totale du coussinet de butée avant d'installer ce dernier.

Lors de l'assemblage, vérifiez que le vilebrequin tourne facilement et sans à-coups et qu'il se déplace facilement sur son axe.

Au moment de contrôler le jeu axial de la bielle, veillez à ce qu'elle puisse se déplacer facilement.

Par principe, respectez les instructions en vigueur et les données fournies par le motoriste.

6.1 Stries et corps étrangers sur les surfaces de frottement des coussinets

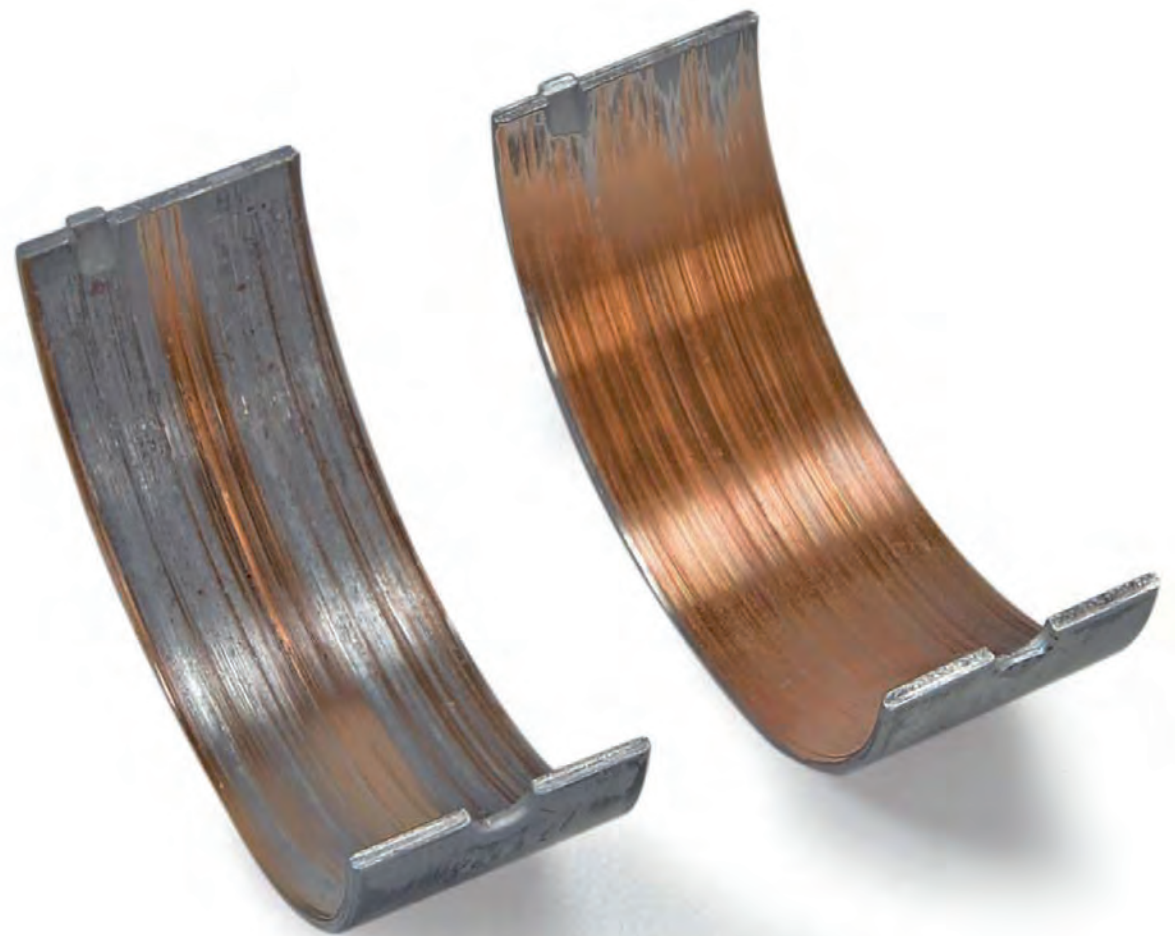


Fig. 1 Stries profondes dans le sens de la circonférence

Diagnostic :

Les surfaces de frottement des coussinets présentent des stries dans le sens de la circonférence et des corps étrangers sont incrustés dans le matériau des coussinets (Fig. 1).

Cause(s) :

Cette détérioration est due à la présence de corps étrangers dans le circuit d'huile, qui peut s'expliquer par les raisons suivantes :

- Lors de travaux sur le véhicule, des corps étrangers sont entrés dans le moteur.
- Des impuretés se sont infiltrées par la ventilation du carter de vilebrequin ou le système d'admission.
- D'autres pièces moteur ont généré des résidus d'abrasion ou des copeaux.
- L'entretien du véhicule a été inadéquat à cause de l'utilisation de filtres et/ou d'huile de qualité inférieure ou d'intervalles d'inspection trop longs.
- En cas de conduite fréquente sur de courtes distances, le cycle de régénération du filtre à particules est souvent interrompu. Du carburant non brûlé s'accumule alors dans l'huile moteur. Le carburant dilue l'huile et réduit la capacité de charge et de lubrification.

Solution/prévention :

- Lors des réparations ou de l'assemblage du moteur, veiller à la propreté de l'ensemble.
- Utiliser exclusivement des filtres de qualité.
- Nettoyer et/ou remplacer le séparateur de brouillard d'huile.
- Réaliser un entretien du véhicule régulier et conforme aux consignes du fabricant.
- Parcourir régulièrement de longues distances, notamment pour les véhicules diesel, afin d'achever la régénération du filtre à particules.

6.2 Traces d'usure locales sur les surfaces de frottement des coussinets



Fig. 1 Traces d'usure au centre du coussinet



Fig. 2 Marque d'un corps étranger sur l'extérieur du coussinet

Diagnostic :

- Les surfaces de frottement du coussinet présentent des traces d'usure par endroit (Fig. 1).
- Des marques sont visibles sur l'extérieur du coussinet (Fig. 2).

Cause(s) :

- Il y a des corps étrangers ou des impuretés entre le corps étranger et son logement.
- L'usinage est défectueux ou les trous d'admission d'huile sur le vilebrequin sont mal ébavurés.

Solution/prévention :

- Lors du montage des coussinets, veiller impérativement à la propreté de l'ensemble. Nettoyer les coussinets avec une peau de chamois avant le montage.
- Après le meulage des manetons du vilebrequin, ébavurer soigneusement les trous d'admission d'huile.

6.3 Fortes traces d'usure à la jointure des coussinets



Fig. 1a Usure sur les surfaces de frottement près de la jointure du coussinet

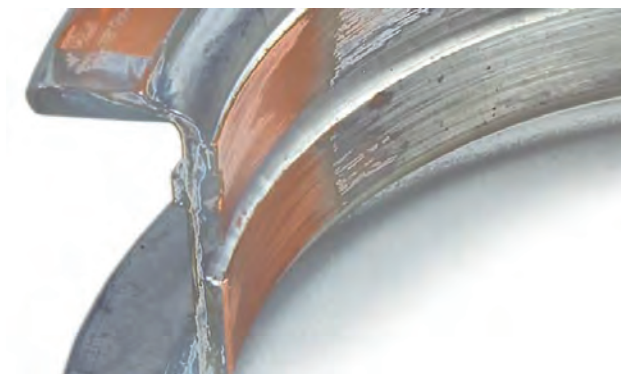


Fig. 1b Gros plan

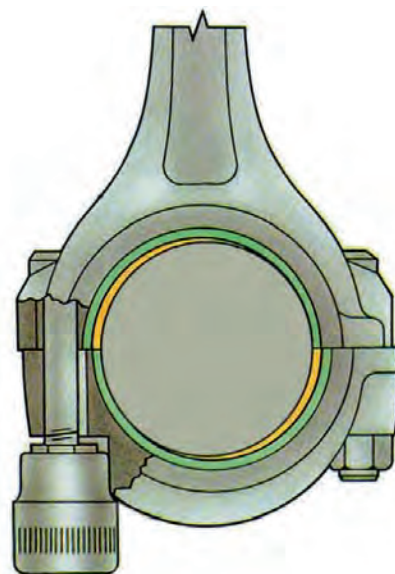


Fig. 2 Chapeau du coussinet décalé

Diagnostic :

De fortes traces d'usure sont visibles dans la jointure des coussinets (Fig. 1a+b).

Cause(s) :

Cette usure est provoquée par les erreurs de montage suivantes :

- Le chapeau du coussinet est décalé (Fig. 2). Cela survient par ex. en cas d'utilisation d'un outil inapproprié avec des écrous trop grands lors du serrage. Autres possibilités : des douilles/goupilles d'ajustage incorrectes ont été utilisées, les vis de coussinet ont été serrées avec un couple de serrage incorrect ou les vis ont été surétirées.
- Le chapeau du coussinet a été interverti ou tordu. Le chapeau ne correspond pas au cylindre.
- Lors de retouches sur les chapeaux des coussinets, les diamètres d'alésage ont été usinés trop petits.
- Une bielle usagée avec un bossage ovale a été installée sans avoir effectué les retouches nécessaires sur le grand bossage de la bielle.

Solution/prévention :

- Serrer les vis uniquement avec l'outil approprié. Un écrou avec un diamètre extérieur trop grand pousse le chapeau du coussinet sur le côté. L'alésage de logement du coussinet n'est donc plus rond.
- Respecter les couples de serrage des vis du coussinet.
- Remplacer les vis de dilatation conformément aux instructions du constructeur.
- Contrôler que chaque chapeau de coussinet correspond bien à son cylindre.
- Contrôler et retoucher la rainure du coussinet.

6.4 Traces de polissage, de frottement ou de corrosion sur l'extérieur du coussinet



Fig. 1 Zones polies à l'extérieur des coussinets

Diagnostic :

- L'extérieur du coussinet présente des zones polies et/ou des traces de frottement dans le sens de la circonférence et/ou des traces de corrosion (Fig. 1).

Cause(s) :

- Des impuretés sont piégées dans la jointure du logement du coussinet, d'où un jeu excessif des demi-coussinets.
- Les vis des chapeaux de coussinets ne sont pas suffisamment serrées.

Solution/prévention :

- Lors du montage des coussinets, veiller à la propreté de l'ensemble. Nettoyer les coussinets et la jointure du logement avec une peau de chamois avant le montage.
- Contrôler et, si besoin, remplacer les vis des chapeaux de coussinets conformément aux instructions du constructeur.
- Serrer les vis des chapeaux de coussinets conformément aux instructions du constructeur (couple de serrage, angle de rotation).
- En cas de bielle craquée et de couvercle de coussinet craqué, bien nettoyer les surfaces de rupture avant l'assemblage. En cas de présence de corps étrangers ou d'huile dans la rupture, le chapeau du coussinet ne peut pas être serré correctement.

6.5 Usure ou détérioration des bords extérieurs du coussinet



Fig. 1 Usure des bords extérieurs des coussinets

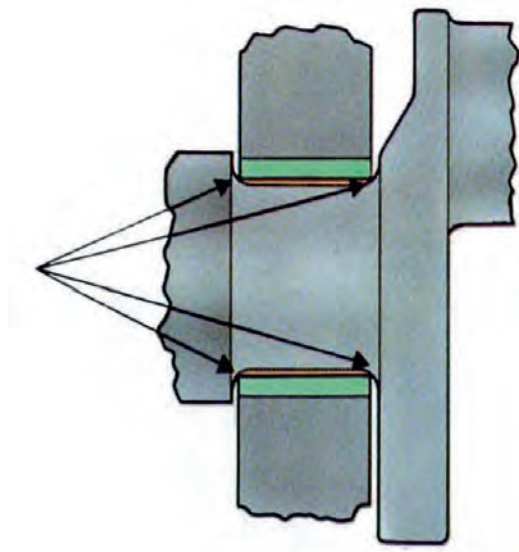


Fig. 2 Rayon trop grand sur les manetons

Diagnostic :

Les bords extérieurs des coussinets sont très usés (Fig. 1).

Cause(s) :

Ce type de dommage est provoqué par une erreur d'usinage du vilebrequin. Les manetons du vilebrequin présentent une courbure trop importante. Les bords extérieurs des demi-coussinets s'usent contre cette courbure (Fig. 2).

Solution/prévention :

- Retoucher les manetons aux dimensions indiquées par le fabricant.
- Lors du montage, veiller au bon ajustement des demi-coussinets.
- Pour rectifier les manetons, retirer la meule de la rectifieuse de vilebrequin à intervalles réguliers à l'aide d'un outil diamanté.

6.6 Forte usure sur tous les coussinets de palier

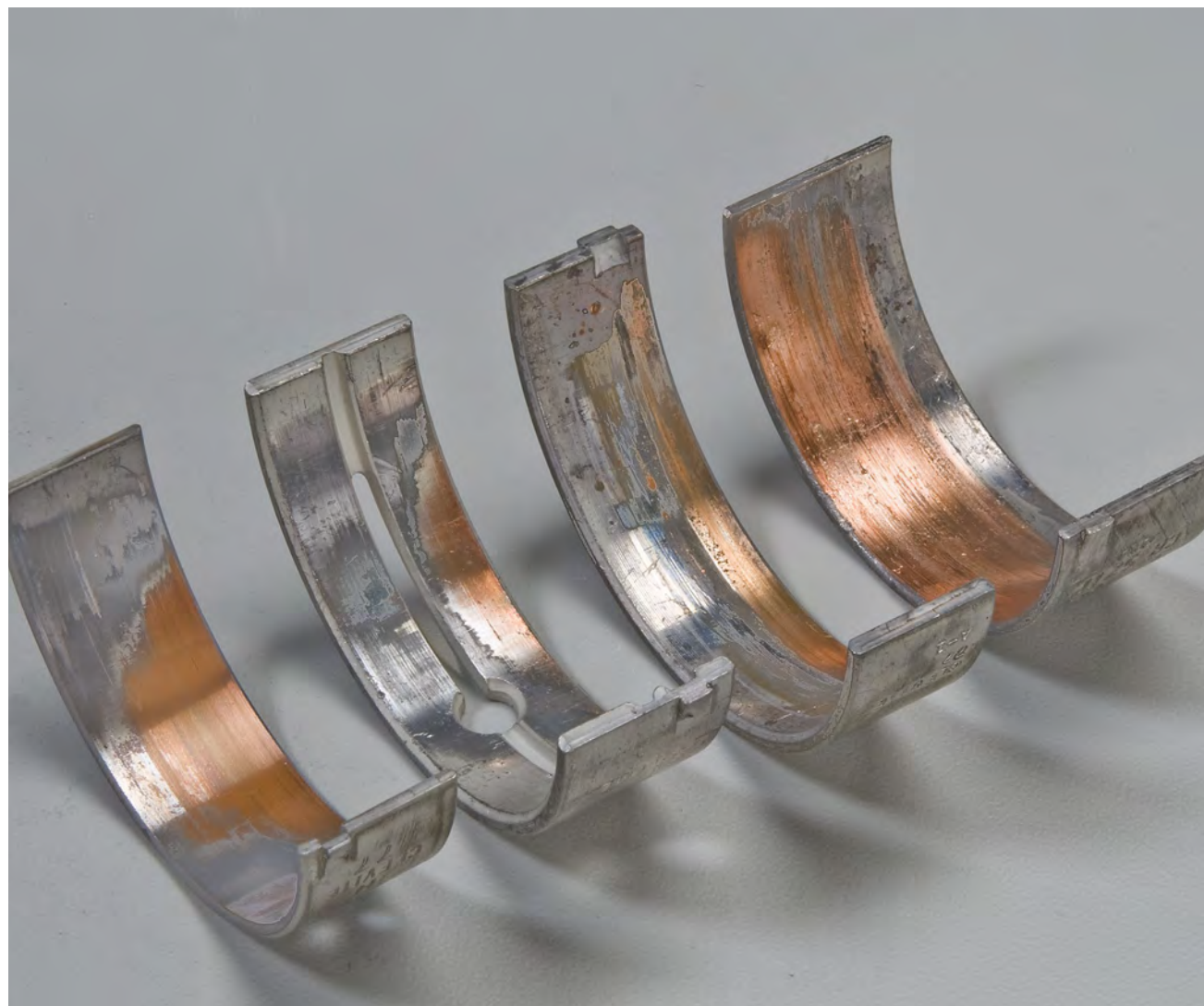


Fig. 1 Stries profondes dans le sens de la circonférence

Diagnostic :

Tous les coussinets de palier présentent de fortes traces d'usure (Fig. 1).

Cause(s) :

Ces dommages résultent d'un défaut de géométrie qui provient soit de la ligne du coussinet de palier, soit d'un vilebrequin déformé. Ces écarts de géométrie transmettent des contraintes aux coussinets, qui ne sont pas conçus pour les supporter. Il s'ensuit une usure accrue sur tous les coussinets de palier. Les écarts de géométries peuvent avoir les causes suivantes :

Défaut de géométrie dans la ligne des coussinets de palier :

- Une température trop élevée du moteur, par ex. par manque de liquide de refroidissement, peut entraîner des déformations permanentes sur le carter de vilebrequin et donc des déformations de la ligne des coussinets de palier (voir aussi le chapitre « 2.2.1 Grip-page côté pression et contre-pression », page 38).
- Les déformations peuvent également être dues à un couple de serrage incorrect des vis de culasse ou des vis des coussinets.

Déformation du vilebrequin :

- Le vilebrequin a été mal redressé avant le remontage.
- Il y a eu une surcharge mécanique, par ex. un grippage préexistant du piston.
- Le couple de serrage auquel le vilebrequin a été soumis était trop important.

Solution/prévention :

- S'assurer d'un refroidissement suffisant du moteur (liquide de refroidissement, huile, buses d'huile de refroidissement, thermostat, ventilateur).
- Contrôler/remplacer les vis conformément aux instructions du constructeur.
- Serrer toutes les vis conformément aux instructions du constructeur. Respecter également l'ordre de serrage prescrit.
- Redresser le vilebrequin avec précision ou le remplacer avant le montage.

6.7 Portée irrégulière des coussinets



Fig. 1 Usure inégale sur les demi-coussinets, couche de frottement partiellement érodée



Fig. 2 Usure inégale sur les demi-coussinets



Fig. 3 Bielle déformée

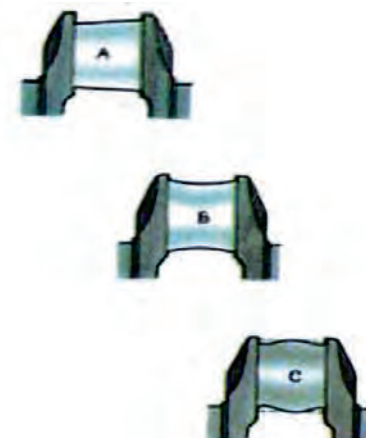


Fig. 4 Écarts de géométrie sur les manetons

Diagnostic :

Un ou plusieurs coussinets présentent des portées irrégulières : seulement sur le bord ou seulement au centre du demi-coussinet (Fig. 1+2).

Cause(s) :

Ce type de dommage est dû à des écarts de géométrie sur la bielle et/ou les manetons. Ils entraînent des pressions élevées, soit au centre du coussinet, soit sur les bords extérieurs, ce qui conduit à une portée irrégulière sur les coussinets. Les causes suivantes sont possibles :

- La bielle a été déformée par une intrusion de liquide (Fig. 3, voir aussi le chapitre « 1.3 Intrusion de liquide », page 10).
- La bielle n'a pas été coudee avant l'installation.
- Les manetons des coussinets n'ont pas été correctement usinés : leur surface est bombée, conique ou concave (Fig. 4).

Solution/prévention :

- Toujours contrôler l'angle des bielles avant le montage et les couder si nécessaire.
- Rectifier les manetons des coussinets de manière cylindrique.

6.8 Grippage des coussinets



Fig. 1 Zones brillantes sur les surfaces de frottement des demi-coussinets



Fig. 2 Coussinet très usé et marqué

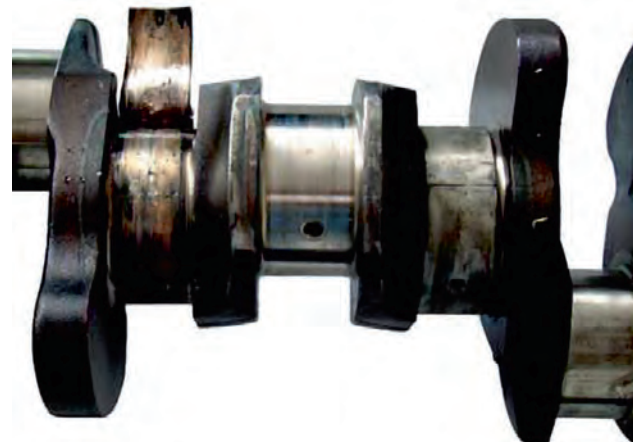


Fig. 3 Coussinets soudés au vilebrequin



Fig. 4 Extérieur d'un coussinet en cas d'inversion : empreintes des trous d'admission d'huile

Diagnostic :

Cette détérioration du coussinet présente plusieurs niveaux :

- Les premiers signes sont des points brillants sur le coussinet (Fig. 1).
- En cas de fonctionnement prolongé avec une lubrification insuffisante, les coussinets deviennent bleutés, puis noirs (Fig. 2).
- Dans les cas extrêmes, la couche antifriction fond (Fig. 3) et le coussinet est soudé au maneton.

Cause(s) :

Les dommages aux coussinets décrits ici sont dus à une lubrification insuffisante. Il convient alors de distinguer si un seul coussinet est endommagé ou s'ils le sont tous.

Un seul coussinet est endommagé :

- Sur les deux demi-coussinets, un seul est doté de trous d'admission d'huile. Si ces coussinets sont inversés, le trou d'admission d'huile (Fig. 4) du logement du coussinet est obturé et l'huile ne peut pénétrer dans le coussinet.

Solution/prévention :

- Monter les coussinets conformément aux spécifications. Veiller à l'alignement des trous d'admission d'huile du coussinet et de ceux du moteur.
- Changer régulièrement l'huile et le filtre, conformément aux instructions du constructeur, en particulier en cas d'utilisation de biocarburants, car les intervalles sont alors fortement réduits.
- Vérifier le niveau d'huile et, si nécessaire, faire l'appoint.

- Dans ce cas, il y a d'abord un manque de lubrification dans le coussinet de bielle.
- Les trous d'admission d'huile bouchés entraînent une lubrification insuffisante. Notamment en cas d'utilisation de biocarburants, des cristaux risquent de se former dans l'huile et donc de boucher les trous d'admission d'huile.
- Les vis n'ont pas été serrées correctement (trop peu) sur un coussinet. L'augmentation de jeu qui en résulte entraîne une surcharge du film d'huile.

Tous les coussinets sont endommagés :

- Si tous les coussinets sont grippés, cela indique un manque d'huile généralisé (voir aussi chapitre « 1.4 Consommation d'huile accrue », page 12). Ce phénomène peut avoir diverses causes :
 - une pompe à huile défectueuse ou non étanche ou un défaut de la soupape du limiteur de pression,
 - une fuite dans le système de canalisation d'huile,
 - un niveau d'huile trop faible,
 - une inclinaison trop importante du véhicule ou
 - une dilution de l'huile par du carburant ou du liquide de refroidissement.

6.9 Matière arrachée sur la couche de frottement des coussinets



Fig. 1 Matière arrachée suite à une surcharge mécanique ou à une capacité de charge insuffisante du film d'huile

Diagnostic :

Des endroits où la matière a été arrachée sont visibles sur la couche de frottement du coussinet (Fig. 1).

Cause(s) :

Ces dommages sont causés par la fatigue du matériau du coussinet, qui peut être causée par les facteurs suivants :

- La bielle n'a pas été coudee avant l'installation.
- Les manetons des coussinets n'ont pas été correctement usinés : leur surface est bombée, conique ou concave.
- Le coussinet a subi une contrainte excessive suite à un tuning.
- La diminution du pouvoir lubrifiant de l'huile moteur peut provenir de l'introduction de carburant ou de liquide de refroidissement dans l'huile (voir aussi le chapitre « 2.2.2 Grippage d'un seul côté de la jupe du piston », page 40).
- L'huile moteur est de mauvaise qualité ou possède une viscosité trop faible.

Solution/prévention :

- Toujours contrôler l'angle des bielles avant le montage et les couder si nécessaire.
- Rectifier les manetons des coussinets de manière cylindrique.
- En cas de dilution de l'huile, changer l'huile immédiatement, trouver la cause du défaut et l'éliminer.
- Utiliser des huiles moteur homologuées par le constructeur automobile.

6.10 Couche de frottement poreuse sur les coussinets



Fig. 1a Couche de frottement corrodée par des substances corrosives dans l'huile



Fig. 1b Matériau du coussinet attaqué nettement visible en gros plan



Fig. 2 Bague de bielle endommagée

Diagnostic :

La couche de frottement du coussinet est de couleur foncée et présente des zones poreuses (Fig. 1+2).

Cause(s) :

Les dommages décrits ici s'expliquent par des brûlures chimiques, qui peuvent résulter des circonstances suivantes :

- À partir d'une certaine concentration, les composants chimiques présents dans l'huile moteur, comme le soufre provenant de carburants de mauvaise qualité, ont un effet corrosif.
- Le fonctionnement au gaz acidifie l'huile moteur.
- Les intervalles de vidange d'huile sont nettement trop longs.
- Il y a des résidus de liquide de refroidissement dans l'huile moteur.

Solution/prévention :

- Toujours effectuer la vidange d'huile conformément aux instructions du constructeur.
- Vérifier régulièrement l'étanchéité du circuit de refroidissement et s'assurer qu'il n'y a pas de perte de liquide de refroidissement.
- Si la fuite de liquide de refroidissement dans l'huile moteur est détectée à temps, éliminer la cause (par ex. une fuite sur le refroidisseur d'huile). Ensuite, effectuer une vidange d'huile avec un filtre plusieurs fois dans un court laps de temps pour éliminer toutes les particules de liquide de refroidissement du circuit d'huile.
- Particulièrement important pour les moteurs à gaz : respecter les intervalles de vidange et la qualité de l'huile.

Glossaire

Terme	Définition
Air extérieur	Air qui pénètre dans le système suite à un défaut d'étanchéité.
Angle de rotation	Angle pour serrer les vis de dilatation en plus d'un certain couple de serrage.
Antigel	Additif pour le liquide de refroidissement. Il modifie les propriétés physiques de l'eau et empêche l'eau de refroidissement de geler en augmentant son point d'ébullition. De plus, il permet la lubrification des coussinets et de la pompe à liquide de refroidissement et sert de protection anticorrosion pour le moteur.
Barres de rodage	Outil de meulage (barres abrasives) qui effectue le travail d'usinage lors du rodage.
Bielle à serrage	Bielle avec laquelle l'axe de piston est serré dans le petit bossage de la bielle. Aucun circlip n'est nécessaire pour fixer l'axe du piston dans le piston.
Biocarburant	Carburant produit à partir de biomasse.
Biodiesel	Le biodiesel n'est pas fabriqué à base de pétrole brut, comme le carburant diesel traditionnel, mais à partir d'huiles végétales ou de graisses animales.
Buse d'huile de refroidissement	Petit tube courbé qui, en injectant de l'huile moteur du circuit d'huile dans le piston, veille au respect de la température admissible. Pour les pistons avec canal de refroidissement, de l'huile moteur est injectée dans le canal circulaire, ce qui assure un meilleur refroidissement du piston.
Capacité de charge	Stabilité du film d'huile.
Capteur PMH	Capteur qui détermine la position du piston dans le moteur. Les données de ce capteur sont nécessaires à la commande moteur.
Carburant soufré	Carburant diesel contenant plus de 0,5 % de soufre. La combustion du soufre crée des composés corrosifs qui s'accumulent dans l'huile moteur et endommagent les composants. Par conséquent, il faut réduire les intervalles de vidange d'huile.
Changement d'appui du piston	Inversion du piston aux points morts haut et bas, du côté pression à contre-pression et inversement.
Circlip	Bagues en acier à ressort qui fixent l'axe du piston dans l'alésage de l'axe.
Clavette de soupape	Sert à maintenir les soupapes.
Compresseur d'air comprimé	Compresseur motorisé produisant de l'air comprimé pour les systèmes pneumatiques des véhicules utilitaires.
Côté contre-pression	Côté du piston le moins sollicité pendant le cycle de travail.
Côté pression	Côté appui du piston pendant le cycle de travail.
Débit d'air	La quantité d'air (unité : litre/heure) qui traverse un milieu (filtre ou conduites).
Débitmètre massique d'air	Capteur dans l'admission d'air pour mesurer la quantité d'air d'admission nécessaire au réglage optimal du mélange air-carburant.
Début d'injection	Début de l'injection de carburant pour un angle de vilebrequin défini avant le point mort haut du piston sur les moteurs diesel.
Dépassement/retrait du piston	Indique la position du piston au point mort haut par rapport à la surface d'étanchéité du bloc moteur. Si le piston dépasse de la surface d'étanchéité du bloc, il s'agit d'un dépassement. Si le piston se trouve en retrait par rapport à la surface d'étanchéité du bloc, il s'agit d'un retrait.
Écartement	Cote entre la tête du piston (piston au point mort haut) et la culasse.
Érosion	Dommages causés aux surfaces des pièces par des liquides ou des gaz chauds.
Fatigue du matériau	Dégradation du matériau par une surcharge mécanique prolongée.
Filtre spin-on	Filtre à visser.

Glossaire

Terme	Définition
Fonctionnement au gaz	Moteur thermique fonctionnant principalement au gaz (principalement au gaz automobile, au gaz naturel ou au gaz de fermentation).
Formation de cristaux (huile moteur)	Réticulation de chaînes moléculaires qui épaississent l'huile moteur instantanément. Cela peut se produire lorsque des moteurs diesel fonctionnent avec des huiles végétales si les intervalles de vidange ne sont pas adaptés.
Formation de piqûres	Particules détachées du matériau du piston qui se retrouvent plaquées ailleurs sur le piston.
Gaine de tôle	Écrasement du matériau provoqué au rodage par des barres de rodage usées ou obstruées, et qui peut conduire à une augmentation de la consommation d'huile.
Granules	Petites billes hygroscopiques dans le dessiccateur d'air, qui retiennent l'humidité de l'air.
Grippage	Dommages qui surviennent lorsque deux pièces mobiles en métal frottent trop longtemps l'une contre l'autre sans lubrification ou avec une pression de contact trop élevée.
Grippage du piston	Dommages qui surviennent lorsque le piston et le cylindre frottent trop longtemps l'un contre l'autre sans lubrification ou avec une pression de contact trop élevée.
Indice d'octane	Indicateur de résistance au cliquetis (propension à l'auto-allumage) d'un carburant essence. Règle : plus l'indice d'octane est élevé, plus l'essence résiste au cliquetis.
Indice de cétane	Indicateur d'inflammabilité des carburants diesel. L'inflammabilité augmente avec l'indice de cétane.
Jeu à la coupe	Espace entre les extrémités d'un segment de piston à l'état monté.
Jeu de montage	Différence de dimensions entre le plus grand diamètre de piston et le diamètre de cylindre à 20 °C. L'éventuel revêtement en graphite sur le piston n'est pas pris en compte.
Mélange de démarrage à froid	Mélange air-carburant enrichi avec du carburant. Les moteurs froids nécessitent un mélange air-carburant plus gras pour un fonctionnement optimal.
Outil de desserrage	Outil pour desserrer un filtre à visser ou un couvercle de filtre à huile. Désignation MAHLE : OCS. Cet outil ne doit servir qu'au desserrage et non au serrage d'un filtre (risque de détérioration de la protection anticorrosion).
Pertes de gaz	Gaz de combustion qui longe le piston pour pénétrer dans le carter de vilebrequin.
Phase de régénération	Phase de déshumidification des granules dans le dessiccateur d'air. L'air sec est soufflé du réservoir d'air comprimé dans le sens inverse dans le dessiccateur d'air. La phase de régénération est déclenchée par les soupapes de régulation.
Point d'allumage	Position du vilebrequin dans laquelle le mélange air-carburant des moteurs essence est enflammé par les bougies d'allumage.
Point mort	Position du piston dans le cylindre : position la plus haute = point mort haut, position la plus basse = point mort bas.
Polymérisation	Réticulation de chaînes moléculaires qui épaississent l'huile moteur instantanément.
Prescriptions de serrage	Les motoristes spécifient l'ordre, le couple de serrage et l'angle de rotation pour le serrage des vis de dilatation.
Pression de suralimentation	Pression à la sortie du compresseur (turbocompresseur/compresseur). Au fur et à mesure que la pression de suralimentation augmente, la masse d'air fournie au moteur augmente et, avec un mélange air-carburant constant, le couple moteur ou la puissance du moteur augmente.
Profil d'usinage	Profil de rotation bien défini sur la jupe du piston pour optimiser les conditions tribologiques.
Quantité d'injection	Quantité de carburant injectée dans les moteurs diesel.
Retrait de soupape	Distance entre la surface plane de la culasse et les soupapes.
Rodage	Usinage de cylindres par enlèvement de copeaux généré par superposition du mouvement de rotation et de levage d'un outil de meulage. Les rectifications croisées ainsi obtenues améliorent les propriétés tribologiques de la surface du cylindre.
Rupture brutale	Rupture d'une pièce en raison d'une surcharge très forte et isolée.

Glossaire

Terme	Définition
Rupture de fatigue	Rupture d'une pièce due à une alternance de charge.
Sonde lambda	Capteur dans le système d'échappement des moteurs thermiques avec catalyseur, utilisé pour mesurer la teneur en oxygène résiduel dans les gaz d'échappement afin de déterminer si le mélange air-carburant brûle complètement.
Soupape du limiteur de pression (pompe à huile)	Soupape qui empêche les pics de pression ou une surpression générale dans le circuit d'huile en renvoyant l'huile de la pompe directement dans le carter d'huile.
Surrégime	Vitesse de rotation supérieure au régime autorisé. Il y a surrégime, par ex., lorsque la vitesse embrayée est trop basse.
Système tribologique	Rapport de frottement et de lubrification dans le moteur.
Temps d'ouverture des soupapes	Synchronisation entre la distribution des soupapes et la position du vilebrequin.
Thermostat	Soupape de régulation dans le circuit de refroidissement. Pendant le préchauffage, le liquide de refroidissement circule uniquement dans le moteur. Quand le moteur est chaud, tout le liquide de refroidissement passe par le radiateur.
Tuning	Mesures destinées à augmenter la puissance du moteur.
Valeur thermique	La valeur thermique caractérise la capacité de charge thermique de la bougie d'allumage.
Ventilateur	Hélice soufflant de l'air frais sur le radiateur. Le ventilateur est entraîné mécaniquement par le moteur via un Visco®-coupleur ou par un moteur électrique séparé.
Visco®-coupleur	Le Visco®-coupleur régule le refroidissement moteur via la vitesse du ventilateur, qui dépend de la sollicitation du moteur.
Valeur thermique	La valeur thermique caractérise la capacité de charge thermique de la bougie d'allumage.



Nos produits

Pièces moteur 	Une qualité qui s'impose, sur mesure et durable - Pistons - Segments de piston - Chemises de cylindre - Coussinets - Organes de la distribution - Ensembles - Turbocompresseurs - Pompes à huile réglées - Modules d'aspiration avec commande à clapet - Séparateurs de brouillard d'huile
Joints 	Gamme de joints dans le monde entier, pour plus d'un million d'applications - Joints de carter d'huile - Vis de culasse - Produits d'étanchéité
Filtres 	Notre gamme de filtres, une affaire de propreté - Filtres à air - Filtres à huile - Modules de filtre à huile - Filtres à carburant - Filtres d'habitacle - Cartouches de dessiccateur d'air - Filtres à huile de transmission - Filtres à urée - Filtres CleanLine
Refroidissement moteur et climatisation 	Un confort perceptible, aujourd'hui et demain - Radiateurs de refroidissement, refroidisseurs d'air de suralimentation - Ventilateurs et coupleurs de ventilateur, ventilateurs de condenseurs/de radiateurs de refroidissement - Vases d'expansion, radiateurs de chauffage d'habitacle - Refroidisseurs de recirculation des gaz d'échappement, refroidisseurs d'huile - Pompes à liquide de refroidissement électriques - Thermostats, thermocontacts - Compresseurs A/C, huiles pour compresseurs A/C - Condenseurs A/C, bouteilles déshydratantes et accumulateurs - Évaporateurs, détendeurs et orifices calibrés - Pulseurs d'air d'habitacle, commutateurs A/C - Régulateurs de pulseurs A/C et résistances, actionneurs électriques de volets de mixage - Capteurs
Démarrateurs et alternateurs 	Puissance et performance pour un démarrage optimal - Démarrateurs - Alternateurs
Électromobilité et électronique 	Solutions innovantes pour la mobilité de demain - Actionneurs et commutateurs - Composants électroniques haute puissance - Capteurs divers - Systèmes d'entraînement électriques
Équipement d'atelier et de diagnostic 	Solutions efficaces pour l'entretien et la maintenance - Diagnostic TechPRO® TechPRO® Digital ADAS - Station de charge et d'entretien ArcticPRO® - Rinçage de transmission automatique FluidPRO® - Gonflage des pneus à l'azote NitroPRO® - Appareil de contrôle des émissions EmissionPRO® - Outil logiciel LogiqPRO® - Système de désinfection OzonePRO® - Diagnostic à distance RemotePRO® - Diagnostic de la batterie pour véhicule électrique BatteryPRO®

Nos services d'info

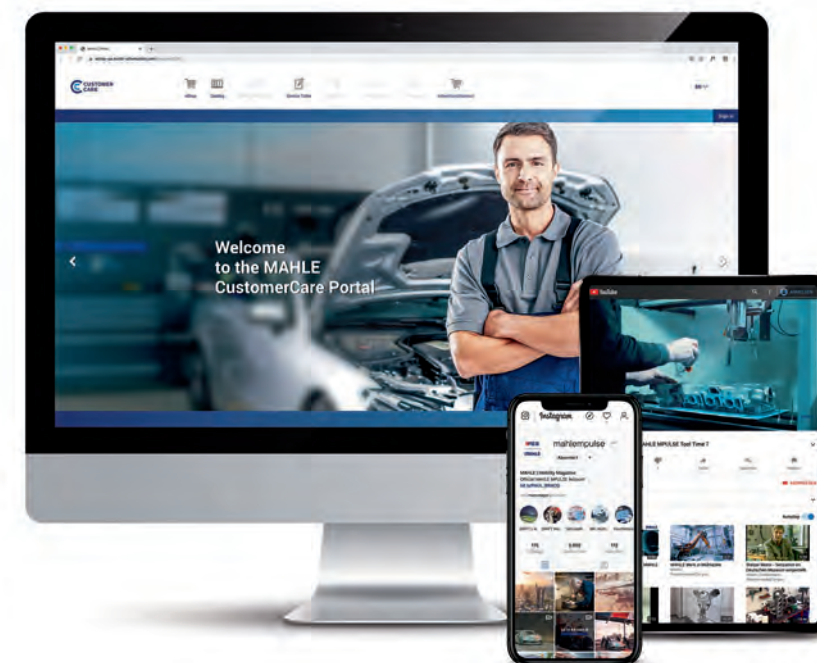
- Technical Messenger**
des infos techniques importantes et des conseils pertinents sur la maintenance et la réparation de tous les produits MAHLE (voir onglet « Services » sur notre site)
- Posters techniques**
- Brochures dommages**
- Vidéos de montage et animations**
- Livret de charges fluide frigorigène et huile de compresseur de climatisation**
mahle-aftermarket.com/filling-quantities
- Portail de formation**
training.mahle.com
- TechTool**
techtool.mahle.com
- Newsletter MAHLE Insider**
mahle-aftermarket.com/mahle-insider
- Catalogue Aftermarket en ligne**
catalog.mahle-aftermarket.com



Vous avez des questions techniques ?
Nous nous ferons un plaisir de vous aider :

Assistance téléphonique technique : +49 1806 115599*
Courriel : product.support@mahle.com
Du lundi au vendredi de 8h00 à 12h30 et de 13h00 à 17h00

*0,20 €/connexion depuis le réseau fixe, connexion mobile max. 0,60 € (valable pour l'Allemagne, variable pour l'étranger)



- CustomerCare Portal**
customer.mahle-aftermarket.com
- Site Internet**
mahle-aftermarket.com
- Catalogue en ligne**
catalog.mahle-aftermarket.com
- Boutique en ligne MAHLE**
eshop.mahle-aftermarket.com
- Magazine client en ligne**
mpulse.mahle.com
- mahlempulse sur Instagram**

- Chaîne YouTube MAHLE**

- Page Facebook MAHLE**




MAHLE Insider

MAHLE Aftermarket GmbH
Pragstraße 26–46
70376 Stuttgart, Allemagne
Téléphone : +49 711 501-0

www.mahle-aftermarket.com
www.mpulse.mahle.com