



KOLBENSCHMIDT



# TOUT SAVOIR

**DOMMAGES SUR LES PISTONS –  
IDENTIFICATION ET ÉLIMINATION**





## GRUPE MOTORSERVICE

### QUALITÉ ET SERVICE AUPRÈS D'UN UNIQUE FOURNISSEUR

Le groupe Motorservice est l'organisation commerciale en charge des activités internationales Aftermarket de Rheinmetall. C'est l'un des premiers fournisseurs de composants de moteurs pour le marché indépendant des pièces de rechange. Avec les marques haut de gamme Kolbenschmidt, Pierburg, TRW Engine Components ainsi que les marques BF et turbo by Intec, Motorservice propose à ses clients commerçants et garagistes une gamme étendue et variée de très grande qualité.

## RHEINMETALL

### DES TECHNOLOGIES AU SERVICE DE LA MOBILITÉ DE DEMAIN

Équipementier automobile présent dans le monde entier, Rheinmetall se place, grâce à son savoir-faire dans les domaines de l'alimentation en air, de la réduction des émissions nocives et des pompes ainsi que dans le développement, la fabrication et la fourniture de pistons, de blocs-moteurs et de coussinets, en tête de ces marchés respectifs. Le développement des produits se déroule en étroite coopération avec des constructeurs automobiles renommés.



**KOLBENSCHMIDT**



**PIERBURG**



**TRW**  
EngineComponents



**Rédaction :**  
Motorservice, Technical Market Support

**Mise en page et production :**  
Motorservice, Marketing

Toute reproduction, duplication ou traduction, en totalité ou en partie, nécessite notre accord écrit préalable et l'indication de la source.

Sous réserve de modifications et de variations dans les illustrations. Toute responsabilité est exclue.

**Editeur :**  
© MS Motorservice International GmbH

#### Responsabilité

Les informations contenues dans la présente brochure ont fait l'objet de recherches méticuleuses. Toutefois, des erreurs peuvent s'y être glissées, certaines informations peuvent avoir été mal traduites ou omises, ou bien avoir changé depuis la date de rédaction. Par conséquent, nous ne garantissons pas l'exactitude, l'intégralité, l'actualité ou la qualité des informations transmises et déclinons toute responsabilité quant à celles-ci. Nous déclinons toute responsabilité quant aux dégâts directs ou indirects, matériels ou non matériels émanant de l'utilisation ou de la mauvaise utilisation d'informations, ou d'éventuelles informations erronées ou incomplètes contenues dans la présente brochure, à moins qu'une faute volontaire ou une négligence particulièrement grave puisse nous être imputée. Nous déclinons également toute responsabilité quant aux dommages causés par un niveau de connaissances techniques spécialisées insuffisant, des connaissances insuffisantes en matière de réparation ou une expérience insuffisante de la part du réparateur de moteurs ou du mécanicien. La validité des procédés techniques et des instructions de réparation décrits pour les générations de moteurs futures ne pouvant être déterminée ici, elle doit être jugée dans chaque cas par le réparateur de moteurs ou par le garage.



## OBJET

Cette brochure a pour but de donner au lecteur une idée des différents dommages possibles sur les pistons, les surfaces de travail des cylindres et les chemises de cylindre. Elle aide le professionnel à établir son diagnostic et à déterminer les causes et transmet au non-professionnel les connaissances de base.

Les causes des pannes n'étant pas toujours évidentes, leur identification nécessite une approche globale lors de l'analyse des dégâts dans un moteur. Il n'est pas rare que de nouvelles défaillances se produisent après la réparation d'un moteur, car les pièces endommagées ont certes été remplacées, mais la cause de la panne n'a pas été corrigée. Souvent, le professionnel ne dispose, pour la description du déroulement du dommage, que d'une unique pièce défectueuse, sans aucune indication quant à la durée de fonctionnement ou à l'ampleur du dommage. Le diagnostic ne peut alors être que général et non spécifique.

## AIDES

Identifier les dommages n'est pas toujours chose aisée. Bien souvent, ils sont difficilement identifiables sur les photos. C'est pourquoi chaque type de dommage est complété par un pictogramme (Fig. 1). Ces pictogrammes permettent d'identifier plus facilement les dommages sur les photos. Il ne s'agit pas d'une représentation à l'échelle 1 : 1 du dommage concerné, mais d'exemples parfois enrichis d'informations complémentaires. Les dommages accompagnés de traces caractéristiques en différents endroits ou sur différentes pièces sont décrits par plusieurs pictogrammes.

Un glossaire reprenant les principaux termes techniques utilisés figure en annexe.



Fig. 1



<b>SOMMAIRE</b>		<b>PAGE</b>
<b>1.</b>	<b>DIAGNOSTIC RAPIDE</b>	<b>6</b>
<b>2.1</b>	<b>GRIPPAGE PAR MANQUE DE JEU</b>	<b>10</b>
2.1.1	Généralités sur le grippage par manque de jeu	10
2.1.2	Grippage par manque de jeu sur la jupe du piston	11
2.1.3	Grippage à 45°	12
2.1.4	Grippage par manque de jeu sur la partie inférieure de la jupe du piston	14
<b>2.2</b>	<b>GRIPPAGE PAR MANQUE DE LUBRIFICATION</b>	<b>15</b>
2.2.1	Généralités sur le grippage par manque de lubrification	15
2.2.2	Grippage par manque de lubrification sur la jupe du piston	16
2.2.3	Grippage unilatéral de la jupe du piston sans zones de dépression	17
2.2.4	Friction par manque de lubrification due à un excès de carburant	18
2.2.5	Grippage de la tête du piston sur les pistons diesel	19
2.2.6	Grippage par manque de lubrification dû à des segments surchauffés	20
<b>2.3</b>	<b>GRIPPAGE PAR SURCHAUFFE</b>	<b>22</b>
2.3.1	Généralités sur le grippage par surchauffe	22
2.3.2	Grippage par surchauffe principalement sur la tête du piston	23
2.3.3	Grippage par surchauffe principalement sur la jupe du piston	24

<b>SOMMAIRE</b>	<b>PAGE</b>
<b>2.4 DYSFONCTIONNEMENTS DE COMBUSTION</b>	<b>25</b>
2.4.1 Généralités sur les dommages des pistons causés par des dysfonctionnements de combustion	25
2.4.2 Fusions sur la tête du piston et la jupe du piston (moteur à essence)	29
2.4.3 Dilatations et fusions sur la tête du piston (moteur diesel)	30
2.4.4 Fissuration de la tête du piston et de la chambre de combustion (moteur diesel)	32
2.4.5 Rupture des cordons	34
2.4.6 Marques d'impacts sur la tête du piston (moteur diesel)	36
2.4.7 Tête du piston percée (moteur à essence)	38
2.4.8 Grippage de la tête du piston suite au montage d'un piston incorrect (moteur diesel)	40
2.4.9 Érosion sur le cordon de feu et sur la tête du piston (moteur à essence)	42
<b>2.5 RUPTURE DU PISTON ET DES SEGMENTS</b>	<b>44</b>
2.5.1 Généralités sur les ruptures de piston	44
2.5.2 Rupture du piston dans le bossage d'axe de piston	45
2.5.3 Rupture du piston suite à un contact entre la tête du piston et la culasse	46
2.5.4 Érosion de matière au niveau de la segmentation (rupture des segments)	48
<b>2.6 RUPTURE DE L'AXE DE PISTON</b>	<b>50</b>
2.6.1 Généralités sur les ruptures de l'axe de piston	50
2.6.2 Axe de piston cassé	51
<b>2.7 DÉTÉRIORATIONS DES ARRÊTOIRS D'AXE</b>	<b>52</b>
2.7.1 Généralités sur les détériorations des arrêtoirs d'axe	52
2.7.2 Dommages sur les pistons dus à des arrêtoirs d'axe cassés	53

<b>SOMMAIRE</b>	<b>PAGE</b>
<b>2.8 GRIPPAGE DANS LES BOSSAGES D'AXE DE PISTON</b>	<b>56</b>
2.8.1 Généralités sur le grippage dans les bossages d'axe de piston	56
2.8.2 Grippage dans les bossages d'axe de piston (axe de piston à montage flottant)	57
2.8.3 Grippage dans les bossages d'axe de piston (bielle contractée)	58
2.8.4 Grippage dans les bossages d'axe de piston (avec grippage de la jupe du piston)	59
<b>2.9 BRUITS DES PISTONS</b>	<b>60</b>
2.9.1 Généralités sur les bruits des pistons	60
2.9.2 Marques d'impacts radiales sur le cordon de feu	61
<b>2.10 CYLINDRES ET CHEMISES DE CYLINDRE</b>	<b>62</b>
2.10.1 Fissures longitudinales sur les chemises de cylindre	63
2.10.2 Colerette de la chemise de cylindre arrachée	64
2.10.3 Cavitation sur les chemises de cylindre	66
2.10.4 Usure irrégulière de la surface de travail	68
2.10.5 Zones brillantes dans la partie supérieure de la surface de travail	70
2.10.6 Déchirement de la chemise de cylindre par projection de liquide	72
<b>2.11 SURCONSOMMATION D'HUILE</b>	<b>74</b>
2.11.1 Généralités sur la consommation d'huile	74
2.11.2 Erreur de montage du segment racleur d'huile	75
2.11.3 Usure des pistons, des segments et de la zone de travail des cylindres par la crasse	76
2.11.4 Usure des pistons, segments et cylindres par excès de carburant	78
2.11.5 Usure des segments de piston juste après une rectification du moteur	80
2.11.6 Portée asymétrique du piston	82
<b>3. GLOSSAIRE</b>	<b>84</b>

# 1. DIAGNOSTIC RAPIDE



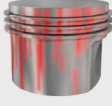



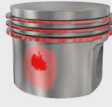

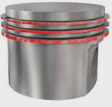

## DOMMAGES AU NIVEAU DE LA JUPE DU PISTON

	Grippage par manque de jeu sur la jupe du piston	11		Grippage à 45°	12
	Grippage unilatéral de la jupe du piston sans zones de dépression	17		Grippage par surchauffe principalement sur la jupe du piston	24
	Grippage par manque de lubrification sur la jupe du piston	16		Grippage par manque de jeu sur la partie inférieure de la jupe du piston	14
	Friction par manque de lubrification due à un excès de carburant	18		Usure des pistons, des segments et des cylindres par excès de carburant	78








## GRIPPAGE DE LA TÊTE DU PISTON

	Grippage de la tête du piston sur les pistons diesel	19		Grippage de la tête du piston suite au montage d'un piston incorrect (moteur diesel)	40
	Grippage par surchauffe principalement sur la tête du piston	23		Grippage par manque de lubrification dû à des segments surchauffés	20

**DOMMAGES AU NIVEAU DES SEGMENTS DE PISTON**

	Grippage par manque de lubrification dû à des segments surchauffés 	20		Usure des pistons, des segments et de la zone de travail des cylindres par de la crasse 	76
	Erreur de montage du segment racleur d'huile 	75		Usure des pistons, des segments et des cylindres par excès de carburant 	78
	Usure des segments de piston juste après une rectification du moteur 	80			

**AUTRES DOMMAGES AU NIVEAU DE LA SEGMENTATION ET DE LA JUPE**

	Rupture des cordons 	34		Érosion de matière au niveau de la segmentation (rupture des segments)	48
	Domages sur les pistons dus à des arrêteurs d'axe cassés	53		Marques d'impacts radiales sur le cordon de feu	61
	Portée asymétrique du piston 	82			



Domage lié à la consommation d'huile

## DOMMAGES DE LA TÊTE DU PISTON



Fusions sur la tête du piston et la jupe du piston (moteur à essence)

29



Dilatations et fusions sur la tête du piston (moteur diesel)

30



Tête du piston percée (moteur à essence)

38



Érosion sur le cordon de feu et la tête du piston (moteur à essence)

42



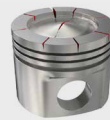
Rupture du piston suite à un contact entre la tête du piston et la culasse

46



Marques d'impacts sur la tête du piston (moteur diesel)

36



Fissuration de la tête du piston et de la chambre de combustion (moteur diesel)

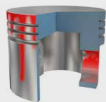
32



Rupture du piston dans le bossage d'axe

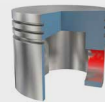
45

## GRIPPAGE DE L'AXE DE PISTON ET RUPTURE DE L'AXE DE PISTON



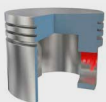
Grippage dans les bossages d'axe de piston (avec grippage de la jupe du piston)

59



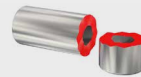
Grippage dans les bossages d'axe de piston (axe de piston à montage flottant)

57



Grippage dans les bossages d'axe de piston (bielle contractée)

58



Axe de piston cassé

51



**DOMMAGES SUR LES CHEMISES DE CYLINDRE ET LES ALÉSAGES DE CYLINDRE**

Collerette de la chemise de  
cylindre arrachée 64



Collerette de la chemise de  
cylindre arrachée  
(phase initiale) 64



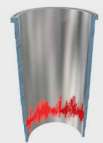
Fissures longitudinales dans  
la chemise de cylindre 63



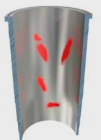
Déchirement de la chemise de  
cylindre par projection de  
liquide 72



Cavitation sur les chemises  
de cylindre 66



Grippage par manque de jeu  
sur la partie inférieure de la  
jupe du piston 14



Usure irrégulière des surfaces  
de travail 68



Zones brillantes dans la partie  
supérieure de la surface de  
travail 70



Domage lié à la  
consommation d'huile

## 2.1 GRIPPAGE PAR MANQUE DE JEU

### 2.1.1 GÉNÉRALITÉS SUR LE GRIPPAGE PAR MANQUE DE JEU

Le jeu entre le piston et le cylindre peut se réduire de manière excessive, voire même disparaître complètement, suite à un mauvais dimensionnement des partenaires mécaniques, à des déformations du cylindre ou à des surcharges thermiques.

Durant le fonctionnement, le piston atteint des températures sensiblement supérieures et se dilate donc davantage que le cylindre qui l'entoure. En outre, compte tenu du coefficient de dilatation à la chaleur de l'aluminium, le piston se dilate environ deux fois plus que la fonte grise généralement utilisée pour le cylindre. Ces deux facteurs doivent être pris en compte au moment de la conception.

Lorsque le jeu entre le piston et le cylindre se réduit, il se produit d'abord une friction mixte : le film d'huile est repoussé de la paroi du cylindre par le piston qui se dilate. Les surfaces porteuses de la jupe du piston commencent à être brillantes et polies. La friction mixte et la chaleur ainsi produite entraînent une augmentation de la température des pièces. Le piston pousse de plus en plus sur la paroi du cylindre et le film d'huile finit par ne plus agir du tout. Le piston fonctionne alors à sec. Des premières érosions avec une surface lisse, de couleur foncée, en sont la conséquence.

#### **ASPECTS CARACTÉRISTIQUES D'UN GRIPPAGE PAR MANQUE DE JEU :**

- Zones de pression fortement brillantes passant à des surfaces de friction lisses et de couleur foncée.
- Zones de grippage sur le côté pression comme sur le côté dépression.

## 2.1.2 GRIPPAGE PAR MANQUE DE JEU SUR LA JUPE DU PISTON



### DESCRIPTION

- Plusieurs zones de grippage similaires autour de la jupe du piston.
- Zones de grippage sur le côté pression et sur le côté dépression de la jupe du piston, c'est-à-dire zones de grippage opposées.
- Surface présentant des zones de pression fortement brillantes passant à des zones de frottement foncées et lisses.
- Zone de segmentation intacte.



### ANALYSE

Le jeu entre la jupe du piston et la zone de travail du cylindre était trop faible, ou il a été réduit par des déformations qui se sont probablement produites pendant le fonctionnement du moteur.



### REMARQUE

Contrairement à un grippage par manque de lubrification, un grippage par manque de jeu se produit toujours peu de temps après une rectification du moteur.

### CAUSES POSSIBLES

- Alésage de cylindre trop petit.
- Serrage excessif ou irrégulier de la culasse (déformation du cylindre).
- Surfaces non planes du bloc-moteur et de la culasse.
- Encrassement ou endommagement des filetages dans les taraudages ou des vis de culasse.
- Surfaces d'appui des têtes de vis grippées ou mal huilées.
- Joints de culasse erronés ou inadaptés.
- Déformations du cylindre suite à un échauffement irrégulier dû à des dépôts calcaires, un encrassement ou d'autres dérangements du système de refroidissement.

### 2.1.3 GRIPPAGE À 45°



#### DESCRIPTION

- Zones de grippage sur le côté pression et le côté dépression, avec un décalage d'environ 45° par rapport à l'axe du piston.
- Zones de grippage passant de zones de pression fortement brillantes à des zones de friction de couleur foncée, relativement lisses (Fig. 1).
- Couleur de revenu bleue sur l'axe de piston (Fig. 3).  
Cause : échauffement du palier d'axe de piston suite à un manque de jeu ou d'huile.



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

## ANALYSE

Le bossage d'axe de piston a subi un échauffement excessif. La jupe du piston, dont la paroi est fine et souple, peut compenser la dilatation thermique supérieure sur le côté pression et le côté dépression. Le bossage d'axe de piston, dont la paroi est plus épaisse, se dilate davantage. Il se produit une réduction du jeu et un grippage du piston. Le grippage du piston concerne principalement la jonction entre le bossage d'axe de piston et la chemise du piston.

## CAUSES POSSIBLES

- Surcharge mécanique du coussinet de bielle, par exemple suite à des dysfonctionnement de combustion.
- Mauvais fonctionnement/rupture du gicleur d'huile.
- Pression de la pompe à huile insuffisante ou absente.
- Manque de lubrification lors de la première mise en service du moteur. L'axe de piston n'a pas ou pas suffisamment été lubrifié lors de l'assemblage.
- Défaillance de la bague de bielle (grippage de l'axe de piston) due à un jeu insuffisant ou à un manque de lubrification.
- Erreur de montage lors de la contraction de l'axe de piston (bielle contractée).

Lors de l'opération de contraction, il ne faut pas vérifier immédiatement après la mise en place de l'axe de piston la liberté de mouvement du palier d'axe par des mouvements oscillants du piston. Un équilibrage thermique des deux pièces se produit juste après la mise en place de l'axe de piston froid dans la bielle chaude. Suite à cet impact calorifique, l'axe de piston se dilate davantage que pendant le fonctionnement du moteur. Si l'on fait bouger le palier dans cet état, une érosion ou un grippage peut se produire. Ceci peut conduire à une dureté et à une panne du palier d'axe durant le fonctionnement du moteur. C'est pourquoi il faut laisser les pièces montées refroidir avant d'effectuer le contrôle de liberté de mouvement.

## 2.1.4 GRIPPAGE PAR MANQUE DE JEU SUR LA PARTIE INFÉRIEURE DE LA JUPE DU PISTON



### DESCRIPTION

- Grippage par manque de jeu avec des zones de pression et de dépression aux extrémités inférieures de la jupe.
- Passage entre des zones de pression fortement brillantes et des zones de frottement lisses, de couleur foncée (Fig. 1).
- Absence de caractéristiques particulières sur les autres parties du piston.
- Zones de grippage dans la chemise de cylindre au niveau des joints toriques inférieurs (Fig. 2).



Fig. 1



Fig. 2

### ANALYSE

Le grippage du piston à l'arête inférieure de la jupe a été causé par une déformation/une réduction de jeu au niveau de la partie inférieure de la chemise de cylindre.

### CAUSES POSSIBLES

- Bagues d'étanchéité incorrectes : des bagues d'étanchéité trop épaisses peuvent déformer une chemise de cylindre et réduire le jeu de fonctionnement du piston.
- Application de produits d'étanchéité supplémentaires dans la gorge de la bague d'étanchéité. Les bagues d'étanchéité doivent pouvoir se déformer élastiquement pour assurer l'étanchement. L'espace libre nécessaire à cet effet dans la gorge ne doit pas être comblé par des produits d'étanchéité supplémentaires.
- Les restes de bague d'étanchéité ou la crasse n'ont pas été retirés des gorges avant le montage.
- Si les bagues d'étanchéité se vrillent ou s'échappent de la gorge lors de l'insertion de la chemise de cylindre, la chemise de cylindre se contracte à cet endroit. Pour l'éviter, un lubrifiant doit toujours être utilisé pour le montage des chemises de cylindre.

## 2.2 GRIPPAGE PAR MANQUE DE LUBRIFICATION

### 2.2.1 GÉNÉRALITÉS SUR LE GRIPPAGE PAR MANQUE DE LUBRIFICATION

Un grippage par manque de lubrification peut toujours survenir, c'est-à-dire même si le jeu entre le cylindre et le piston est suffisant. Le film d'huile est alors détruit, souvent localement, en raison de la température élevée ou d'un excès de carburant. À ces endroits, les surfaces non lubrifiées du piston, des segments et de la zone de travail du cylindre frottent l'une contre l'autre. Ceci conduit rapidement à des grippages avec une surface fortement détériorée.

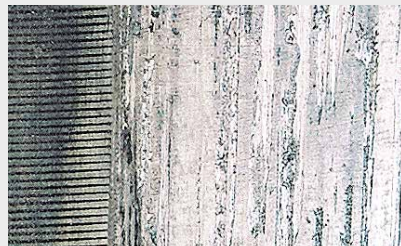
La même chose se produit lorsque le film lubrifiant qui se forme entre le piston et le cylindre est insuffisant suite à un manque d'huile.

#### ASPECTS CARACTÉRISTIQUES D'UN GRIPPAGE PAR MANQUE DE LUBRIFICATION :



#### En cas de destruction totale du film d'huile :

Zones de grippage rapprochées, non délimitées, situées surtout sur la jupe du piston, avec une surface fortement érodée, de couleur foncée.



#### En cas de manque d'huile :

Hormis la coloration de la surface, les caractéristiques sont identiques à celles ci-dessus. La surface des zones de grippage est métalliquement presque pure et n'est pas foncée. Le manque d'huile concerne toute la surface du cylindre. De ce fait, on observe souvent dès le début des zones de grippage sur le piston du côté pression comme du côté dépression.

## 2.2.2 GRIPPAGE PAR MANQUE DE LUBRIFICATION SUR LA JUPE DU PISTON



### DESCRIPTION

- Zones de grippage sur la jupe du piston, côté pression, qui rejoignent en partie la segmentation.
- Légères zones de grippage sur le coté dépression.
- Surface des zones de grippage claire et métalliquement presque pure.



### ANALYSE

Il s'est produit un manque important de lubrification entre le piston et l'alésage de cylindre. La surface métallique presque entièrement nette des zones de grippage indique qu'au moment du grippage, le film d'huile était certes encore existant, mais considérablement affaibli. Compte tenu de la faiblesse de la détérioration, il s'agit d'un manque d'huile temporaire ou d'un dommage en phase initiale. Les dommages auraient été beaucoup plus graves si le moteur avait continué de tourner.



### REMARQUE

Avec ce type de grippage par manque de lubrification, le dommage se situe toujours au niveau de la jupe du piston, là où se situe la portée normale dans le cas d'un piston intact, ayant fonctionné.

### CAUSES POSSIBLES

Manque de lubrification par :

- Insuffisance d'huile moteur.
- Pression d'huile trop basse dans le moteur (pompe à huile, valve de surpression, etc.) : trop peu d'huile sort des paliers du vilebrequin. La zone de travail du cylindre, lubrifiée par l'huile de projection du vilebrequin, reçoit trop peu d'huile de lubrification.
- Panne du gicleur d'huile de refroidissement du piston.



### 2.2.3 GRIPPAGE UNILATÉRAL DE LA JUPE DU PISTON SANS ZONES DE DÉPRESSION



#### DESCRIPTION

- Zones de grippage importantes, de couleur foncée, avec une surface fortement détériorée sur le côté pression du piston.
- Côté opposé de la jupe du piston intacte.
- Zone de segmentation généralement intacte au stade initial.



#### ANALYSE

Il s'agit d'un grippage par manque de lubrification typique qui se produit généralement sur le côté pression, moins souvent sur le côté dépression. Ce dommage se produit lorsque le film lubrifiant disparaît seulement sur une moitié du cylindre. Il est dû à un manque localisé de lubrification ou à une surchauffe du côté correspondant du cylindre. Un manque de jeu peut être écarté, car malgré les importants grippages, il n'y a pas de zones de dépression sur le côté opposé.

#### CAUSES POSSIBLES

- Arrêt momentané du fonctionnement du refroidissement suite à un manque de liquide, bulles d'air, dépôts de crasse ou autres problèmes au niveau du circuit de refroidissement.
- Dans le cas des cylindres à ailettes, les dépôts externes de crasse peuvent causer des surchauffes localisées et une rupture du film d'huile.
- Sur les moteurs refroidis par air : déflecteurs d'air défectueux, absents ou mal montés.
- Panne du gicleur d'huile de refroidissement du piston.
- Pression d'huile trop basse : lubrification insuffisante du côté pression du cylindre dans le cas des bielles avec gicleurs d'huile.
- Manque de lubrification sur le côté pression du cylindre, plus fortement sollicité, suite à la dilution de l'huile ou à l'utilisation d'une huile de qualité inadaptée.

## 2.2.4 FRICTION PAR MANQUE DE LUBRIFICATION DUE À UN EXCÈS DE CARBURANT



### DESCRIPTION

- Fines zones de frottement allongées, bien délimitées, sur la jupe du piston, au lieu de l'aspect normal de la portée du piston.



### ANALYSE

Du carburant non brûlé qui s'est condensé sur la zone de travail du cylindre a dilué le film d'huile ou l'a détruit. Il s'ensuit une marche à sec entre les partenaires que sont le piston et l'alésage de cylindre et la formation de fines zones de frottement allongées. La zone de segmentation est généralement intacte.

### REMARQUE

Le dommage est lié aux frictions provoquées par un excès de carburant sur les surfaces portantes de la jupe du piston. C'est l'endroit où l'on observe la portée normale sur un piston intact.

### CAUSES POSSIBLES

- Mélange trop riche et dysfonctionnement de combustion suite à des anomalies dans la préparation du mélange ou dans le dispositif d'allumage.
- Combustion incomplète suite à une compression insuffisante.
- Dispositif de démarrage à froid défectueux ou actionné trop longtemps (moteur à carburateur).
- Dilution de l'huile suite à des petits trajets fréquents ou à un mélange trop riche.

## 2.2.5 GRIPPAGE DE LA TÊTE DU PISTON SUR LES PISTONS DIESEL



### DESCRIPTION

- Zones de grippage localisées, principalement au niveau du cordon de feu.
- Surface des zones de grippage rugueuse et abrasée, particules de métal parfois importantes arrachées.



### ANALYSE

Du carburant non pulvérisé a été projeté sur la paroi du cylindre en raison d'un défaut de l'injecteur et y a affaibli le film d'huile jusqu'à la marche à sec totale. Le cordon de feu s'est tellement grippé qu'il s'est soudé temporairement à la paroi du cylindre, ce qui a provoqué l'arrachement de morceaux de la tête du piston.

### CAUSES POSSIBLES

- Injecteurs non étanches, qui gouttent, encrassés ou erronés.
- Aiguille d'injecteur bloquée par la déformation du corps d'injecteur (mauvais couple de serrage).
- Point d'injection incorrect (début du refoulement).

## 2.2.6 GRIPPAGE PAR MANQUE DE LUBRIFICATION DÛ À DES SEGMENTS SURCHAUFFÉS



### DESCRIPTION

- Rayures de grippage et taches de brûlures sur les surfaces de frottement des segments (Fig. 1 et 2).
- Rayures de friction longitudinales sur les alésages de cylindres (non représentées).
- Au stade initial : premières érosions sur le cordon de feu (Fig. 3 – en haut à droite).
- À un stade plus avancé : propagation des frictions sur tout le piston (Fig. 4).



Fig. 1

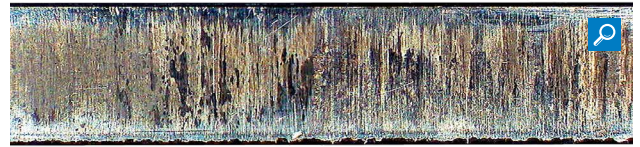


Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4

## ANALYSE

De tels dommages surviennent principalement au cours de la phase de rodage et sous forte charge, lorsque les segments n'ont pas encore atteint leur étanchéité totale pour cause de manque de rodage (surtout sur les pistons diesel). Les gaz de combustion qui passent le long des segments surchauffent ceux-ci et la paroi du cylindre et provoquent la rupture du film lubrifiant.

Des dysfonctionnements de combustion, des températures trop élevées ou un refroidissement insuffisant du piston et de la paroi du cylindre peuvent également altérer le film lubrifiant ou le détruire. Ceci provoque tout d'abord une marche à sec des segments et l'apparition de taches de brûlures. Étant donné que le piston glisse également sur les parties non lubrifiées du cylindre, il se produit d'abord une érosion au niveau du cordon de feu et, dans la phase suivante, des zones de grippage sur l'ensemble de la jupe du piston (Fig. 4).

## CAUSES POSSIBLES

- Surcharge du moteur pendant la phase de rodage.
- Structure de la surface du cylindre honée non optimale pour une bonne adhérence de l'huile moteur (écrasement des veines de graphite, constitution d'un voile métallique, rugosité insuffisante et/ou angle de honage erroné).
- Huile de lubrification inadaptée (mauvaises qualité et viscosité).
- Température des zones de travail du cylindre trop élevée (dysfonctionnements du système de refroidissement ou dépôts dans les canaux de refroidissement entourant le cylindre).
- Élévation de température pendant la combustion en raison de dysfonctionnements de combustion (mélange pauvre, allumages par incandescence, injecteurs qui gouttent ou non étanches).
- Lubrification insuffisante des zones de travail du cylindre en raison d'une quantité insuffisante d'huile projetée provenant des paliers de la bielle et du vilebrequin.

## 2.3 GRIPPAGE PAR SURCHAUFFE

### 2.3.1 GÉNÉRALITÉS SUR LE GRIPPAGE PAR SURCHAUFFE

Lors d'un grippage par surchauffe, le film d'huile est cassé par des températures trop élevées. Une friction mixte et la formation de zones de frottement isolées se produisent d'abord. Dans un deuxième temps, l'échauffement supplémentaire aux zones de frottement entraîne un fonctionnement à sec total du piston. Les zones de grippage sont de couleur foncée et fortement rugueuses. Selon la cause du dommage, le grippage par surchauffe commence soit à la jupe du piston, soit à la tête du piston.



### 2.3.2 GRIPPAGE PAR SURCHAUFFE PRINCIPALEMENT SUR LA TÊTE DU PISTON



#### DESCRIPTION

- Grippage important partant de la tête du piston, s'amenuisant vers l'extrémité de la jupe.
- Grippage sur toute la circonférence de la tête du piston.
- Surface des zones de grippage de couleur foncée, fortement rayée et en partie arrachée.
- Grippage des surfaces de travail des segments de piston, s'atténuant en direction du segment racleur d'huile.



#### ANALYSE

La tête du piston s'est échauffée en raison d'une forte surcharge thermique au point que la tolérance du jeu est dépassée et que le film d'huile a été détruit. Il en résulte une combinaison de grippage par manque de jeu et de grippage par manque de lubrification tout autour de la tête du piston. La cause ne peut pas être un manque de jeu général dû à un jeu insuffisant au montage du piston, car dans ce cas, le dommage partirait de la jupe (voir chapitre « Grippage par manque de jeu sur la jupe du piston »).

#### CAUSES POSSIBLES

- Surcharge prolongée du moteur dans la phase de rodage.
- Surchauffe provoquée par une perturbation de la combustion.
- Dérangements dans le système de refroidissement du moteur.
- Dérangements de l'alimentation en huile (pistons à refroidissement par huile ou avec canal de refroidissement).
- Gicleurs d'huile déformés ou défectueux qui ne refroidissent pas suffisamment le piston avec de l'huile par le bas.
- Bagues d'étanchéité incorrectes à la collerette de la chemise sur les chemises de cylindre humides (voir chapitre « Cavitation sur les chemises de cylindre »).

### 2.3.3 GRIPPAGE PAR SURCHAUFFE PRINCIPALEMENT SUR LA JUPE DU PISTON



#### DESCRIPTION

- Grippage de la jupe du piston sur les deux côtés.
- Surface des zones de grippage de couleur foncée, rugueuse et fortement érodée.
- Zone de segmentation généralement peu touchée, voire pas du tout.



#### ANALYSE

La lubrification de la surface de travail du cylindre s'est effondrée suite à une forte surchauffe du moteur. Ceci a entraîné un grippage par manque de lubrification avec une forte érosion de la jupe du piston. Le dommage est concentré sur la jupe et il n'y pas de grippage au niveau de la tête du piston. Une surcharge du moteur due à des dysfonctionnements de combustion peut donc être écartée.

#### CAUSES POSSIBLES

- Surchauffe du moteur en raison des dérangements suivants du système de refroidissement :
  - manque de liquide de refroidissement
  - crasse
  - pompe à eau défectueuse
  - thermostat défectueux
  - courroie déchirée ou qui patine
  - système de refroidissement mal purgé.
- Sur les moteurs refroidis par air : surchauffe par des dépôts de crasse sur les parois extérieures du cylindre, ailettes de refroidissement cassées, ventilation d'air de refroidissement en panne ou dégradée.



## 2.4 DYSFONCTIONNEMENTS DE COMBUSTION

### 2.4.1 GÉNÉRALITÉS SUR LES DOMMAGES DES PISTONS CAUSÉS PAR DES DYSFONCTIONNEMENTS DE COMBUSTION

#### DYSFONCTIONNEMENTS DE COMBUSTION SUR LES MOTEURS À ESSENCE

La combustion du mélange air-carburant dans le cylindre suit un déroulement très précis. Elle est déclenchée peu avant le point mort haut par une étincelle lancée par la bougie. La flamme se propage depuis la bougie d'une manière circulaire et parcourt la chambre de combustion avec une vitesse de combustion croissante de 5 à 30m/s. La pression dans la chambre de combustion monte en flèche et atteint son niveau maximal juste après le point mort haut. Cependant, une combustion normale peut être perturbée par différents facteurs qui correspondent à trois cas de dysfonctionnements de combustion :

#### 1. Allumage par incandescence (pré-allumage) :

Provoque une surcharge thermique du piston.

#### 2. Combustion détonante :

Provoque l'érosion de la matière et une surcharge mécanique des pistons et du système rotatif.

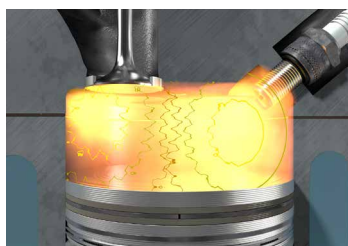
#### 3. Excès de carburant :

Provoque une usure avec consommation d'huile et grippage des pistons.

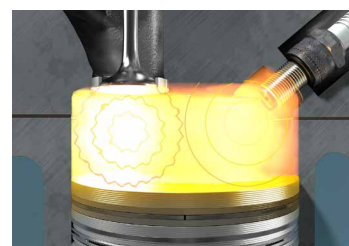
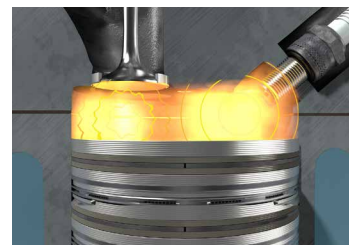
Combustion normale



Combustion détonante



Allumage par incandescence



### **Concernant 1. Allumage par incandescence (pré-allumage) :**

Dans le cas d'un allumage par incandescence, la combustion est déclenchée par un élément incandescent dans la chambre de combustion, et ceci avant le point d'allumage proprement dit. Les éléments en cause peuvent être la soupape d'échappement, la bougie d'allumage, les pièces d'étanchéité et des dépôts sur ces pièces ou sur les surfaces entourant la chambre de combustion. La flamme agit de façon incontrôlée sur les pièces, ce qui entraîne une très forte augmentation de la température à la tête de piston. Au bout de seulement quelques secondes d'allumage par incandescence ininterrompu, la température atteint le point de fusion du matériau constituant le piston.

Sur les moteurs dont la chambre de combustion est essentiellement hémisphérique, la tête de piston se perce de trous généralement situés dans le prolongement de l'axe de la bougie d'allumage.

Dans les chambres de combustion présentant des surfaces d'écrasement importantes entre la tête de piston et la culasse, le cordon de feu fond généralement au niveau de l'endroit le plus sollicité des surfaces d'écrasement (voir glossaire). Ce processus se reproduit fréquemment jusqu'au segment racleur d'huile et à l'intérieur du piston.

Une combustion détonante entraînant des températures de surface élevées de parties isolées de la chambre de combustion peut également provoquer des allumages par incandescence.

### **Concernant 2. Combustion détonante :**

Lors d'une combustion détonante, l'allumage est déclenché normalement par l'étincelle de la bougie. Le front de flamme se propage en partant de la bougie et produit des ondes de pression qui provoquent des réactions critiques dans le gaz non brûlé. Il s'ensuit dans le mélange restant un auto-allumage simultané en plusieurs endroits. La vitesse de combustion est alors multipliée par 10 à 15. L'augmentation de la pression par degré d'angle du vilebrequin et la pointe de pression augmentent de façon sensible. En outre, des vibrations de pression très haute fréquence se produisent dans la course de détente. De plus, les surfaces qui entourent la chambre de combustion sont surchauffées. Une chambre de combustion dont tous les dépôts sont éliminés est un signe évident de combustion détonante.

Sur la plupart des moteurs, un cliquetis léger et temporaire, même sur une période prolongée, n'occasionne pas de dommages.

En revanche, un cliquetis important prolongé entraîne des érosions au niveau du cordon de feu et de la tête du piston. La culasse et le joint de culasse peuvent également être endommagés. Certains éléments de la chambre de combustion (par exemple la bougie d'allumage) peuvent surchauffer au point de provoquer des allumages par incandescence (pré-allumages) avec une forte surchauffe du piston (dilatation et fusion).

Un fort cliquetis continu entraîne rapidement des ruptures du cordon entre segments et de la jupe, souvent non accompagnées de dilatations et de fusions et de grippage.

La fig. 1 montre l'allure de la pression dans la chambre de combustion. La courbe bleue correspond à la pression avec une combustion normale et la courbe rouge à celle d'une combustion détonante. Des pointes de pression se produisent.

### **Concernant 3. Excès de carburant :**

Un mélange trop riche, une baisse de la pression de compression ou des irrégularités d'allumage conduisent à une combustion incomplète avec excès de carburant. La lubrification des pistons, des segments et des zones de travail des cylindres devient inefficace. Une friction mixte avec une usure et une forte consommation d'huile ainsi que des grippages en sont la conséquence (voir le chapitre « Consommation d'huile et grippage du piston »).

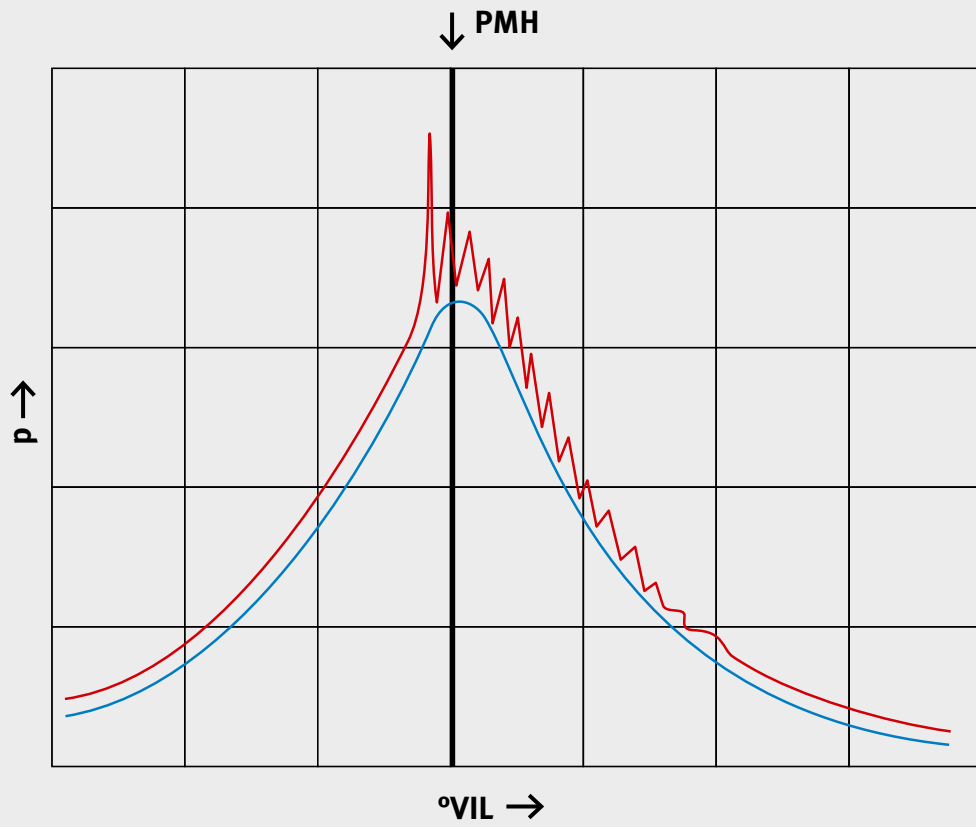


Fig. 1

## **DYSFONCTIONNEMENTS DE COMBUSTION SUR LES MOTEURS DIESEL**

Outre le parfait état mécanique du moteur, une pulvérisation extrêmement fine et précise par l'injecteur de même qu'un début d'injection exact jouent un rôle prépondérant pour une combustion optimale. Dans ce cas seulement, le carburant injecté peut s'enflammer avec un retard d'auto-allumage minime et brûler intégralement sous une pression normale. Là aussi, on distingue trois types graves de dysfonctionnements de combustion :

- 1. Retard d'auto-allumage**
- 2. Combustion incomplète**
- 3. Injecteurs qui gouttent**

### **Concernant 1. Retard d'auto-allumage :**

Le carburant injecté ne s'enflamme qu'avec un certain retard (retard d'auto-allumage) dans les cas suivants :

- Il n'a pas été pulvérisé de manière suffisamment fine.
- Il n'a pas été injecté au bon moment dans le cylindre.
- La température de compression n'était pas encore assez élevée au début de l'injection.

Le degré de pulvérisation dépend directement de l'état de l'injecteur. Un injecteur fonctionnant correctement d'après le test effectué avec l'appareil de contrôle peut se bloquer suite au montage ou en raison de tensions dues à la température et ne plus pulvériser correctement en cours de fonctionnement.

La température de compression est tributaire de la pression de compression, donc de l'état mécanique général du moteur. Il y a toujours un certain retard d'auto-allumage sur un moteur froid. Lors de la compression, les parois froides du cylindre absorbent beaucoup de chaleur de l'air d'aspiration plus froid. La température de compression qui règne au début de l'injection n'est alors pas suffisante pour enflammer immédiatement le carburant injecté. Ce n'est qu'après la progression de la compression que la température d'allumage est atteinte et que le carburant injecté s'enflamme brusquement. Ceci provoque une augmentation explosive de la pression, accompagnée de bruit et d'un fort échauffement de la tête du piston. Des cassures, par exemple des cordons entre segments du piston, et des fissures thermiques dans la tête de piston en sont les conséquences.

### **Concernant 2. Combustion incomplète :**

Lorsque le carburant arrive au mauvais moment ou non pulvérisé dans la chambre de combustion, il ne peut pas brûler entièrement pendant le bref temps disponible. Il en est de même si le cylindre n'est pas suffisamment approvisionné en oxygène, autrement dit en air d'aspiration. Des filtres à air bouchés, des soupapes d'admission s'ouvrant mal, des défauts au niveau du turbocompresseur ou une usure des segments et des soupapes peuvent en être la cause. Le carburant non brûlé se dépose en partie sur les surfaces du cylindre et affaiblit ou détruit le film lubrifiant. Les surfaces de travail du cylindre, les surfaces de glissement des segments, et finalement les surfaces de la jupe du piston sont rapidement usées ou grippées. Une consommation d'huile et une perte de puissance motrice en sont la conséquence (voir les chapitres « Grippage par manque de lubrification » et « Surconsommation d'huile »).

### **Concernant 3. Injecteurs qui gouttent :**

Les injecteurs peuvent se rouvrir suite à des variations de la pression après la fin de l'injection. Ces variations de pression peuvent venir de la vanne de refoulement de la pompe d'injection, des conduites ou des injecteurs. Pour prévenir cette injection incorrecte, la pression est évacuée du système à raison d'une valeur définie au travers de la vanne de refoulement de la pompe d'injection. Si la pression de tarage des injecteurs est réglée sur une valeur trop faible ou si un maintien fiable de la pression est impossible (injecteurs mécaniques), les injecteurs peuvent se rouvrir encore plusieurs fois brièvement en dépit de la baisse de la pression. Les injecteurs qui fuient ou qui gouttent provoquent également une arrivée incontrôlée de carburant dans la chambre de combustion. Le carburant anormalement injecté dans les deux cas rencontre la tête du piston sans être brûlé en raison de l'absence d'oxygène. Là, le carburant se consume à très haute température et surchauffe localement la matière du piston au point que des particules peuvent être arrachées de la surface du piston par la force d'inertie et l'érosion des gaz de combustion. Ceci provoque des érosions importantes de la matière de la tête du piston.

## 2.4.2 FUSIONS SUR LA TÊTE DU PISTON ET LA JUPE DU PISTON (MOTEUR À ESSENCE)



### DESCRIPTION

- Tête du piston fondue derrière les segments.
- La jupe du piston n'est pas grippée, de la matière fondue est répartie sur la jupe du piston.



### ANALYSE

Les fusions sur la tête des pistons des moteurs à essence sont la conséquence d'allumages par incandescence sur les pistons à tête essentiellement plate et surfaces d'écrasement importantes. Les allumages par incandescence sont provoqués par la présence d'éléments incandescents dans la chambre de combustion, dont la température dépasse la température d'auto-inflammation du mélange. Il s'agit principalement des bougies d'allumage, des soupapes d'échappement et des dépôts de calamine sur les parois de la chambre de combustion.

Au niveau de la surface d'écrasement, la tête du piston s'échauffe fortement en raison des allumages par incandescence. Sous l'effet des hautes températures, la matière du piston devient pâteuse et de la matière est arrachée jusqu'au segment racleur d'huile par la force d'inertie et les gaz de combustion s'introduisant dans la zone détériorée.

### CAUSES POSSIBLES

- Degré thermique trop faible des bougies d'allumage.
- Mélange trop pauvre, d'où des températures de combustion accrues.
- Soupapes défectueuses ou jeu des soupapes trop faible : les soupapes ne se ferment pas correctement. Elles surchauffent et deviennent incandescentes en raison du passage des gaz d'échappement brûlants. Les soupapes d'échappement sont principalement concernées, car les soupapes d'admission sont refroidies par les gaz frais.
- Résidus de combustion incandescents sur les têtes des pistons, sur la culasse, sur les soupapes et sur les bougies d'allumage.
- Carburant inadapté avec un indice d'octane trop faible. La qualité du carburant doit correspondre au taux de compression du moteur, c'est-à-dire que l'indice d'octane du carburant doit couvrir le besoin d'octane du moteur dans tous les états de fonctionnement.
- Présence de gazole dans l'essence : baisse de l'indice d'octane du carburant.
- Température élevée du moteur et de l'air d'admission suite à une ventilation insuffisante du compartiment moteur.
- Surchauffe générale du moteur.

### 2.4.3 DILATATIONS ET FUSIONS SUR LA TÊTE DU PISTON (MOTEUR DIESEL)



#### DESCRIPTION

**Fig. 1 :**

- Tête du piston complètement détruite.
- Cordon de feu fondu jusqu'au porte-segment.
- Zones de grippage et détériorations sur la jupe du piston par la matière fondue du piston.
- Désolidarisation partielle du porte-segment.
- Détériorations (traces d'impacts) dans toutes les chambres de combustion par la matière du piston et les parties désolidarisées du porte-segment.

**Fig. 2 :**

- Fusion de la matière similaire à une érosion sur la tête du piston ou sur le cordon de feu dans le sens de l'injection des jets de l'injecteur.
- Pas de grippage de la jupe du piston et de la zone de segmentation.



Fig. 1



Fig. 2

## ANALYSE

Les dommages de ce type se produisent surtout sur les moteurs diesel à injection directe. Les moteurs à chambre de précombustion ne sont touchés que lorsque la chambre de précombustion est endommagée et que le carburant est alors également injecté directement dans la chambre de combustion.

Lorsque, sur un moteur diesel à injection directe, l'injecteur du cylindre touché n'est pas en mesure de maintenir sa pression de tarage, des vibrations dans la conduite d'injection peuvent soulever une nouvelle fois l'aiguille. Du carburant gicle à nouveau dans la chambre de combustion. Lorsque l'oxygène est consommé, des gouttelettes de carburant traversent la chambre de combustion et rencontrent la tête du piston. Là, elles se consomment sous une chaleur élevée et la matière du piston devient pâteuse.

La force d'inertie et l'érosion provoquées par le passage rapide des gaz de combustion arrachent des particules de la surface (Fig. 2) ou enlèvent la totalité de la tête du piston (Fig. 1).

## CAUSES POSSIBLES

- Fuite des injecteurs ou dureté mécanique/blocage des aiguilles des injecteurs.
- Ressorts d'injecteurs cassés ou fatigués.
- Valves de réduction de pression défectueuses dans la pompe d'injection.
- Quantité d'injection et moment de l'injection non conformes aux prescriptions du constructeur du moteur.
- Dans le cas des moteurs à chambre de précombustion : défaut de la chambre de précombustion associé à l'une des causes ci-dessus.
- Retard d'auto-allumage par compression insuffisante due à un espace neutre trop grand, à des temps de commande erronés ou à des fuites des soupapes.
- Retard d'auto-allumage trop important par l'emploi d'un carburant refusant de s'allumer (indice de cétane trop faible).
- Mauvais remplissage dû à un turbocompresseur défectueux.

## 2.4.4 FISSURATION DE LA TÊTE DU PISTON ET DE LA CHAMBRE DE COMBUSTION (MOTEUR DIESEL)



### DESCRIPTION

- Fissures de contrainte sur le bord de la chambre de combustion.
- Fissure principale jusqu'au bossage d'axe de piston.
- Canal creusé entre la chambre et le dessous du segment racleur d'huile, causé par le passage des gaz de combustion dans la fissure principale.



Fig. 1



Fig. 2



## ANALYSE

La matière du piston chauffe fortement localement, au niveau des zones d'impact du jet sur les moteurs à chambre de précombustion (Fig. 3 et Fig. 4) et sur le bord de la chambre de combustion sur les moteurs à injection directe (Fig. 1). La matière se dilate plus fortement à ces endroits. Étant donné que les zones surchauffées sont entourées de matière plus froide, la matière y subit une déformation plastique dépassant la limite d'élasticité. Lors du refroidissement, il se produit l'inverse : là où la matière avait été comprimée et repoussée, il n'y a à présent pas assez de matière.

Il en résulte des tensions de torsion qui conduisent à des fissures de contrainte. Lorsque les tensions d'origine thermique sont accompagnées d'une flexion de l'axe de piston, les fissures de contrainte forment une fissure principale qui s'élargit fortement. Celle-ci entraîne la cassure et la défaillance du piston.



Fig. 3

## CAUSES POSSIBLES

- Erreur de préparation du mélange suite à des injecteurs incorrects, dérangements dans la pompe d'injection et dommages sur la chambre de précombustion.
- Températures élevées en raison de défauts dans le système de refroidissement.
- Défauts du frein moteur ou usage excessif de celui-ci. Conséquence : surchauffe.
- Refroidissement insuffisant des pistons avec canal de refroidissement, par exemple suite à l'obstruction ou la déformation des gicleurs d'huile de refroidissement.
- Fluctuations de température sur les moteurs à contrainte constamment changeante, par exemple sur les autobus ou les machines de terrassement.
- Piston de la mauvaise spécification, par exemple sans canal de refroidissement alors qu'un piston avec canal de refroidissement est nécessaire.
- Piston d'un fabricant tiers, sans armature en fibres sur le bord de la chambre de combustion.
- Piston dont la forme de la chambre de combustion n'est pas adaptée au moteur (voir chapitre « Grippage de la tête du piston suite au montage d'un piston incorrect »).



Fig. 4

## 2.4.5 RUPTURE DES CORDONS



### DESCRIPTION

- Rupture du cordon d'un côté du piston, entre le premier et le deuxième segment de compression (Fig. 1).
- Rupture progressant transversalement dans la matière du piston à partir du fond de gorge supérieur. Sortie dans le fond de gorge situé en dessous (Fig. 2).
- Élargissement de la rupture vers le bas.
- Pas de grippage du piston ni de symptômes de surchauffe.

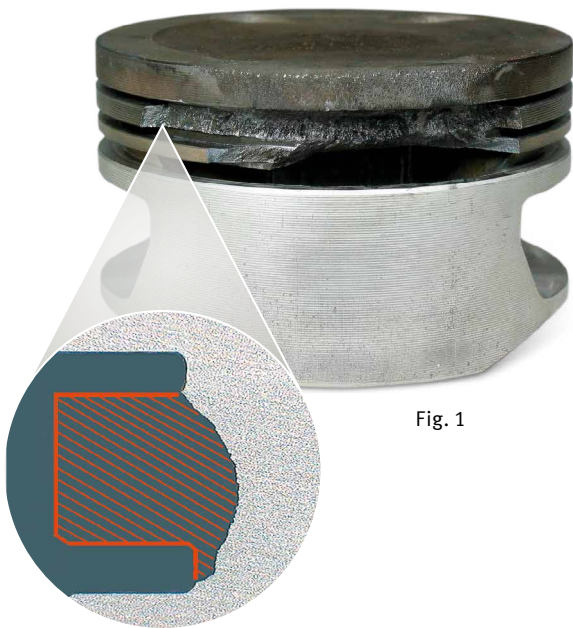


Fig. 1

Fig. 2 : Vue en coupe de la rupture

### ANALYSE

Les ruptures de cordons ne sont pas dues à des vices de matière, mais à des surcharges de la matière. Elles peuvent être différenciées suivant 3 causes :

#### 1. Combustion détonante :

L'indice d'octane du carburant n'a pas suffi pour tous les états de fonctionnement et de charge du moteur (voir chapitre « Généralités sur les dommages des pistons causés par des dysfonctionnements de combustion »).

Les ruptures de cordons dues à une combustion détonante se produisent généralement sur le côté pression. La combustion détonante sur un moteur diesel est due à un retard d'auto-allumage.

#### 2. Projections de liquide :

Un liquide (de l'eau, du liquide de refroidissement, de l'huile ou du carburant) s'introduit fortuitement dans la chambre de combustion du moteur en marche ou à l'arrêt. Les liquides n'étant pas compressibles, le piston et le système rotatif subissent une charge énorme dans le cycle de compression. Conséquence : ruptures de cordons, ruptures de bossage ou détériorations de la bielle et du vilebrequin.

La fig. 3 représente une rupture en cas de combustion détonante et de projections de liquide : la force qui cause la rupture et qui agit sur le cordon entre segments par le haut élargit les surfaces de rupture vers le bas.

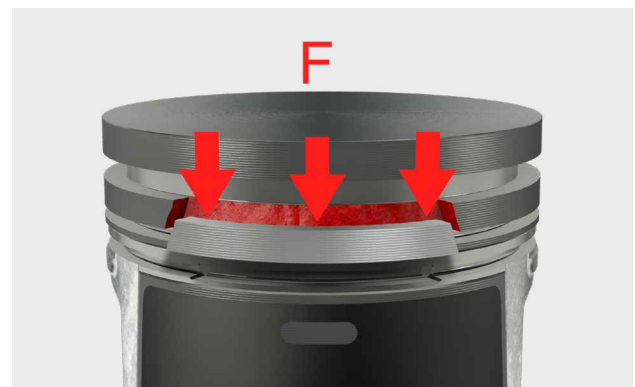


Fig. 3

### 3. Erreur de montage :

Le montage des pistons nécessite une force supérieure si les segments ne sont pas comprimés correctement. Lorsqu'un piston est enfoncé de force ou frappé, les cordons entre segments sont fragilisés par des fissures très fines. Les cordons entre segments cassent dans la direction opposée car la pression arrive dans ce cas par le bas (Fig. 4).



Fig. 4

## CAUSES POSSIBLES

### Combustion détonante sur les moteurs à essence :

- Carburant insuffisamment antidétonant. La qualité du carburant doit correspondre au taux de compression du moteur, c'est à dire que l'indice d'octane du carburant doit couvrir le besoin d'octane du moteur dans tous les états de fonctionnement.
- Présence de gazole dans l'essence, d'où une baisse de l'indice d'octane du carburant.
- Taux de compression trop élevé suite à un meulage trop important de la surface portante du bloc-moteur et de la culasse, par exemple au cours d'une rectification du moteur ou à des fins de tuning.
- Point d'allumage trop avancé.
- Mélange trop pauvre, d'où des températures de combustion accrues.
- Températures d'air d'admission trop élevées suite, par exemple, à une ventilation insuffisante du compartiment moteur ou au basculement incorrect du volet d'air sur « été » (surtout sur les anciens moteurs à carburateur).

### Combustion détonante sur les moteurs diesel :

- Fuite des injecteurs ou mauvaise pulvérisation.
- Pression de tarage trop basse des injecteurs.
- Trop faible pression de compression à cause de mauvais joints de culasse, à un dépassement trop faible des pistons, à des fuites des soupapes ou à des pistons défectueux ou usés.
- Joints de culasse défectueux.
- Détériorations de la chambre de précombustion.
- Utilisation incorrecte ou excessive de produits d'aide au démarrage (spray d'aide au démarrage) lors du démarrage à froid.
- Turbocompresseur défectueux.

### En cas de projections de liquide :

- Aspiration fortuite d'eau, au franchissement de cours d'eau, ou projection d'importantes quantités d'eau par le véhicule précédent ou venant en sens inverse.
- Remplissage du cylindre sur le moteur arrêté :
  - avec de l'eau si le joint de culasse n'est pas étanche ou si des pièces sont fissurées.
  - avec du carburant si les injecteurs fuient (moteurs à essence avec système d'injection uniquement). La pression résiduelle dans le système d'injection se vide dans le cylindre au travers de l'injecteur qui fuit.

Dans les deux cas, le dommage se produit lors du démarrage.

## 2.4.6 MARQUES D'IMPACTS SUR LA TÊTE DU PISTON (MOTEUR DIESEL)



### DESCRIPTION

- Importantes marques de chocs sur la tête du piston (Fig. 1). Calamine pratiquement éliminée.
- Cicatrices et dépôts de calamine incrustés dans la tête du piston.
- Usure importante des segments de piston, notamment du segment racleur d'huile.
- Marque de la chambre de turbulence sur l'avant de la tête du piston (Fig. 2).
- Marque de la soupape sur le côté droit de la tête.
- Premiers signes de friction par manque de lubrification sur la jupe du piston (Fig. 4).



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4

## ANALYSE

En cours de fonctionnement, les pistons ont cogné contre la culasse ou contre la chambre de turbulence et une soupape. Malgré ces contraintes, il n'y a pas encore de cassures. Toutefois, l'aspect de l'usure des segments et de la jupe du piston indique que suite à ces chocs, il y a eu également des dysfonctionnements de combustion à cause d'un excès de carburant.

En cognant, le piston produit des vibrations dans la culasse. Ces vibrations se transmettent à l'injecteur qui ne peut plus maintenir la pression lorsqu'il est fermé et qui injecte du carburant de façon incontrôlée dans le cylindre. Il s'ensuit un excès de carburant qui endommage le film d'huile. Ce dommage entraîne une hausse de la friction mixte, donc une usure des segments de même qu'une consommation accrue d'huile. Ce n'est que lorsqu'il y a manque de lubrification suite à la détérioration du film d'huile par le carburant qu'apparaissent les traces typiques de friction de carburant (voir chapitre « Friction par manque de lubrification due à un excès de carburant »).

La jupe est moins touchée au premier stade car elle reste suffisamment alimentée en huile à pouvoir lubrifiant en provenance du système rotatif. L'usure s'étend lorsque les éléments abrasés du piston se mélangent à l'huile de lubrification et que l'huile de lubrification diluée perd sa capacité de lubrification.

## CAUSES POSSIBLES

- Mauvaise cote de dépassement du piston. Dans le cadre d'une rectification du moteur, le dépassement du piston n'a pas été contrôlé, ni corrigé.
- Perçage excentré d'une bague de bielle lors d'un remplacement.
- Rectification excentrée (décentrée) du vilebrequin.
- Rectification excentrée du palier principal (au remontage des chapeaux de palier du vilebrequin).
- Montage de joints de culasse trop peu épais.
- Dépôt de calamine sur la tête du piston d'où réduction ou remplissage de l'espace neutre.
- Erreur de temps de commande suite à un mauvais réglage, élongation de la chaîne, courroies crantées qui sautent.
- Écart de longueur de la tige de bielle.
- Re-surfage excessif de la surface portante de la culasse, d'où modification des calages. (La distance entre la roue d'entraînement et la roue entraînée varie, ce qui ne peut pas toujours être corrigé par la courroie ou la chaîne suivant les types de construction.)
- Mauvais positionnement des sièges de soupape lors du remplacement des sièges rapportés. Si la surface du siège de la soupape n'est pas placée suffisamment bas dans la culasse, le retrait de la soupape dans la culasse n'est pas correct et la soupape dépasse trop.
- Surrégime du moteur. Les soupapes ne se ferment plus en temps voulu à cause de la force d'inertie accrue et viennent frapper le piston.
- Trop de jeu dans le coussinet de bielle ou coussinet de bielle usé, en particulier pendant une phase de fort surrégime en descente.

## 2.4.7 TÊTE DU PISTON PERCÉE (MOTEUR À ESSENCE)



### DESCRIPTION

- Tête du piston transpercée et couverte de matière fondue.
- Zones de grippage au niveau de la jupe. Raison : températures élevées et matière arrachée.



## ANALYSE

Les dommages de ce type sont causés par des allumages par incandescence. Des éléments incandescents dépassent la température d'auto-allumage du mélange dans la chambre de combustion. Il s'agit avant tout de la bougie d'allumage, de la soupape d'échappement et de résidus de combustion dans la chambre de combustion. Le mélange s'enflamme alors avant l'allumage proprement dit par la bougie. Par conséquent, la flamme agit sur la tête du piston plus longtemps que lors du déroulement normal de la combustion.

En raison des allumages par incandescence, la tête du piston chauffe très rapidement et fortement et la matière devient pâteuse. La force d'inertie des mouvements du piston ainsi que le passage rapide des gaz de combustion retirent la matière devenue molle. La pression de combustion enfonce l'épaisseur de paroi encore subsistante de la tête du piston. Dans de nombreux cas, il n'y a pas de grippage.



### REMARQUE

Un tel échauffement localisé rapide de la tête du piston ne peut être causé que par des allumages par incandescence.

---

## CAUSES POSSIBLES

- Degré thermique trop faible des bougies d'allumage.
- Mélange trop pauvre, d'où des températures de combustion accrues.
- Soupapes défectueuses, non étanches ou jeu des soupapes trop faible, empêchant les soupapes de se fermer correctement. Elles surchauffent et deviennent incandescentes en raison du passage des gaz d'échappement. Les soupapes d'échappement sont principalement concernées, car les soupapes d'admission sont refroidies par les gaz frais.
- Résidus de combustion et dépôts de calamine incandescents dans la chambre de combustion.
- Cote de montage erronée des injecteurs (bagues d'étanchéité manquantes ou doublées).
- Carburant inadapté avec un indice d'octane trop faible. La qualité du carburant doit correspondre au taux de compression du moteur, c'est-à-dire que l'indice d'octane du carburant doit couvrir le besoin d'octane du moteur dans tous les états de fonctionnement.
- Présence de gazole dans l'essence, d'où une baisse de l'indice d'octane du carburant.
- Température élevée du moteur et de l'air d'admission suite à une ventilation insuffisante du compartiment moteur.
- Surchauffe générale du moteur.

## 2.4.8 GRIPPAGE DE LA TÊTE DU PISTON SUITE AU MONTAGE D'UN PISTON INCORRECT (MOTEUR DIESEL)



### DESCRIPTION

- Rayures de grippage localisées sur la tête du piston, réparties sur toute la circonférence du piston.
- Rayures de grippage allant de la tête du piston au 2ème segment de compression.
- Rayures de grippage touchant principalement le cordon de feu.





## ANALYSE

Ce dommage résulte toujours de dysfonctionnements de combustion. Toutefois, l'erreur ne se situe pas dans le système d'injection, mais est due à l'utilisation d'un mauvais piston. Les moteurs sont construits conformément aux normes de gaz d'échappement prescrites par la loi. Souvent, les pistons correspondant à ces normes diffèrent à peine visuellement.

Dans le présent cas, des pistons avec un diamètre de la chambre de combustion différent ont été utilisés pour respecter différentes normes à l'intérieur de la même série de moteurs. Le piston de la norme de gaz d'échappement Euro 1 (diamètre de chambre de combustion : 77 mm) a été remplacé, lors de la réparation du moteur, par un piston de la norme Euro 2 (diamètre de chambre de combustion : 75 mm).

Compte tenu du diamètre inférieur de la chambre de combustion, l'injecteur n'a plus giclé uniquement dans la chambre de combustion, mais également sur le bord de celle-ci. Au niveau des zones d'impact, le bord de la chambre de combustion ou la matière du piston a surchauffé, ce qui a entraîné une dilatation importante. Il en résulte des zones de grippage localisées.

Si les pistons utilisés ne sont pas prévus pour le type de moteur et pour la norme de gaz d'échappement considérés, des dysfonctionnements de combustion graves, avec des dommages secondaires imprévisibles, sont possibles. Les autres conséquences sont le non-respect des valeurs d'échappement, la perte de puissance motrice et une consommation accrue de carburant.

## CAUSES POSSIBLES

- Piston avec une forme, une profondeur ou un diamètre de la chambre à combustion incorrect.
- Écart des cotes du piston (par exemple hauteur de compression).
- Piston du mauvais type de construction. Ne pas utiliser par exemple de piston sans canal de refroidissement si le constructeur du moteur prévoit un canal de refroidissement pour un usage précis.
- Utilisation de pièces erronées ou non adaptées (injecteurs ou pompes d'injection, joints de culasse ou autres pièces agissant sur le mélange ou sur la combustion).

## 2.4.9 ÉROSION SUR LE CORDON DE FEU ET SUR LA TÊTE DU PISTON (MOTEUR À ESSENCE)



### DESCRIPTION

- Érosion du cordon de feu (Fig. 2) ou de la surface de la tête du piston (Fig. 3).

### ANALYSE

Les érosions de la matière sur le cordon de feu et sur la tête du piston sont toujours la conséquence d'une combustion détonante d'intensité moyenne qui se prolonge dans le temps. Des ondes de pression se propagent alors dans le cylindre et descendent jusqu'au premier segment de compression en passant entre le cordon de feu et la paroi du cylindre. Au point d'inversion de l'onde de pression, l'énergie cinétique arrache de très petites particules à la surface du piston.



Fig. 1

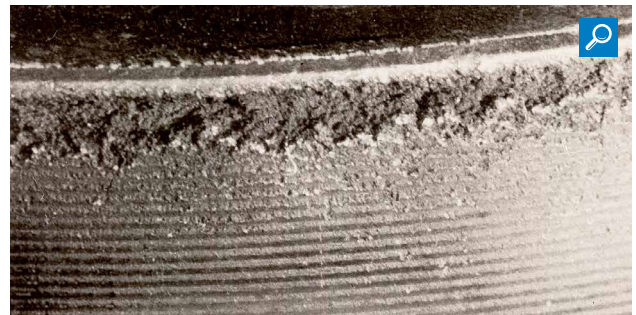


Fig. 2



Fig. 3

## CAUSES POSSIBLES

- Carburant insuffisamment antidétonant. La qualité du carburant doit correspondre au taux de compression du moteur, c'est à dire que l'indice d'octane du carburant doit couvrir le besoin d'octane du moteur dans tous les états de fonctionnement.
- Présence de gazole dans l'essence. Cause : erreur au remplissage du réservoir ou utilisation des mêmes jerricanes ou réservoirs pour les deux types de carburants. Une très faible quantité de gazole suffit déjà pour abaisser fortement l'indice d'octane de l'essence.
- Quantités importantes d'huile dans la chambre de combustion, par exemple suite à l'usure des segments de piston, des guides soupapes et du turbocompresseur à gaz d'échappement. Le pouvoir antidétonant du carburant s'en trouve amoindri.
- Taux de compression trop élevé. Cause : résidus de combustion sur la tête du piston et sur la culasse ou meulage excessif de la surface portante du bloc-moteur et de la culasse lors d'une rectification du moteur ou à des fins de tuning.
- Point d'allumage trop avancé.
- Mélange trop pauvre, d'où des températures de combustion accrues.
- Température d'air d'admission trop élevée. Causes : ventilation insuffisante du compartiment moteur ou contrepression des gaz d'échappement, oubli du basculement du clapet d'air d'admission sur « été » ou dispositif automatique d'inversion défectueux (surtout sur les anciens moteurs à carburateur).
- Défaillance de la régulation du cliquetis.
- Modification du logiciel de l'appareil de commande.



### REMARQUE

Les moteurs modernes sont équipés de systèmes qui détectent une combustion détonante. Cette régulation du cliquetis prévient les combustions détonantes en adaptant le point d'allumage. Toutefois, la régulation du cliquetis ne peut intervenir qu'une fois qu'une combustion détonante s'est produite. Le fonctionnement de la régulation du cliquetis n'exclut pas les dommages si :

- la plage de régulation de la commande électronique d'un moteur ne suffit plus
  - ou si la limite de cliquetis est constamment atteinte.
-

## 2.5 RUPTURE DU PISTON ET DES SEGMENTS

### 2.5.1 GÉNÉRALITÉS SUR LES RUPTURES DE PISTON

Durant le fonctionnement du moteur, le piston peut subir une rupture en charge ou une rupture de fatigue.



Fig. 1

Une rupture en charge (Fig. 1) est toujours déclenchée par un corps étranger entré en collision avec le piston pendant le fonctionnement. Les corps étrangers peuvent être des particules arrachées de la bielle, du vilebrequin, des soupapes ou autres. La pénétration d'eau ou de carburant dans les cylindres peut également entraîner une rupture en charge du piston.

Les surfaces de rupture d'une rupture en charge sont grises, nettes et ne présentent pas de lignes de trame. Le piston se rompt brusquement, sans évolution de la rupture.



Fig. 2

Lors d'une rupture de fatigue (Fig. 2), il se forme sur la surface de rupture des lignes de trame qui indiquent l'origine et la progression graduelle de la rupture. Les surfaces de rupture sont souvent brillantes. Une rupture de fatigue est due à une surcharge de la matière du piston.

Les surcharges se produisent dans les cas suivants :

- Combustion détonante,
- Fortes secousses du piston, par exemple lorsque la tête, du piston rencontre la culasse,
- Défauts de la matière,
- Jeu excessif de la jupe.

Les déformations excessives de l'axe de piston dues à la surcharge (fléchissement et ovalisation) provoquent des fissures au niveau du bossage ou dans l'appui. Les ruptures de fatigue peuvent également être causées par une fissuration de la tête du piston due à une contrainte thermique.

## 2.5.2 RUPTURE DU PISTON DANS LE BOSSAGE D'AXE DE PISTON



### DESCRIPTION

- Formation d'une rupture par fissuration jusqu'à la tête du piston. Conséquence : fissuration du piston en deux parties (Fig. 1).
- Fêlure de fatigue du bossage dans l'axe médian de l'alésage de l'axe de piston (Fig. 2 et 3).



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3 : Vue en coupe d'un bossage d'axe de piston

### ANALYSE

Les ruptures de fatigue du bossage sont dues à une surcharge mécanique. La surcharge permanente de la matière du piston provoque une fatigue par flexion accrue et un affaiblissement de la matière. Un manque d'alimentation en huile favorise une rupture : une fissure du bossage d'axe de piston se propage alors même sous une contrainte normale. Le piston finit par se rompre.

### CAUSES POSSIBLES

- Dysfonctionnement de combustion, en particulier la combustion brutale due à un retard d'auto-allumage.
- Usage abusif ou inadéquat de produits d'aide au démarrage à froid.
- Le cylindre s'est rempli d'eau, de carburant ou d'huile à l'arrêt (projection de liquide).
- Augmentation de la puissance (par exemple tuning par puce) avec utilisation du piston d'origine.
- Axe de piston erroné ou allégé. L'ovalisation de l'axe de piston entraîne une surcharge du palier d'axe.

### 2.5.3 RUPTURE DU PISTON SUITE À UN CONTACT ENTRE LA TÊTE DU PISTON ET LA CULASSE



#### DESCRIPTION

- Marques d'impacts sur la tête de piston (Fig. 1), sur la surface portante de la culasse et sur les deux soupapes (non représentées).
- Rupture en direction de l'axe de piston en raison des secousses et de la violence des chocs.
- La jupe du piston est cassée au niveau de la gorge de racleur d'huile inférieure, l'aspect des surfaces de rupture est celui d'une rupture de fatigue (Fig. 2).

#### ANALYSE

La cause en est une succession rapide de chocs violents de la tête du piston contre la culasse. Le piston en est ébranlé au point de se fissurer. En outre, le piston se cabre dans le cylindre et la jupe cogne contre la paroi du cylindre. Sur les pistons possédant un segment racleur d'huile inférieur (Fig. 2), la jupe se casse fréquemment au niveau de la gorge inférieure.



Fig. 1



Fig. 2

## CAUSES POSSIBLES

- Trop de jeu dans le coussinet de bielle ou coussinet de bielle usé, en particulier pendant une phase de fort surrégime en descente.
- « Espace neutre » trop petit (distance minimale entre la tête du piston et la culasse) au point mort haut du piston.  
Causes possibles :
  - Hauteur de compression incorrecte du piston.  
Fréquemment, la surface plane du bloc-moteur est réusinée lors de la rectification du moteur. Si des pistons ayant la hauteur de compression d'origine sont utilisés après l'usinage, le dépassement des pistons peut être trop important. C'est pourquoi des pistons à hauteur de compression réduite sont proposés pour la réparation. Ainsi, le dépassement des pistons reste dans la plage de tolérances indiquée par le constructeur du moteur.\*
  - Épaisseur insuffisante du joint de culasse. De nombreux constructeurs prévoient, pour le même moteur, des joints de culasse de différentes épaisseurs : d'une part pour compenser, dans la production, les additions de tolérances des pièces, et d'autre part pour pouvoir ajuster le dépassement des pistons lors de réparations. Par conséquent, lors de réparations : n'utiliser que des joints de culasse ayant l'épaisseur prescrite. Ainsi, l'espace neutre requis est obtenu après la réparation. Si le bloc-moteur est réusiné ou remplacé à l'occasion d'une réparation, l'épaisseur du joint doit être redéfinie à l'aide du dépassement des pistons en se référant aux instructions du constructeur du moteur.

\* Motorservice fournit des pistons à hauteur de compression réduite (KH-) pour de nombreux moteurs diesel. Voir le catalogue « Pistons et composants » pour les détails.



### ATTENTION

Un contrôle de liberté consistant à faire tourner le moteur froid à la main ne fournit pas la garantie que le piston ne cognera pas contre la culasse à la température de service. Raison : le piston et la bielle s'allongent sous l'effet de la dilatation thermique. Cette dilatation réduit la distance entre la tête du piston et la culasse. Les modifications des côtes sont considérables en particulier sur les moteurs de véhicules utilitaires ayant des hauteurs de compression des pistons importantes. Ces modifications réduisent la liberté de mouvement du piston au point mort haut de plusieurs dixièmes de millimètre.

---

## 2.5.4 ÉROSION DE MATIÈRE AU NIVEAU DE LA SEGMENTATION (RUPTURE DES SEGMENTS)



### DESCRIPTION

- Forte érosion de matière rejoignant la tête du piston dans la zone de segmentation au niveau de la première gorge.
- Forte usure axiale de la première gorge.
- Importante détérioration mécanique de la tête du piston.
- Marquage mat sur la jupe du piston.





## ANALYSE

Le dommage est dû à des impuretés dans la chambre de combustion, comme le suggère la forte usure axiale des gorges, notamment de la première. De ce fait, les impuretés se sont également déposées dans la gorge et ont causé une usure par abrasion du segment de piston et dans la gorge. Le jeu en hauteur du segment s'est alors continuellement agrandi. Le segment de piston, dont la section s'est trouvée fortement affaiblie, n'a plus résisté à la pression de combustion et s'est cassé. Le morceau cassé du segment s'est déplacé presque librement dans la gorge devenue rapidement plus large. L'effet de martèlement a produit l'érosion représentée. Lorsque cette érosion a atteint la tête du piston, les morceaux de segment sont entrés dans la chambre de combustion et y ont causé d'autres dommages.

## CAUSES POSSIBLES

- Forte usure axiale de la gorge et des segments de piston par l'entrée de corps étrangers dans la chambre de combustion.
- En cas de forte usure radiale des segments sans usure axiale, l'usure par friction mixte suite à un excès de carburant est une cause probable.

Voir chapitre « Usure par excès de carburant ».

- Si les gorges et les segments ne sont pas usés et si le dommage se produit peu après une rectification du moteur, un erreur de montage du piston est fréquemment en cause. Si les segments ne sont pas enfoncés suffisamment dans la gorge, ils peuvent se casser lors de l'introduction du piston. Ceci se produit lors de l'utilisation d'un outil inadéquat ou détérioré ou si la bande de serrage des segments de piston n'a pas été passée et serrée correctement autour du piston.
- Flottement des segments suite à un jeu en hauteur trop important. Ceci peut survenir lorsque seul le jeu de segments est remplacé pour la réparation d'un moteur alors que les gorges du piston sont déjà usées. Compte tenu du jeu trop important, les segments flottent et peuvent casser. L'utilisation d'un jeu de segments erroné est une autre cause possible : le cas échéant, la hauteur des segments est insuffisante et le jeu axial dans les gorges trop important.
- Un piston non adapté à l'application. Compte tenu des contraintes élevées et pour atteindre une longue durée de vie, les pistons pour moteurs diesel sont munis d'un porte-segment en fonte nickelée. Pour des raisons de coût, les moteurs diesel conçus pour une durée de vie plus courte sont souvent équipés de pistons sans porte-segment. C'est le cas, par exemple, sur les machines agricoles. Si un tel piston sans porte-segment doit assurer des kilométrages importants, la résistance à l'usure des gorges peut ne pas suffire.

## 2.6 RUPTURE DE L'AXE DE PISTON

### 2.6.1 GÉNÉRALITÉS SUR LES RUPTURES DE L'AXE DE PISTON

Une rupture de l'axe de piston peut être due à une surcharge consécutive à des dysfonctionnements de combustion ou à un corps étranger dans la chambre de combustion. L'usage abusif ou inapproprié de produits d'aide au démarrage (spray) a les mêmes conséquences que des dysfonctionnement de combustion extrêmes.

La pression exercée par les gaz de combustion sur le piston entraîne une ovalisation de l'axe de piston. En cas de surcharge, une fissure longitudinale peut se former aux extrémités de l'axe de piston, partant soit du diamètre extérieur, soit du diamètre intérieur de l'axe. La fissure progresse sous forme de rupture de fatigue vers le milieu de l'axe de piston. Dans la zone de cisaillement et de flexion maximale située entre l'alésage de l'axe de piston et l'œil de pied de bielle, elle change de direction et devient une fissure transversale. L'axe de piston finit par casser. Outre les dommages évoqués, les ruptures peuvent également découler de détériorations.

## 2.6.2 AXE DE PISTON CASSÉ



### DESCRIPTION

- Fracture transversale de l'axe de piston (Fig. 1) à la zone située entre la tige de bielle et le bossage d'axe de piston.
- Le morceau le plus court est fendu dans le sens de la longueur.
- Surfaces de rupture du type rupture de fatigue.



Fig. 1

### ANALYSE

Les ruptures d'axe de piston sont la conséquence de surcharges. Suite à une surcharge, l'ovalisation de l'axe de piston dans ses alésages provoque d'abord une fissuration longitudinale à ses extrémités. L'origine de la fissure peut se trouver sur la surface interne ou externe de l'alésage. La fissure progresse vers le milieu de l'axe de piston. Dans la zone de cisaillement et de flexion maximale située entre le bossage d'axe de piston et l'œil de pied de bielle, elle change de direction et devient une fissure transversale, ce qui conduit finalement à la cassure de l'axe entier.

La fig. 2 montre qu'une première fissure peut se former non seulement à cause d'une surcharge, mais également d'un montage incorrect de l'axe de piston. La partie frontale de l'axe cassé permet de parfaitement voir que la fissure provient d'une détérioration violente (coup de marteau). La fissure peut conduire à une rupture de l'axe de piston, même sous une charge normale.

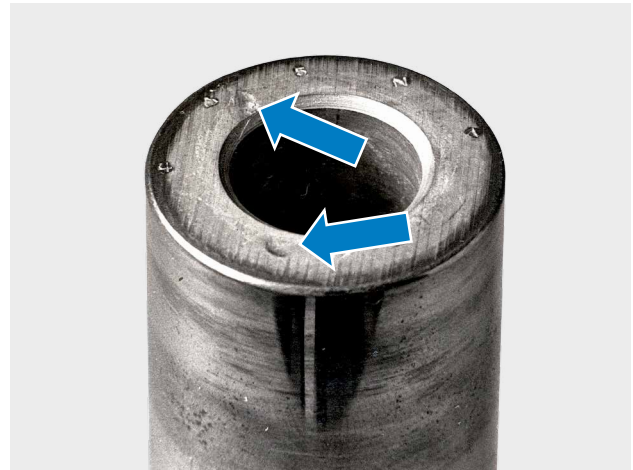


Fig. 2

### CAUSES POSSIBLES

- Dysfonctionnements de combustion, souvent par une combustion détonante.
- Projections de liquide.
- Traitement incorrect de l'axe de piston lors du montage.
- Surcharge de l'axe de piston suite à une augmentation de la puissance du moteur.
- Affaiblissement de l'axe de piston suite à des mesures de tuning (réduction du poids).
- Mauvais axe de piston.

## 2.7 DÉTÉRIORATIONS DES ARRÊTOIRS D'AXE

### 2.7.1 GÉNÉRALITÉS SUR LES DÉTÉRIORATIONS DES ARRÊTOIRS D'AXE

Des joncs ou des circlips sont utilisés en tant qu'arrêteurs d'axe. Les deux peuvent se casser, sauter de leur gorge ou en être arrachés.

La rupture des arrêteurs ou de leurs extrémités est due à une surcharge ou à un traitement inapproprié lors de leur mise en place. Les arrêteurs ne subissent une charge axiale que lorsqu'un mouvement axial est imposé à l'axe. Ceci est le cas lors d'un désalignement de la bielle ou lorsqu'une tige de bielle oscillante, souvent asymétrique, fausse le parallélisme entre l'axe du piston et l'axe du vilebrequin.

L'axe de piston cogne alors alternativement et très rapidement contre ses arrêteurs et les fait progressivement sortir de leur gorge. Ils sont ensuite poussés contre la zone de travail du cylindre où ils s'usent complètement par frottement. Finalement, ils se cassent. Des morceaux se coincent entre le piston et le cylindre. D'autres sont projetés par la force d'inertie dans l'évidement des bossages d'axe de piston où ils provoquent une érosion considérable. Il n'est pas rare que des morceaux passent dans le fraisage interne de l'axe de piston et ressortent de l'autre côté du piston où ils provoquent également de graves dommages.

## 2.7.2 DOMMAGES SUR LES PISTONS DUS À DES ARRÊTOIRS D'AXE CASSÉS



### DESCRIPTION I

- Extrémité des alésages d'axe fortement martelés des deux côtés du piston, en partie jusqu'à la zone de segmentation (Fig. 1).
- Un arrêtoir a sauté de sa gorge et s'est cassé.
- Le deuxième arrêtoir est endommagé.
- En raison de l'absence d'un arrêtoir, l'axe est sorti jusqu'à la zone de travail du cylindre.
- Usure convexe de l'avant de l'axe de piston suite au contact prolongé avec la zone de travail du cylindre (Fig. 2).
- Forme asymétrique du marquage du piston.



Fig. 1



Fig. 2

## DESCRIPTION II

- Portée asymétrique du piston (Fig. 4).
- Rupture du bossage d'axe de piston et de l'axe de piston (Fig. 5 et 6).
- Alésage martelé au niveau des arrêtoirs.



Fig. 4



Fig. 5



Fig. 6

## ANALYSE

Les arrêteurs d'axe, qui sont des joncs ou des circlips, ne peuvent être éjectés ou arrachés que par une poussée axiale de l'axe pendant le fonctionnement. Ceci s'ils sont en bon état et sont montés correctement.

Des accélérations transversales de l'axe de piston se produisent toujours lorsque l'axe du piston n'est pas parallèle à l'axe du vilebrequin. C'est le cas lorsque le piston travaille en biais en raison de la déformation d'une bielle. Les mouvements génèrent alors une poussée axiale alternante qui martèle véritablement l'arrêteur. L'arrêteur éjecté se coince alors entre l'axe de piston qui se déplace vers l'extérieur, le piston et la zone de travail du cylindre.

Là, il s'use et se casse finalement en plusieurs morceaux. Les morceaux martèlent en peu de temps la matière du piston sous l'effet de la force d'inertie lors du mouvement de va-et-vient du piston (Fig. 2). Des morceaux cassés passent par le centre creux de l'axe et ressortent de l'autre côté du piston où ils provoquent également de graves dégâts.

## CAUSES POSSIBLES

- Poussée axiale de l'axe de piston pendant le fonctionnement du moteur due à :
  - Bielle tordue ou déformée.
  - Alésage oblique de l'œil de pied de bielle (défaut de parallélisme de l'axe).
  - Axe du cylindre pas perpendiculaire à l'axe du vilebrequin.
  - Jeu excessif du coussinet de bielle, notamment dans le cas des tiges de bielle asymétriques.
  - Maneton de bielle pas parallèle à l'axe du vilebrequin (erreur d'usinage).
- Utilisation d'arrêteurs vieux ou usés.
- Montage incorrect des arrêteurs.

## 2.8 GRIPPAGE DANS LES BOSSAGES D'AXE DE PISTON

### 2.8.1 GÉNÉRALITÉS SUR LE GRIPPAGE DANS LES BOSSAGES D'AXE DE PISTON

Il n'y a pas de lubrification forcée du bossage d'axe de piston. La lubrification se fait uniquement par projection ou giclement d'huile. Le grippage des paliers d'axe de piston est donc presque toujours un grippage par manque de lubrification avec une surface très marquée et des soudures de la matière.

Dans le cas des axes de piston montés flottants, les principales causes de dommages dans les alésages d'axe sont les suivantes :

- Jeu insuffisant de l'axe de piston dans la bague de bielle.
- Grippage ou blocage de l'axe de piston dans la bague de bielle.

Ceci est le cas des axes de piston présentant une couleur de revenu bleue au niveau de la bague de bielle.

Si la liberté de mouvement de l'axe de piston dans la bague de bielle est restreinte, il doit forcément tourner dans le bossage d'axe de piston. Toutefois, le jeu d'un axe de piston monté flottant dans les alésages d'axe est insuffisant à cet effet. Un échauffement important, une lubrification défailante et un grippage par manque de lubrification dans le bossage d'axe de piston en sont les conséquences.

Sous l'effet du fort échauffement, le piston se dilate également bien plus sur la jupe au niveau des alésages d'axe. Ceci peut entraîner un manque de jeu et un grippage par manque de lubrification dans l'alésage de cylindre (voir chapitre « Grippage à 45° »).

Pour les axes de piston contractés dans la bielle, le jeu prévu dans l'alésage de l'axe de piston permet la formation d'un film d'huile suffisant. En cas de réutilisation de bielles contractées non neuves, l'alésage de la bielle ne doit être ni déformé, ni endommagé. Sinon, l'axe de piston pourrait se déformer après contraction au point que le jeu dans les alésages d'axe devienne insuffisant et que de légers grippages apparaissent.

Lors du montage des pistons, huiler toujours le palier d'axe afin qu'une quantité suffisante de lubrifiant soit présente pour les premiers tours.

---

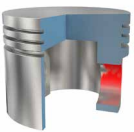
#### REMARQUE

Lors de la contraction de l'axe de piston dans la bielle, il ne faut pas respecter seulement la lubrification ci-dessus de l'axe. Ne pas effectuer immédiatement après le montage de l'axe de piston un contrôle du palier d'axe en appliquant des mouvements oscillants au piston pour vérifier sa liberté de mouvement ! En effet, au cours de cette phase, la température des deux pièces s'équilibre (axe de piston froid, bielle chaude). L'axe de piston peut devenir très chaud, se dilater fortement et se coincer dans le bossage d'axe de piston. Si l'on fait bouger le palier dans cet état, une érosion ou un grippage peut se produire. Conséquence possible : dureté mécanique ultérieure du palier, d'où une friction et un échauffement accrus. Attendre toujours que les pièces soient refroidies avant de contrôler la liberté de mouvement du palier.

---



## 2.8.2 GRIPPAGE DANS LES BOSSAGES D'AXE DE PISTON (AXE DE PISTON À MONTAGE FLOTTANT)



### DESCRIPTION

- Fort grippage de l'axe de piston dans ses alésages.
- La matière du piston s'est soudée sur l'axe (Fig. 1).
- Couleur de revenu bleue sur l'axe de piston au niveau de la bague de bielle.

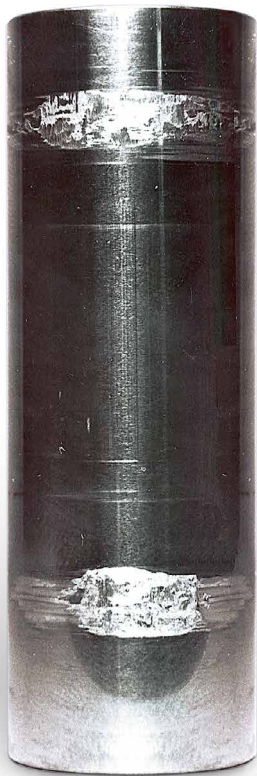


Fig. 1

### ANALYSE

La coloration bleue de l'axe de piston au niveau de la bague de bielle signifie que le jeu y était insuffisant. L'axe de piston ne pouvait tourner que difficilement voire pas du tout dans la bague de bielle. L'axe de piston a tourné uniquement dans l'alésage de l'axe. Toutefois, le jeu d'un axe de piston monté flottant est insuffisant à cet effet. La friction accrue a entraîné une surchauffe du palier qui a rendu le film d'huile inefficace et a entraîné le grippage de l'axe de piston.

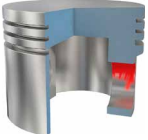
### CAUSES POSSIBLES

- Jeu trop étroit entre la bague de bielle et l'axe de piston.
- Le jeu dans la bague de bielle a été comblé par un défaut d'alignement de la bielle et l'axe de piston s'est alors bloqué.
- Palier d'axe non huilé lors du montage des pistons.

### REMARQUE

Le palier d'axe doit être huilé abondamment lors du montage des pistons afin que la lubrification soit suffisante pour les premiers tours du moteur et qu'il ne se produise pas d'érosion au démarrage du moteur.

### 2.8.3 GRIPPAGE DANS LES BOSSAGES D'AXE DE PISTON (BIELLE CONTRACTÉE)



#### DESCRIPTION

- Piston n'ayant fonctionné que peu de temps.
- Pas de traces d'usure sur la jupe du piston.
- Grippage dans les bossages d'axe de piston sur le côté supérieur soumis à la pression (Fig. 1).
- Surface des zones grippées métalliquement propre, pas de traces d'huile brûlée.



Fig. 1

#### ANALYSE

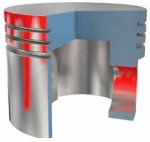
Le piston ne présente quasiment pas de trace d'usure et n'a donc que peu fonctionné. L'axe de piston était grippé dès les premiers tours du moteur.

Les zones de grippage métalliquement pures constituent un indice quant à un manque d'huile dans le palier d'axe.

#### CAUSES POSSIBLES

- Palier d'axe non huilé avant le montage du piston.
- Lors de la contraction de l'axe de piston dans la bielle, la liberté de mouvement du palier d'axe a été contrôlée par des mouvements oscillants du piston juste après son insertion. Le palier peut avoir souffert suite aux différences de température inhabituelles des pièces qui règnent alors et qui n'existent pas en cours de fonctionnement.

## 2.8.4 GRIPPAGE DANS LES BOSSAGES D'AXE DE PISTON (AVEC GRIPPAGE DE LA JUPE DU PISTON)



### DESCRIPTION

- Grippage des deux côtés de la jupe du piston, partant de la tête du piston.
- Segments de compression bloqués dans les gorges.
- Grippage dans les bossages d'axe de piston.



### ANALYSE

La concentration des zones de grippage sur la tête du piston signifie que c'est là qu'a commencé le dommage suite à des dysfonctionnements de combustion. Les segments de piston se sont alors bloqués et les zones de grippage se sont de plus en plus étendues sur la jupe.

Les gaz de combustion ont franchi les segments de compression bloqués. Le piston a chauffé au point que le film d'huile dans le palier d'axe a perdu son efficacité et que des grippages y sont également apparus.

### CAUSES POSSIBLES

Les dysfonctionnement de combustion entraînent un grippage mixte par manque de jeu et par manque de lubrification sur la tête et la jupe du piston. Des grippages se produisent alors également dans le palier d'axe.

## 2.9 BRUITS DES PISTONS

### 2.9.1 GÉNÉRALITÉS SUR LES BRUITS DES PISTONS

**Les bruits des pistons durant le fonctionnement du moteur peuvent avoir des causes très diverses.**

- **Oscillation du piston due à un jeu trop important :**

Si l'alésage du cylindre est trop grand, s'il est usé ou si la jupe a rétréci, le piston bascule, excité par le mouvement oscillatoire de la tige de bielle et par le changement de sens du piston dans le cylindre. La tête du piston heurte alors violemment la zone de travail du cylindre.

- **Non-respect du sens de montage du piston :**

Pour que le piston puisse changer de sens avant le point mort haut et avant le début du cycle de travail, l'axe du piston est désaxé de quelques millimètres en direction du côté pression du piston. Si le piston est monté dans le cylindre tourné de 180°, l'axe est désaxé du mauvais côté et le changement de sens du piston se produit au mauvais moment. L'oscillation du piston est alors plus forte et plus sonore.

- **Oscillation du piston due à une dureté mécanique du coussinet de bielle :**

Le jeu entre l'axe de piston et la bague de bielle peut être trop faible ou comblé en raison d'un blocage ou d'une torsion suite à un défaut d'alignement de la bielle (déformation et torsion).

- **Impact du piston dans la direction de l'axe :**

L'impact latéral du piston contre l'alésage du cylindre est généralement dû à un désalignement de la tige de bielle (déformation, et en particulier torsion) : le piston oscille en se déplaçant dans l'axe longitudinal du moteur et cogne alternativement contre le cylindre. Les tiges de bielle asymétriques ou un désaxage du piston par la tige de bielle ont le même effet.

- **Impact alterné de l'axe de piston contre les arrêteurs :**

Une poussée axiale dans l'axe de piston est toujours la conséquence d'un désalignement entre l'axe de piston et l'axe du vilebrequin. Ainsi que cela a été indiqué, une déformation ou une torsion de la bielle et une asymétrie de la tige de bielle en sont les causes les plus fréquentes. Un jeu trop important du coussinet de bielle (maneton de bielle sur le vilebrequin) peut occasionner une oscillation latérale de la tige de bielle, notamment aux faibles nombres de tours. De ce fait, l'axe de piston se cabre dans l'œil de pied de bielle et est poussé dans un sens et dans l'autre dans son alésage par le mouvement oscillatoire. L'axe de piston cogne alors contre les arrêteurs.

## 2.9.2 MARQUES D'IMPACTS RADIALES SUR LE CORDON DE FEU



### DESCRIPTION

- Marques d'impacts sur le cordon de feu dans la direction de l'oscillation (Fig. 1).
- La jupe du piston est plus fortement marquée vers le haut et le bas qu'au milieu.



Fig. 1

### ANALYSE

En butant en alternance contre la zone de travail du cylindre, la tête du piston provoque un bruit parfaitement audible.

Selon la cause, le cordon de feu cogne contre la paroi du cylindre soit dans la direction d'oscillation, soit dans le plan d'ovalité (direction de l'axe).

### CAUSES POSSIBLES DES IMPACTS DANS LA DIRECTION D'OSCILLATION

- Jeu de montage trop important, d'où mauvais guidage du piston dans un cylindre trop alésé ou honé.
- Non-respect du sens de montage d'un piston désaxé.
- Dureté mécanique du palier d'axe : la tête du piston cogne alors contre la zone de travail du cylindre dans le plan de basculement. Causes :
  - Jeu trop faible dans l'œil de pied de bielle ou l'alésage.
  - Ajustement trop serré de l'axe de piston dans la bague de bielle (bielle contractée). Lors de la contraction et si l'ajustement de l'axe de piston dans l'œil de pied de bielle est trop serré, l'œil de pied de bielle se déforme dans la direction des épaisseurs de paroi les plus faibles. L'œil de pied de bielle et l'axe de piston s'ovalisent. Il se produit un rétrécissement du jeu entre le piston et l'axe de piston.
  - Traces de grippage sur l'axe de piston.

### CAUSES POSSIBLES DES IMPACTS DANS LA DIRECTION DE L'AXE DE PISTON

- En cas de défaut d'alignement de la bielle, notamment de torsion, ou si le jeu du coussinet de bielle est trop important, la tête du piston oscille dans la direction de l'axe et cogne contre le cylindre.
- Défaut d'alignement de la bielle (déformation/torsion) : il se produit une poussée axiale de l'axe de piston qui cogne en alternance contre les arrêtoirs.

2.10 CYLINDRES ET CHEMISES DE CYLINDRE



### 2.10.1 FISSURES LONGITUDINALES SUR LES CHEMISES DE CYLINDRE



#### DESCRIPTION

- Fissure verticale partant de la collerette de la chemise.
- Les chemises de cylindre sèches sont également touchées en raison de leur faible épaisseur de paroi.



#### ANALYSE

Les fissures sont souvent causées par une mauvaise manipulation des chemises de cylindre (chocs). Même lorsque le dommage sur la chemise de cylindre n'est pas visible immédiatement, une microfissure ou une entaille peut provoquer une cassure au cours du fonctionnement du moteur. Un siège de collerette défectueux ou la présence de crasse entre la chemise de cylindre et le bloc-moteur peut occasionner de tels dommages. Les fissures longitudinales dues à des sièges de collerette défectueux sont souvent accompagnées de fissures transversales.

#### CAUSES POSSIBLES

- Fissures ou entailles dues à un traitement inadéquat des chemises de cylindre pendant le transport ou la réparation.
- Projections de liquide.
- Présence de corps étranger sous les surfaces de contact ou d'étanchéité.
- Assises de collerette défectueuses (voir chapitre « Collerette de la chemise de cylindre arrachée »).
- Érosion de la matière sur le bord de la chemise de cylindre suite à une combustion détonante, d'où affaiblissement de la chemise de cylindre.

## 2.10.2 COLLERETTE DE LA CHEMISE DE CYLINDRE ARRACHÉE



### DESCRIPTION

- Collerette de la chemise arrachée.
- Fissure de la collerette de la chemise allant du bord inférieur de la collerette vers le haut selon un angle d'environ 30°.



Fig. 1

### ANALYSE

Ce dommage est dû aux couples de flexion qui apparaissent en cas de montage incorrect (crasse et forme incorrecte). Dans la plupart des cas, la collerette de la chemise est déjà comprimée lors du serrage de la culasse. Sur les nouvelles générations de moteurs pour véhicules utilitaires équipés d'injecteurs pompes ou d'un common-rail, la pression de combustion a considérablement augmenté et le bloc-moteur est beaucoup plus sollicité. En raison de la grande dureté des joints de culasse en acier utilisés sur ces types de moteurs, le carter de vilebrequin peut se déformer au niveau du siège de la collerette au bout d'un kilométrage important.

### REMARQUE

Une déformation de la surface du siège de la collerette n'est pas reconnaissable visuellement sans matériel adéquat. La déformation peut être facilement contrôlée à l'aide d'encre : appliquer une fine couche d'encre sur la surface d'appui de la collerette de la chemise sur le bloc-moteur. Presser ensuite la chemise neuve sur le siège sans utiliser de joints puis sortir à nouveau la chemise de cylindre. La surface d'appui sur la chemise de cylindre devrait être recouverte d'encre sur tout le tour. Si ce n'est pas le cas, il faut réusinier le siège de la chemise de préférence sur une aléuseuse fixe ou avec une surfaceuse mobile. Ceci garantit le parallélisme par rapport à la surface du carter (Fig. 2).

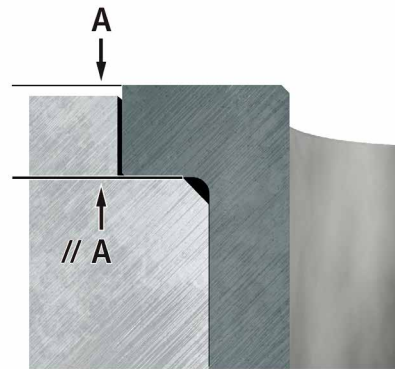


Fig. 2

### CAUSES POSSIBLES

- Siège de la collerette usé après une longue durée de fonctionnement du moteur.
- Siège de la collerette sale ou corrodé.
- Assise de la collerette non perpendiculaire et/ou plane (Fig. 2 et 5).
- Mauvais joint de culasse.
- Non-respect des couples de serrage et angles de rotation prescrits par le constructeur du moteur lors du montage de la culasse.
- Nombre incorrect de bagues d'étanchéité.



- Bagues d'étanchéité coincées sous la collerette de la chemise.
- Utilisation de joints n'ayant pas les bonnes dimensions.
- Utilisation de produits d'étanchéité liquides.
- Dans le cas des chemises de cylindre pressfit sèches : erreur de montage avec une pression d'enfoncement trop élevée.
- Non-respect du dépassement de la chemise prescrit (Fig. 6) :
  - Si le dépassement de la chemise de cylindre est trop important, la collerette de la chemise est repoussée lors du serrage des vis de culasse.
  - Si le dépassement est trop faible, la chemise de cylindre n'est pas pressée suffisamment fort sur le siège de la chemise et se met à osciller sous l'effet des déplacements du piston. Ces forces conduisent à la rupture de la collerette de la chemise.
- Non-respect de la bonne forme lors du réusinage du siège de la chemise. La forme du siège de la chemise doit correspondre à celle de la chemise de cylindre. La jonction entre la surface de la collerette et le diamètre d'ajustement doit être munie d'un chanfrein de 0,5 à 1,0 mm  $\times$  45°. Le collet de la collerette de la chemise ne repose alors pas sur le bord. Si cela n'est pas respecté, la collerette de la chemise peut très facilement être cassée lors du serrage de la culasse (Fig. 3). En outre, le rayon d'arrondissement du siège de la chemise (« D » sur la fig. 4) ne doit pas être trop grand afin que la chemise de cylindre ne repose pas sur le bord extérieur ou intérieur au niveau de la collerette.

#### REMARQUE

Lors du réusinage du siège de la collerette pendant la rectification d'un moteur, le dépassement nécessaire de la chemise de cylindre par rapport à la surface du cylindre doit être respecté : ceci peut être obtenu soit à l'aide de rondelles de compensation en acier, soit en utilisant des chemises de cylindre avec une surcote de la collerette (solution recommandée).



Fig. 3



Fig. 4

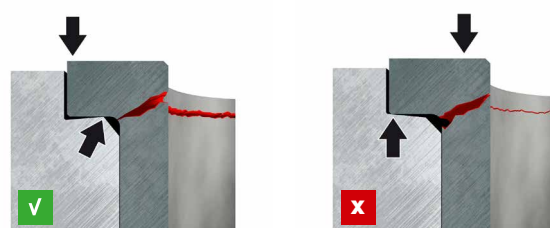


Fig. 5

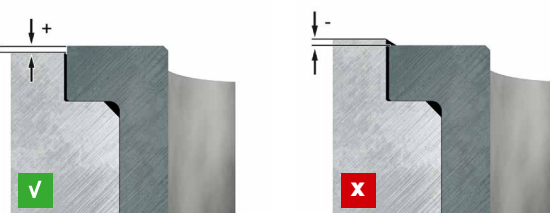


Fig. 6

\* Motorservice fournit des chemises de cylindre avec une surcote de la collerette pour la plupart des moteurs. Pour plus de détails, voir le catalogue « Pistons et composants ».

## 2.10.3 CAVITATION SUR LES CHEMISES DE CYLINDRE



### DESCRIPTION

- Symptômes importants de cavitation sur la chambre d'eau de la chemise de cylindre humide (Fig. 1 et 2).
- Entrée de liquide de refroidissement dans la chambre de combustion.



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3 : Vue en coupe de la chemise de cylindre

### ANALYSE

La cavitation se produit surtout dans le plan de basculement du piston (côté pression ou dépression). Elle est provoquée par les vibrations haute fréquence de la paroi du cylindre. Ces vibrations sont dues aux forces latérales du piston, à la pression de combustion et au changement de sens au point mort bas et haut. Si l'eau de refroidissement ne peut plus suivre les vibrations de la paroi du cylindre, le film d'eau se détache de la chemise de cylindre. Il se forme une zone de dépression avec des bulles de vapeur qui implosent à très haute vitesse sous l'effet des contre-vibrations de la paroi du cylindre. L'eau qui avait repoussé les bulles heurte violemment la surface du cylindre. L'énergie d'impact arrache de minuscules particules et des trous se forment progressivement (érosion).

Particularité de la cavitation : les trous s'élargissent vers l'intérieur (Fig. 3) et forment des cavités dans la matière.

#### Déclencheurs de cavitation

- Température trop élevée du liquide de refroidissement.
- Pression trop basse du liquide de refroidissement.
- Point d'ébullition trop bas du liquide de refroidissement.
- Combinaison de ces facteurs.

## CAUSES POSSIBLES

- Le jeu correct du piston n'a pas été respecté par exemple lors de la réutilisation de pistons ayant déjà servi ou de cylindres trop grands.
- Erreur de forme du siège de la collerette – Siège défectueux ou imprécis de la collerette dans le carter (voir chapitre « Collerette de la chemise de cylindre arrachée »).
- L'eau de refroidissement ne contient pas, ou pas assez, d'additif anticorrosion antigel ou équivalent. Le produit anticorrosion contient des inhibiteurs qui empêchent la formation de mousse. Vu que ces inhibiteurs sont consommés avec le temps, il est nécessaire de changer le produit anticorrosion tous les 2 ans et de régler la proportion du mélange.
- Liquides de refroidissement inappropriés (eau de mer), eau agressive ou acide ou autres liquides.
- Pression d'admission insuffisante dans le système de refroidissement. Raison : couvercle du radiateur inapproprié (perte de pression due à une valve de surpression défectueuse) ou fuite du système de refroidissement. Lorsque la pression d'admission du système de refroidissement est correcte, la température d'ébullition du liquide de refroidissement est plus élevée que sous la pression atmosphérique. La pression d'admission n'élimine pas la cause de la production de bulles de vapeur, mais elle limite au moins leur formation.
- Bagues d'étanchéité et/ou pâte d'étanchéité incorrectes ou silicone sur la collerette de la chemise.
- Nombre incorrect de bagues d'étanchéité.
- Température de service trop basse du moteur : si le moteur n'atteint pas sa température de service normale dans certaines conditions de fonctionnement ou en cas de défauts du thermostat, le système de refroidissement ne peut pas monter en pression à cause de la moindre dilatation thermique du liquide de refroidissement. En raison de la température de service trop basse, les pistons ne se dilatent pas correctement et fonctionnent alors avec un jeu accru. Ces deux situations favorisent la formation de bulles, donc la cavitation.
- Montage de bagues d'étanchéité supplémentaires dans le dégagement de la collerette de la chemise (Fig. 4) : des bagues d'étanchéité ne doivent être utilisées que si le constructeur l'a formellement prévu.

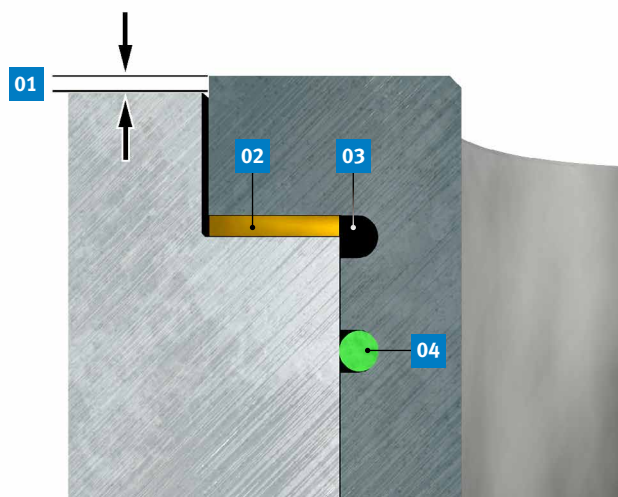


Fig. 4

- 01** Dépassement de la chemise
- 02** Joint tombac
- 03** Dégagement
- 04** Joint torique

## 2.10.4 USURE IRRÉGULIÈRE DE LA SURFACE DE TRAVAIL



### DESCRIPTION

- Corrosion sur le diamètre extérieur de la chemise de cylindre (Fig. 1).
- Usure irrégulière avec des zones polies fortement brillantes sur la surface du cylindre (Fig. 2).
- Piston intact.
- Perte d'huile aux zones d'étanchéité, en particulier aux joints spi.



Fig. 1



Fig. 2

### ANALYSE

Des marquages irréguliers, fortement brillants, sur les surfaces de travail des cylindres révèlent toujours une déformation du cylindre. Les chemises de cylindre humides et sèches peuvent se déformer tout de suite au montage. Les segments de piston des alésages de cylindre déformés n'arrêtent correctement ni l'huile, ni les gaz de combustion.

L'huile franchit les segments, entre dans la chambre de combustion et brûle. Les gaz de combustion franchissent en plus grande quantité le piston et augmentent la pression dans le carter de vilebrequin. Cette surpression provoque une perte d'huile aux zones d'étanchéité du moteur, en particulier aux joints spi. En outre, de l'huile remonte dans les canaux d'aspiration et d'échappement au travers des guides soupapes et est brûlée par le moteur ou éjectée.

## CAUSES POSSIBLES

- Dans les alésages de base du bloc-moteur, des irrégularités souvent importantes se forment suite à la corrosion de contact (rouille d'ajustage, fig. 1) dans le cas des chemises de cylindre sèches. Remèdes : nettoyer soigneusement l'alésage de base du cylindre ou, si cela ne suffit pas, réusinier l'alésage de base du cylindre puis monter une chemise de cylindre avec surcote extérieure\*. Les chemises de cylindre à paroi fine doivent pouvoir être en contact sur toute la longueur et sur tout le pourtour. Si ce n'est pas le cas, les chemises de cylindre se déforment dès le montage dans les alésages de base. Cette déformation s'amplifie en cours de fonctionnement. On distingue les chemises de cylindre sèches en version pressfit et en version slipfit. Les chemises de cylindre pressfit sont enfoncées dans le bloc-moteur et doivent ensuite être alésées et honées. Les chemises de cylindre slipfit sont déjà finies et sont simplement insérées dans l'alésage de base. Compte tenu du jeu qui existe entre la chemise de cylindre et l'alésage de base du cylindre, cette version est plus sujette aux problèmes de déformation et de corrosion que la chemise de cylindre pressfit.
- Serrage irrégulier ou incorrect des vis de culasse.
- Surfaces non planes du bloc-moteur et de la culasse.
- Filets sales ou déformés des vis de culasse.
- Joint de culasse erroné et inapproprié.
- Déformation importante du cylindre suite à un siège de la collerette incorrect dans le carter, à un mauvais dépassement de la chemise et à la déformation et/ou à l'usure du guidage inférieur de la chemise.
- Siège de la chemise trop lâche ou trop serré dans le carter (dans le cas des chemises de cylindre sèches).

### Cas des cylindres à ailettes :

- Désalignement des cylindres à ailettes. Les cylindres à ailettes doivent être en appui de façon parfaitement parallèle au carter de vilebrequin et à la culasse et avoir la même hauteur.
- Déflecteurs d'air mal installés ou manquants.
- Les boulons de fixation touchent le carter dans les alésages.
- Contact mécanique avec le cylindre voisin.

- Surfaces d'étanchéité non alignées sur les collecteurs d'admission et d'échappement. Les collecteurs d'admission et d'échappement doivent être prémonnés avant le serrage des culasses. Raison : toutes les surfaces d'étanchéité doivent coïncider, les cylindres à ailettes et les culasses ne doivent pas se déformer lors du serrage du collecteur.

### Cas des moteurs sans chemises de cylindre :

Alésages de cylindre déformés. Certains moteurs ont tendance à se déformer lors du montage de la culasse. Si ces moteurs sont alésés et honés normalement, des problèmes de déformation peuvent apparaître durant le fonctionnement ultérieur.

### Recommandation :

Dans le cas des blocs-moteurs sans chemises de cylindre, sur lesquels les cylindres sont alésés directement, il est recommandé de visser une plaque de compression (« lunette de honage ») sur la surface du bloc avant l'usinage des cylindres. Cette plaque de compression de plusieurs centimètres d'épaisseur a les mêmes trous de fixation que le bloc-moteur, à l'exception des conduits d'eau. Vissée avec les couples de serrage prescrits, la plaque de compression reproduit les mêmes conditions de tension qu'une culasse montée. Les éventuelles déformations des alésages de cylindre qui pourraient se produire lors du serrage des vis de culasse sont ainsi générées de manière définie et peuvent être prises en compte au cours de l'usinage. Cette méthode permet de garantir que l'alésage du cylindre sera bien rond et cylindrique lors du fonctionnement ultérieur du moteur (sous réserve que l'usinage ait été effectué correctement).

\* Motorservice fournit des chemises de cylindre avec une surcote extérieure pour de nombreux moteurs. Voir le catalogue « Pistons et composants » pour les détails.

## 2.10.5 ZONES BRILLANTES DANS LA PARTIE SUPÉRIEURE DE LA SURFACE DE TRAVAIL



### DESCRIPTION

- Zones fortement brillantes, lisses, sans structure de honage, sur la surface de travail du cylindre (Fig. 1 et 2).
- Pas de traces d'usure sur le piston.
- Dépôts de calamine sur le cordon de feu.
- Consommation élevée d'huile.

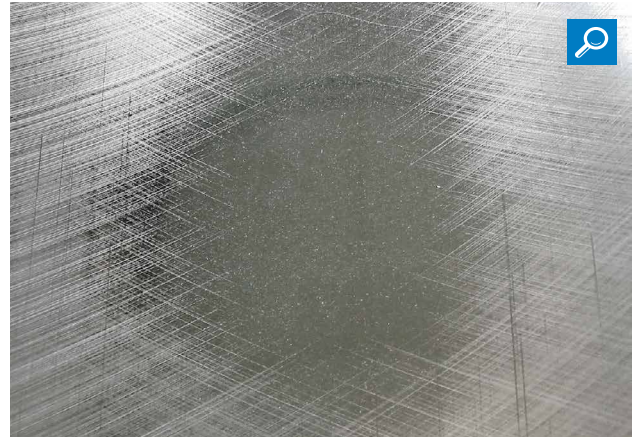


Fig. 2

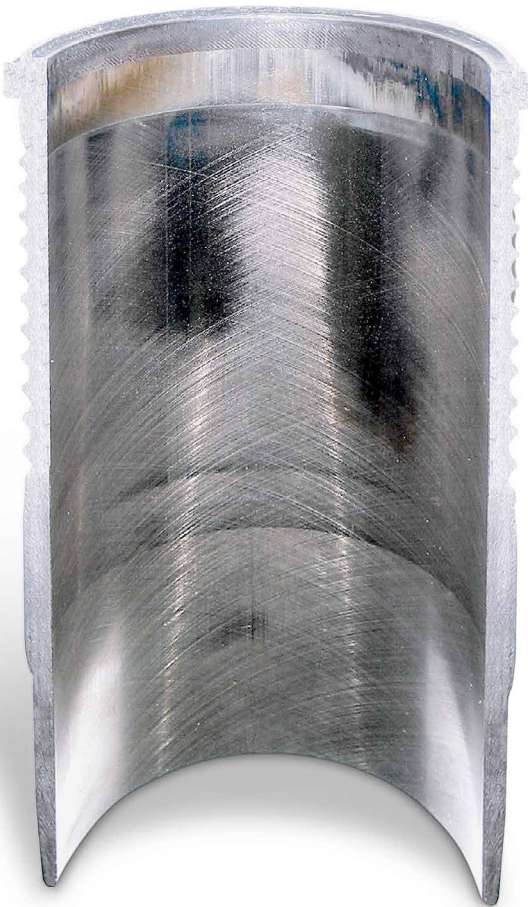


Fig. 1



Fig. 3

## ANALYSE

Ces dommages dus à l'usure apparaissent lorsqu'une couche de calamine dure composée d'huile brûlée et de résidus de combustion se forme durant le fonctionnement sur le cordon de feu du piston (Fig. 3). Cette couche est abrasive. Durant le fonctionnement, une usure accrue de la partie haute du cylindre se produit suite aux mouvements de va-et-vient du piston ainsi qu'aux changements de sens. La surconsommation d'huile n'est pas causée par les zones brillantes. Les surfaces polies ne causent pas de forte ovalisation du cylindre. Les segments de piston continuent d'assurer l'étanchéité. La lubrification du cylindre n'est pas altérée non plus, car les veines de graphite ouvertes de la surface du cylindre retiennent suffisamment d'huile en dépit de la disparition de la structure de honage.

À l'analyse de ce dommage, il est important de constater que les zones brillantes se trouvent seulement aux endroits du cylindre qui sont en contact avec le cordon de feu carbonisé. Si les zones brillantes se trouvent ailleurs, la cause est plutôt l'une des suivantes :

- Déformation du cylindre (voir chapitre « Usure irrégulière du cylindre »)
- Excès de carburant (voir chapitre « Usure des pistons, segments et cylindres par excès de carburant »)
- Apport de crasse (voir chapitre « Usure des pistons, segments et cylindres par la crasse »).

## CAUSES POSSIBLES

- Pénétration excessive d'huile moteur dans la chambre de combustion suite à un turbocompresseur défectueux, une mauvaise séparation de l'huile lors de l'aération du moteur, des joints de queue de soupape endommagés, etc.
- Surpression dans le carter de vilebrequin suite à une concentration importante de gaz blow-by ou à une soupape d'aération du carter de vilebrequin défectueuse.
- Finition insuffisante du cylindre d'où une entrée d'huile accrue dans la chambre de combustion (voir chapitre « Usure des segments de piston juste après une rectification du moteur »).
- Utilisation d'une huile moteur non homologuée ou de mauvaise qualité.

## 2.10.6 DÉCHIREMENT DE LA CHEMISE DE CYLINDRE PAR PROJECTION DE LIQUIDE



### DESCRIPTION

- Importantes fissures et zones de grippage sur la surface de travail dans la partie supérieure de la chemise de cylindre (Fig. 2 et 3).
- Grippages du piston sur le côté pression et le côté dépression.
- Dans la tête de piston : cavité en forme de poche au niveau des zones de grippage (Fig. 4).



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4



## ANALYSE

La chemise de cylindre a été endommagée par une projection de liquide. Le liquide a fait éclater la chemise de cylindre et a creusé une poche dans la tête du piston.

La matière du piston a été écrasée vers l'extérieur, provoquant une forte réduction du jeu du piston dans l'alésage du cylindre. Il n'est plus possible de savoir si la projection de liquide s'est produite durant le fonctionnement ou pendant le démarrage du moteur.

## CAUSES POSSIBLES

- Aspiration fortuite d'eau au franchissement de cours d'eau ou projection d'importants volumes d'eau par le véhicule précédent ou venant en sens inverse.
- Remplissage du cylindre sur le moteur arrêté :
  - avec du liquide de refroidissement si le joint de culasse n'est pas étanche ou si des pièces sont fissurées.
  - avec du carburant si les injecteurs fuient. La pression résiduelle dans le système d'injection se vide dans le cylindre au travers de l'injecteur qui fuit. Le dommage se produit au démarrage.

## 2.11 SURCONSOMMATION D'HUILE

### 2.11.1 GÉNÉRALITÉS SUR LA CONSOMMATION D'HUILE

La consommation d'huile totale d'un moteur se compose principalement de la consommation d'huile (huile brûlée dans la chambre de combustion) et de la perte d'huile (fuites). La quantité d'huile qui arrive dans la chambre de combustion en passant entre les segments de piston et la paroi du cylindre et qui y est consommée est aujourd'hui négligeable. L'évolution incessante des composants moteurs, de la composition des matières et des procédés de fabrication a entraîné une diminution de l'usure des cylindres, pistons et segments de piston, donc de la consommation d'huile. Les kilométrages élevés et la baisse du nombre de dommages des systèmes rotatifs en attestent. Toutefois, la consommation d'huile dans la chambre de combustion ne peut être totalement évitée, elle peut seulement être diminuée : les partenaires mécaniques que sont les pistons, les segments et la zone de travail des cylindres nécessitent une lubrification permanente pour fonctionner parfaitement. Pendant la combustion, le film d'huile présent sur la paroi du cylindre est exposé à une forte chaleur. Suivant la puissance du moteur, la charge du moteur, la qualité de l'huile moteur et la température, une quantité plus ou moins importante d'huile s'évapore ou brûle.

Dans la plupart des cas, l'usure des pistons, segments et cylindres et la surconsommation d'huile qui s'ensuit ne sont pas dues aux pièces elles-mêmes. L'usure de ces pièces est presque toujours la conséquence d'un événement extérieur : dysfonctionnements de combustion suite à une erreur dans la préparation du mélange, crasse d'origine extérieure entrée dans le moteur, refroidissement insuffisant du moteur, manque d'huile ; mauvaise qualité de l'huile et erreur de montage. Vous trouverez la description détaillée des dommages qui affectent les pistons et les cylindres dans les pages suivantes.



#### REMARQUE

Une brochure spécifique intitulée « Consommation d'huile et perte d'huile » est consacrée à la consommation d'huile.

---

## 2.11.2 ERREUR DE MONTAGE DU SEGMENT RACLEUR D'HUILE



### DESCRIPTION

- Segments et piston sans traces d'usure (Fig. 1).
- Extrémité cassée du ressort extenseur du segment racleur d'huile composé de 3 parties.
- Rayures sur le fond de la gorge du segment racleur d'huile.



Fig. 1

### ANALYSE

Le chevauchement des extrémités du ressort extenseur réduit sa longueur circonférentielle. Conséquence : rupture du ressort extenseur et/ou réduction de la tension des lamelles. Celles-ci n'entrent plus en contact étroit avec la paroi du cylindre et ne raclent plus l'huile. L'huile entre dans la chambre de combustion et y brûle. Conséquence : consommation excessive d'huile.

### CAUSES POSSIBLES

- Mauvais segments racleurs d'huile.
- Erreur de montage.

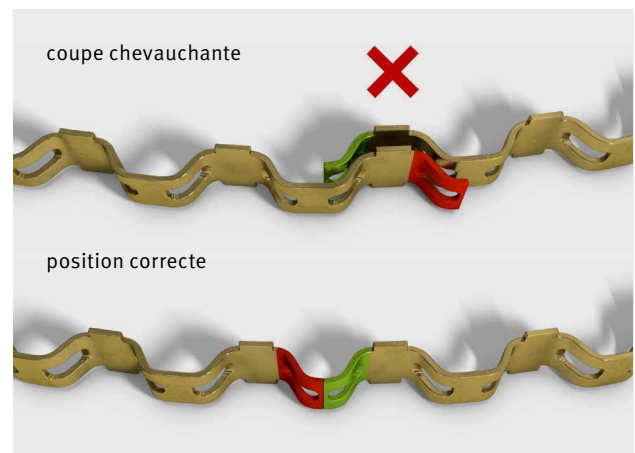


Fig. 2

### ATTENTION

Les deux couleurs du ressort extenseur doivent être apparentes après le montage des segments tronçonniques. Ce marquage doit par conséquent être contrôlé avant le montage des pistons, même dans le cas de segments prémontés (Fig. 2).

### 2.11.3 USURE DES PISTONS, DES SEGMENTS ET DE LA ZONE DE TRAVAIL DES CYLINDRES PAR LA CRASSE



#### DESCRIPTION

- Piston : jupe présentant une portée mate, avec de fines petites rayures longitudinales sur le cordon de feu et la jupe.
- Gorges de rotation sur la jupe.
- Faces usées des segments de compression, notamment sur le premier segment de même que les faces des gorges (Fig. 2).
- Forte augmentation du jeu en hauteur des segments de compression, en particulier du premier segment.

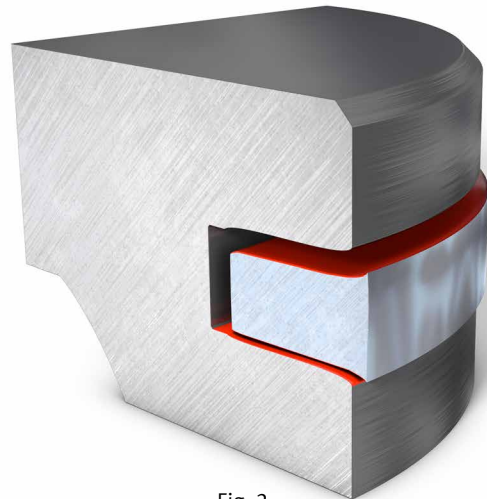


Fig. 2



Fig. 1

Fig. 3

## ANALYSE

Des corps étrangers abrasifs dans le circuit d'huile provoquent des rayures sur les pistons et les segments, une portée mate sur la jupe du piston et des traces de rayures en spirales sur les faces des segments (Fig. 4 et 5). Les segments, usés sur les surfaces de glissement et sur les faces, n'empêchent plus suffisamment l'huile de remonter vers la chambre de combustion. En même temps, la pression augmente dans le carter de vilebrequin car les gaz de combustion passent le long des pistons. Conséquence possible : fuite d'huile au niveau des joints spi, des joints de queue de soupape et des autres zones d'étanchéité. Des traces de rayures en spirales se forment sur les segments lorsque des impuretés se déposent dans la gorge. En tournant, le segment repasse sans cesse sur l'impureté dans la gorge, ce qui occasionne ces traces de rayures en spirales caractéristiques.



Fig. 4



Fig. 5

## CAUSES POSSIBLES

- Particules abrasives qui entrent dans le moteur avec l'air d'aspiration mal filtré, à cause par exemple :
  - d'un filtre à air absent, défectueux, déformé ou mal entretenu.
  - de fuites dans le système d'admission, par exemple brides déformées, joints absents, flexibles défectueux ou poreux.
- Particules restées dans le moteur suite à une rectification. Souvent, lors de la rectification, les pièces moteurs sont grenillées avec du sable ou des billes de verre pour débarrasser les surfaces des dépôts ou des résidus de combustion tenaces. Si de la grenaille s'infiltré dans la matière et n'est pas retirée correctement, elle peut se libérer durant le fonctionnement du moteur et provoquer une usure abrasive. Les fig. 6 et 7 montrent un tel dommage agrandi au microscope sous lumière polarisée. On distingue très nettement les fragments de billes de verre et même des billes entières.
- Particules de matière détachées au cours du rodage du moteur qui, si la première vidange d'huile est effectuée trop tard, retournent sur les partenaires mécaniques à travers le circuit d'huile et y occasionnent une usure. Les arêtes tranchantes des segments, qui raclent l'huile, sont particulièrement touchées.

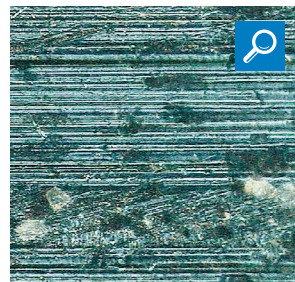


Fig. 6

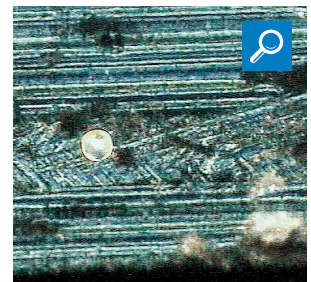


Fig. 7

## 2.11.4 USURE DES PISTONS, SEGMENTS ET CYLINDRES PAR EXCÈS DE CARBURANT



### DESCRIPTION

- Importantes traces d'usure sur le cordon de feu et la jupe du piston.
- Zones de frottement sur la jupe du piston, caractéristiques d'un fonctionnement à sec consécutif à un excès de carburant.
- Forte usure radiale des segments (Fig. 1). Les deux entretoises (surfaces portantes) du segment racleur d'huile sont usées (Fig. 2). À titre de comparaison, sur la fig. 3 : profil d'un segment racleur d'huile neuf et usagé (racleur à fentes et lèvres chanfreinées symétriques avec ressort spiroïdal).
- Consommation élevée d'huile.



Fig. 1

Fig. 2

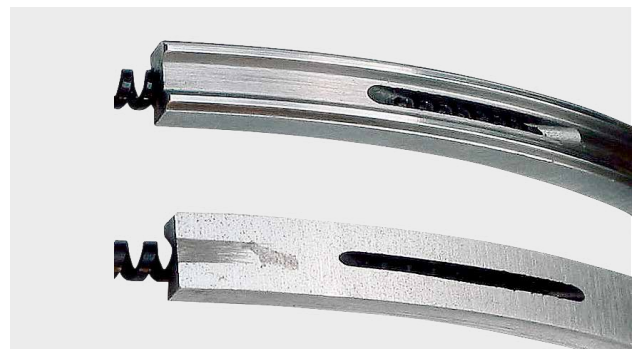


Fig. 3

## ANALYSE

Un excès de carburant suite à des dysfonctionnements de combustion entraîne toujours un endommagement du film d'huile. Les conséquences en sont une friction mixte accrue et une usure radiale importante des segments en peu de temps. Ce n'est que lorsque qu'il y a manque de lubrification suite à la détérioration du film d'huile par le carburant qu'apparaissent les traces typiques de friction de carburant (voir chapitre « Friction par manque de lubrification due à un excès de carburant »). La baisse d'efficacité croissante de la lubrification entraîne une usure importante des segments, des gorges et des surfaces de travail des cylindres.

La jupe du piston est moins touchée au premier stade car elle est régulièrement alimentée en huile fraîche, encore lubrifiante, en provenance du système rotatif. Lorsque les particules arrachées dans la zone de déplacement se mélangent à l'huile de lubrification et que celle-ci perd de son efficacité suite à sa dilution croissante, l'usure se propage à tous les paliers du moteur. Les axes de piston et les manetons de vilebrequin sont particulièrement touchés.

## CAUSES POSSIBLES

- Petits trajets fréquents, d'où une dilution de l'huile avec du carburant.
- Liquide de refroidissement dans l'huile moteur.
- Mauvaise qualité de l'huile moteur.
- Excès de carburant suite à une combustion incomplète due à des dérangements de la préparation du mélange.
- Dérangements du dispositif d'allumage (ratés d'allumage).
- Pression de compression insuffisante ou mauvais remplissage suite à des segments de piston usés ou cassés.
- Mauvaise cote de dépassement du piston : le piston cogne contre la culasse. Sur les moteurs diesel à injection directe, les vibrations ainsi provoquées entraînent un fonctionnement incontrôlé des injecteurs et, par voie de conséquence, un excès de carburant dans le cylindre (voir chapitre « Marques d'impacts sur la tête du piston »).
- Mauvais remplissage dû à un filtre à air bouché.
- Injecteurs défectueux et non étanches.
- Pompe d'injection défectueuse ou mal réglée.
- Conduites d'injection mal posées (vibrations).
- Mauvais remplissage dû à un turbocompresseur défectueux ou usé.
- Mauvaise qualité du carburant (mauvais auto-allumage et combustion incomplète).

## 2.11.5 USURE DES SEGMENTS DE PISTON JUSTE APRÈS UNE RECTIFICATION DU MOTEUR



### DESCRIPTION

- Piston exempt de dommage et d'usure.
- À première vue, les segments ne présentent pas de traces d'usure mais en regardant de plus près, on constate une usure anormale des arêtes qui raclent l'huile, et principalement des arêtes inférieures (voir l'agrandissement).
- Bavure sensible au toucher sur l'arête inférieure de la surface de frottement du segment.



Fig. 1

### ANALYSE

L'usure des arêtes des segments de piston entraîne l'apparition, entre les surfaces de frottement des segments et la zone de travail du cylindre, de forces hydrodynamiques élevées (Fig. 2) dues à la formation de dépôts d'huile.

Les segments flottent sur le film d'huile au cours des mouvements de va-et-vient du piston et s'écartent très légèrement de la zone de travail du cylindre. Une quantité supérieure d'huile de lubrification entre dans la chambre de combustion où elle brûle.

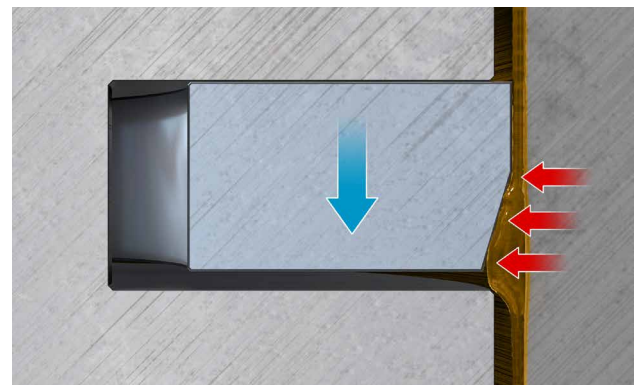


Fig. 2



## CAUSES POSSIBLES

Des bavures se forment lorsque les segments de piston ne trouvent pas de conditions optimales après une rectification du moteur. La cause en est principalement une finition insuffisante ou incorrecte du cylindre. Au cours du honage de finition, l'utilisation de pierres de honage émoussées ou d'une pression excessive provoque la formation de bavures ou de reliefs sur la paroi du cylindre. Ces pointes métalliques sont courbées dans la direction de l'usinage (Fig. 3). On parle de constitution d'un voile métallique, responsable d'une friction accrue durant la phase de rodage et empêchant l'huile moteur de s'infiltrer dans les fines veines de graphite.

Si ces bavures ne sont pas éliminées au cours de la dernière étape d'usinage, le honage en plateau, une usure prématurée des arêtes des segments se produit durant la phase de rodage. Les segments assurent alors involontairement l'élimination du voile métallique et le nettoyage des veines de graphite. Ceci provoque toutefois l'usure de leurs arêtes et la formation de bavures. L'expérience montre qu'une telle bavure sur l'arête d'un segment de piston ne s'enlève que très difficilement. Le remplacement des segments de piston endommagés devient nécessaire.

Un deuxième jeu de segments, monté en remplacement, trouve des conditions de fonctionnement bien meilleures, quasiment normales. En effet, le premier jeu de segments a enlevé en grande partie le voile métallique problématique sur la zone de travail du cylindre en s'usant lui-même. Après le remplacement du jeu de segments, la consommation d'huile se normalise, ce qui est souvent attribué à une mauvaise qualité des premiers segments montés.

La fig. 4 montre l'agrandissement au microscope des pointes repliées à travers la vue en coupe de la surface du cylindre après le honage incorrect de la zone de travail du cylindre (voile métallique). La fig. 5 montre la surface après le honage en plateau. Les bavures et les pointes ont été pratiquement entièrement retirées et les veines de graphite sont dégagées. Les conditions de rodage des segments de piston sont bonnes et la durée de vie de ceux-ci est accrue. La formation du plateau par honage à la brosse est spécialement efficace.



Fig. 3



Fig. 4



Fig. 5

## 2.11.6 PORTÉE ASYMÉTRIQUE DU PISTON



### DESCRIPTION

#### Fig. 1 :

- Portée asymétrique du piston sur toute sa hauteur.
- Cordon de feu limé à blanc sur la gauche du piston, au dessus du bossage d'axe, et sur le côté opposé, au bord inférieur du piston.
- Portée irrégulière du segment de compression.

#### Fig. 2 :

- Désalignement dynamique avec une usure concentrée sur le bord inférieur droit du piston, près de l'évidement pour le gicleur d'huile de refroidissement et sous l'alésage de l'axe de piston.



Fig. 1



Fig. 2

## ANALYSE

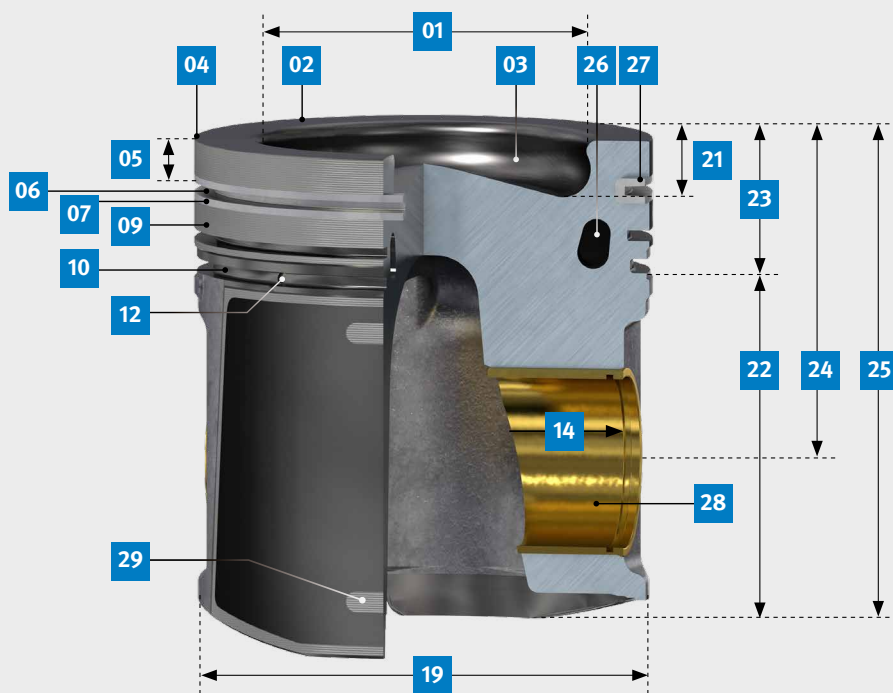
Les portées asymétriques de ce type révèlent une course désaxée du piston dans l'alésage du cylindre et un manque de parallélisme entre l'axe de piston et l'axe du vilebrequin. Compte tenu du mauvais contact avec le cylindre, les segments de piston ne remplissent pas correctement leur fonction d'étanchéité. Les gaz de combustion brûlants passent et surchauffent les segments de même que la paroi du cylindre. Ceci affaiblit le film d'huile et peut entraîner un grippage par manque de lubrification. La course désaxée du piston dans le cylindre et ses mouvements de va-et-vient produisent un effet de pompage au niveau des segments. Ceci fait remonter l'huile dans la chambre de combustion et entraîne une consommation accrue d'huile. Dans certaines conditions, l'axe de piston subit une poussée axiale qui peut être responsable d'une usure ou d'une rupture de l'arrêt d'axe (voir chapitre « Dommages sur les pistons dus à des arrêts d'axe cassés »).

## CAUSES POSSIBLES

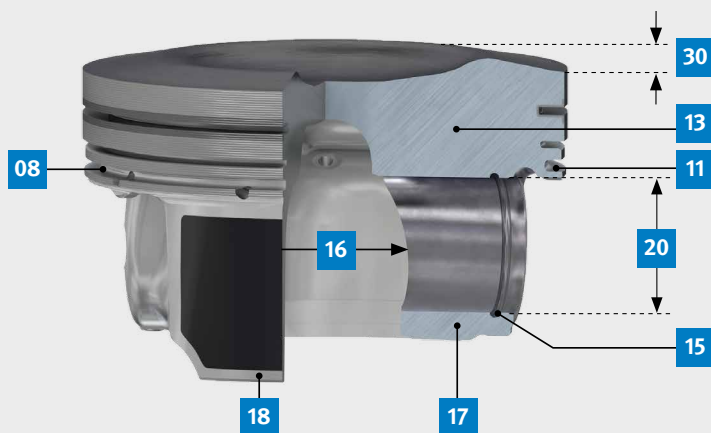
- Bielles déformées ou tordues.
- Alésage de l'œil de pied de bielle désaxé.
- Alésage du cylindre pas perpendiculaire à l'axe du vilebrequin.
- Cylindre monté de biais (déformations au montage).
- Maneton de bielle pas parallèle à l'axe du vilebrequin.
- Alésage oblique de l'œil de pied de bielle (défaut de parallélisme de l'axe).
- Jeu excessif du coussinet de bielle, notamment dans le cas des tiges de bielle asymétriques (déport entre l'œil de pied de bielle et le grand coussinet de bielle).

### 3. GLOSSAIRE

## TERMES TECHNIQUES ET DÉNOMINATIONS RELATIVES AUX PISTONS



- 01 Ø de la chambre de combustion
- 02 Tête de piston
- 03 Chambre de combustion
- 04 Bord de l'extrémité du fond
- 05 Cordon de feu (entretoise de fond)
- 06 Gorge pour segment de compression
- 07 Cordon entre segments
- 08 Fond de la gorge
- 09 Cordon entre segments en retrait
- 10 Flancs de la gorge
- 11 Gorge pour segment racleur d'huile
- 12 Orifice de retour d'huile
- 13 Bossage d'axe de piston
- 14 Sûreté distance entre les gorges
- 15 Gorge pour arrêteoir
- 16 Distance entre bossage d'axe
- 17 Fixation pour centrage
- 18 Arête inférieure de la jupe
- 19 Diamètre du piston 90° contre l'alésage de l'axe de piston
- 20 Alésage de l'axe de piston
- 21 Profondeur de la chambre de combustion
- 22 Partie de la jupe
- 23 Zone de segmentation
- 24 Hauteur de compression
- 25 Longueur du piston
- 26 Canal de refroidissement d'huile
- 27 Porte-segment
- 28 Douille d'axe de piston
- 29 Ø de la fenêtre de mesure
- 30 Bombé de la tête du piston



# EXPLICATION DES TERMES TECHNIQUES

## **Abrasif**

Qui peut meuler/abraser.

## **Allumage par incandescence**

Auto-allumage du mélange air-carburant avant l'allumage proprement dit par la bougie d'allumage. L'allumage est déclenché par des éléments devenus incandescents (joint de culasse, bougie d'allumage, soupape d'échappement, dépôts de calamine, etc.).

## **Armature en fibres**

Armature en fibres du bord de la chambre de combustion des pistons de moteurs diesel à injection directe. Avant la coulée, un anneau de fibres d'oxyde d'aluminium est placé dans le moule et est pénétré par l'aluminium en fusion pendant la coulée. Ceci rend le bord de la chambre de combustion plus résistant à la formation de fissures. Les armatures en fibres ne sont réalisables qu'avec le procédé de coulée sous pression au cours duquel l'aluminium est injecté dans le moule sous une pression élevée (environ 1000 bars).

## **Asymétrique**

Non symétrique, dissymétrique.

## **Besoin en indice d'octane**

L'indice d'octane nécessaire à un moteur résulte de ses caractéristiques de construction. Il augmente avec le taux de compression, la température du moteur, l'avance à l'allumage, le remplissage, la charge du moteur et la configuration défavorable de la chambre de combustion. L'indice d'octane d'un moteur doit toujours être inférieur de quelques points à l'indice d'octane du carburant disponible. En effet, ceci prévient la combustion détonante dans tous les états de fonctionnement.

## **Bielle contractée**

Bielle sur laquelle l'axe de piston est solidaire de la bielle. Lors de l'assemblage du piston avec la bielle, l'œil de pied de bielle est chauffé et l'axe de piston fortement refroidi. La contraction de l'axe de piston et la dilatation de l'alésage de la bielle produit un interstice qui permet d'insérer l'axe de piston à la main. Lors du refroidissement ou de l'échauffement consécutif des pièces, le jeu est éliminé et l'axe de piston se bloque dans la bielle. Il est inutile de chauffer le piston lors de la contraction de l'axe de piston dans l'œil de pied de bielle.

## **Blow-by**

Volume de gaz de fuite qui passe le long des segments de piston lors de la combustion et entre dans le carter de vilebrequin. Plus l'étanchéité du piston dans le cylindre est mauvaise, plus le volume de gaz blow-by est important. Le volume moyen de gaz blow-by est de 1 % du volume d'air aspiré.

## **Bombement**

Forme légèrement convexe du piston au niveau de la jupe.

## **Cavitation**

Perforation des matériaux se trouvant au contact d'eau ou d'autres liquides. Sous l'effet de la pression et de la température à la surface, il se forme des petites bulles de vapeur qui éclatent immédiatement, comme en cuisine. En éclatant, la colonne d'eau heurte violemment la matière et en arrache des particules infimes. La formation de bulles peut être due à des vibrations ou une forte dépression.

## **Chambre de précombustion**

Partie de la chambre de combustion sur les moteurs diesel à injection indirecte. Le carburant est injecté dans la chambre de précombustion où il s'enflamme. En raison de la surpression produite dans la chambre de précombustion, le piston descend.

## **Chambre de turbulence**

Partie de la chambre de combustion sur les moteurs diesel à injection indirecte. Contrairement à la chambre de précombustion, l'ouverture de la chambre est plus grande et donne tangentiellement sur la chambre de turbulence. Au cours de la compression, l'air arrivant dans la chambre tourbillonne fortement en raison de la forme de la chambre. Ceci améliore la combustion.

## **Changement de sens**

Passage du piston dans le cylindre du côté dépression au côté pression ou inversement. Au cours de son mouvement ascendant, le piston se trouve sur le côté dépression du cylindre et passe au côté pression au point mort haut.

## **Cliquetis continu**

Combustion détonante se poursuivant pendant le fonctionnement du moteur.

## **Common-rail**

Appellation des systèmes d'injection directe diesel modernes. Les injecteurs pilotés électriquement sont alimentés en carburant sous haute pression par l'intermédiaire d'une rampe commune (rail).

## **Constitution d'un voile métallique**

Écrasement de matière sur la surface de travail du cylindre due à des pierres de honage émoussées ou à un écartement excessif des pierres de honage.

## **Côté dépression**

Côté du piston ou du cylindre opposé au côté pression.

### **Côté pression**

Côté du piston ou du cylindre sur lequel le piston prend appui pendant la combustion. Le côté pression est à l'opposé du sens de rotation du vilebrequin.

### **Course de détente**

Cycle de travail.

### **Cylindres à ailettes**

Cylindres de moteurs principalement refroidis par air, munis d'ailettes de refroidissement extérieures assurant le refroidissement du moteur.

### **Défaut d'alignement de la bielle**

Manque de parallélisme entre l'axe du vilebrequin et l'axe du piston.

### **Dépassement du piston**

Dépassement du piston diesel au point mort haut par rapport à la surface d'étanchéité du bloc cylindres. La cote de dépassement du piston est une cote importante qui doit être scrupuleusement respectée et contrôlée lors de la rectification du moteur de manière à ce que le taux de compression soit exact et que le piston ne cogne pas contre la culasse.

### **Désalignement dynamique**

Piston qui se cabre dans le cylindre en raison d'une bielle tordue ou déformée et qui présente une portée asymétrique au démontage.

### **Désaxement**

De conception, l'axe du piston est décalé de quelques 1/10 de millimètre vers le côté pression du piston. Ainsi, le changement de sens du piston au point mort haut se produit avant la combustion proprement dite. De cette manière, le changement de sens du piston est moins bruyant et plus doux que s'il se produisait au moment de la combustion et sous une contrainte bien plus importante. Sur les moteurs diesel, le désaxement de l'axe de piston peut également être présent sur le côté dépression en raison des températures élevées.

### **Dilution de l'huile**

On parle de dilution de l'huile lorsqu'elle est diluée par du carburant. Causes : petits trajets fréquents, anomalies dans la préparation du mélange ou dans le dispositif d'allumage, mauvaise compression suite à des problèmes mécaniques du moteur. Du carburant non brûlé se dépose sur la paroi du cylindre, se mélange avec l'huile et entre ainsi dans le carter d'huile. La viscosité et le pouvoir lubrifiant de l'huile baissent, l'usure augmente ainsi que la consommation d'huile.

### **Direction d'oscillation**

Sens de rotation autour de l'axe du piston. Du fait que le piston ne tourne pas autour de cet axe, mais oscille de haut en bas dans le cylindre, on parle de direction d'oscillation.

### **Ensemble**

Kit de réparation comprenant la chemise de cylindre et le piston.

### **Érosion**

Enlèvement de matière par l'énergie cinétique de solides, liquides ou gaz agissant sur une surface.

### **Frottement**

Phase précédant le grippage en cas de manque d'huile de lubrification ou de début de réduction de jeu.

### **Espace neutre**

Espace subsistant entre la tête du piston et la culasse au point mort haut du piston. Lors de la rectification d'un moteur, il faut veiller à ce que l'espace neutre stipulé par le constructeur soit respecté (voir glossaire « Dépassement du piston »). L'espace neutre est également appelé espace de plomb car il peut aussi être déterminé à l'aide d'un fil de plomb : lors de l'assemblage, on place le fil de plomb dans le cylindre et on fait tourner le moteur une fois. Le fil de plomb est alors aplati et peut ensuite être mesuré. La cote déterminée à l'aide du fil de plomb est appelée espace de plomb.

### **Excès de carburant**

Apport de carburant excessif dans la chambre de combustion. Le carburant se dépose sur les pièces suite à une mauvaise pulvérisation ou à un mélange trop riche et peut diluer ou même casser le film d'huile de la surface du cylindre. Conséquence : manque de lubrification pouvant entraîner des frictions ou des grippages.

### **Forme de rupture**

Direction de la cassure.

### **Friction mixte**

La friction mixte apparaît entre deux partenaires mécaniques lorsque le film d'huile qui les sépare est affaibli. Des reliefs de l'un des partenaires entrent alors en contact avec les pointes métalliques de l'autre et une friction métallique se produit. La friction mixte est également appelée friction semi-liquide.

### **Friction**

Premier contact entre deux partenaires mécaniques, produit par une détérioration du film lubrifiant. Contrairement au grippage, la friction entraîne un changement de la structure de surface, mais pratiquement pas de changement dimensionnel.

### **Honage à la brosse**

Dernière étape du honage. La surface du cylindre est débarrassée des pointes et des bavures, les veines de graphite sont libérées et nettoyées. Le honage à la brosse permet d'atteindre un taux de libération des veines de graphite de jusqu'à 50%.

**Honage en plateau**

Finition lors de la rectification d'un cylindre, au cours de laquelle les pointes présentes en surface sont coupées et au cours de laquelle un « plateau » est réalisé. La surface s'en trouve lissée, le comportement au rodage amélioré et l'usure réduite.

**Honage**

Finition du cylindre par ponçage en passes croisées.

**Huile de projection**

Huile qui, comme prévu, s'échappe des paliers du vilebrequin. Elle sert à humecter et lubrifier les surfaces de travail du cylindre par le bas.

**Incidence de matière**

Modification de la structure et déformation consécutive de la jupe du piston ayant déjà fonctionné (voir glossaire « Jeu de montage du piston »).

**Incrustations**

Résidus qui s'incrustent dans la matière lors du formage à chaud de pièces au cours de la fabrication (soupapes, axes de piston, etc.). Par la suite, elles peuvent affaiblir la matière et occasionner une rupture durant le fonctionnement du moteur.

**Indice de cétane**

Indice qui caractérise l'acceptation d'allumage du gazole. Plus l'indice de cétane est élevé, meilleure est l'acceptation d'allumage.

**Indice d'octane**

L'indice d'octane d'un carburant indique le pouvoir antidétonant d'un carburant. Plus l'indice d'octane est élevé, plus le pouvoir antidétonant du carburant est élevé.

**Injecteur pompe**

Conception spéciale utilisée sur les moteurs diesel à injection directe, avec laquelle l'injecteur et la production de la pression (pompe) forment une même unité directement montée dans la culasse. La pression d'injection est produite par un piston de pompe directement commandé par l'arbre à cames du moteur, contrairement aux pompes d'injection rotatives ou en ligne. Les injecteurs sont à commande électrique. La durée de l'injection et le volume sont régulés par un appareil de commande électronique.

**Jeu au montage du piston**

Jeu entre le piston et le cylindre permettant le montage et le bon fonctionnement du nouveau piston dans le cylindre.

Le nouveau piston se déforme de manière permanente pendant les premières heures de service, ce qu'on appelle alors incidence. Ceci est dû d'une part à son échauffement et aux modifications de sa microstructure provoquées, et d'autre part aux contraintes

mécaniques. La cote maximum du piston, qui se trouve toujours au niveau de la jupe, est soumise, au cours de la phase de rodage, à certaines modifications dimensionnelles variant en fonction du type de construction, de la composition et des contraintes. Ceci constitue un comportement de fonctionnement normal d'un piston en aluminium et n'est pas une cause de réclamation. Lors de dommages sur les pistons provoqués par un manque de lubrification, une surchauffe ou une surcharge du moteur, la jupe du piston subit également une déformation plastique. Ceci provoque des déformations et des modifications de cotes encore plus importantes.

En cas de dommage, le jeu au montage du piston est fréquemment pris en compte pour l'évaluation de l'usure ou des jeux de montage erronés sont calculés à posteriori alors que le piston, qui a déjà fonctionné, ne possède plus les cotes et sa forme d'origine. La cote maximum du piston, mesurée sur la jupe, est souvent considérée comme trop petite et attribuée à une usure du piston, bien que les fines rayures d'usinage ou le revêtement sur la jupe soient encore intacts.

Les cotes relevées sur un piston ayant déjà fonctionné ainsi que le calcul des jeux qui en découlent ne peuvent être utilisés ni pour juger la qualité du travail de rectification du moteur, ni la qualité de la matière, ni la conformité aux cotes du piston neuf.

Si le jeu de montage est trop petit, des grippages par manque de jeu peuvent se produire (voir chapitre « Grippage par manque de jeu »). Si le jeu de montage est trop grand, il se produit une augmentation du bruit du moteur à froid en raison de l'oscillation du piston. Un grippage du piston, une augmentation de la consommation d'huile ou d'autres dommages ne peuvent pas en découler.

Le jeu de montage ne doit pas être confondu avec le jeu de fonctionnement du piston. Le jeu de fonctionnement n'apparaît qu'après la dilatation thermique du piston et n'est pas mesurable.

**Jeu de fonctionnement du piston**

Le jeu de fonctionnement du piston s'établit après la dilatation thermique des pièces pendant le service. En raison de ses caractéristiques de conception et des différentes épaisseurs de ses parois, le piston se déforme sous l'effet de la chaleur. Le piston se dilate davantage là où il est le plus épais, ce qui est pris en compte à sa conception.

**Lignes de trame**

Lignes présentes sur les surfaces de rupture des ruptures de fatigue, causées par la progression relativement rapide de la rupture. La rupture se produit par morceaux. Une ligne de trame est produite pour chaque nouveau morceau cassé. L'origine de la rupture correspond au centre des lignes de trame.

### **Manque de lubrification**

Un manque de lubrification survient lorsque le film d'huile est affaibli et ne peut plus remplir sa tâche en totalité. Causes : trop peu d'huile, film d'huile dilué par du carburant ou rupture du film d'huile. Il en découle une friction mixte puis une friction ou un grippage des pièces.

### **Moteur à injection directe**

Moteurs sur lesquels le carburant est injecté directement dans la chambre de combustion.

### **Mouvement ascendant du piston**

Mouvement du piston dans la direction opposée du vilebrequin, en direction de la culasse (cycles de compression et d'échappement sur les moteurs à 4 temps).

### **Mouvement descendant du piston**

Mouvement du piston en direction du vilebrequin pendant les cycles d'admission et de travail (moteur à 4 temps).

### **Normes d'échappement**

Prescriptions légales nationales ou internationales visant à limiter les émissions de gaz d'échappement des véhicules automobiles.

### **Oscillation du piston**

Changement de sens du piston dans le cylindre, du côté pression au côté dépression, et inversement. Après la déflagration de la combustion, l'oscillation du piston est le deuxième bruit le plus important dans un moteur à combustion interne à piston alternatif.

### **Piston à canal de refroidissement**

Les pistons soumis à de fortes contraintes thermiques sont dotés d'un canal de refroidissement situé dans la tête du piston. De l'huile moteur est injectée dans ce canal de refroidissement pendant le fonctionnement du moteur.

### **Point mort**

Point auquel le sens de déplacement du piston s'inverse au cours de son mouvement ascendant et descendant dans le cylindre. On distingue le point mort bas et le point mort haut.

### **Portée du piston**

Marquage sur la jupe du piston, surface par laquelle la jupe du piston est en contact avec le cylindre.

### **Porte-segment**

Anneau en fonte à forte teneur en nickel, coulé dans le piston en aluminium, dans lequel est usinée la première gorge. Ainsi, le premier segment de compression, et parfois le deuxième, se trouve dans une gorge résistante à l'usure. Ceci rend possibles des pressions de travail, donc des contraintes, supérieures. Les porte-segments sont insérés sur les pistons diesel selon le procédé alfin.

### **Pouvoir antidétonant**

Résistance de l'essence à l'auto-allumage.

### **Pressfit**

Chemise de cylindre sèche, enfoncée dans l'alésage du cylindre de base à l'aide d'un lubrifiant spécial. Il s'agit presque toujours de chemises semi-finies, c'est-à-dire que l'alésage de cylindre doit ensuite être fini par alésage et honage. Avantage : la chemise est immobilisée dans l'alésage du cylindre de base.

### **Régulation lambda**

Dispositif de régulation d'un moteur à essence qui régule le rapport entre l'air amené et la quantité de carburant.

### **Rupture de fatigue**

Rupture qui progresse non pas de façon brutale suite à une contrainte de la matière, mais lentement. La vitesse de rupture peut varier entre quelques secondes et plusieurs heures ou jours. La rupture commence par une fêlure, une détérioration ou des vibrations. Les surfaces de rupture ne sont pas irrégulièrement grises et mates, mais présentent des lignes de trame qui illustrent l'évolution graduelle de la rupture.

### **Rupture en charge**

Rupture par surcharge se produisant en une fraction de seconde et sans fissure préalable. Les surfaces de ruptures sont mates, granuleuses et non polies.

### **Slipfit**

Chemise de cylindre sèche qui peut être enfoncée à la main dans le bloc-moteur. Elle est généralement déjà finie, c'est-à-dire qu'il n'est plus nécessaire d'aléser et de honer l'alésage de cylindre. Inconvénient : jeu entre la chemise de cylindre et l'alésage de base.

### **Structure de honage**

Aspect caractéristique obtenu par le ponçage en passes croisées (honage).

### **Surface d'écrasement**

Partie de la tête de piston qui se rapproche beaucoup de la culasse. À la fin du cycle de compression, le mélange est écrasé de façon de plus en plus étroite du bord vers le milieu de la chambre de combustion. Les gaz entrent en turbulence, ce qui améliore la combustion.

### **Taux de libération de graphite**

Nombre de veines de graphite libérées par le honage à la brosse. Une valeur indicative est de  $\geq 20\%$ .

### **Tension tangentielle**

Force de pression du segment monté contre la paroi du cylindre.



**Traces de rayures en spirales**

Traces d'usure sur les faces des segments, occasionnées par des poussières ou des impuretés introduites dans le moteur. Les impuretés qui s'accumulent dans la gorge d'un segment de piston occasionnent des traces d'usure dans la gorge et sur la face du segment. Elles sont dues au fait que le segment tourne et que les impuretés rayent régulièrement la surface.

**Tuning par puce**

Modification du logiciel de la commande électronique d'un moteur pour en augmenter la puissance motrice.

**Veines de graphite**

Inclusions de graphite dans la matière première, donc dans la fonte graphitique lamellaire (fonte grise). À la finition du cylindre, si les veines obturées sont nettoyées par le honage à la brosse, de l'huile de lubrification destinée au piston peut s'y accumuler.

**Voile métallique**

Matière arrachée et écrasée recouvrant la surface de glissement du cylindre à la suite d'une rectification incorrecte ou incomplète du cylindre (honage/ponçage en passes croisées).

# TRANSFERT DE SAVOIR-FAIRE LA COMPÉTENCE D'UN EXPERT

## FORMATIONS DANS LE MONDE ENTIER

### En direct du fabricant

Tous les ans, environ 4 500 mécaniciens et techniciens profitent de nos formations et des séminaires que nous organisons sur place, dans le monde entier, ou dans nos centres de formation de Neuenstadt, Dormagen et Tamm (Allemagne).

## INFORMATIONS TECHNIQUES

### Des informations issues de la pratique pour la pratique

Avec nos Product Information, Service Information, brochures techniques et posters, vous êtes à chaque instant à la pointe de la technique.

## VIDÉOS TECHNIQUES

### Transmission des connaissances par vidéo

Dans nos vidéos, vous trouverez des instructions de montage pratiques et des explications système concernant nos produits.



## PLEINS FEUX SUR LES PRODUITS EN LIGNE

### Nos solutions clairement expliquées

Au travers d'éléments interactifs, d'animations et de clips vidéo, apprenez tout ce qu'il faut savoir sur nos produits pour le moteur.

## BOUTIQUE EN LIGNE

### Votre accès direct à nos produits

Commande 24 h sur 24. Contrôle rapide de la disponibilité. Recherche produits exhaustive par moteur, véhicule, dimensions, etc.

## NEWS

### Informations régulières par e-mail

Inscrivez-vous vite en ligne à notre newsletter gratuite pour recevoir régulièrement des informations sur les nouveaux produits, les publications techniques et de nombreux autres sujets.

## INFORMATIONS PERSONNALISÉES

### Spécialement pour nos clients

Par notre intermédiaire, vous profitez d'informations et de services complets sur notre large gamme de prestations tels que du matériel de promotion des ventes personnalisé, des aides à la vente, un support technique et bien d'autres choses encore.



## TECHNIPEDIA

### Informations techniques concernant le moteur

Avec Technipedia, nous vous offrons un accès à notre savoir-faire. Vous y trouverez les connaissances techniques de nos experts directement.

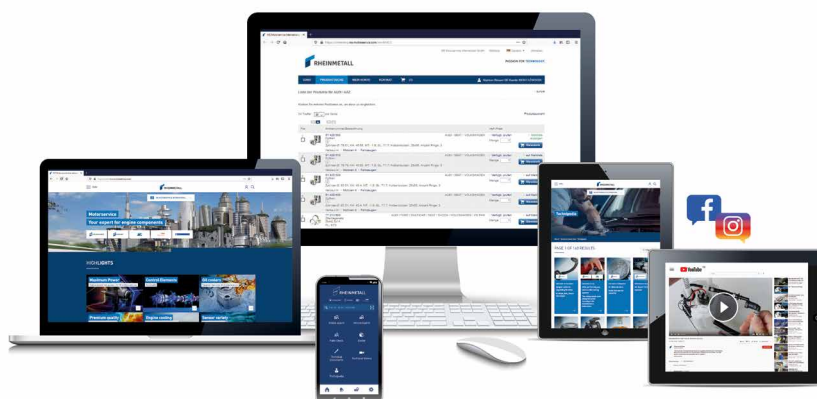
## L'APPLI MOTORSERVICE

### Un accès mobile à notre savoir-faire technique

Vous y trouverez rapidement et facilement les informations et les services les plus à jour relatifs à nos produits.

## MÉDIAS SOCIAUX

### Toujours à jour





**HEADQUARTERS :**

**MS Motorservice International GmbH**

Wilhelm-Maybach-Straße 14–18  
74196 Neuenstadt, Germany  
[www.ms-motorservice.com](http://www.ms-motorservice.com)

**MS Motorservice France S.A.S.**

Bâtiment l'Etoile – Paris Nord II  
40 avenue des Nations  
93420 Villepinte, France  
Téléphone : +33 149 8972-00  
Télécopie : +33 149 8972-01  
[www.ms-motorservice.fr](http://www.ms-motorservice.fr)

[www.rheinmetall.com](http://www.rheinmetall.com)

© MS Motorservice International GmbH – 50 003 973-03 – FR – 05/15 (012020)

