



Voiture de tourisme



Motocycle



Série de publications spécialisées
de la maison d'édition Europa-Lehrmittel
sur la technologie des véhicules à moteur

Technologie des véhicules à moteur

3^{ème} édition française

Edité par des professeurs techniques et ingénieurs (voir verso)

Éditeur de matériel pédagogique :
VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsseldorf StraÙe 23 · 42781 Haan-Gruiten, Allemagne

N° de la maison d'édition : 22216

Titre original : Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik, 30^{ème} édition 2013, 5^{ème} quota d'impression

Auteurs :

Fischer, Richard	Directeur des études	Polling – München
Gscheidle, Rolf	Directeur des études hors classe	Winnenden – Stuttgart
Gscheidle, Tobias	Professeur diplômé de lycée professionnel, directeur des études	Stuttgart – Sindelfingen
Heider, Uwe	Maître électricien en automobiles, entraîneur Audi SA	Neckarsulm – Oedheim
Hohmann, Berthold	Directeur des études	Eversberg
van Huet, Achim	Ingénieur diplômé, professeur supérieur de lycée	Oberhausen – Essen
Keil, Wolfgang	Directeur supérieur des études	München
Lohuis, Rainer	Ingénieur diplômé, professeur supérieur de lycée	Hückelhoven – Köln-Deutz
Mann, Jochen	Professeur diplômé de lycée professionnel, directeur des études	Schorndorf – Stuttgart
Schlögl, Bernd	Professeur diplômé de lycée professionnel, directeur des études	Rastatt – Gaggenau
Wimmer, Alois	Professeur supérieur de lycée	Stuttgart
Wormer, Günter	Ingénieur diplômé	Karlsruhe

Direction du groupe de travail et correction-révision :

Rolf Gscheidle, directeur des études hors classe, Winnenden – Stuttgart, Allemagne

Traitement de l'image :

Bureau de dessin de la maison d'édition Europa-Lehrmittel, Ostfildern, Allemagne

Traduction française :

Syntext traductions, Michael Werder, Les Bois, Suisse

Toutes les indications figurant dans le présent ouvrage sont basées sur l'état actuel de la technologie. Tous les travaux de contrôle, de mesure ou de réparation réalisés sur les véhicules doivent être effectués conformément aux indications des fabricants respectifs. Toute exécution des travaux décrits se fait aux risques et périls de la personne qui les réalise. Toute action en responsabilité intentée contre les auteurs ou la maison d'édition est exclue.

3^{ème} édition française 2019

Impression 5 4 3 2

Tous les tirages de la même édition peuvent être utilisés parallèlement étant donné qu'à part la correction d'éventuelles erreurs d'impression, ils sont tous identiques.

ISBN 978-3-8085-2595-1

Tous droits réservés. L'œuvre est protégée par le droit d'auteur dès sa création. Toute exploitation en dehors des cas régls par la loi doit être acceptée par écrit par la maison d'édition.

© 2019 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten, Allemagne
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Conception graphique de la couverture : braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald, Allemagne

Composition : Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt, Allemagne

Impression : UAB BALTO print, Vilnius 08217, Lituanie

Préface

« **Technologie des véhicules à moteur** » est un ouvrage qui sert de référence aux professionnels de l'automobile en formation, mais aussi aux professionnels accomplis. Il explique le but et le fonctionnement de nombreux dispositifs dont sont pourvues les automobiles d'hier et d'aujourd'hui.

Ce livre se veut volontairement large dans le choix des sujets car il s'adresse à l'ensemble des professions en relation avec la mobilité. Les 22 chapitres offrent une banque de données fort intéressante pour résoudre les problèmes du quotidien et constitue ainsi un outil utile à la formation initiale et permanente du professionnel qualifié.

Cette 3^{ème} édition française est traduite à partir de la 30^{ème} édition allemande. Elle est enrichie des thématiques suivantes: entretien du véhicule, sécurité au travail, nouvelles tôles de carrosserie, formation du mélange, moteur à essence, turbocompression, moteurs à gaz liquide, véhicules électriques, formation du mélange Diesel, réduction des émissions polluantes, boîtes séquentielles, concepts d'entraînements alternatifs, blocage du différentiel, alignement des essieux, dynamique de conduite, systèmes de direction, suspensions de roues, suspensions, schémas de circuits électriques, systèmes techniques de confort.

La traduction et les corrections techniques n'auraient pas été possibles sans les efforts communs de plusieurs personnes physiques et morales, notamment :

- l'éditeur qui a fait preuve d'un intérêt marqué pour que le monde francophone puisse jouir de cet ouvrage ;
 - la CREME (Commission Romande d'Evaluation des Moyens d'Enseignement) pour son apport logistique et son expérience ;
-
- le SEFRI pour son important et généreux appui financier au travers de la subvention aux traductions en lien avec l'article 55 de la LFPr ;
 - les enseignants qui ont accepté de consacrer du temps pour la correction technique de ce magnifique outil, à savoir MM. Olivier Cochet, Daniel Amiguet, Josu Bilbao, Pascal Bondallaz, Roland Bovey, Jacky Cloux, Steve Cornaton, Raffaele Lonia, Michel Mercier, Roland Müller, François Pillod, Philippe Roch ;
 - les enseignants des branches de culture générale qui ont eu l'amabilité de relire une dernière fois l'entier de cet ouvrage.

Un grand merci à ces personnes et bonne lecture...

Août, 2019

Conseils pour l'utilisation du manuel « Technologie des véhicules à moteur » dans le cadre de la formation des mécatroniciennes et des mécatroniciens d'automobiles.

Les auteurs ont structuré le contenu du présent manuel selon un ordre logique qui permet de couvrir tous les contenus du plan d'études cadre et de l'ordonnance sur la formation professionnelle initiale de ce nouveau champ d'activité qu'est la profession de mécatronicien-ne d'automobiles.

Pour permettre aux enseignant-e-s et aux formateurs-trices de bénéficier de la plus grande liberté didactique et méthodologique possible, les auteurs ont volontairement renoncé à classer la matière par domaines. Cette façon de procéder permet en outre d'éviter des recoupements et des inutiles répétitions.

La structure de ce manuel permet également aux personnes en formation d'élaborer de manière autonome les différents contenus professionnels des champs d'apprentissage requis.

Le récapitulatif ci-dessous indique l'ordonnement des chapitres du manuel en fonction des axes prioritaires de la matière traitée.

Champs d'apprentissage		Chapitre du manuel « Technologie des véhicules à moteur »																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	Entretien et inspecter les véhicules et les systèmes selon les directives	•	•	•	•																		
2	Vérifier, démonter, remplacer et monter des composants et des systèmes simples	•	•			•	•	•	•	•	•	•					•		•				
3	Identifier et éliminer des dysfonctionnement			•	•	•										•				•			
4	Effectuer des travaux de transformation selon les besoins des clients			•	•													•	•	•			
5	Effectuer des inspections et des travaux complémentaires	•	•							•	•	•					•		•				
6	Diagnostiquer et éliminer des dysfonctionnement au niveau du réseau de bord, du système de charge de courant et du système de démarrage																			•			
7	Réparer des composants et des systèmes usés	•	•	•		•											•		•				
8	Diagnostiquer des systèmes mécatroniques de gestion de la motorisation												•	•		•	•			•			
9	Effectuer des travaux de maintenance au niveau des systèmes de confort et de sécurité	•	•								•							•			•		
10	Réparer des dégâts subis au niveau du châssis et du système de freinage	•	•																•				
Voitures de tourisme – axes prioritaires																							
11	Diagnostiquer et réparer des systèmes d'entraînement, de confort et de sécurité																			•	•		
12	Préparer les véhicules pour les tests de sécurité et les expertises d'homologation												•	•				•	•				
13	Réparer les composants du système de motorisation										•						•						
14	Installer, transformer et mettre à niveau des systèmes et des composant	•	•													•				•			
Véhicules utilitaires – axes prioritaires											•	•	•	•			•	•	•	•	•		•
Systèmes et technologie à haute tension – axes prioritaires											•	•	•	•		•			•	•	•		
Motos – axes prioritaires											•	•	•	•	•		•		•	•		•	
Technique de la carrosserie – axes prioritaires											•	•					•		•	•	•		

Les entreprises mentionnées ci-dessous ont apporté leur soutien sous forme d'informations et d'illustrations. Nous les en remercions très sincèrement.

Alfa-Romeo-Automobile Mailand/Italien	HAMEG GmbH , Frankfurt/Main	Peugeot Deutschland GmbH Saarbrücken
ALLIGATOR Ventilfabrik GmbH Giengen/Brenz	Hella KG, Hueck & Co , Lippstadt	Pierburg GmbH , Neuss
Aprilia Motorrad-Vertrieb Düsseldorf	Hengst Filterwerke , Nienkamp	Pirelli AG , Höchst im Odenwald
Aral AG , Bochum	Fritz Hintermayr , Bing-Vergaser-Fabrik Nürnberg	Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG Stuttgart-Zuffenhausen
Audatex Deutschland , Minden	HITACHI Sales Europa GmbH Düsseldorf	Renault Nissan Deutschland AG Brühl
Audi AG , Ingolstadt – Neckarsulm	HONDA DEUTSCHLAND GMBH Offenbach/Main	Samsung Electronics GmbH , Köln
Autokabel , Hausen	Hunger Maschinenfabrik GmbH München und Kaufering	SATA Farbspritztechnik GmbH & Co Kornwestheim
Autoliv , Oberschleißheim	IBM Deutschland , Böblingen	SCANIA Deutschland GmbH Koblenz
G. Auwärter GmbH & Co (Neoplan) Stuttgart	IVECO-Magirus AG , Neu-Ulm	SEKURIT SAINT-GOBAIN Deutschland GmbH, Aachen
BBS Kraftfahrzeugtechnik AG , Schiltach	ITT Automotive (ATE, VDO, MOTO-METER, SWF, KONI, Kienzle) Frankfurt/Main	Schäffler Automotive , Langen
BEHR GmbH & Co , Stuttgart	IXION Maschinenfabrik Otto Häfner GmbH & Co Hamburg-Wandsbeck	Siemens AG , München
Beissbarth GmbH Automobil Servicegeräte München	Jurid-Werke , Essen	SKF Kugellagerfabriken GmbH Schweinfurt
BERU , Ludwigsburg	Alfred Kärcher GmbH & Co. KG Winnenden	Snap-on/SNA Germany , Hohenstein-Ernstthal
Aug. Bilstein GmbH & Co KG Ennepetal	Kawasaki-Motoren GmbH , Friedrichsdorf	SOLO Kleinmotoren GmbH Sindelfingen
Boge GmbH , Eitdorf/Sieg	Knecht Filterwerke GmbH , Stuttgart	SONAX GmbH , Neuburg
Robert Bosch GmbH , Stuttgart	Knorr-Bremse GmbH , München	Stahlwille E. Wille Wuppertal
Bostik GmbH , Oberursel/Taunus	Kolbenschmidt AG , Neckarsulm	Steyr-Daimler-Puch AG Graz/Österreich
BLACK HAWK , Kehl	KS Gleitlager GmbH , St. Leon-Rot	Subaru Deutschland GmbH Friedberg
BMW Bayerische Motoren-Werke AG München/Berlin	KTM Sportmotorcycles AG Mattighofen/Österreich	SUN Elektrik Deutschland Mettmann
CAR-OLINER , Kungsör, Schweden	Kühnle, Kopp und Kausch AG Frankenthal/Pfalz	Suzuki GmbH Oberschleißheim/Heppenheim
CAR BENCH INTERNATIONAL.S.P.A. Massa/Italien	Lemmerz-Werke , Königswinter	Technolit GmbH , Großlütder
Continental Teves AG & Co, OHG , Frankfurt	LuK GmbH , Bühl/Baden	Telma Retarder Deutschland GmbH Ludwigsburg
Celette GmbH , Kehl	MAHLE GmbH , Stuttgart	Temic Elektronik , Nürnberg
Citroen Deutschland AG , Köln	Mannesmann Sachs AG , Schweinfurt	TOYOTA Deutschland GmbH , Köln
Dataliner Richtsysteme , Ahlerstedt	Mann und Hummel, Filterwerke Ludwigsburg	UNIWHEELS GmbH , Bad Dürkheim
Deutsche BP AG , Hamburg	MAN Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg AG München	VARTA Autobatterien GmbH Hannover
DUNLOP GmbH & Co KG , Hanau/Main	Mazda Motors Deutschland GmbH Leverkusen	Vereinigte Motor-Verlage GmbH & Co KG Stuttgart
ESSO AG , Hamburg	MCC – Mikro Compact Car GmbH Böblingen	ViewSonic Central Europe , Willich
FAG Kugelfischer Georg Schäfer KG aA Ebern	Messer-Griesheim GmbH Frankfurt/Main	Voith GmbH & Co KG , Heidenheim
J. Eberspächer , Esslingen	Mercedes Benz , Stuttgart	Volkswagen AG , Wolfsburg
EMM Motoren Service , Lindau	Metzeler Reifen GmbH München	Volvo Deutschland GmbH , Brühl
Ford-Werke AG , Köln	Michelin Reifenwerke KGaA Karlsruhe	Wabco Westinghouse GmbH Hannover
Carl Freudenberg Weinheim/Bergstraße	Microsoft GmbH , Unterschleißheim	Webasto GmbH , Stockdorf
GKN Löbro , Offenbach/Main	Mitsubishi Electric Europe B.V. Ratingen	Yamaha Motor Deutschland GmbH Neuss
Getrag Getriebe- und Zahnradfabrik Ludwigsburg	Mitsubishi MMC , Trebur	ZF Getriebe GmbH , Saarbrücken
Girling-Bremsen GmbH , Koblenz	MOBIL OIL AG , Hamburg	ZF Sachs AG , Schweinfurt
Glasurit GmbH , Münster/Westfalen	NGK/NTK Europe GmbH , Ratingen	ZF Zahnradfabrik Friedrichshafen AG Friedrichshafen/Schwäbisch Gmünd
Globaljig, Deutschland GmbH Cloppenburg	Adam Opel AG , Rüsselsheim	
Glyco-Metall-Werke B.V. & Co KG Wiesbaden/Schierstein	OSRAM AG , München	
Goetze AG , Burscheid	OMV AG , Wien	
Grau-Bremse , Heidelberg	Oxigin-, Carmanin-LM-Räder , Unterensingen	
Gutmann Messtechnik GmbH , Ihringen		
Hazet-Werk , Hermann Zerver, Remscheid		

Table des matières

Conseils pour l'utilisation du manuel		
« Technologie des véhicules à moteur »		4
Liste des entreprises		5
1	Véhicule à moteur	11
1.1	Développement du véhicule à moteur	11
1.2	Classification des véhicules à moteur	12
1.3	Structure d'un véhicule à moteur	12
1.4	Systèmes techniques du véhicule à moteur	13
1.4.1	Systèmes techniques	13
1.4.2	Le système véhicule à moteur	13
1.4.3	Les sous-systèmes dans les véhicules à moteur	15
1.4.4	Classement des systèmes techniques et des sous-systèmes selon le type de traitement	16
1.4.5	Exploitation des systèmes techniques	17
1.5	Maintenance et entretien	18
1.6	Filtres : conception et maintenance	20
1.6.1	Filtres à air	20
1.6.2	Filtres à carburant	21
1.6.3	Filtres à huile	22
1.6.4	Les filtres hydrauliques	22
1.6.5	Filtres pour habitacles	22
1.6.6	Maintenance	22
1.7	Entretien du véhicule	23
1.7.1	Nettoyage du moteur	23
1.7.2	Nettoyage du dessous de caisse	23
1.7.3	Nettoyage extérieur	23
1.7.4	Nettoyage intérieur	27
1.8	Produits d'exploitation, produits auxiliaires	28
1.8.1	Carburants	28
1.8.2	Carburants de moteurs à essence	30
1.8.3	Carburant Diesel	31
1.8.4	Carburants à base végétale	32
1.8.5	Carburants sous forme gazeuse	34
1.8.6	Huiles de lubrification et lubrifiants	34
1.8.7	Produits antigel	39
1.8.8	Réfrigérants	40
1.8.9	Liquide de frein	40
2	Protection de l'environnement et du travail dans une exploitation	41
2.1	Protection de l'environnement dans une exploitation automobile	41
2.1.1	Atteintes à l'environnement	41
2.1.2	Élimination	41
2.1.3	Élimination de voitures usagées	44
2.1.4	Recyclage	45
2.2	Sécurité au travail et prévention des accidents	47
2.2.1	Les principes de la sécurité au travail	47
2.2.2	Évaluation des risques	47
2.2.3	Mesures de sécurité	50
2.2.4	Signaux de sécurité	50
2.2.5	Phrases H et phrases P*	51
2.2.6	Institutions impliquées dans la sécurité au travail	52
3	Organisation de l'entreprise, communication	53
3.1	Bases de l'organisation de l'entreprise	53
3.1.1	Organisation d'une exploitation automobile	53
3.1.2	Aspects de l'organisation d'entreprise	54
3.2	Bases légales	56
3.2.1	Types de contrats	56
3.2.2	Garantie en raison des défauts de la chose vendue, garantie et geste commercial	57
3.3	Communication	58
3.3.1	Bases de la communication	58
3.3.2	Entretien de conseil	59
3.3.3	Entretiens de réclamation	62
3.4	Conduite du personnel	62
3.5	Comportement des collaborateurs	63
3.6	Travail d'équipe	64
3.7	Traitement des commandes	65
3.8	Elaboration des données dans une exploitation automobile	68
3.9	Gestion de la qualité dans une exploitation automobile	71
4	Bases des technologies de l'information	75
4.1	Matériel et logiciels	75
4.2	Principe ETS	75
4.3	Représentation interne des données	76
4.4	Systèmes arithmétiques	76
4.5	Structure d'un ordinateur	77
4.6	Communication des données	78
4.6.1	Transmission de données	79
4.6.2	Télétransmission de données	80
4.7	Sauvegarde et protection des données	81
4.7.1	Sauvegarde des données	81
4.7.2	Protection des données	81
5	Techniques de commande et d'asservissement	82
5.1	Principes	82
5.1.1	Commande	82
5.1.2	Asservissement	83
5.2.1	Éléments signalétiques, types de signaux, conversion de signaux	85
5.2	Structures et unités de fonctions dans les équipements de commande	85
5.2.2	Organes de commande	87
5.2.3	Actionneurs et organes de commande	88
5.3	Types de commandes	89
5.3.1	Commandes mécaniques	89
5.3.2	Commandes pneumatiques et hydrauliques	90
5.3.3	Commandes électriques	95
5.3.4	Commandes logiques	97
5.3.5	Commandes séquentielles	98
6	Techniques de contrôle	99
6.1	Notions de base de métrologie	99
6.1.1	Types de contrôles (ill. 1)	99
6.1.2	Instruments de mesure	99
6.1.3	Unités de la valeur mesurée	100
6.1.4	Erreurs de mesure	100
6.1.5	Procédés de mesure	101
6.2	Appareils de mesure	101
6.2.1	Identification de la mesure	102
6.2.2	Pied à coulisse	102
6.2.3	Micromètres	104
6.2.4	Compateur	105
6.2.5	Rapporteurs	105
6.3	Calibres	106
6.3.1	Calibres simples	106
6.3.2	Calibres de forme	106
6.3.3	Calibres à tolérance	106
6.4	Tolérances et ajustements	107
6.4.1	But de la standardisation	107
6.4.2	Termes techniques	107
6.4.3	Domaines d'application	108
6.4.4	Ajustements	108
6.4.5	Indications de tolérance	109
6.4.6	Systèmes d'ajustement	109
6.5	Tracer	110
7	Techniques de fabrication	111
7.1	Classification des procédés de fabrication	111
7.1.1	Les principaux groupes de procédés de fabrication	111
7.1.2	Classification des groupes principaux	111
7.2	Moulage	113
7.2.1	Coulée	113
7.2.2	Frittage	114
7.3	Formage	116
7.3.1	Pliage	117
7.3.2	Déformation par traction et compression	118
7.3.3	Formage sous pression	119
7.3.4	Dressage	121
7.3.5	Procédés de formage des tôles	121
7.4	Usinage par enlèvement de copeaux	125

7.4.1	Bases de l'usinage par enlèvement de copeaux	125
7.4.2	Enlèvement de copeaux manuel	125
7.4.3	Bases de l'usinage par enlèvement de copeaux avec des machines-outils	132
7.5	Séparation sans enlèvement de copeaux	141
7.5.1	Cisaillage	141
7.5.2	Découpage	142
7.6	Assemblage	143
7.6.1	Classification des assemblages	143
7.6.2	Filetages	144
7.6.3	Assemblages vissés	145
7.6.4	Assemblages par goupilles	150
7.6.5	Les assemblages rivetés	151
7.6.6	Clinchage	152
7.6.7	Assemblages arbre-moyeu	153
7.6.8	Assemblages par pression (frettage)	154
7.6.9	Assemblages par cliquetage	154
7.6.10	Brasage	155
7.6.11	Soudage	156
7.6.12	Collage	163
7.7	Traitement des surfaces	164

8 Technologie des matières premières 166

8.1	Propriétés des matières premières	166
8.1.1	Propriétés physiques	166
8.1.2	Propriétés techniques	168
8.1.3	Propriétés chimiques	168
8.2	Classification des matériaux	170
8.3	Structure des matériaux métalliques	171
8.3.1	Réseaux cristallins des métaux purs	172
8.3.2	Réseaux cristallins des alliages métalliques	172
8.4	Métaux ferreux	173
8.4.1	Acier	173
8.4.2	Métaux ferreux de fonderie	173
8.4.3	Influences des éléments d'alliages sur les métaux ferreux	175
8.4.4	Désignation des métaux ferreux	175
8.4.5	Classification et utilisation des aciers	177
8.4.6	Commercialisation des aciers	179
8.4.7	Traitement thermique des métaux ferreux	180
8.5	Métaux non ferreux	184
8.5.1	Désignation des métaux non ferreux	184
8.5.2	Métaux non ferreux lourds	185
8.5.3	Métaux non ferreux légers	185
8.6	Matériaux plastiques	187
8.6.1	Thermoplastes	187
8.6.2	Duroplastes	188
8.6.3	Elastomères	189
8.7	Matériaux composites	190
8.7.1	Matériaux composites moulés renforcés de particules	190
8.7.2	Matériaux composites renforcés de fibres	190

9 Frottement, lubrification, paliers, joints 191

9.1	Frottement	191
9.2	Lubrification	192
9.3	Paliers	193
9.4	Joints	196

10 Structure et mode de fonctionnement du moteur à quatre temps 197

10.1	Moteur Otto	197
10.1.1	Mode de fonctionnement du moteur Otto	198
10.1.2	Caractéristiques du moteur Otto	199
10.1.3	Processus de combustion dans le moteur Otto	199
10.2	Moteur Diesel	200
10.2.1	Caractéristiques du moteur Diesel	200
10.2.2	Mode de fonctionnement du moteur Diesel ⁽¹⁾	201
10.2.3	Processus de combustion dans le moteur Diesel	202
10.3	Caractéristiques des moteurs à 4 temps	202
10.4	Diagramme de travail (diagramme p - V)	204
10.5	Diagramme de distribution	206
10.6	Numérotation des cylindres, ordre d'allumage	206
10.7	Courbes caractéristiques du moteur	208
10.8	Rapport course/alésage, puissance/cylindrée, masse/puissance	209

11 Mécanique du moteur 210

11.1	Cylindre, culasse	210
11.1.1	Bloc-moteur	210
11.1.2	Culasse	213
11.1.3	Joint de culasse	214
11.1.4	Suspension du moteur	215
11.1.5	Vis de culasse	215
11.2	Embiellage	220
11.2.1	Pistons	220
11.2.2	Bielle	227
11.2.3	Vilebrequin	229
11.3	Volant d'inertie à deux masses	232
11.4	Systèmes de lubrification du moteur	233
11.4.1	Lubrification sous pression	233
11.4.2	Éléments de la lubrification du moteur	234
11.5	Systèmes de refroidissement	239
11.5.1	Genres de refroidissement	239
11.5.2	Refroidissement par air	240
11.5.3	Refroidissement par liquide	240
11.5.4	Composants du refroidissement liquide à circulation forcée	241
11.5.5	Systèmes de refroidissement à régulation électronique	246
11.5.6	Éléments du système de refroidissement à régulation électronique	246
11.6	Distribution	248
11.6.1	Structure de la distribution	248
11.6.2	Technique multisoupapes	249
11.6.3	Composants de la distribution	249
11.7	Optimisation du remplissage du cylindre	254
11.7.1	Distribution à géométrie variable	254
11.7.2	Alimentation (réglage du remplissage)	261

12 Formation du mélange 270

12.1	Systèmes d'alimentation en carburant des moteurs Otto	270
12.1.1	Fonctions du système	270
12.1.2	Structure du dispositif (ill. 1)	270
12.1.3	Les composants du système	270
12.1.4	Ventilation et dégazage du réservoir de carburant	273
12.2	La formation du mélange dans les moteurs Otto	275
12.2.1	Bases	275
12.2.2	Adaptation du mélange aux états de fonctionnement du moteur	277
12.3	Carburateur	278
12.3.1	Principes de fonctionnement	278
12.3.2	Types de carburateurs	278
12.4	Injection d'essence	279
12.4.1	Principes	279
12.4.2	Structure et fonctions de l'injection électronique d'essence	281
12.4.3	Saisie des données de fonctionnement	282
12.4.4	Injection centralisée	288
12.4.5	LH-Motronic	292
12.4.6	ME-Motronic	298
12.4.7	Injection directe d'essence	302
12.5	Formation du mélange dans les moteurs Diesel	310
12.5.1	Formation du mélange/valeurs lambda dans un moteur Diesel	310
12.5.2	Déroulement de la combustion dans les moteurs Diesel	311
12.5.3	Pré-injection, injection principale et post-injection	311
12.5.4	Déroulement de la combustion	312
12.5.5	Commande du canal d'admission (ill. 1)	313
12.5.6	Types d'injection Diesel	313
12.6	Dispositifs d'aide au démarrage	314
12.6.1	Bougies-crayons de préchauffage	314
12.6.2	Flasques chauffantes	316
12.7	Dispositifs d'injection des moteurs Diesel pour véhicules de tourisme	317
12.7.1	Le contrôle électronique de l'injection Diesel (EDC)	317
12.7.2	Système Common Rail	319

12.7.3	Système Common Rail avec injecteurs piézoélectriques	326	16.7.2	Boîtes de vitesses étagées entièrement automatiques avec convertisseur hydrodynamique	421
12.7.4	Système à injecteur-pompe	329	16.7.3	Boîtes de vitesses à commande électrohydraulique	427
12.7.5	Pompe d'injection distributrice à piston axial à régulation électronique (VE-EDC)	331	16.7.4	Commande adaptative de la boîte de vitesses	434
12.7.6	Pompe d'injection distributrice à pistons radiaux (VP44)	333	16.7.5	Boîte de vitesses automatique à variation continue avec ruban baladeur ou chaîne articulée	435
12.8	Injecteurs	335	16.8	Arbres de transmission, arbres de roue, cardans	437
13	Réduction de la pollution	336	16.8.1	Arbres de transmission	437
13.1	Système d'échappement	336	16.8.2	Arbres moteur (arbres de roue)	437
13.2	Réduction de la pollution dans les moteurs Otto	339	16.8.3	Joint d'articulation	438
13.2.1	Composition des gaz d'échappement	339	16.9	Essieux moteur	440
13.2.2	Procédés de réduction des polluants	341	16.9.1	Essieu moteur à couple conique	440
13.2.3	Diagnostic et entretien	347	16.9.2	Essieu moteur à engrenages cylindrique (ill. 2)	441
13.2.4	Diagnostic européen embarqué (EOBD)	348	16.10	Différentiel	443
13.3	Réduction de la pollution des moteurs Diesel	352	16.11	Blocage du différentiel	444
13.3.1	Composition des gaz d'échappement	352	16.11.1	Différentiels à blocage mécanique	445
13.3.2	Procédés de réduction des polluants	352	16.11.2	Différentiels autobloquants	445
13.3.3	Recyclage des gaz d'échappement	353	16.12	Transmission intégrale	449
13.3.4	Catalyseur d'oxydation	354	17	Structure des véhicules	454
13.3.5	Filtre à particules	355	17.1	Carrosserie	454
13.3.6	Catalyseur à accumulation NO _x	356	17.1.1	Construction séparée	454
14	Moteur Otto à deux temps, moteur à piston rotatif	358	17.1.2	Construction portante	454
14.1	Moteur à deux temps	358	17.1.3	Construction autoportante	454
14.1.1	Conception	358	17.1.4	Matériaux utilisés en carrosserie	455
14.1.2	Fonctionnement	358	17.1.5	Sécurité dans la construction des automobiles	457
14.1.3	Modes de commande	361	17.1.6	Evaluation des dommages et contrôle par mesure	464
14.1.4	Particularités de construction	362	17.1.7	Réparation de dégâts sur des structures autoportantes	468
14.1.5	Utilisation de moteurs à 2 temps	364	17.2	Protection anticorrosion des véhicules	473
14.2	Moteur Wankel, moteur à piston rotatif	365	17.2.1	Protection anticorrosion active	473
14.2.1	Conception	365	17.2.2	Protection anticorrosion passive	473
14.2.2	Fonctionnement	366	17.3	Peinture automobile	474
15	Concepts d'entraînement alternatif	367	18	Châssis	478
15.1	Sources d'énergies alternatives	367	18.1	Dynamique des véhicules	478
15.2	Moteurs au gaz naturel	367	18.2	Les bases de la direction	480
15.3	Moteurs au gaz liquide	369	18.2.1	Direction à bogie	480
15.4	Entraînements hybrides	371	18.2.2	Direction à fusée	480
15.4.1	Classification des entraînements hybrides	371	18.3	Boîtier de direction	481
15.4.2	Fonctionnement des véhicules avec entraînements hybrides	371	18.4	Systèmes de directions assistées	481
15.4.3	Système entièrement hybride	374	18.4.1	Servodirection à crémaillère	481
15.4.4	Stockage de l'énergie	377	18.4.2	Servodirection électrohydraulique Servotronic	482
15.4.5	Electronique de puissance	381	18.4.3	Servodirection électrique (Servoelectric)	483
15.4.6	Agrégats	382	18.4.4	Directions à superposition	485
15.4.7	Systèmes hybrides plug-in	382	18.5	Géométrie	489
15.4.8	Moteurs électriques	384	18.5.1	Empattement	489
15.4.9	Sécurité dans les véhicules à haute tension	387	18.5.2	Voie	489
15.5	Véhicules électriques	392	18.5.3	Parallélisme	489
15.6	Moteurs à pile à combustible	393	18.5.4	Divergence d'angle de braquage	489
15.7	Moteurs à combustion à hydrogène	395	18.5.5	Carrossage	490
15.8	Moteurs à combustion à huile végétale	395	18.5.6	Inclinaison de l'axe de pivot	490
16	Transmission	396	18.5.7	Déport de l'axe de pivot	490
16.1	Types de transmissions	396	18.5.8	Chasse (ill. 3)	491
16.1.1	Propulsion	396	18.6	Réglage de la géométrie sur banc informatisé	492
16.1.2	Traction	397	18.6.1	Mesure de la géométrie en 2D	493
16.1.3	Quatre roues motrices	397	18.6.2	Mesure de la géométrie en 3D	494
16.2	Embrayage	398	18.7	Fixations d'essieu	496
16.2.1	Embrayage à friction	398	18.7.1	Types de bras de suspension	496
16.2.2	Embrayage bidisques	405	18.7.2	Elastocinématique des essieux	497
16.2.3	Embrayage multidisques	405	18.7.3	Types d'essieux	498
16.3	Commande d'embrayage automatisée	406	18.7.4	Essieux avant	498
16.4	Systèmes d'embrayage automatique avec double embrayage	407	18.7.5	Essieux arrière	499
16.5	Boîte de vitesses	411	18.8	Suspension	501
16.6	Boîtes de vitesses manuelles	412	18.8.1	Fonctions de la suspension	501
16.6.1	Boîtes à manchons baladeurs	412	18.8.2	Fonctionnement de la suspension	501
16.6.2	Synchronisation des boîtes à baladeurs	414	18.8.3	Types de ressorts	503
16.6.3	Travaux de maintenance et recherche de défauts sur les boîtes de vitesses	416	18.8.4	Amortisseurs	507
16.7	Boîtes de vitesses automatiques	417	18.8.5	Active Body Control (ABC)	513
16.7.1	Boîtes de vitesses automatisées	417	18.9	Roues et pneumatiques	516
			18.9.1	Système roues-pneus	516
			18.9.2	Roues	516
			18.9.3	Fixation des roues	518
			18.9.4	Valves	519

18.9.5	Les pneumatiques	520	20.3.1	Mécanisme de toit	703
18.9.6	Forces exercées sur les pneus	525	20.3.2	Sièges à réglage électrique	704
18.9.7	Systèmes de contrôle de la pression	527	20.3.3	Essuie-glace électroniques	705
18.10	Freins	529	20.3.4	Rétroviseurs extérieurs à réglage électrique	705
18.10.1	Processus de freinage	531	20.4	Systèmes d'assistance à la conduite	706
18.10.2	Frein hydraulique	531	20.4.1	Tempomat	706
18.10.3	Circuits de freinage	532	20.4.2	Régulation adaptative de la vitesse (Adaptive Cruise Control ACC)	706
18.10.4	Maître-cylindre	532	20.4.3	Système de parcase	708
18.10.5	Frein à tambour	534	20.4.4	Assistance au parcase	708
18.10.6	Frein à disque	536	20.4.5	Assistance au parcase par caméras	709
18.10.7	Garnitures de frein	539	20.4.6	Assistance au changement de trajectoire	709
18.10.8	Systèmes de frein de stationnement	539	20.4.7	Assistance au maintien de trajectoire (Lane Assist)	710
18.10.9	Diagnostic et maintenance des installations de freinage hydrauliques	540	20.5	Système d'infotainment	710
18.10.10	Assistance au freinage	542	20.5.1	Indications de fonctionnement et de parcours	710
18.10.11	Répartition de la force de freinage	543	20.5.2	Systèmes de navigation	711
18.10.12	Frein actionné mécaniquement	544	20.5.3	Supports pour téléphones portables avec kit mains libres couplé	712
18.10.13	Systèmes de régulation électronique de la conduite	545			
18.10.14	Systèmes antiblocage (ABS)	546	21	Technique des véhicules à deux roues	713
18.10.15	Régulation d'antipatinage à la traction (ASR)	551	21.1	Types de motocycles	713
18.10.16	Contrôle dynamique de la trajectoire ESP	552	21.1.1	Bicyclettes à moteur auxiliaire	713
18.10.17	Sensotronic Brake Control (SBC)	554	21.1.2	Véломoteur	713
18.10.18	Freins : fonctions supplémentaires	554	21.1.3	Motocyclette	714
18.10.19	Assistant au freinage d'urgence (BAS ou AFU)	555	21.1.4	Scooters (ill. 1)	714
18.10.20	Assistance au freinage d'urgence, Active Brake Assist (ABA)	555	21.1.5	Motos	715
19	Electrotechnique	556	21.2	Moteurs des motocycles	716
19.1	Bases de l'électrotechnique	556	21.3	Système d'échappement	716
19.1.1	Tension électrique	557	21.4	Formation du mélange	717
19.1.2	Courant électrique	557	21.5	Refroidissement du moteur	718
19.1.3	Résistance électrique	559	21.6	Lubrification du moteur	718
19.1.4	Loi d'Ohm	561	21.7	Embrayage	719
19.1.5	Puissance, travail, rendement	561	21.8	Transmission de force	720
19.1.6	Couplage des résistances	562	21.9	Système électrique	722
19.1.7	Mesures dans un circuit électrique	563	21.10	Dynamique des motos	725
19.1.8	Effets du courant électrique	571	21.11	Cadres de motos	726
19.1.9	Protection contre les dangers du courant électrique	572	21.12	Direction, suspension et amortissement	727
19.1.10	Production de la tension électrique	574	21.13	Freins	729
19.1.11	Tension et courant alternatif	576	21.14	Roues, pneus	731
19.1.12	Production de tension et de courant triphasés	577	22	Technique des véhicules utilitaires	734
19.1.13	Le magnétisme	577	22.1	Classement	734
19.1.14	Auto-induction ou self-induction	579	22.2	Dimensions des véhicules utilitaires	735
19.1.15	Condensateur	580	22.3	Dimensions admissibles des véhicules utilitaires	735
19.1.16	Electrochimie	580	22.4	Prescriptions de chargement	735
19.1.17	Composants électroniques	582	22.5	Moteurs des véhicules utilitaires	736
19.2	Application de l'électrotechnique	593	22.6	Systèmes d'injection des moteurs Diesel utilitaires	737
19.2.1	Schémas de circuits	593	22.6.1	Système Common-Rail pour véhicules utilitaires	738
19.2.2	Informations et indications complémentaires figurant dans les schémas de connexion	595	22.6.2	Unité injecteur-tuyau-pompe (ill. 1)	743
19.2.3	Utilisation des schémas de connexion	596	22.6.3	Systèmes d'aide au démarrage	744
19.2.4	Schéma général des connexions de l'équipement de base d'un véhicule à moteur	597	22.6.4	Diminution de la quantité de polluants émis par les moteurs Diesel des véhicules utilitaires	744
19.2.5	Avertisseurs	605	22.7	Chaîne cinématique	746
19.2.6	Relais	606	22.7.1	Concepts d'entraînement	746
19.2.7	Eclairage du véhicule	608	22.7.2	Types de transmission	746
19.2.8	Sources de lumière	609	22.7.3	Essieux directeurs	746
19.2.9	Alimentation électrique et réseau de bord	617	22.7.4	Essieux moteurs	747
19.2.10	Alternateurs triphasés	624	22.7.5	Boîtes de transfert	747
19.2.11	Gestion du réseau de bord	633	22.7.6	Doubleurs de gamme (ill. 3)	747
19.2.12	Moteurs électriques	635	22.7.7	Boîte de vitesses	747
19.2.13	Système d'allumage	642	22.7.8	Commande électropneumatique des changements de rapports (ill. 2)	748
19.2.14	Capteurs	659	22.8	Châssis	749
19.2.15	Technique haute fréquence	663	22.8.1	Suspension	749
19.2.16	Compatibilité électromagnétique (CEM)	668	22.8.2	Roues et pneus	752
19.2.17	Transmission des données dans un véhicule à moteur	670	22.8.3	Système de freinage à air comprimé (système indépendant)	753
19.2.18	Mesures, tests, diagnostics	684	22.9	Systèmes de démarrage pour véhicules utilitaires	765
20	Technique de confort	688	22.9.1	Types de démarreurs	765
20.1	Ventilation, chauffage, climatisation	688	22.9.2	Relais supplémentaires dans les systèmes de démarrage	767
20.2	Systèmes antiviol	695	23	Abréviations et notions anglaises	769
20.2.1	Antidémarrage	695	24	Index des mots-clés	775
20.2.2	Verrouillage centralisé	696			
20.2.3	Accès passif	699			
20.2.4	Système d'alarme	701			
20.3	Systèmes de confort	703			

1 Véhicule à moteur

1.1 Développement du véhicule à moteur

- 1860** Le Français **Lenoir** fabrique le premier moteur à combustion fonctionnant au gaz d'éclairage. Rendement : environ 3 %.
- 1867** **Otto et Langen** présentent à l'Exposition Universelle de Paris un moteur à combustion perfectionné. Rendement : environ 9 %.

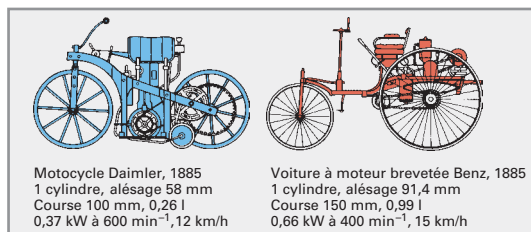


Illustration 1 : Motocycle Daimler et voiture à moteur Benz

- 1876** **Otto** fabrique le premier moteur à gaz avec compression et **cycle à quatre temps**. Pratiquement au même moment, l'Anglais **Clerk** fabrique le premier **moteur à deux temps** fonctionnant au gaz.
- 1883** **Daimler et Maybach** développent le premier **moteur à essence à quatre temps** à régime rapide avec **allumage à tube incandescent**.
- 1885** Premier **véhicule à deux roues à moteur** fabriqué par **Daimler**. Premier **véhicule à trois roues** fabriqué par **Benz** (breveté en 1886), (ill. 1).
- 1886** Première **calèche à quatre roues avec moteur à essence** fabriquée par **Daimler** (ill. 2).
- 1887** **Bosch** invente l'**allumage à rupteur**.
- 1889** L'Anglais **Dunlop** fabrique pour la première fois des **pneumatiques pour les roues**.
- 1893** **Maybach** invente le **carburateur**.
- 1893** **Diesel** fait breveter le principe de fonctionnement d'un **moteur à huile lourde à auto-allumage**.
- 1897** **MAN** construit le premier moteur Diesel commercialisé.
- 1897** Premier **véhicule électrique** fabriqué par **Lohner-Porsche** (ill. 2).

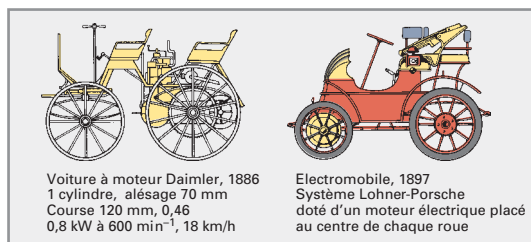


Illustration 2 : Véhicule à moteur Daimler et premier véhicule électrique

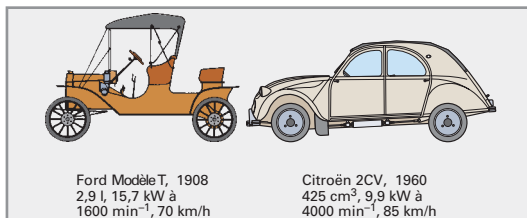


Illustration 3 : Modèle Ford T et Citroën 2CV

- 1913** Introduction par **Ford** du **travail à la chaîne**. Production de la **Tin-Lizzy** (modèle T, ill. 3). En 1925, 9109 véhicules sortent déjà quotidiennement de la chaîne de montage.
- 1916** Création de l'usine **BMW (Bayerische Motorenwerke)**.
- 1923** Fabrication du premier **camion à moteur Diesel** par **Benz-MAN** (ill. 4).
- 1936** **Daimler-Benz** fabrique des voitures de tourisme avec **moteur Diesel** de série.
- 1938** Création de l'usine **VW** à Wolfsburg.
- 1939** 250 **prototypes TPV** « Toute Petite Voiture » sont fabriqués par Citroën.
- 1948** Début de la fabrication en série de la **Citroën 2CV** (ill. 3).
- 1949** Premier **pneu à taille basse** et premier **pneu à ceinture métallique** produits par **Michelin**.
- 1954** **NSU-Wankel** fabrique le **moteur à pistons rotatifs** (ill. 4).

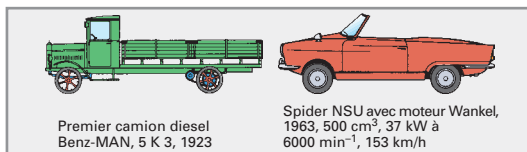


Illustration 4 : Camion avec moteur Diesel, voiture de tourisme avec moteur Wankel

- 1966** Système **Bosch d'injection d'essence à commande électronique (D-Jetronic)** pour les véhicules de série.
- 1970** **Ceintures de sécurité** pour le conducteur et le passager.
- 1978** Premier montage du **système antiblocage (ABS)** sur les freins des véhicules de tourisme.
- 1984** Apparition de l'**airbag** et du **prétensionneur de ceinture**.
- 1985** Apparition du **catalyseur régulé (sonde lambda)** pour l'essence sans plomb.
- 1997** **Système électronique de régulation de la suspension**.
- Dès 2000** **Systèmes d'assistance à la conduite**, tels que par ex. assistance au parage, avertisseur de distance, assistance au changement de voie, etc.

1.2 Classification des véhicules à moteur

Les véhicules routiers sont tous les véhicules prévus pour être utilisés sur les routes et qui ne sont pas reliés à une voie. (ill. 1).

Ils sont divisés en deux groupes : les véhicules à moteur et les véhicules tractés. Les véhicules disposent toujours d'un entraînement mécanique.

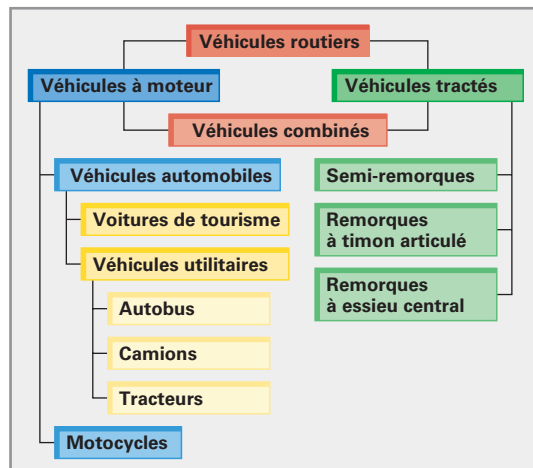


Illustration 1 : Aperçu des véhicules à moteur

Véhicules à moteur à plus de deux roues

Les véhicules automobiles ont toujours plus de deux roues. Parmi eux, on compte :

- **Les véhicules de tourisme.** Ils servent principalement au transport de personnes et de leurs bagages ou de marchandises. Ils peuvent également tractier une remorque. Le nombre de places assises est limité à 9, conducteur compris.

- **Les véhicules utilitaires.** Ils sont destinés au transport de personnes, de marchandises et à tractier des remorques. Les véhicules de tourisme ne sont pas des véhicules utilitaires.

Véhicules à moteur à deux roues

Les motocycles sont des véhicules à deux roues. Ils peuvent être associés à un side-car, conservant dans ce cas la qualification de motocycle, tant que leur poids à vide ne dépasse pas 400 kg. Ils peuvent aussi tractier une remorque. Parmi eux, on distingue :

- **Motocyclettes.** Elles sont équipées d'éléments fixes (réservoir, moteur) dans la zone des genoux et de repose-pieds.
- **Scoter.** Ils ne sont équipés d'aucun élément fixe dans la zone des genoux et les pieds du conducteur reposent sur un marchepied horizontal.
- **Bicyclettes à moteur auxiliaire.** Elles ont les caractéristiques d'une bicyclette, comme par exemple le pédalier (vélomoteurs, etc.).

1.3 Structure d'un véhicule à moteur

Un véhicule à moteur est constitué de plusieurs ensembles et de leurs éléments constitutifs.

La définition et la disposition de ces ensembles ne font l'objet d'aucune norme. Ainsi, par exemple, le moteur peut être considéré comme un ensemble à part entière ou comme sous-ensemble du groupe moteur.

La possibilité de classement retenue dans ce livre est celle de la répartition en cinq ensembles principaux : moteur, transmission de puissance, structure, roulement et installation électrique.

La classification des ensembles et des éléments constitutifs est représentée dans l'illustration 2.

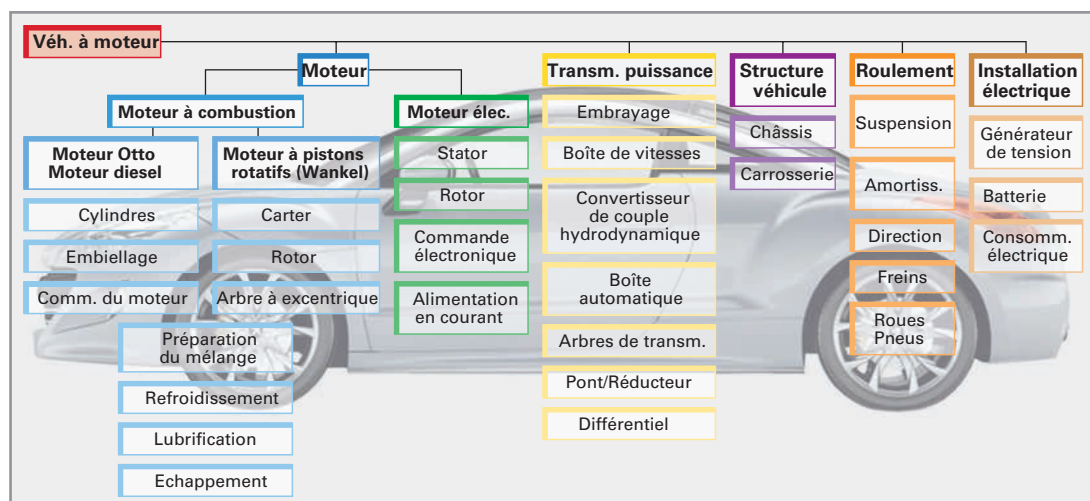


Illustration 2 : Structure d'un véhicule à moteur

1.4 Systèmes techniques du véhicule à moteur

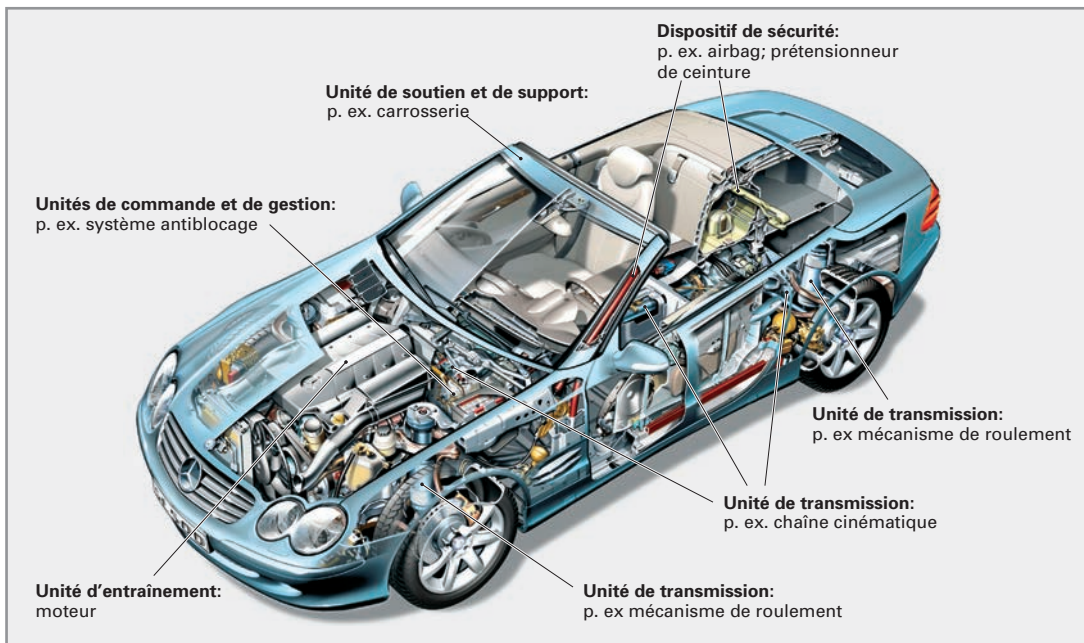


Illustration 1 : Le système véhicule à moteur et ses unités de fonction

1.4.1 Systèmes techniques

Chaque machine forme un système technique global.

Caractéristiques des systèmes techniques :

- Ils sont limités vers l'extérieur.
- Ils possèdent une entrée et une sortie.
- Seule la tâche globale est significative et non les tâches individuelles se déroulant au sein du système.

Le rectangle détermine les **limites du système** (limites imaginaires), lesquelles séparent un système technique d'un autre et/ou de son environnement.

Chaque système individuel est identifié par :

- Entrées (valeurs d'immission, input) provenant de l'extérieur des limites du système ;
- Traitement à l'intérieur des limites du système ;
- Sorties (valeurs d'émission, output) franchissant les limites du système en direction de l'environnement ambiant. (**Principe ETS**).

Graphiquement, on représente un système technique au moyen d'un rectangle (ill. 2).

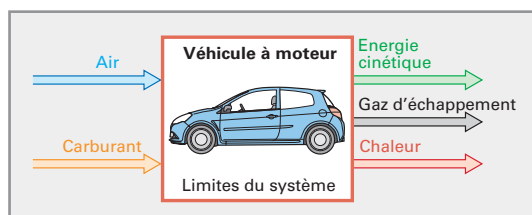


Illustration 2 : Représentation systémique générale appliquée à un véhicule à moteur

Les valeurs d'entrée et de sortie sont identifiées par une flèche. Le nombre de flèches dépend des valeurs d'entrée, respectivement de sortie.

1.4.2 Le système véhicule à moteur

Le véhicule à moteur est un système technique complexe au sein duquel divers sous-systèmes agissent de concert afin d'obtenir une fonction globale déterminée.

La fonction globale d'une voiture de tourisme est l'acheminement de personnes, celle d'un camion l'acheminement de marchandises.

Unités de fonction d'un véhicule à moteur

Les systèmes permettant le déroulement de fonctions sont regroupés en unités de fonction (ill. 1). La connaissance du déroulement des diverses fonctions, comme par exemple le moteur ou la chaîne cinématique, permet de mieux appréhender l'ensemble du système

1

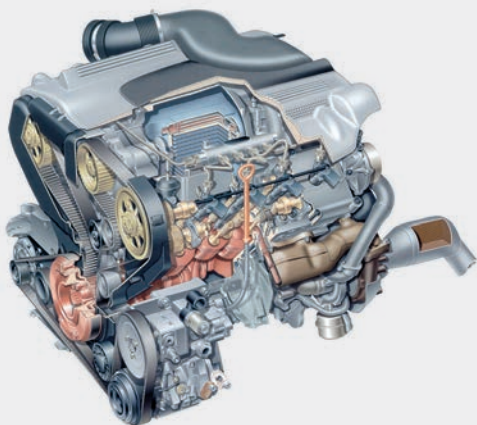
véhicule à moteur, notamment en ce qui concerne la maintenance, le diagnostic et les réparations.

Ce principe est applicable à chaque système technique. Un véhicule à moteur se compose, entre autres, des **unités de fonction** suivantes :

- unité d'entraînement ;
- unité de transmission ;
- unité de soutien et de support ;
- installations électro-hydrauliques (p. ex. unités de commande et de gestion) ;
- installations électriques, électroniques (p. ex. dispositifs de sécurité).

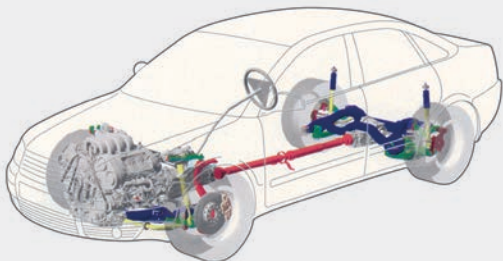
Chaque unité de fonction accomplit une fonction partielle bien définie.

Unité de fonction : unité d'entraînement – moteur



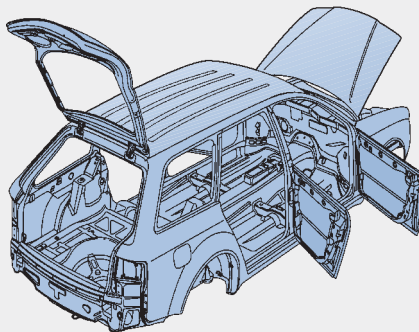
Fonct. part. : fourniture de l'énergie d'entraînement

Unité de fonction : unité de transmission
(p. ex. chaîne cinématique)



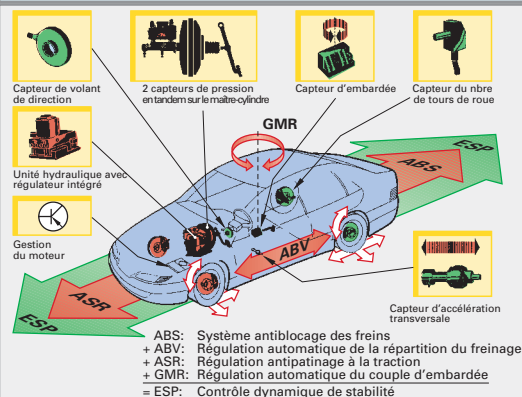
Fonct. part. : transmission de l'énergie de l'unité d'entraînement vers les roues

Unité de fonction : unité de soutien et de support
- structure du véhicule
p. ex. carrosserie



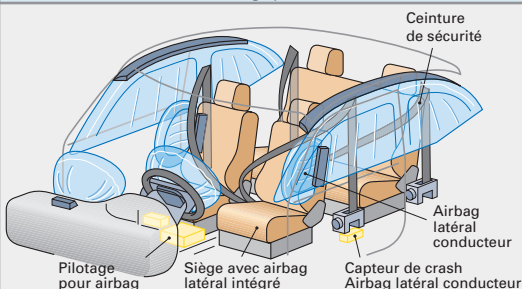
Fonct. part. : soutien et support, accueil de tous les systèmes partiels

Unité de fonction : installations électro-hydrauliques
- unités de commande et de gestion (p. ex. ABS, ESP, etc.)



Fonct. part. : protection active des occupants, amélioration de la dynamique de conduite

Unité de fonction : install. électr./électroniques
(dispositifs de sécurité, p. ex. airbag, prétensionneur ceinture)



Fonct. part. : protection passive des occupants

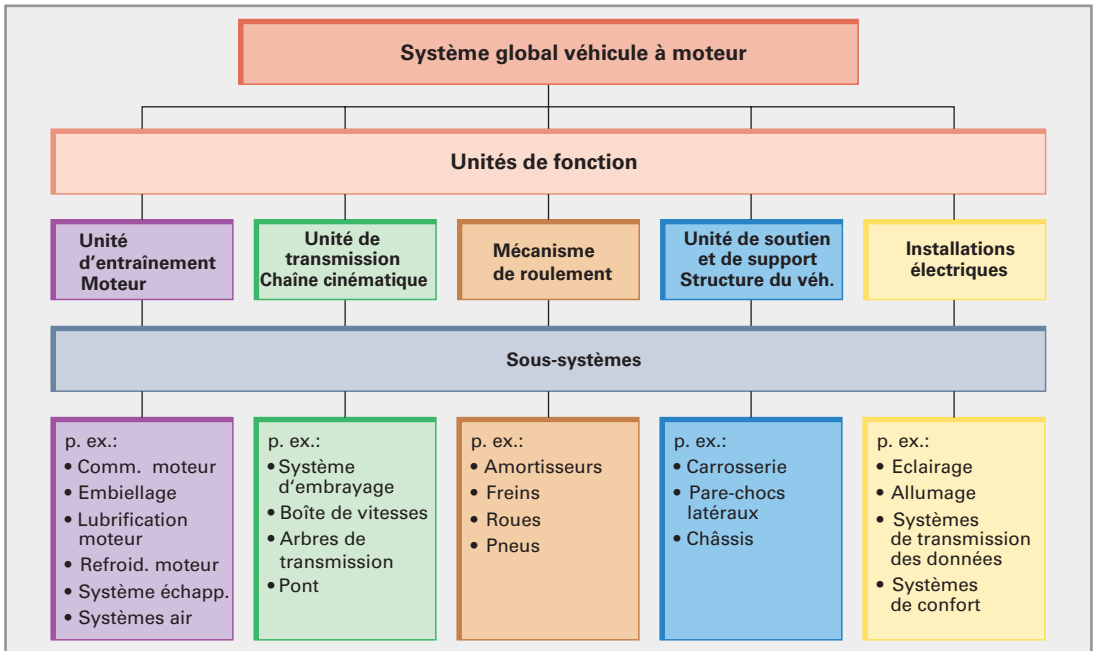


Illustration 1 : Interconnexion des systèmes d'un véhicule à moteur

Afin qu'un véhicule à moteur puisse remplir ses fonctions principales, il doit y avoir interconnexion entre les différents sous-systèmes (ill. 1). Plus on réduit les limites du système, plus les sous-systèmes deviennent petits, jusqu'au moment où l'on arrive à chaque élément constitutif considéré individuellement.

Le système global véhicule à moteur

Si l'on définit les limites du système autour du véhicule, on peut considérer que celui-ci est séparé de l'environnement, comme p. ex. de l'air ou de la route. Côté entrée, seuls l'air et le carburant franchissent les limites du système et, côté sortie, seuls les gaz d'échappement et l'énergie cinétique et thermique en font autant (ill. 2, ill. 3).

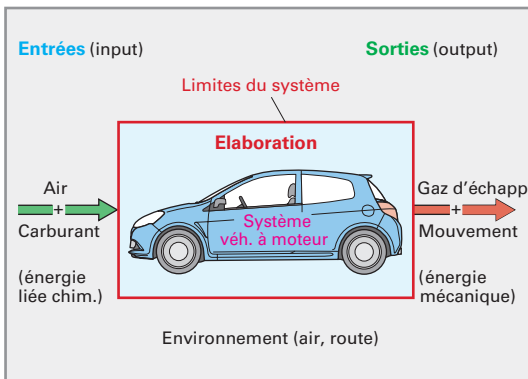


Illustration 2 : Le système véhicule à moteur

1.4.3 Les sous-systèmes dans les véhicules à moteur

Le principe ETS est applicable à chaque sous-système (ill. 3).

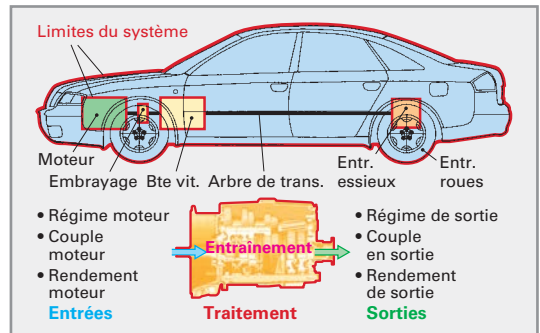


Illustration 3 : Sous-système : entraînement

Entrées. Au niveau des paramètres d'entrée, on distingue le régime du moteur, son couple et son rendement.

Traitement. Au niveau de l'entraînement, les tours/minutes et le couple sont convertis.

Sorties. Au niveau des paramètres de sortie, on obtient le régime de sortie, le couple en sortie, le rendement de sortie, ainsi que de la chaleur.

Rendement. Des pertes au niveau de l'entraînement génèrent une réduction du rendement.

Le sous-système entraînement est relié aux roues motrices par le biais d'autres sous-systèmes comme, p. ex. l'arbre de transmission, le pont ou l'arbre moteur.

1 1.4.4 Classement des systèmes techniques et des sous-systèmes selon le type de traitement

En fonction du type de traitement, les systèmes techniques (ill. 1) sont différenciés à l'intérieur du système :

- systèmes de traitement des matières, p. ex. installations d'amenée du carburant ;
- systèmes convertisseurs d'énergie, p. ex. moteur à explosion ;
- systèmes convertisseurs d'informations, p. ex. ordinateur de bord, direction.

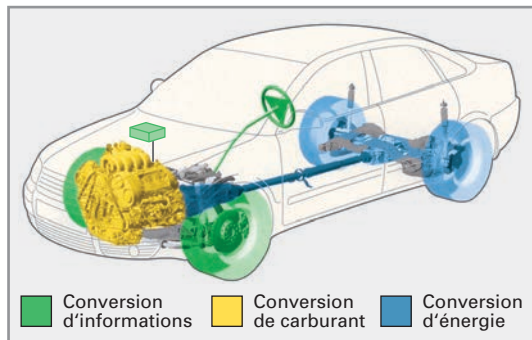


Illustration 1 : Les divers systèmes subdivisés selon le type de traitement

Systèmes de traitement des matières

Les systèmes de traitement des matières permettent de mettre celles-ci en forme (modification de forme) ou de les transporter d'un endroit à l'autre (modification d'emplacement).

Les installations de transport ou les machines simples nécessitent un transport de matière. Des machines-outils se chargent de la modification de celle-ci. Pour ce qui concerne le transport des matières, un liquide stocké (essence dans le réservoir) sera par exemple mis en mouvement par une pompe et amené au système d'injection. Pour être à même d'effectuer ce traitement, les machines dont c'est la fonction, p. ex. la pompe à essence, doivent être alimentées en énergie électrique.

Aperçu des systèmes de traitement des matières :

Les machines destinées à modifier la forme sont p. ex. les machines-outils, telles que les perceuses, les fraiseuses et les tours ou les machines telles que les presses, utilisées dans les fonderies ou les fabriques de pressage.

Les machines destinées à modifier l'emplacement comprennent tous les convoyeurs et les machines destinées au transport de matières solides (rubans convoyeurs, élévateurs, camions, voitures), liquides (pompes) ou gazeuses (ventilateurs, turbines).

Exemples de systèmes de conversion des matières dans un véhicule à moteur :

- système de lubrification au sein duquel la pompe à huile transporte la matière ;
- système de refroidissement dans lequel la pompe à eau transporte la matière et assure ainsi le transport de la chaleur.

Systèmes convertisseurs d'énergie

Dans les **systèmes convertisseurs d'énergie**, l'énergie apportée au système est convertie en une autre forme d'énergie.

Parmi ces systèmes, on compte toutes les machines motrices telles que moteurs à combustion ou électriques, machines à vapeur ou à gaz, ainsi que les installations de production d'énergie, comme p. ex. les installations de chauffage, les installations photovoltaïques ou toute autre pile à combustible.

Selon le type de conversion énergétique, on distingue :

- **les machines motrices thermiques**, comme les moteurs Otto ou Diesel ou les turbines à gaz ;
- **les machines motrices hydrauliques**, comme les turbines à eau ;
- **les machines motrices mues par le vent**, comme les éoliennes ;
- **les installations solaires**, comme les installations photovoltaïques ;
- **les piles à combustible**.

Dans un moteur à explosion, l'énergie chimique du carburant est convertie d'abord en énergie thermique puis en énergie cinétique mécanique (ill. 2).

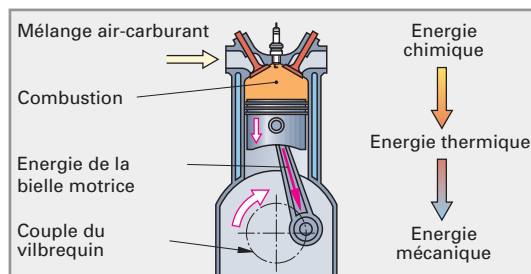


Illustration 2 : Conversion énergétique d'un moteur Otto

Dans ce contexte, d'autres flux de matières ou d'informations peuvent exister. Étant donné que ceux-ci exercent une fonction accessoire dans les machines, ils ne sont la plupart du temps pas représentés.

Le flux des matières (entrée du carburant et sortie des gaz d'échappement), ainsi que le flux des informations (mélange air-carburant, régulation du régime, direction, etc.) ne représentent que des fonctions accessoires.

Système convertisseur d'énergie. La conversion de l'énergie chimique du carburant en énergie cinétique nécessaire à l'entraînement du véhicule à moteur est

prioritaire, c'est pourquoi le **moteur à explosion** est un système convertisseur d'énergie.

Systèmes convertisseurs d'informations

Ils servent à la transmission d'informations, à l'élaboration et au transfert des données et de la communication.

Les systèmes de conversion d'informations et les systèmes de transfert, p. ex. les commandes, les contrôleurs CAN-Bus, les appareils de diagnostic (« Tester ») sont indispensables au fonctionnement et à la maintenance des véhicules modernes.

Informations. Il s'agit de connaissances sur les faits et les processus. Ainsi par exemple, dans un véhicule à moteur, la température de celui-ci, la vitesse, la charge sont des informations nécessaires au fonctionnement du véhicule. Les informations sont transmises, p. ex. d'un système de commande à un autre, sous forme de données. Elles sont captées sous forme de signaux.

Signaux. Ce sont les représentations physiques des données.

Dans les véhicules à moteur, les signaux sont perçus par des capteurs enregistrant p. ex. le nombre de tours/min, la température, la position des soupapes.

Exemples de systèmes convertisseurs d'informations dans un véhicule à moteur :

- **Appareil de commande du moteur.** Il saisit et élabore toutes les données importantes permettant d'optimiser les conditions de fonctionnement.
- **Ordinateur de bord.** Il informe p. ex. le conducteur sur la consommation moyenne ou ponctuelle de carburant, l'autonomie, la vitesse moyenne et la température extérieure.

1.4.5 Exploitation des systèmes techniques

Il est indispensable de bien connaître les systèmes destinés à l'exploitation et à l'entretien de véhicules à moteur. Pour assurer un fonctionnement du véhicule qui soit écologique et sûr, le fabricant fournit des instructions de service.

Les instructions de service contiennent, entre autres :

- des descriptifs du système ;
- des explications concernant les diverses fonctions ;
- des représentations du système ;
- des schémas de fonctionnement ;
- des instructions pour l'exploitation spécifique et la mise en œuvre ;
- des plans de maintenance et d'inspection ;

- des conseils en cas de pannes de fonctionnement ;
- des indications concernant les produits à utiliser, p. ex. les huiles pour moteurs ;
- des données techniques ;
- des adresses de contact en cas de problèmes.

Exploitation. Les véhicules à moteur et les machines ne devraient être exploités que par des personnes qualifiées et autorisées.

Il est p. ex. prescrit que...

- ... le conducteur d'une voiture de tourisme ne peut s'engager dans la circulation que s'il est en possession du permis de conduire de la catégorie B ;
- ... le lift de l'atelier mécanique pour poids lourds ne doit être employé que par des personnes âgées de plus de 18 ans, correctement instruites et dûment autorisées ;
- ... le conducteur d'un véhicule équipé d'une grue de chargement doit être en possession du permis correspondant.

Cela permet de garantir p. ex. que le conducteur d'un véhicule muni d'une grue de chargement étiera correctement son véhicule (ill. 1), qu'il respectera les prescriptions en matière de prévention des accidents, qu'il est formé au transport de charges et qu'il est capable d'utiliser une grue de chargement.

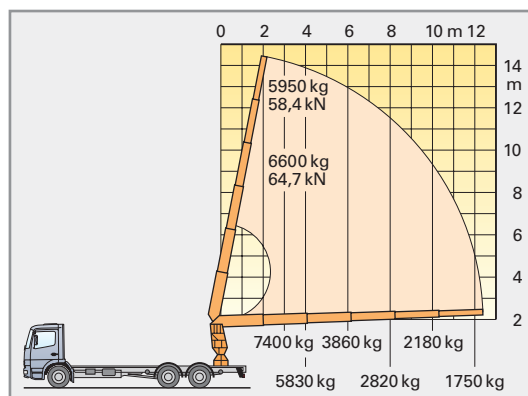


Illustration 1 : Chargement correct d'une grue de camion

QUESTIONS DE RÉVISION

- 1 Quelles valeurs permettent d'identifier un système technique ?
- 2 Qu'entend-on par principe ETS ?
- 3 Quelles unités de fonction peut-on distinguer dans un véhicule à moteur ?
- 4 Nommez trois sous-systèmes d'un véhicule à moteur, ainsi que les valeurs d'entrée et de sortie correspondantes.
- 5 Quelle est la fonction principale d'un système convertisseur d'énergie ?
- 6 Quelles données peut-on trouver dans les instructions de service ?

1.5 Maintenance et entretien

Une maintenance et un entretien respectant les prescriptions du constructeur (p. ex. en matière de service après-vente) s'avèrent indispensables pour assurer la sécurité de fonctionnement d'une automobile, ainsi que pour préserver les droits de garantie.

Ces travaux sont définis par le constructeur dans des **plans d'entretien** et des catalogues de pièces de rechange. Des **instructions de réparation** sont également publiées. Elles sont disponibles sous forme de manuels, de microfiches ou de programmes pour ordinateurs (PC).

Entretien. Les travaux d'entretien comprennent :

- inspection, p. ex. contrôles ;
- entretien, p.ex. vidange d'huile, graissage, nettoyage ;
- réparation, p.ex. remise en état, échange ;

Service après-vente. Les fabricants d'automobiles et les garages offrent un service après-vente compétent. Par exemple, ils préparent la première mise en service d'un véhicule avant sa prise en charge par le client. En outre, ils sont à même d'effectuer, grâce à du personnel qualifié, les travaux d'entretien que le propriétaire ne peut réaliser lui-même. Les mesures nécessaires au fonctionnement et au maintien de la valeur du véhicule sont définies par le constructeur dans des prescriptions d'entretien. Elles sont énumérées dans les plans de maintenance et d'entretien.

On distingue les intervalles d'entretien suivants :

- intervalles d'entretien fixes (plan d'entretien) ;
- intervalles d'entretien variables ;
- nouvelles stratégies de service.

Les travaux d'entretien et d'inspection doivent être exécutés selon les plans fournis. La réalisation des travaux est définie dans le plan d'inspection et doit être attestée par la signature du mécanicien exécutant.

Plan d'entretien

Il fournit des renseignements sur la périodicité des entretiens, resp. des inspections : p. ex. si une inspection générale doit être effectuée après 20 000 km ou 12 mois de fonctionnement.

Plan d'inspection. Il indique l'importance prescrite de l'inspection à réaliser (ill. 1, p. 19).

Intervalles d'entretien variables

Grâce aux systèmes modernes de gestion du moteur, il est désormais possible d'adapter la périodicité des entretiens en fonction des conditions d'utilisation du

véhicule. En plus des kilomètres parcourus, divers paramètres sont pris en compte pour calculer la distance restant à parcourir jusqu'au prochain contrôle. Lorsque le délai pour l'inspection est atteint, le conducteur en est informé à temps grâce à un témoin lumineux (ill. 1). Les travaux pourront alors être réalisés en atelier suivant le plan d'inspection (ill. 1, p. 19).

Intervalle de vidange d'huile. Il peut être déterminé de deux façons :

- sur une base virtuelle, c'est-à-dire en calculant les kilomètres parcourus, donc le carburant consommé et le profil moyen de la température de l'huile qui en résulte, pour déterminer l'indice d'usure de l'huile moteur ;
- sur l'état effectif de l'huile, c'est-à-dire en se basant sur un capteur qui indique le niveau de remplissage et la qualité de l'huile, fournissant ainsi des données qui sont comparées avec les kilomètres parcourus et les sollicitations requises du moteur.

Etat d'usure des garnitures de freins. L'usure des garnitures de freins est déterminée électriquement. Si celles-ci ont atteint la limite d'usure, un contact est interrompu au niveau de la garniture. La fréquence de freinage, la durée d'actionnement des freins, ainsi que les kilomètres parcourus, permettent de dégager théoriquement la distance restant à parcourir. L'intervalle de changement est ainsi déterminé et indiqué au chauffeur.

Etat d'usure du filtre d'habitacle. Le calcul de la durée de vie du filtre à poussière et à pollen se base sur les données récoltées par des capteurs de température de l'air extérieur, de l'utilisation du chauffage, du réglage de la circulation de l'air, de la vitesse du véhicule, de la vitesse du ventilateur, des kilomètres parcourus et de la date.

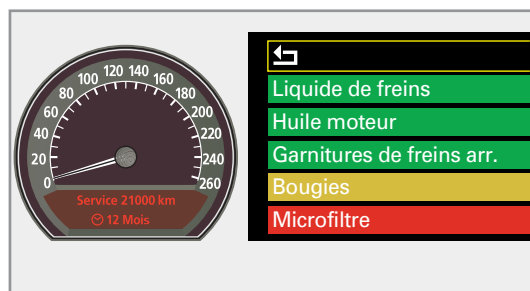


Illustration 1 : Indicateurs d'usure

Les bougies d'allumage sont changées en fonction des kilomètres parcourus, p. ex. tous les 100 000 km.

Les liquides tels que liquide de refroidissement ou le liquide de frein sont changés selon la durée de fonctionnement (p. ex. tous les 2 ou 4 ans).

Nouvelles stratégies de service

Les intervalles des services sont calculés sur la base des données recueillies sur l'état des pièces d'usure et des liquides, ainsi que sur le mode de conduite. Selon cette stratégie de maintenance orientée sur les besoins, seuls les composants usés ou les liquides nécessaires sont changés.

L'ordinateur de bord - c'est nouveau - peut transmettre en ligne à l'atelier les données stockées concernant le client et les services à effectuer. Le conseiller à la clientèle a ainsi le temps nécessaire pour commander

les éventuelles pièces de rechange, p. ex. les garnitures de freins, et de convenir ensuite d'un rendez-vous avec le client.

Les réparations dues aux pannes devraient pouvoir être évitées grâce à une détection précoce des problèmes. D'autres avantages sont générés par :

- des délais planifiés avec exactitude ;
- l'absence de temps d'attente ;
- l'absence de perte d'informations ;
- des prestations flexibles.

Plan d'inspection			
Contrat no.: 900109	Type vhc.: Passat	Prop. vhc.: Hörmann	
Kilomètres: 53.400	Age vhc.: 3	Travaux compl.:	
Maintenance à effectuer			e.o. pas e.o. réparé
Electricité			
Eclairage antérieur. Contrôler: feux de position, feux de croisement, feux de route, antibrouillard, clignoteurs et feux de détresse			
Eclairage arrière. Contrôler: feux stop, feux arrière feux marche arr., feux arr. antibrouillard, plaque, éclairage coffre, feux position, clignoteurs et feux de détresse			
Eclairage habitacle et boîte à gants, allume-cigare, klaxon et lampes de témoins lunimeux: contrôler			
Autodiagnostic: activer l'enregistreur de défauts de tous les systèmes. (Impression: brancher derrière le compartiment du livre de bord)			
Extérieur du véhicule			
Graisser: gonds de portières et boulons de fixation			
Système de lavage du pare-brise et des phares, contrôler le fonctionnement et le réglage des buses			
Balais d'essuie-glaces: contrôler l'état, contrôler le positionnement au repos; si les balais tressautent: contrôler l'angle de positionnement			
Pneus			
Pneus: état, indicateurs d'usure, contrôler la pression, inscrire le profil			
AG _____ mm AD _____ mm			
PG _____ mm PD _____ mm			
Dessous du véhicule			
Huile moteur: vidanger ou aspirer, remplacer le filtre			
Moteur et éléments dans le compartiment moteur: effectuer un contrôle visuel (fuites et dégâts éventuels)			
Courroies trapézoïdales, courroies trapézoïdales à nervures: contrôler l'état et la tension			
Transmission, axes d'entraînement et manchons de protection de la direction: contrôle visuel (fuites et dégâts éventuels)			
Boîte de vitesses / entraînement: contrôler niv. huile			
Freins: effectuer un contrôle visuel (fuites et dégâts éventuels)			
Garn. de freins av. et arr.: contrôler l'épaisseur			
Protection du dessous de caisse: effectuer un contrôle visuel (dégâts éventuels)			
Echappement: effectuer un contrôle visuel (fuites et dégâts éventuels)			
Têtes de rotules de direction: contrôler le jeu et la fixation des gaines d'étanchéité; axes de cardan: effectuer un contrôle visuel (fuites et dégâts éventuels)			
Compartiment moteur			
Huile moteur: contrôler l'état (lors du service d'inspection avec ch. de filtre, changer l'huile)			
Moteur et éléments dans le compartiment moteur (depuis dessus): effectuer un contrôle visuel (fuites et dégâts éventuels)			
Lave-glaces: faire le plein de liquide			
Système de refroidissement: contrôler l'état et l'antigel; valeur de consigne: -25 °C			
Valeur (valeur mesurée): _____ °C			
Filtre à poussière et pollen: remplacer (tous les 12 mois ou tous les 15000 km)			
Courroie dentée d'arbre à cames: contrôler l'état et la tension			
Filtre à air: nettoyer le boîtier et remplacer le filtre			
Filtre à essence: remplacer			
Direction assistée: contrôler l'état de l'huile			
Etat du liquide de freins (dépend de l'usure des garnitures): contrôler			
Batterie: contrôler			
Régime au ralenti: contrôler			
Réglage des phares / documentation / Contrôle final			
Réglage des phares: contrôler			
Autocollant service: indiquer le délai du prochain service (y compris ch. liquide de freins) sur l'autocollant et appliquer celui-ci sur le longeron (colonne B) de portière			
Course d'essai effectuée			
Date / Signature (monteur)			
Date / Signature (contrôle final)			

Illustration 1 : Plan d'inspection