TECHNOLOGIE AUTOMOBILE

2è Année

OPTION

MECANIQUE AUTOMOBILE



CONFORME AU PROGRAMME NATIONAL

EDITION 2025



TABLE DES MATIÈRES

PRÉLIMINAIRES **1**

Avant-propos de l'Inspecteur Général à l'EPST 1

- 1. Du Savoir Théorique à la Compétence Pratique 1
- 2. Une Approche Diagnostique Renouvelée 1
- 3. Le Rôle Central de l'Enseignant-Formateur 1

Note méthodologique pour l'enseignant et l'élève 2

- 1.1. De la théorie à la pratique de l'atelier 2
- 1.2. Préparation aux Évaluations Nationales 2
- 2.1. Le raisonnement hypothético-déductif 2
- 2.2. Utilisation des scénarios 2

Objectifs du programme national de 3ème année Mécanique Automobile 2

- 1. Finalité principale : L'autonomie diagnostique 3
- 2. Compétences techniques spécifiques 3
- 3. Compétences transversales et professionnelles 3

Rappels fondamentaux des classes antérieures 3

- 1. Objectif Pédagogique du Rappel 3
- 2. Approche Didactique Recommandée 4
- 3. Articulation avec le Programme de 3ème Année 4

PARTIE 1. LE MOTEUR À COMBUSTION INTERNE : APPROFONDISSEMENTS **5**

a. Au-delà du cycle à quatre temps 5

b. La science de la puissance et du couple 5

c. Les organes d'optimisation modernes 5

d. De la théorie au diagnostic 5

CHAPITRE 1. STRUCTURE ET COMPOSANTS DU GROUPE MOTOPROPULSEUR **6**

1.1. La culasse : conception et matériaux 6

- a. Un couvercle qui a tout changé 6
- A. Rôle et Fonctions Stratégiques 6
- B. Matériaux et Contraintes de Conception 6
- C. SCÉNARIOS ET EXERCICES 7

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

1.2. Le bloc-cylindres et ses chemises.....9
- a. Le cœur de fer du moteur.....9
- A. Le Bloc-Cylindres : Structure et Fonctions.....9
- B. Les Chemises : Une Peau de Rechange pour le Moteur.....10

FIGURE 1 : RÉF. IMG (0720-7805-3590).....12

Coupe d'un bloc-cylindres montrant les chemises sèches et humides.....12
- Une histoire de surchauffe à Bukavu.....12

1.3. L'attelage mobile : piston, bielle, vilebrequin.....14
- a. La chorégraphie interne du moteur.....14
- A. Le duo Piston-Bielle : Le cœur de la transformation.....14

FIGURE 2 : RÉF. IMG (0320-3958-9239).....17

Vue éclatée d'un piston et de sa bielle d'un moteur.....17
- B. Le Vilebrequin : Le maître de la rotation.....17

FIGURE 3 : RÉF. IMG (2301-8622-3610).....19

Schéma d'un vilebrequin à quatre cylindres avec ses composants principaux.....19
- Anecdote d'atelier : Le "clac-clac" de la Toyota de Kisangani.....19

CHAPITRE 2. LE CIRCUIT DE LUBRIFICATION.....22

2.1. Le circuit de graissage sous pression.....22
- a. L'huile, le sang du moteur.....22
- A. Le parcours de l'huile dans le moteur.....22

FIGURE 4 : RÉF. IMG (3106-7760-2341).....24

Schéma du circuit de graissage sous pression dans un moteur quatre cylindres.....24
- B. Les composants clés du circuit.....24

FIGURE 5 : RÉF. IMG (5122-1590-8606).....27

Coupe transversale d'un filtre à huile moderne à visser.....27
- b. L'anecdote du voyageur pressé.....27

2.2. Analyse des huiles moteur et normes.....29
- a. L'huile, le sang du moteur.....29
- A. La viscosité SAE : le langage universel.....29

FIGURE 6 : RÉF. IMG (8311-6003-3811).....32

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

Tableau comparatif des grades de viscosité SAE pour huiles moteur....32
- B. Les normes de performance API et ACEA....32

2.3. Diagnostic des pannes du circuit de lubrification....34
- a. Le voyant d'huile, ce témoin qui ne ment jamais....34
- A. Les Symptômes Visuels et Sonores....35
- B. La Méthode de Diagnostic Logique....35

CHAPITRE 3. LE CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT....38

3.1. Le circuit de refroidissement par liquide....38
- a. L'ennemi invisible du moteur....38
- A. Principe de fonctionnement et composants....38

FIGURE 7 : RÉF. IMG (6540-1353-7432)....40

Schéma du circuit de refroidissement liquide d'un moteur à 4 cylindres....40
- B. Le liquide de refroidissement : plus que de l'eau....40

3.2. Le thermostat (calorstat) piloté....42
- a. Le besoin d'un contrôle plus fin....42
- A. Principe de fonctionnement et structure....42

FIGURE 8 : RÉF. IMG (7689-5881-9242)....45

Structure interne d'un thermostat piloté avec sa résistance chauffante....45
- B. Stratégies de commande et diagnostic....45

FIGURE 9 : RÉF. IMG (5456-4222-3057)....47

Schéma de commande du thermostat piloté par le calculateur moteur....47
- L'anecdote du mécanicien de Mbandaka....47

3.3. Rôle et contrôle du motoventilateur....49
- a. L'art de souffler sur le chaud....49
- A. La fonction vitale du motoventilateur....49
- B. Le déclenchement : une affaire de température....50

FIGURE 10 : RÉF. IMG (8972-6224-2678)....52

Schéma du circuit de commande électrique du motoventilateur de radiateur....52
- C. Diagnostic des pannes courantes....52

CHAPITRE 4. LA DISTRIBUTION....55

4.1. Systèmes de distribution : chaîne et courroie....55
- a. Le chef d'orchestre silencieux du moteur....55
- A. La distribution par courroie : La précision silencieuse....55
- B. La distribution par chaîne : La robustesse durable....55

FIGURE 11 : RÉF. IMG (7833-2816-3746)....58

Comparaison visuelle entre une courroie et une chaîne de distribution....58
- L'anecdote du Vieux Mbuta à Kisangani....58

4.2. Le calage de la distribution : méthodes et outils....60
- a. La précision du temps....60
- A. Le principe fondamental du calage....60

FIGURE 12 : RÉF. IMG (6312-9167-9378)....63

Repères de calage alignés sur poulies d'arbre à cames et vilebrequin....63
- B. Outils et méthodes de calage....63

4.3. Introduction à la distribution variable (VVT)....66
- a. Le paradoxe du moteur classique....66
- A. Le compromis de la distribution fixe....66
- B. Le fonctionnement du VVT par décalage de phase....66

FIGURE 13 : RÉF. IMG (0009-7745-7177)....69

Comparaison schématique d'une distribution fixe et d'une distribution variabl....69
- C. Le rôle de l'huile moteur....69

PARTIE 2. ALIMENTATION, ALLUMAGE ET SURALIMENTATION....72

Le souffle et le repas du moteur....72

L'alimentation : un dosage de chimiste....72

L'allumage : l'étincelle de vie....72

La suralimentation : le coup de fouet....72

CHAPITRE 5. LES SYSTÈMES D'INJECTION ESSENCE....73

5.1. De l'injection multipoint à l'injection directe (GDI)....73
- a. L'évolution vers la précision....73
- A. L'injection multipoint (MPI) : un injecteur par cylindre....73

FIGURE 14 : RÉF. IMG (2017-6650-7061)....75

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

Schéma de principe d'un système d'injection multipoint (MPI).....75
- B. La révolution de l'injection directe (GDI).....75

FIGURE 15 : RÉF. IMG (8692-9501-3438).....78

Comparaison : injecteur GDI dans la chambre versus injecteur MPI.....78
- b. L'anecdote du garagiste de Mbandaka.....78

5.2. Composants du circuit d'alimentation essence.....80
- a. L'autoroute du carburant.....80
- A. Le circuit basse pression : de la source à la purification.....80

FIGURE 16 : RÉF. IMG (2910-5737-4616).....83

Schéma complet du circuit d'alimentation en essence d'un moteur moderne.....83
- B. Le circuit haute pression : la distribution finale.....83

FIGURE 17 : RÉF. IMG (5855-2244-5336).....85

Vue en coupe et fonctionnement d'un injecteur d'essence électromagnétique.....85
- L'anecdote de Papa Mbuyi sur la route de Bandundu.....85

5.3. Le dosage stœchiométrique et la sonde lambda.....87
- a. Le paradoxe de la combustion parfaite.....87
- A. Définition du rapport stœchiométrique.....87
- B. Le "nez" électronique : la sonde lambda.....88

FIGURE 18 : RÉF. IMG (9510-1661-5668).....90

Schéma de fonctionnement de la sonde lambda dans une ligne d'échappement.....90
- C. L'impact sur la performance et la dépollution.....90
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....91

CHAPITRE 6. LES SYSTÈMES D'INJECTION DIESEL.....93

6.1. Le système à rampe commune (Common Rail).....93
- a. Une idée simple pour une pression extrême.....93
- A. Principe de fonctionnement.....93
- B. Composants principaux et leurs rôles.....93

FIGURE 19 : RÉF. IMG (6925-9165-8941).....96

Schéma détaillé d'un système d'injection diesel à rampe commune moderne.....96
- C. Avantages et contraintes technologiques.....96

6.2. Les systèmes à injecteurs-pompes....98
- a. Le principe de la pression concentrée....98
- A. Principe de fonctionnement de l'injecteur-pompe....99

FIGURE 20 : RÉF. IMG (9265-9162-3616)....101

Coupe schématique d'un injecteur-pompe et son actionneur électromagnétique....101
- B. Avantages et architecture du système....101

6.3. Le circuit basse et haute pression Diesel....104
- a. La double vie du gazole....104
- A. Le Circuit Basse Pression (BP) : Le transporteur discret....104
- B. Le Circuit Haute Pression (HP) : Le créateur de puissance....104

FIGURE 21 : RÉF. IMG (8974-1308-4723)....107

Schéma fonctionnel d'un circuit d'injection Diesel à rampe commune moderne....107
- C. Le diagnostic différentiel....107
- SCÉNARIOS ET EXERCICES....108

CHAPITRE 7. L'ALLUMAGE ÉLECTRONIQUE COMMANDÉ....110

7.1. L'allumage électronique intégral (AEI)....110
- a. La fin d'une époque mécanique....110
- A. Principe de fonctionnement de l'AEI....110
- B. Composants et avantages déterminants....110

FIGURE 22 : RÉF. IMG (1877-5743-1993)....113

Schéma de principe d'un système d'allumage électronique intégral (AEI)....113
- L'anecdote du mécanicien de Mbandaka....113

7.2. Gestion de l'avance à l'allumage....115
- a. Le timing est la clé du pouvoir....115
- A. La correction en fonction du régime moteur....115
- B. La correction en fonction de la charge du moteur....116

FIGURE 23 : RÉF. IMG (8373-6358-2366)....118

Cartographie d'avance à l'allumage sur un calculateur moteur (ECU)....118
- C. Le rôle central du capteur de cliquetis....118

7.3. Diagnostic des bobines et des bougies....120
- a. Le mystère du démarrage difficile....120

- A. Contrôle et diagnostic de la bobine d'allumage....120
- B. Contrôle et diagnostic des bougies d'allumage....121

FIGURE 24 : RÉF. IMG (9183-7762-1784)....123

Analyse visuelle d'une bougie d'allumage : les indices du moteur....123
- b. La panne sur la route de Matadi....123

CHAPITRE 8. LA SURALIMENTATION DES MOTEURS....126

8.1. Le turbocompresseur : principe et technologie....126
- a. Le défi de la puissance moteur....126
- A. Principe de fonctionnement en quatre temps....126
- B. Les composants clés....126
- SCÉNARIOS ET EXERCICES....127

8.2. Le compresseur volumétrique....129
- a. La force brute contre la finesse....129
- A. Principe de fonctionnement mécanique....129

FIGURE 25 : RÉF. IMG (2373-1409-4373)....131

Schéma d'un compresseur volumétrique de type Roots et son entraînement....131
- B. Avantages et inconvénients directs....131

8.3. Le circuit d'air de suralimentation et l'échangeur (intercooler)....133
- a. Le paradoxe de l'air chaud....133
- A. Le trajet de l'air : du filtre à la chambre de combustion....134

FIGURE 26 : RÉF. IMG (9528-6065-2181)....136

Circuit de l'air de suralimentation avec un échangeur air-air....136
- B. Avantages directs du refroidissement de l'air....136

PARTIE 3. LA TRANSMISSION DE LA PUISSANCE....139

a. Du moteur aux roues : un long chemin....139

b. Une équipe d'organes spécialisés....139

c. Gérer le couple et la vitesse....139

d. Propulsion, traction, ou les deux ?....139

CHAPITRE 9. L'EMBRAYAGE ET LE VOLANT MOTEUR....140

9.1. L'embrayage monodisque à sec....140

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- a. Le secret du démarrage en douceur.....140
- A. Rôle et Principe de Fonctionnement.....140

FIGURE 27 : RÉF. IMG (0759-7130-9429).....142

Vue éclatée d'un kit d'embrayage monodisque à sec complet.....142
- B. Les deux états de l'embrayage.....142

FIGURE 28 : RÉF. IMG (8780-7795-6303).....145

Schéma de fonctionnement de l'embrayage en position embrayée et débrayée.....145
- L'épreuve du démarrage en côte à Matadi.....145

9.2. La commande d'embrayage hydraulique.....147
- a. Un principe simple pour une force décuplée.....147
- A. Principe et Composants Clés.....147

FIGURE 29 : RÉF. IMG (9119-3895-6187).....150

Schéma complet d'un circuit de commande d'embrayage hydraulique automobile.....150
- B. Fonctionnement, Pannes et Maintenance.....150

FIGURE 30 : RÉF. IMG (9489-0324-7339).....153

Le processus de purge pour éliminer l'air du circuit hydraulique.....153
- Anecdote : Le secret de la Toyota "Ketche" de Papa Kabasele à Lubumbashi.....153

9.3. Le volant moteur bi-masse (DMF).....155
- a. L'énigme des vibrations.....155
- A. Anatomie et principe de fonctionnement.....155

FIGURE 31 : RÉF. IMG (0218-0798-8019).....158

Vue éclatée d'un volant moteur bi-masse et ses composants.....158
- B. Avantages et limites du système DMF.....158

FIGURE 32 : RÉF. IMG (3649-0293-5033).....161

Comparaison graphique des vibrations avec volant rigide et volant bi-masse.....161
- Anecdote pour le mécanicien.....161

CHAPITRE 10. LA BOÎTE DE VITESSES MANUELLE.....164

10.1. Arbres, pignons et synchroniseurs.....164
- a. Le secret du passage en douceur.....164
- A. Les Arbres et Pignons : Le Squelette de la Transmission.....164

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- B. Le Synchroniseur : Le Chef d'Orchestre du Changement de Vitesse.....165

FIGURE 33 : RÉF. IMG (1007-4489-8508).....167

Vue éclatée d'un synchroniseur et de ses composants clés.....167

- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....167

10.2. La timonerie de commande des vitesses.....169

- a. Le geste et la mécanique.....169
- A. Fonction : Transmettre la commande.....169
- B. Architectures principales.....169
- C. Entretien et points de défaillance.....170

CHAPITRE 11. LES BOÎTES DE VITESSES AUTOMATIQUES ET ROBOTISÉES.....173

11.1. Le convertisseur de couple hydraulique.....173

- a. L'analogie des deux ventilateurs.....173
- A. Principe et Composants Clés.....173

FIGURE 34 : RÉF. IMG (9027-3292-3189).....175

Schéma en coupe d'un convertisseur de couple avec ses trois éléments.....175

- B. Les Phases de Fonctionnement.....175

11.2. Le train épicycloïdal.....177

- a. Le secret des boîtes automatiques.....177
- A. Composition et vocabulaire.....178

FIGURE 35 : RÉF. IMG (3326-5331-2076).....180

Vue éclatée d'un train épicycloïdal simple et de ses composants.....180

- B. Le principe des rapports de vitesse.....180

11.3. Principe des boîtes robotisées (simple et double embrayage).....182

- a. Le robot qui passe les vitesses.....182
- A. La boîte robotisée à simple embrayage.....183

FIGURE 36 : RÉF. IMG (1847-3484-6623).....185

Schéma d'une boîte robotisée simple embrayage avec ses actionneurs.....185

- B. La boîte robotisée à double embrayage (DCT/DSG).....185

FIGURE 37 : RÉF. IMG (9683-8986-9709).....188

Structure interne d'une boîte à double embrayage avec ses deux arbres.....188

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- C. Le pilotage et la maintenance.....188

CHAPITRE 12. LE PONT, LE DIFFÉRENTIEL ET LES TRANSMISSIONS.....191

12.1. Le différentiel : rôle et fonctionnement.....191
- a. Un virage, deux vitesses.....191
- A. Le dilemme du virage simple.....191
- B. La répartition intelligente de la puissance.....191

FIGURE 38 : RÉF. IMG (2948-1128-5080).....192

Schéma éclaté du mécanisme d'un différentiel automobile classique.....192
- C. Anatomie d'un différentiel standard.....192

FIGURE 39 : RÉF. IMG (2392-6896-1667).....195

Vue en coupe du pont arrière montrant le différentiel en action.....195
- Une histoire de manioc et de virage serré.....195

12.2. Les arbres de transmission et joints homocinétiques.....197
- a. La transmission du mouvement à travers les âges.....197
- A. L'arbre de transmission : le pont entre le moteur et les roues motrices.....197

FIGURE 40 : RÉF. IMG (8324-2844-8881).....199

Vue éclatée d'un arbre de transmission de propulsion (RWD).....199
- B. Le joint homocinétique : la solution pour les tractions avant.....199
- C. Scénarios et Exercices.....200

PARTIE 4. DIAGNOSTIC, DÉPOLLUTION ET MAINTENANCE.....203

a. L'art du diagnostic : écouter le moteur.....203

b. La dépollution : une obligation technique et écologique.....203

c. La maintenance préventive : l'intelligence du mécanicien.....203

d. La synthèse : le technicien automobile moderne.....203

CHAPITRE 13. INTRODUCTION AU DIAGNOSTIC ÉLECTRONIQUE.....204

13.1. Utilisation de l'outil de diagnostic (scanner).....204
- a. Le dialogue homme-machine.....204
- A. Le scanner : un dialogue avec le calculateur (ECU).....204
- B. Lire et interpréter les codes défauts (DTC).....205

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

FIGURE 41 : RÉF. IMG (1249-8489-7465)..... 207

Écran d'un scanner affichant un code défaut (DTC) et sa description..... 207

- a. L'anecdote du voyant moteur qui rend fou..... 207

13.2. Lecture et interprétation des codes défauts (DTC)..... 209

- a. Le langage secret du moteur..... 209
- A. Anatomie d'un Code Défaut (DTC)..... 209
- B. Décoder la structure des DTC..... 210

FIGURE 42 : RÉF. IMG (3571-9074-5346)..... 212

Décomposition d'un code défaut générique P0301 et sa signification..... 212

- C. La différence entre un code générique et un code constructeur..... 212
- SCÉNARIOS ET EXERCICES..... 213

13.3. L'architecture multiplexée : le bus CAN..... 215

- a. De la jungle de fils à l'autoroute de l'information..... 215
- A. Le principe du Bus CAN (Controller Area Network)..... 215

FIGURE 43 : RÉF. IMG (7748-3886-7524)..... 217

Schéma simplifié du réseau Bus CAN avec deux fils centraux..... 217

- B. La structure d'une trame CAN..... 217

CHAPITRE 14. LES SYSTÈMES DE DÉPOLLUTION MODERNES..... 220

14.1. Le pot catalytique à trois voies..... 220

- a. De la fumée noire à la chimie de précision..... 220
- A. Principe de la catalyse et structure interne..... 220

FIGURE 44 : RÉF. IMG (7142-1620-3879)..... 222

Coupe schématique d'un pot catalytique à trois voies moderne..... 222

- B. Les trois voies de la dépollution..... 222

14.2. La vanne de recirculation des gaz (EGR)..... 224

- a. La ruse de l'ingénieur face à un ennemi invisible..... 224
- A. Principe de fonctionnement de la vanne EGR..... 225

FIGURE 45 : RÉF. IMG (1223-6000-9540)..... 227

Schéma de principe d'une vanne EGR sur un moteur moderne..... 227

- B. Conditions de fonctionnement et pilotage..... 227

14.3. Le filtre à particules (FAP) pour moteurs Diesel..... 230

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- a. La fumée noire, un ennemi public.....230
- A. Principe de fonctionnement : le piège à suie.....230
- B. La régénération : le nettoyage automatique.....230

CHAPITRE 15. MÉTHODOLOGIE DE MAINTENANCE.....233

15.1. Logique et méthodologie de recherche de panne.....233
- a. La boussole du mécanicien.....233
- A. Les cinq piliers de la méthode (le V.H.T.V.C.).....233
- B. L'approche en entonnoir : du général au particulier.....233

FIGURE 46 : RÉF. IMG (8526-7785-1168).....236

Schéma de la logique de diagnostic en entonnoir.....236
- b. Scénarios et Exercices.....236

15.2. Élaboration d'un plan d'entretien préventif.....238
- a. La sagesse du mécanicien prévoyant.....238
- A. Les Piliers du Plan d'Entretien.....239

FIGURE 47 : RÉF. IMG (9710-4068-7625).....241

Tableau de bord affichant un rappel de maintenance périodique.....241
- B. Construire le Plan : La Méthode.....241

15.3. Utilisation de la documentation technique constructeur.....244
- a. Le plan du trésor du mécanicien.....244
- A. Anatomie d'un document technique.....244
- B. Pourquoi la documentation est non négociable.....244

FIGURE 48 : RÉF. IMG (5075-8272-4173).....246

Décodage d'une page de manuel de réparation pour moteur diesel.....246
- C. La méthode de recherche efficace.....246

ANNEXES.....249

Lexique des termes techniques et abréviations.....249
- A. Moteur et Suralimentation.....249
- B. Transmission et Liaisons au sol.....250
- C. Systèmes Électroniques et Diagnostics.....251

Tableaux des unités et conversions.....252
- A. Le Système International d'Unités (SI).....252

- B. Préfixes du Système International.....253
- C. Grandeurs et unités dérivées en mécanique automobile.....253

Principaux schémas électriques et hydrauliques.....256

- A. Logique et lecture des schémas électriques.....256
- B. Logique et lecture des schémas hydrauliques.....257

Bibliographie et ressources numériques.....259

- A. Bibliographie fondamentale et spécialisée.....259
- B. Ressources numériques et bases de données techniques.....261

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

PRÉLIMINAIRES

Avant-propos de l'Inspecteur Général à l'EPST

La formation en mécanique automobile en République Démocratique du Congo aborde un tournant décisif. Elle doit répondre aux exigences technologiques croissantes du parc automobile national et former une main-d'œuvre qualifiée, capable de garantir la mobilité et la sécurité des biens et des personnes sur toute l'étendue du territoire. Cet ouvrage est un levier stratégique pour atteindre cet objectif.

1. Du Savoir Théorique à la Compétence Pratique

La finalité de cet enseignement dépasse la simple mémorisation des systèmes mécaniques. Il vise la formation de techniciens autonomes et efficaces. Chaque concept théorique présenté trouve une application directe et quantifiable dans l'atelier. La connaissance devient ainsi un outil de production de solutions techniques. L'objectif est de rendre l'apprenant immédiatement opérationnel.

2. Une Approche Diagnostique Renouvelée

Une attention particulière est accordée au raisonnement hypothético-déductif, fondement du métier de mécanicien-technicien. La compétence clé réside dans la capacité à diagnostiquer une panne avec méthode et rigueur. L'élève apprend à observer, à analyser les symptômes, à formuler des hypothèses et à les valider par des tests, que le véhicule soit à Mbandaka ou à Bukavu.

3. Le Rôle Central de l'Enseignant-Formateur

Ce manuel est un instrument au service de votre expertise pédagogique. Votre mission consiste à orchestrer la transition entre la salle de classe et l'environnement professionnel. Vous êtes l'architecte de la compétence, transformant la connaissance brute en un savoir-faire opérationnel et valorisable sur le marché du travail. Votre accompagnement est le catalyseur de la réussite de nos futurs lauréats du TENASOSP et de l'Examen d'État.

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

Note méthodologique pour l'enseignant et l'élève

1.1. De la théorie à la pratique de l'atelier

Cet ouvrage vise la connexion systématique entre la connaissance théorique et sa validation en atelier. Chaque concept mécanique, électrique ou hydraulique trouve son application directe dans une procédure de diagnostic ou de réparation. La mémorisation brute est subordonnée à la compréhension fonctionnelle des systèmes. L'objectif est de former des techniciens capables d'agir avec discernement.

1.2. Préparation aux Évaluations Nationales

La préparation aux épreuves du TENASOSP et de l'Examen d'État (EXETAT) constitue un axe structurant. Les exercices proposés sont calibrés pour développer les compétences d'analyse et de résolution de pannes, conformes aux standards d'évaluation nationaux. L'accent est mis sur la justification technique des choix de maintenance, une compétence hautement valorisée lors des examens.

2.1. Le raisonnement hypothético-déductif

L'approche didactique préconisée est le raisonnement hypothético-déductif. Face à un symptôme (un bruit, une perte de puissance), l'élève apprend à formuler des hypothèses basées sur ses connaissances théoriques. Il hiérarchise ensuite les causes probables avant d'engager des contrôles spécifiques, optimisant ainsi le temps et les ressources.

2.2. Utilisation des scénarios

Les scénarios de pannes fonctionnent comme des simulateurs de diagnostic en conditions réelles. L'enseignant est invité à les utiliser comme des études de cas. Ils poussent les élèves à mobiliser les savoirs de plusieurs chapitres pour résoudre un problème complexe, simulant l'interdépendance des systèmes automobiles modernes.

Objectifs du programme national de 3ème année Mécanique Automobile

Le cursus de la troisième année parachève la formation du technicien en mécanique automobile. Il vise à transformer l'apprenant en un professionnel capable de prendre en charge, de manière autonome, des diagnostics et des

réparations sur les systèmes complexes des véhicules modernes. L'accent est mis sur la méthodologie, la rigueur d'analyse et l'adaptation aux technologies émergentes.

1. Finalité principale : L'autonomie diagnostique

Cet axe consolide la capacité de l'élève à fonctionner comme un technicien de niveau supérieur. La finalité est le passage d'un rôle d'exécutant à celui d'un analyste technique. L'apprenant doit maîtriser une démarche hypothético-déductive pour identifier l'origine de pannes non évidentes, en s'appuyant sur la documentation technique et les outils de mesure électroniques.

2. Compétences techniques spécifiques

Le programme se concentre sur la maîtrise approfondie des systèmes à haute technicité. L'objectif est la compétence opérationnelle sur : - Les systèmes de gestion moteur avancés (injection directe essence et diesel Common Rail). - Les transmissions automatiques, robotisées et à variation continue (CVT). - Les réseaux de communication multiplexés (CAN, LIN, MOST) et le diagnostic des calculateurs. - Les systèmes de sécurité active et passive (ABS, ESP, Airbags de nouvelle génération).

3. Compétences transversales et professionnelles

Au-delà de la technique pure, le programme intègre la dimension professionnelle du métier. L'élève doit démontrer sa capacité à : - Appliquer rigoureusement les normes de sécurité en atelier et les procédures environnementales. - Structurer un rapport d'intervention clair et précis. - Communiquer techniquement avec la hiérarchie et la clientèle. - Organiser son poste de travail et gérer son temps d'intervention de façon optimale.

Rappels fondamentaux des classes antérieures

1. Objectif Pédagogique du Rappel

Cette section préliminaire assume une fonction diagnostique et non simplement récapitulative. Son contenu établit un socle commun de compétences techniques indispensables avant d'aborder les systèmes complexes de la troisième année. Il s'agit pour l'enseignant d'identifier avec précision les acquis réels de chaque élève, ainsi que les lacunes potentielles en matière de principes fondamentaux (thermodynamique, électricité,

cinématique). Cette évaluation initiale conditionne la bonne assimilation des concepts avancés du programme.

2. Approche Didactique Recommandée

Une révision active est préconisée, dépassant la simple relecture théorique. La démarche pédagogique doit mobiliser les savoirs via des études de cas concrètes et des exercices de diagnostic rapide. Par exemple, la vérification d'un circuit de démarrage simple permet de valider la compréhension de la loi d'Ohm. L'analyse d'un test de compression réactive les connaissances sur le cycle à quatre temps. L'objectif est de transformer les connaissances antérieures en compétences opérationnelles et immédiatement mobilisables en atelier.

3. Articulation avec le Programme de 3ème Année

Chaque notion rappelée constitue un préambule direct à un chapitre spécifique du programme terminal. La maîtrise des principes de thermodynamique est indispensable à l'étude des systèmes de suralimentation. Une compréhension solide des circuits électriques de base est un prérequis non négociable pour l'analyse des réseaux multiplexés et des systèmes de gestion moteur (ECU). La consolidation de ces fondamentaux n'est donc pas une étape facultative ; elle est la fondation sur laquelle repose la réussite de l'année.

Partie 1. Le Moteur à Combustion Interne : Approfondissements

a. Au-delà du cycle à quatre temps

Le cycle Beau de Rochas, avec ses quatre temps, est le rythme familier de tout mécanicien. Admission, compression, combustion-détente, échappement. Cette pulsation est acquise. L'analyse se déplace désormais des simples mouvements mécaniques vers les phénomènes physiques complexes qui se déroulent à l'intérieur du cylindre. La performance d'un moteur se cache dans ces détails précis, bien au-delà du simple va-et-vient du piston.

b. La science de la puissance et du couple

La véritable puissance naît de la qualité de la combustion. Une flamme rapide et complète dans le cylindre génère une pression maximale sur la tête du piston. Le couple moteur, cette force de rotation si utile pour gravir les côtes du Kongo Central, dépend directement de cette poussée. L'étude du diagramme de Clapeyron et des lois de la thermodynamique explique comment transformer le carburant en mouvement efficace.

c. Les organes d'optimisation modernes

Aujourd'hui, un moteur nu est rare. Des systèmes périphériques viennent augmenter son rendement. La suralimentation, par exemple, gave le moteur en air comme on le ferait à un athlète pour améliorer ses performances. L'injection directe et la distribution variable sont d'autres astuces d'ingénieurs. Comprendre ces technologies permet de diagnostiquer une Toyota Prado à Kisangani aussi bien qu'une vieille Mercedes 200D à Mbuji-Mayi.

d. De la théorie au diagnostic

Cette connaissance pointue transforme le mécanicien en véritable diagnostiqueur. Une perte de puissance n'est plus un vague problème, mais peut-être un souci de pression de suralimentation ou un injecteur défaillant. L'analyse des gaz d'échappement devient une lecture claire de la santé du moteur. C'est l'art de faire parler la machine pour déceler ses maux, une compétence essentielle dans tous les garages, de Matadi à Bunia.

Chapitre 1. Structure et Composants du Groupe Motopropulseur

1.1. La culasse : conception et matériaux

a. Un couvercle qui a tout changé

Pendant des décennies, les moteurs à soupapes latérales, dits “flathead”, dominaient. Leur culasse était une simple plaque de métal boulonnée sur le bloc, sans pièces mobiles. Cette grande simplicité avait un coût : un rendement thermique médiocre et une puissance limitée, un peu comme essayer de courir en respirant par une toute petite paille.

L’arrivée des soupapes en tête (OHV) a transformé la culasse en une pièce maîtresse. Elle est devenue la tour de contrôle de la respiration du moteur, abritant les mécanismes complexes qui gèrent l’entrée de l’air et la sortie des gaz. La performance moderne des moteurs repose sur cette évolution cruciale.

A. Rôle et Fonctions Stratégiques

La culasse est bien plus qu’un simple couvercle. Elle ferme la partie supérieure des cylindres pour former la chambre de combustion avec le piston. Son rôle est multiple et vital pour le fonctionnement du moteur. Toute défaillance de la culasse entraîne une panne grave.

Ses fonctions principales sont les suivantes :

- Assurer l’étanchéité parfaite de la chambre de combustion lors de la compression et de l’explosion.
- Gérer l’admission du mélange air-carburant et l’évacuation des gaz brûlés via le système de soupapes.
- Abriter et supporter les éléments de distribution (arbre à cames, culbuteurs), les bougies (moteur essence) ou les injecteurs (moteur diesel).
- Intégrer des conduits usinés avec précision pour la circulation du liquide de refroidissement et de l’huile de lubrification.

B. Matériaux et Contraintes de Conception

Le choix du matériau pour une culasse est un compromis technique entre la résistance mécanique à haute température, la capacité à dissiper la chaleur et le poids. Deux grandes familles de matériaux coexistent.

b. Les deux grandes familles de matériaux

La fonte a longtemps été le matériau de choix. - **Avantages :** Grande robustesse, bonne résistance à la déformation et coût de production maîtrisé. - **Inconvénients :** Poids très élevé et une conductivité thermique assez lente, ce qui peut créer des points chauds.

Les alliages d'aluminium sont aujourd'hui majoritaires sur les véhicules modernes. - **Avantages :** Leur légèreté est un atout majeur pour réduire la masse du véhicule. Surtout, leur excellente conductivité thermique permet un refroidissement plus efficace du moteur, autorisant des performances supérieures. - **Inconvénients :** Ils sont plus sensibles à la surchauffe, qui peut provoquer une déformation permanente (le "voilage").

La conception interne est un véritable labyrinthe de conduits. Le circuit d'huile, qui lubrifie l'arbre à cames, ne doit jamais rencontrer le circuit de refroidissement. La forme des conduits d'admission et d'échappement est étudiée pour optimiser le flux des gaz, une science appelée la dynamique des fluides.

C. SCÉNARIOS ET EXERCICES

Une histoire de surchauffe à Bumba

À Bumba, dans la Mongala, Papa Augustin est connu pour son talent de mécanicien sur les moteurs de bateaux et de générateurs. Un jour, le propriétaire d'un groupe électrogène se plaint d'une perte de puissance et d'une consommation anormale de liquide de refroidissement. Le moteur ne fume pas blanc, il n'y a pas de "mayonnaise" dans l'huile. Un diagnostic classique semble impossible. Augustin, méthodique, démonte la culasse. À l'œil nu, rien. Mais en passant une règle de mécanicien parfaitement droite sur la surface de la culasse, il montre au client le minuscule espace au centre : la culasse est voilée de quelques dixièmes de millimètre. Cette déformation, invisible au premier abord, suffisait à créer une micro-fuite du liquide de refroidissement directement dans le cylindre, où il était vaporisé.

Exercice 1 : Le choix du moteur à Matadi

Énoncé : Maman Hélène, qui gère une petite flotte de taxis-motos à Matadi, doit remplacer le moteur d'une de ses machines. Le vendeur lui propose deux moteurs d'occasion en apparence identiques. L'un, en fonte, est vendu moins

cher. L'autre, en alliage d'aluminium, est plus coûteux mais nettement plus léger. Le vendeur lui assure que le moteur en aluminium est "plus nerveux".

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Analyse de l'argument du poids** La différence de poids est l'indice clé. La culasse et le bloc en alliage d'aluminium sont beaucoup plus légers que leurs équivalents en fonte. Cette légèreté générale du moteur contribue à un meilleur rapport poids/puissance pour la moto.
2. **Étape 2 : Analyse de l'argument "plus nerveux"** Cet argument est techniquement correct. La culasse en aluminium dissipe la chaleur plus efficacement. Un moteur qui refroidit mieux peut être conçu pour un taux de compression plus élevé, ce qui se traduit par un meilleur rendement et une sensation de plus grande réactivité.
3. **Étape 3 : Conclusion et conseil** Malgré le coût initial plus élevé, le moteur avec culasse en aluminium est un meilleur investissement pour une activité commerciale. Il offrira probablement une consommation de carburant légèrement inférieure et de meilleures performances, ce qui le rendra plus rentable à long terme. Il faut juste s'assurer de son bon état, car les culasses en aluminium supportent mal la surchauffe.

Exercice 2 : Diagnostic au garage à Kananga

Énoncé : Junior, apprenti mécanicien dans un garage à Kananga au Kasaï-Central, observe son patron examiner une voiture qui vient d'arriver. Le client se plaint d'une fumée blanche très épaisse à l'échappement et le moteur tourne mal. Le patron dévisse le bouchon de remplissage d'huile et montre à Junior une substance crémeuse et marron clair, ressemblant à de la mayonnaise.

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Interprétation des symptômes** La "mayonnaise" est le signe d'une émulsion, un mélange entre l'huile moteur et le liquide de refroidissement. La fumée blanche épaisse est le symptôme du liquide de refroidissement qui entre dans la chambre de combustion et s'évapore.
2. **Étape 2 : Identification de la cause de la contamination** Les deux symptômes pointent vers une seule et même cause : une rupture de l'étanchéité entre le circuit de refroidissement, le circuit

d'huile et la chambre de combustion. Ces trois zones ne se rencontrent qu'au niveau de la culasse.

3. **Étape 3 : Formulation du diagnostic probable** Le diagnostic le plus probable est une rupture du joint de culasse. Cette rupture a pu être causée par une surchauffe qui a déformé ("voilé") la culasse, créant un passage entre les différents circuits. La réparation impliquera de remplacer le joint et de faire contrôler la planéité de la culasse, voire de la faire rectifier (surfacer).

1.2. Le bloc-cylindres et ses chemises

a. Le cœur de fer du moteur

Même si les pistons et les bielles attirent toute l'attention par leur mouvement, la pièce maîtresse du moteur reste immobile : le bloc-cylindres. Il est la fondation, le squelette sur lequel tous les autres organes vitaux sont assemblés. Sa rigidité garantit l'alignement parfait des pièces en rotation, même sous des contraintes extrêmes.

Un moteur solide, c'est d'abord un bloc-cylindres sans fissure. Que ce soit pour traverser les pistes difficiles du Kwilu ou pour assurer le transport de marchandises entre Boma et Matadi, la fiabilité de cette pièce unique détermine la longévité de tout le véhicule. Il contient les artères du moteur : les passages pour l'huile et l'eau de refroidissement.

A. Le Bloc-Cylindres : Structure et Fonctions

Le bloc-cylindres est une pièce massive, généralement en fonte ou en alliage d'aluminium. Son rôle principal est de contenir les cylindres dans lesquels les pistons se déplacent. La fonte offre une robustesse et une bonne résistance à l'usure à un coût modéré. L'aluminium, plus léger, améliore la dissipation de la chaleur mais coûte plus cher à produire.

À l'intérieur du bloc, des conduits complexes sont usinés.

- **Le circuit de refroidissement** : Un réseau de galeries permet au liquide de refroidissement de circuler autour des cylindres pour évacuer la chaleur intense de la combustion.
- **Le circuit de lubrification** : Un autre réseau achemine l'huile sous pression vers les paliers de vilebrequin, les arbres à cames et d'autres points de friction.

Le bas du bloc forme le carter supérieur, qui supporte le vilebrequin via des paliers robustes. La partie supérieure, appelée plan de joint, doit être parfaitement plane pour assurer une étanchéité totale avec la culasse.

B. Les Chemises : Une Peau de Rechange pour le Moteur

Le frottement constant des segments de piston finit par user la paroi des cylindres. Pour éviter de devoir remplacer tout le bloc, les constructeurs utilisent des chemises. Une chemise est un tube métallique très résistant inséré dans le bloc pour former la paroi interne du cylindre. Son remplacement est beaucoup plus simple et économique que celui du bloc complet.

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

Figure 1 : Réf. IMG (0720-7805-3590)

Coupe d'un bloc-cylindres montrant les chemises sèches et humides

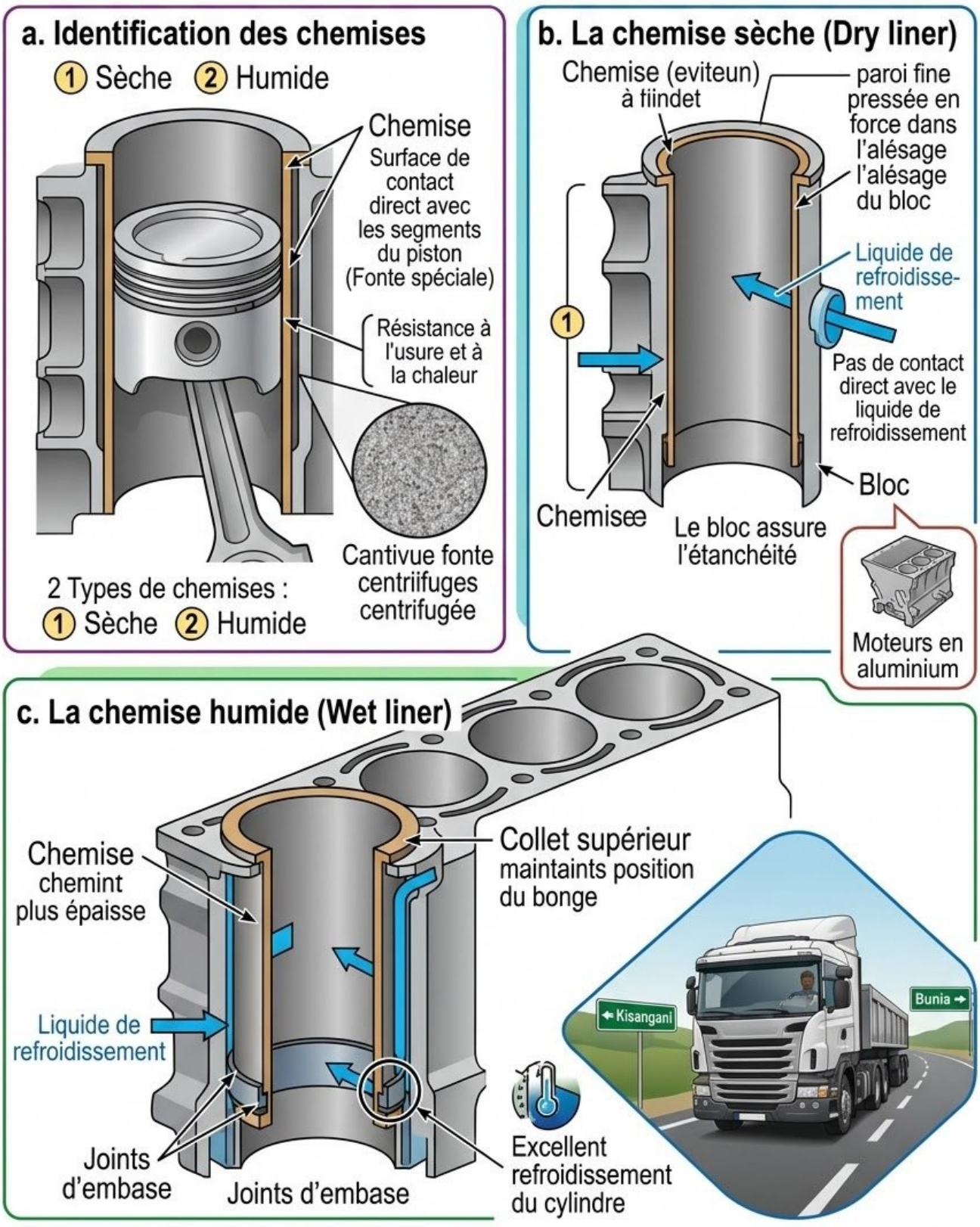

Figure 1 : Réf. IMG (0720-7805-3590)

Coupe d'un bloc-cylindres montrant les chemises sèches et humides

a. Identification des chemises

L'illustration montre les deux principaux types de chemises. La chemise est la surface de contact directe avec les segments du piston. Sa matière, souvent une fonte spéciale centrifugée, est optimisée pour résister à l'usure et à la chaleur. Le choix entre une chemise sèche ou humide dépend de la conception et de l'application du moteur.

b. La chemise sèche (Dry liner)

Cette chemise est une paroi fine, pressée en force dans un alésage du bloc-cylindres. Elle n'est pas en contact direct avec le liquide de refroidissement. Le bloc lui-même assure l'étanchéité. Cette solution est simple et robuste, souvent utilisée sur les moteurs en aluminium pour leur fournir une surface de friction durable.

c. La chemise humide (Wet liner)

Plus épaisse, la chemise humide est directement en contact avec le liquide de refroidissement. Elle est maintenue en place par un collet supérieur et des joints d'étanchéité à sa base (joints d'embase). Cette conception offre un excellent refroidissement du cylindre, ce qui est crucial pour les moteurs diesel de forte puissance, comme ceux des camions qui relient Kisangani à Bunia.

■ ■ ■

Une histoire de surchauffe à Bukavu

Papa Jean-Luc, chauffeur de taxi-moto à Bukavu, connaît bien son engin. Un matin, il remarque une fumée blanche anormale à l'échappement et une consommation de liquide de refroidissement. Son moteur surchauffe rapidement, même sur les courtes distances en ville. Inquiet, il se rend chez son mécanicien, Maman Hélène, réputée dans le quartier pour sa rigueur.

Après quelques tests, le diagnostic tombe. Le joint de culasse est défaillant, mais ce n'est pas tout. En démontant le moteur, Hélène découvre une corrosion importante au niveau de la base d'une des chemises humides. Un

joint d'embase a cédé, permettant au liquide de refroidissement de s'infiltrer lentement dans le carter d'huile et dans la chambre de combustion. La réparation ne consiste pas seulement à changer le joint de culasse, mais à extraire la chemise, nettoyer son logement et remplacer tous les joints d'étanchéité pour garantir la fiabilité du moteur sur les routes escarpées du Sud-Kivu.

Exercice 1 : Diagnostic sur un moteur de camion

Énoncé : Un mécanicien à Lubumbashi travaille sur un moteur de camion Scania qui présente une perte de puissance et des "bulles" dans le vase d'expansion du radiateur. Le moteur utilise des chemises humides. Quel est le lien probable entre les symptômes et le type de chemises ?

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Analyser les symptômes** Des bulles dans le circuit de refroidissement indiquent que du gaz de combustion fuit dans le circuit. Cela signifie une rupture d'étanchéité entre la chambre de combustion et les passages d'eau.
2. **Étape 2 : Relier au type de chemise** Sur un moteur à chemises humides, l'étanchéité au sommet est assurée par le joint de culasse qui presse sur le collet de la chemise. Si ce joint est défaillant ou si la chemise est fissurée, les gaz sous haute pression peuvent passer dans le circuit de refroidissement.
3. **Étape 3 : Proposer une hypothèse de panne** La panne la plus probable est un joint de culasse endommagé au niveau du cylindre concerné. Une autre possibilité, plus rare, est une fissure sur la partie supérieure de la chemise humide elle-même. Le démontage de la culasse est nécessaire pour confirmer.

Exercice 2 : Réparation d'un bloc en fonte

Énoncé : Le moteur d'un groupe électrogène à Kananga a ses cylindres usés. Le bloc est en fonte, sans chemises d'origine. Le propriétaire veut une réparation durable. Le mécanicien lui propose deux solutions : le réalésage des cylindres ou l'installation de chemises sèches. Quel est l'avantage principal de l'installation de chemises sèches pour l'avenir ?

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Comprendre le problème initial** Le bloc moteur est usé. Les parois des cylindres ne sont plus parfaitement cylindriques, ce qui cause une perte de compression et une consommation d'huile.
2. **Étape 2 : Évaluer la solution du "réalésage"** Le réalésage consiste à agrandir le diamètre des cylindres pour retrouver une surface parfaite. Cette opération nécessite d'utiliser des pistons plus grands (pistons "côte réparation"). C'est une bonne solution, mais elle ne peut être répétée qu'un nombre limité de fois.
3. **Étape 3 : Identifier l'avantage des "chemises sèches"** L'installation de chemises sèches est une réparation plus fondamentale. Le mécanicien usine le bloc pour y insérer des chemises neuves. L'avantage majeur est la maintenabilité future : si le moteur s'use à nouveau, il suffira de remplacer les chemises pour retrouver un moteur quasi neuf, sans devoir à nouveau usiner le bloc. C'est la solution la plus durable.

1.3. L'attelage mobile : piston, bielle, vilebrequin

a. La chorégraphie interne du moteur

Lorsque l'on observe un cycliste pédaler avec force pour gravir une pente à Boma, on assiste à une mécanique familière. Le pied pousse la pédale vers le bas (translation), la jambe pivote (bielle) et fait tourner le pédalier (rotation). Cette transformation de mouvement est le secret de la propulsion.

À l'intérieur du moteur, un trio d'acteurs rejoue cette même chorégraphie avec une vitesse et une force impressionnantes. Le piston, la bielle et le vilebrequin forment l'attelage mobile. Leur mission est de convertir la force brute de l'explosion en un mouvement de rotation capable d'entraîner les roues du véhicule.

A. Le duo Piston-Bielle : Le cœur de la transformation

Le piston est la première pièce à recevoir l'énergie de la combustion. C'est un cylindre métallique, généralement en alliage d'aluminium, qui coulisse dans le cylindre du bloc-moteur. Sa tête supporte des températures et des pressions extrêmes. Ses flancs, appelés la jupe, guident son mouvement rectiligne.

La bielle est le bras qui relie le piston au vilebrequin. Elle subit des contraintes énormes, alternant entre traction et compression à chaque cycle.

Sa petite extrémité, le pied de bielle, est reliée au piston par un axe. Sa grande extrémité, la tête de bielle, s'articule sur le vilebrequin.

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590