COURS DE

TECHNOLOGIE AUTOMOBILE

4ème Année

Option

MÉCANIQUE AUTOMOBILE

Option

MÉCANIQUE AUTOMOBILE

CONFORME AU PROGRAMME NATIONAL

EDITION 2025



TABLE DES MATIÈRES

PRÉLIMINAIRES **1**

Note de l'auteur à l'enseignant et à l'élève 1

- À l'enseignant 1
- 1. Postulat Pédagogique 1
- 1.1. Du Concept à la Pratique 1
- 1.2. Développement de la Compétence Diagnostique 1
- 2.1. Articulation Théorie-Application 1
- 2.2. Alignement sur les Exigences de Certification (EXETAT) 1

Comment utiliser ce manuel pour préparer le TENASOSP 2

- 1. Articulation entre Théorie et Compétences Pratiques 2
- 2. Exploitation des Scénarios et Mises en Situation 2
- 3. Stratégie de Consolidation Progressive 2

Programme national de mécanique automobile - 4ème année 3

- 1. Finalités générales 3
- 2. Compétences fondamentales visées 3
- 3. Domaines technologiques abordés 3
- 4. Approche pédagogique 3

PARTIE 1. FONDAMENTAUX, SÉCURITÉ ET OUTILLAGE **4**

Le mécanicien, un architecte du mouvement 4

Les fondements, socle de la compétence 4

La sécurité, une discipline non négociable 4

L'outillage, prolongement de l'intelligence 4

CHAPITRE 1. INTRODUCTION À LA MÉCANIQUE AUTOMOBILE **5**

1.1. Historique et évolution du véhicule automobile 5

- a. De la curiosité à la nécessité 5
- A. Les premiers pas : La vapeur et l'électricité 5
- B. La révolution du moteur à combustion interne 5

FIGURE 1 : RÉF. IMG (3713-1875-4126) **7**

Évolution radicale entre une voiture de 1910 et un modèle de 2020 7

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- C. La diversification et l'ère moderne....7

1.2. Architecture générale d'un véhicule (châssis, carrosserie, GMP)....9

- a. Un corps, une âme et des jambes....9
- A. Le Châssis : Le squelette roulant....10
- B. La Carrosserie : L'habillage protecteur....10
- C. Le Groupe Moto-Propulseur (GMP) : Le cœur et les muscles....10

CHAPITRE 2. L'ATELIER DE MÉCANIQUE ET LA SÉCURITÉ....13

2.1. Organisation et propreté du poste de travail....13

- a. Le désordre, un ennemi silencieux....13
- A. Les Principes de la Méthode 5S....13
- B. Gestion Pratique : Outils et Fluides....14

FIGURE 2 : RÉF. IMG (8137-3662-7663)....15

Poste de travail automobile avant et après application de la méthode 5S....15

- b. Scénarios et Exercices....15

2.2. Les Équipements de Protection Individuelle (EPI)....17

- a. L'armure du mécanicien....17
- A. L'Inventaire de la Protection....17

FIGURE 3 : RÉF. IMG (1999-0180-1394)....20

Mécanicien portant des équipements de protection individuelle (EPI) dans un a....20

- B. Associer le Risque à l'Équipement....20

2.3. Identification et gestion des risques (chimiques, mécaniques, électriques)....22

- a. L'atelier, une zone à maîtriser....22
- A. Les Risques Chimiques : Les ennemis invisibles....23
- B. Les Risques Mécaniques : La force brute....23
- C. Les Risques Électriques : La menace silencieuse....23

FIGURE 4 : RÉF. IMG (0818-5390-3183)....25

Équipements de Protection Individuelle (EPI) pour le mécanicien automobile mo....25

- Anecdote du garage "Lipanda"....25

2.4. Utilisation des outils à main fondamentaux et de l'outillage spécialisé....27

- a. Le bon outil pour la bonne tâche....27
- A. Les outils à main fondamentaux : le prolongement de la main....27

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

FIGURE 5 : RÉF. IMG (4618-6254-6147) **28**

Panoplie des clés, douilles et tournevis sur un établi d'atelier. 28

- B. L'outillage spécialisé : la précision chirurgicale 28

FIGURE 6 : RÉF. IMG (5610-2801-3429) **30**

Mécanicien réglant le couple de serrage sur une clé dynamométrique. 30

- Anecdote : Le "clic" qui sauve le moteur de Papa Kabasele 30

PARTIE 2. LE GROUPE MOTOPROPULSEUR (GMP) **33**

a. Le cœur et les muscles de l'automobile 33

b. Une chaîne de composants interdépendants 33

c. La gestion du couple et de la vitesse 33

d. Un enjeu stratégique pour le diagnostic 33

CHAPITRE 3. LE MOTEUR À COMBUSTION INTERNE : STRUCTURE ET COMPOSANTS **34**

3.1. Le cycle à 4 temps (Beau de Rochas) 34

- a. Une idée fausse, une vérité mécanique 34
- A. La décomposition du cycle : les quatre temps 34

FIGURE 7 : RÉF. IMG (1078-6149-0626) **37**

Représentation schématique du cycle à 4 temps dans un cylindre 37

- Anecdote : La panne du Fuso à Mbandaka 37

3.2. Les éléments fixes du moteur (bloc-cylindres, culasse, carter) 39

- a. Le squelette de la puissance 39
- A. Le bloc-cylindres (ou bloc-moteur) 39

FIGURE 8 : RÉF. IMG (5949-4495-6546) **42**

Vue éclatée des composants fixes d'un moteur à quatre cylindres 42

- B. La culasse 42
- C. Le carter d'huile 43

3.3. L'équipage mobile (pistons, bielles, vilebrequin) 45

- a. Le cœur battant de la mécanique 45
- A. Le Piston : Le Récepteur de Force 45

FIGURE 9 : RÉF. IMG (8421-7641-0315) **46**

Vue éclatée d'un piston moderne et de ses segments d'étanchéité 46

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- B. La Bielle : Le Bras de Levier....46
- C. Le Vilebrequin : L'Arbre de Puissance....46

FIGURE 10 : RÉF. IMG (7563-5387-8933)....49

Schéma du système bielle-manivelle montrant la conversion du mouvement....49
- L'anecdote du Moteur "Cogné"....49

3.4. Le système de distribution (arbre à cames, soupapes, courroie/chaîne)....51
- a. Le chef d'orchestre du moteur....51
- A. Rôle et synchronisation parfaite....51
- B. Les composants principaux....52

FIGURE 11 : RÉF. IMG (3099-9748-5262)....54

Vue éclatée de l'arbre à cames, des soupapes et des poussoirs....54
- C. La liaison : Courroie ou Chaîne ?....54

FIGURE 12 : RÉF. IMG (2591-0807-0706)....56

Comparaison visuelle entre une courroie et une chaîne de distribution....56
- Scénarios et Exercices....56
- Une leçon apprise sur la route de Boma....56

CHAPITRE 4. LES SYSTÈMES ANNEXES DU MOTEUR ESSENCE....59

4.1. Le circuit de lubrification (graissage sous pression)....59
- a. L'huile, le sang du moteur....59
- A. Les quatre missions vitales de l'huile....59
- B. Anatomie du circuit de graissage....59

FIGURE 13 : RÉF. IMG (1144-6470-0053)....61

Schéma simplifié du circuit de lubrification sous pression d'un moteur....61

FIGURE 14 : RÉF. IMG (5876-0787-8156)....63

Vue éclatée de la pompe à huile et du filtre à huile....63
- L'huile "mayi-mayi" du vieux Mbuta à Mbandaka....63

4.2. Le circuit de refroidissement (liquide et air)....65
- a. L'art de maîtriser le feu....65
- A. La double mission du refroidissement....65
- B. Le refroidissement par air : la solution directe....66

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

FIGURE 15 : RÉF. IMG (7384-5188-2167) **67**

Architecture d'un moteur à refroidissement par air avec ses ailettes 67

- C. Le refroidissement par liquide : la régulation précise 67

FIGURE 16 : RÉF. IMG (1219-6519-1262) **70**

Schéma fonctionnel du circuit de refroidissement liquide d'un moteur moderne. 70

- Scénarios et exercices 70
- Une histoire de vapeur entre Matadi et Boma 70

4.3. Le circuit d'alimentation en carburant (pompe, filtres, carburateur simple) 72

- a. Le voyage de l'essence 72
- A. De la réserve à la pression (Réservoir et Pompe) 72

FIGURE 17 : RÉF. IMG (6327-1456-5052) **73**

Schéma détaillé du circuit d'alimentation avec pompe mécanique et filtre. 73

- B. La purification obligatoire (Le Filtre) 73
- C. Le dosage parfait (Le Carburateur simple) 74

FIGURE 18 : RÉF. IMG (8517-7645-4753) **76**

Coupe transversale d'un carburateur simple montrant la cuve et le venturi. 76

- Scénarios et Exercices 76
- Une anecdote de Kananga : la panne à 500 Francs 76

4.4. Le système d'allumage conventionnel (bobine, rupteur, distributeur) 78

- a. L'étincelle perdue 78
- A. La mission : transformer 12 Volts en 20 000 Volts 78
- B. L'orchestre mécanique : bobine, rupteur et distributeur 79

FIGURE 19 : RÉF. IMG (1475-7249-5364) **81**

Circuit d'allumage conventionnel et ses composants clés du primaire au second 81

- L'oreille du mécanicien 81

4.5. Le système d'échappement et ses composants 83

- a. Du bruit assourdissant au murmure contrôlé 83
- A. Les trois fonctions vitales du système d'échappement 83
- B. Anatomie de la ligne d'échappement 84

FIGURE 20 : RÉF. IMG (8148-6921-0795) **86**

Schéma détaillé de la ligne d'échappement et ses composants 86

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- Scénarios et Exercices....86

CHAPITRE 5. SPÉCIFICITÉS DU MOTEUR DIESEL....89

5.1. Principe de fonctionnement et auto-inflammation....89
- a. La révolution sans étincelle....89
- A. Le Cycle Diesel à Quatre Temps....89
- B. L'Auto-inflammation : La Physique au Cœur du Moteur....90

FIGURE 21 : RÉF. IMG (8174-9745-0155)....91

Les quatre temps du cycle diesel comparés au cycle essence....91
- Une histoire de démarrage difficile à Mbuji-Mayi....91

5.2. Le système d'injection diesel (pompe à injection en ligne, injecteurs)....93
- a. L'horlogerie du carburant....93
- A. La pompe à injection en ligne : le cerveau mécanique....93

FIGURE 22 : RÉF. IMG (1115-3814-1698)....96

Schéma de fonctionnement d'une pompe à injection diesel en ligne....96
- B. L'injecteur : le pulvérisateur de précision....96

5.3. Le système de préchauffage (bougies de préchauffage)....98
- a. Un principe ancestral pour un moteur moderne....98
- A. Rôle et structure de la bougie de préchauffage....99

FIGURE 23 : RÉF. IMG (5988-8206-4638)....101

Schéma détaillé d'une bougie de préchauffage et son crayon chauffant....101
- B. Le circuit de commande et ses phases....101

5.4. Le phénomène de suralimentation : le turbocompresseur....104
- a. L'art de transformer un déchet en puissance....104
- A. Principe de fonctionnement : le duo turbine-compresseur....104
- B. Avantages et contraintes de la suralimentation....105

5.5. Entretien et diagnostics spécifiques au moteur diesel....108
- a. La robustesse n'exclut pas la rigueur....108
- A. Les piliers de l'entretien diesel....108

FIGURE 24 : RÉF. IMG (4866-7046-1855)....110

Schéma du circuit de filtration et de décantation du gazole....110
- B. Diagnostic par les symptômes....110

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

FIGURE 25 : RÉF. IMG (6359-7689-5958)..... 112

Interprétation des couleurs de fumée d'échappement d'un moteur diesel..... 112

- b. L'anecdote du chauffeur de Gemena..... 112

PARTIE 3. LA TRANSMISSION DE PUISSANCE..... 115

Du moteur à la roue : une chaîne d'organes..... 115

L'embrayage : le négociateur de puissance..... 115

La boîte de vitesses : le chef d'orchestre du couple..... 115

Le pont et le différentiel : la dernière ligne droite..... 115

CHAPITRE 6. DU MOTEUR AUX ROUES..... 116

6.1. L'embrayage : principe, composants et commande..... 116

- a. L'analogie du mécanicien..... 116
- A. Principe de fonctionnement : Accoupler et Désaccoupler..... 116
- B. Les composants essentiels du kit d'embrayage..... 116

FIGURE 26 : RÉF. IMG (2939-6498-6493)..... 119

Vue éclatée des composants principaux d'un kit d'embrayage automobile..... 119

- C. Les systèmes de commande..... 119

FIGURE 27 : RÉF. IMG (6131-7305-7328)..... 121

Comparaison schématique des commandes d'embrayage mécanique et hydraulique..... 121

- L'anecdote du taxi-moto de Boma..... 121

6.2. La boîte de vitesses manuelle : rapports et synchroniseurs..... 123

- a. Le principe fondamental de la démultiplication..... 123
- A. Le Principe des Rapports de Vitesse..... 123
- B. Le Rôle Vital du Synchroniseur..... 124

FIGURE 28 : RÉF. IMG (3104-9254-0196)..... 126

Vue éclatée d'un synchroniseur et de son action sur le pignon..... 126

- SCÉNARIOS ET EXERCICES..... 126

6.3. L'arbre de transmission et les joints de cardan..... 128

- a. Le lien manquant..... 128
- A. L'arbre de transmission : le tunnel de puissance..... 128
- B. Les joints de cardan : les articulations du système..... 128

FIGURE 29 : RÉF. IMG (5974-9079-4033)..... 131

Anatomie d'un joint de cardan et son rôle sur l'arbre..... 131

- b. Scénarios et Exercices..... 131

6.4. Le différentiel : rôle et fonctionnement..... 133

- a. Le paradoxe du virage..... 133
- A. Le principe physique : une nécessité géométrique..... 133
- B. La mécanique du différentiel : le train épicycloïdal..... 134

6.5. Notions de base sur les boîtes de vitesses automatiques..... 136

- a. Une conduite sans effort ? Pas si simple..... 136
- A. Le convertisseur de couple : le cœur hydraulique..... 136

FIGURE 30 : RÉF. IMG (8088-3262-4116)..... 138

Vue éclatée d'un convertisseur de couple et ses trois éléments principaux..... 138

- B. Les trains épicycloïdaux : l'engrenage planétaire..... 138

FIGURE 31 : RÉF. IMG (1076-6217-0100)..... 141

Schéma de principe d'un train d'engrenages épicycloïdal en automobile..... 141

- Une panne de courant à Matadi..... 141

6.6. Architectures de transmission (traction, propulsion, intégrale)..... 143

- a. Le bon sens du pousse-pousse..... 143
- A. La traction (roues avant motrices - FWD)..... 143

FIGURE 32 : RÉF. IMG (3510-6488-0860)..... 145

Schéma simplifié d'une transmission par traction avant (FWD)..... 145

- B. La propulsion (roues arrière motrices - RWD)..... 145

FIGURE 33 : RÉF. IMG (0186-8225-7807)..... 147

Architecture classique d'une transmission par propulsion arrière (RWD)..... 147

- C. La transmission intégrale (quatre roues motrices - 4x4 ou AWD)..... 147

PARTIE 4. LES LIAISONS AU SOL ET LE FREINAGE..... 150

a. Le point de contact : une vérité physique..... 150

b. L'amortissement : dialoguer avec la route..... 150

c. La direction : traduire une intention en trajectoire..... 150

d. Le freinage : maîtriser l'énergie cinétique..... 150

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

CHAPITRE 7. LA SUSPENSION, LA DIRECTION ET LES ROUES.....151

7.1. Rôle et composants du système de suspension (ressorts, amortisseurs).....151

- a. Le confort, un défi permanent.....151
- A. Le double rôle de la suspension.....151
- B. Le ressort : le muscle qui absorbe.....151

FIGURE 34 : RÉF. IMG (9770-6880-5256).....154

Vue éclatée d'une jambe de force de suspension moderne.....154

- C. L'amortisseur : le cerveau qui contrôle.....154

FIGURE 35 : RÉF. IMG (7943-6261-8438).....156

Schéma de fonctionnement interne d'un amortisseur hydraulique bi-tube.....156

- Anecdote de l'atelier.....156

7.2. Les différents types de suspensions (MacPherson, essieu rigide).....158

- a. Le confort, un vieux rêve mécanique.....158
- A. La suspension à roues indépendantes : le système MacPherson.....158

FIGURE 36 : RÉF. IMG (1477-3444-1941).....161

Schéma simplifié d'une jambe de force de type MacPherson.....161

- B. La suspension à essieu rigide.....161

FIGURE 37 : RÉF. IMG (1090-3638-9171).....164

Vue d'un essieu rigide avec ses ressorts à lames.....164

- L'avis du mécanicien de la Ruzizi.....164

7.3. Le système de direction à crémaillère.....166

- a. Du simple volant aux roues directrices.....166
- A. Anatomie du système : le pignon et la crémaillère.....167

FIGURE 38 : RÉF. IMG (2400-5894-5157).....169

Schéma de principe d'une direction à crémaillère et ses composants clés.....169

- B. Principe de fonctionnement : de la rotation à la translation.....169

7.4. Les pneumatiques : structure, marquage et pression.....171

- a. La paume de la main qui tient la route.....171
- A. La structure interne d'un pneumatique.....171
- B. Le déchiffrage du marquage sur le flanc.....172

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

FIGURE 39 : RÉF. IMG (3165-9565-5862) **174**

Schéma détaillé du marquage réglementaire sur le flanc d'un pneu 174

- C. L'importance capitale de la pression 174

CHAPITRE 8. LE SYSTÈME DE FREINAGE CONVENTIONNEL **177**

8.1. Principe du freinage hydraulique (Loi de Pascal) 177

- a. L'intuition d'un jeune homme à Kananga 177
- A. La Loi de Pascal : Le Multiplicateur de Force 177
- B. Application au Circuit de Freinage Automobile 178

FIGURE 40 : RÉF. IMG (4513-3666-5966) **179**

Schéma du principe de Pascal dans un circuit hydraulique simplifié 179

- Scénarios et Exercices 179
- Une descente maîtrisée dans le Kwilu 179

8.2. Le maître-cylindre et l'assistance au freinage (servofrein) 181

- a. La force du pied et l'ingéniosité humaine 181
- A. Le Maître-Cylindre : Le Cerveau Hydraulique 181
- B. Le Principe de l'Assistance au Freinage (Servofrein) 182

FIGURE 41 : RÉF. IMG (2549-5626-7667) **184**

Coupe schématique d'un servofrein à dépression et d'un maître-cylindre tandem 184

- C. Interaction et Séquence de Fonctionnement 184

8.3. Les freins à disque : étrier, plaquettes, disque 186

- a. Une idée qui freine les traditions 186
- A. Principe général : la friction contrôlée 187
- B. Anatomie du système : le trio disque-étrier-plaquettes 187

FIGURE 42 : RÉF. IMG (1642-2396-1436) **189**

Vue éclatée d'un système de frein à disque avec étrier flottant 189

- Anecdote : Le cauchemar de la descente de Mbuela Lodge 189

8.4. Les freins à tambour : cylindre de roue, mâchoires, tambour 191

- a. L'ancêtre de la friction contrôlée 191
- A. Composition et anatomie du système 191

FIGURE 43 : RÉF. IMG (1510-4234-9194) **194**

Vue éclatée d'un frein à tambour avec ses composants principaux 194

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- B. Mécanisme de fonctionnement : la poussée hydraulique.....194

FIGURE 44 : RÉF. IMG (2448-0552-7299).....197

Schéma du cylindre de roue poussant les mâchoires contre le tambour.....197

- L'anecdote de Papa Kabasele.....197

PARTIE 5. ÉLECTRICITÉ ET ÉLECTRONIQUE DE BASE.....200

De la clé à molette au multimètre.....200

Les trois piliers : Tension, Courant, Résistance.....200

Le circuit électrique automobile : un réseau vital.....200

L'intelligence embarquée : l'arrivée de l'électronique.....200

CHAPITRE 9. LES CIRCUITS FONDAMENTAUX DU VÉHICULE.....201

9.1. Grandeurs électriques (Tension U, Courant I, Résistance R) et loi d'Ohm.....201

- a. De la pile de Volta à la batterie de votre voiture.....201
- A. Les Trois Grandeurs Fondamentales : U, I, R.....201

FIGURE 45 : RÉF. IMG (8604-2469-1724).....203

Schéma d'un circuit électrique simple avec batterie, interrupteur et ampoule.....203

- B. La Loi d'Ohm : La relation qui gouverne tout.....203

9.2. La batterie d'accumulateurs : rôle, technologie et entretien.....206

- a. Une réaction chimique qui a changé le monde.....206
- A. Rôle et fonction principale.....207
- B. Technologie de la batterie au plomb-acide.....207
- C. Entretien et vérifications de base.....208

9.3. Le circuit de charge : l'alternateur et son régulateur.....210

- a. L'importance du courant continu.....210
- A. L'alternateur : le générateur de courant alternatif.....210
- B. Le régulateur de tension : le chef d'orchestre.....211

9.4. Le circuit de démarrage : le solénoïde et le démarreur électrique.....213

- a. Le silence avant la puissance.....213
- A. Le solénoïde : relais de puissance et actionneur mécanique.....213
- B. Le démarreur : le moteur qui lance le moteur.....214

9.5. Lecture d'un schéma électrique automobile simple.....216

- a. La carte au trésor du mécanicien.....216

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- A. Les symboles normalisés : l'alphabet du mécanicien.....217
- B. La méthode de lecture : suivre le chemin du courant.....217

9.6. Utilisation du multimètre pour le diagnostic de base.....220
- a. L'outil à tout faire du mécanicien-électricien.....220
- A. Mesure de la Tension (en mode Voltmètre).....220
- B. Mesure de l'Intensité (en mode Ampèremètre).....220
- C. Mesure de la Résistance (en mode Ohmmètre).....221

Annexe 1. Lexique des termes techniques (Français - Lingala - Swahili).....223
- A. Le moteur et ses périphériques.....223
- B. La transmission.....225
- C. Le système de freinage.....226
- D. La liaison au sol.....226

Annexe 2. Tableaux de conversion (unités de pression, couple, puissance).....227
- A. La Pression.....227
- B. Le Couple Moteur (Torque).....228
- C. La Puissance (Power).....229

Annexe 3. Fiches de procédure pour l'entretien courant (vidange, remplacement.....230
- A. La vidange de l'huile moteur.....230
- B. Remplacement des filtres.....231

Annexe 4. Principaux symboles de sécurité en atelier.....233
- A. Caractéristiques et classification des pictogrammes.....233
- B. Pictogrammes d'interdiction (Série P - Prohibition).....234
- C. Pictogrammes d'obligation (Série M - Mandatory).....234
- D. Pictogrammes d'avertissement (Série W - Warning).....235
- E. Pictogrammes de sauvetage et d'incendie (Séries E et F).....236
- F. Symbole du Système Général Harmonisé (SGH/GHS).....237

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

PRÉLIMINAIRES

Note de l'auteur à l'enseignant et à l'élève

À l'enseignant

Cet ouvrage est conçu comme un instrument pédagogique au service de votre expertise. Son architecture vise à faciliter la transmission d'un savoir technique dense, tout en cultivant l'esprit d'analyse indispensable au mécanicien moderne.

1. Postulat Pédagogique

1.1. Du Concept à la Pratique

Une démarche hypothético-déductive structure cet ouvrage. Chaque système mécanique est d'abord présenté par ses principes physiques et chimiques sous-jacents. Cette approche ancre la compétence technique dans une compréhension scientifique fondamentale, non dans une simple mémorisation de procédures. La maîtrise du "pourquoi" précède et conditionne celle du "comment".

1.2. Développement de la Compétence Diagnostique

La finalité de cette méthode est de former des techniciens capables de raisonner. La progression logique, de la théorie vers les études de cas, vise à construire un outillage mental pour le diagnostic de pannes. L'élève apprend à déduire la cause d'un symptôme à partir des lois de fonctionnement du système.

2. Structuration des Contenus et Finalité

2.1. Articulation Théorie-Application

Chaque chapitre suit une séquence rigoureuse : exposé théorique, démonstration et exercices d'application. Les scénarios pratiques ne sont pas de simples illustrations. Ils constituent le terrain d'expérimentation où la théorie est testée, validée et transformée en compétence tangible.

2.2. Alignement sur les Exigences de Certification (EXETAT)

Le contenu et le format des exercices sont calibrés pour préparer spécifiquement à l'Examen d'État. Les problèmes proposés simulent la

complexité et la nature des questions rencontrées lors de l'épreuve. L'objectif est de vous doter d'un outil d'évaluation formative directement aligné sur les standards nationaux de certification.

Comment utiliser ce manuel pour préparer le TENASOSP

Ce manuel est conçu comme un instrument de travail rigoureux destiné à l'enseignant pour la préparation spécifique au Test National de Sélection et d'Orientation Scolaire et Professionnelle (TENASOSP). Sa structure et son contenu sont optimisés pour couvrir l'intégralité du programme de 4ème année, option mécanique automobile, en alignant les savoirs théoriques sur les compétences pratiques attendues à l'examen.

1. Articulation entre Théorie et Compétences Pratiques

Chaque chapitre est architecturé autour d'une double finalité pédagogique. Il s'agit d'abord d'asseoir les fondements scientifiques et techniques du programme. Il s'agit ensuite de traduire ces savoirs en compétences pratiques directement évaluables lors de l'épreuve. Une progression logique consiste à valider la compréhension théorique avant d'aborder les applications concrètes, garantissant ainsi une maîtrise solide des concepts avant leur mise en œuvre.

2. Exploitation des Scénarios et Mises en Situation

Les sections "Scénarios et Exercices" fonctionnent comme des mises en situation professionnelle réduites. Elles développent spécifiquement les capacités de diagnostic, d'analyse de panne et de raisonnement hypothético-déductif. L'enseignant utilisera ces cas pour simuler les conditions de l'examen, en insistant sur la justification méthodique des étapes de résolution, critère essentiel de l'évaluation finale.

3. Stratégie de Consolidation Progressive

L'efficacité de la préparation au TENASOSP dépend d'une consolidation continue tout au long de l'année scolaire. Cet ouvrage est un outil pour une évaluation formative régulière. L'organisation des chapitres permet un retour périodique sur les notions antérieures, créant ainsi une révision spiralaire qui ancre durablement les connaissances et les automatismes techniques.

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

Programme national de mécanique automobile - 4ème année

1. Finalités générales

La formation de 4ème année ancre les compétences fondamentales en mécanique automobile. Elle prépare l'élève à l'analyse rigoureuse des systèmes mécaniques et électromécaniques courants. L'objectif est la maîtrise des diagnostics de premier niveau et des interventions de maintenance préventive et corrective sur des véhicules légers.

2. Compétences fondamentales visées

Cette année de formation consolide trois axes de compétences. L'élève acquiert la capacité de lire et d'interpréter un schéma technique complexe. Il maîtrise l'utilisation de l'outillage de métrologie et des appareils de diagnostic standards. Il applique systématiquement les procédures de sécurité individuelles et collectives en vigueur dans un atelier.

3. Domaines technologiques abordés

Le cursus couvre les principaux organes du véhicule. Il détaille la structure, le fonctionnement et la maintenance du moteur à combustion interne, essence et diesel. Sont également étudiés en profondeur les systèmes de transmission manuelle, de freinage hydraulique conventionnel, de direction et de suspension. Une introduction solide aux circuits électriques de base (démarrage, charge, éclairage) est assurée.

4. Approche pédagogique

L'approche pédagogique articule la théorie et la pratique en atelier. Chaque concept théorique est immédiatement validé par des manipulations sur des bancs didactiques ou des véhicules réels. L'accent est mis sur la méthodologie de résolution de pannes simples, préparant ainsi l'élève aux réalités du terrain professionnel et aux exigences des évaluations certificatives.

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

Partie 1. Fondamentaux, Sécurité et Outillage

Le mécanicien, un architecte du mouvement

Un véhicule est un système complexe où chaque pièce a un rôle précis. Le mécanicien automobile est l'architecte de sa fiabilité. Son intelligence et sa précision garantissent la sécurité des passagers sur les routes, que ce soit à Mbandaka ou à Lubumbashi. La négligence est son principal ennemi, la rigueur est son unique alliée. Son travail exige une compréhension profonde des mécanismes en jeu.

Les fondements, socle de la compétence

Réparer une panne sans en comprendre la cause revient à soigner un symptôme sans connaître la maladie. Les fondamentaux regroupent les lois physiques, chimiques et mécaniques qui gouvernent le fonctionnement d'un moteur. Maîtriser le cycle à quatre temps, les propriétés des lubrifiants ou les principes de la thermodynamique transforme un simple réparateur en un véritable technicien diagnostiqueur, capable d'intervenir à Kisangani comme à Mbuji-Mayi.

La sécurité, une discipline non négociable

L'atelier de mécanique est un environnement à haut risque. Un mécanicien averti protège d'abord son corps. Le port des équipements de protection individuelle (EPI) n'est pas une option, mais un réflexe. Un pont élévateur mal sécurisé à Matadi, une batterie mal débranchée à Goma, ou un produit chimique manipulé sans gants peuvent causer des accidents irréversibles. La sécurité précède toujours la performance.

L'outillage, prolongement de l'intelligence

Chaque vis, chaque écrou, chaque composant est conçu pour être manipulé par un outil spécifique. Utiliser une pince-étau à la place d'une clé dynamométrique est le signe d'un amateurisme dangereux. Un outillage adapté et bien entretenu est le prolongement direct de la main et de l'intelligence du technicien. Il garantit la précision du geste, préserve l'intégrité des pièces et accélère l'intervention.

Chapitre 1. Introduction à la Mécanique Automobile

1.1. Historique et évolution du véhicule automobile

a. De la curiosité à la nécessité

Un des faits les plus marquants de l'histoire moderne est la rapidité avec laquelle l'automobile a redéfini les distances et le commerce. Cette machine, d'abord un luxe pour quelques passionnés en Europe, est devenue un outil de travail indispensable.

Son développement a radicalement transformé le transport des personnes et des marchandises. Le trajet entre Boma et Moanda, autrefois une expédition, se fait aujourd'hui en quelques heures. La mécanique automobile est au cœur de cette révolution quotidienne.

A. Les premiers pas : La vapeur et l'électricité

Avant le moteur à essence, d'autres énergies ont été testées. Vers 1769, le Français Nicolas Joseph Cugnot conçoit le "fardier à vapeur", un lourd chariot militaire à trois roues. Ce véhicule est considéré comme le premier engin automobile de l'histoire. Sa vitesse était celle d'un homme au pas, et son autonomie très limitée.

Parallèlement, la fin du 19ème siècle voit l'apparition de véhicules électriques. Ils étaient silencieux et simples à conduire, mais souffraient d'une autonomie faible et d'un temps de recharge très long.

B. La révolution du moteur à combustion interne

Le véritable essor de l'automobile commence avec le moteur à combustion interne. En 1886, l'Allemand Karl Benz fait breveter son "Tricycle", le premier véhicule conçu dès le départ pour être propulsé par un moteur à essence. Cette invention marque un tournant décisif.

Quelques années plus tard, aux États-Unis, Henry Ford industrialise la production. Avec sa Ford Modèle T, il rend la voiture accessible à une plus grande partie de la population. Sa méthode de production à la chaîne a servi de modèle pour toute l'industrie.

Figure 1 : Réf. IMG (3713-1875-4126)

Évolution radicale entre une voiture de 1910 et un modèle de 2020



Figure 1 : Réf. IMG (3713-1875-4126)

Évolution radicale entre une voiture de 1910 et un modèle de 2020

a. Châssis et Carrosserie

La Ford T utilisait un châssis en échelle simple sur lequel était posée une carrosserie séparée. Les véhicules modernes utilisent majoritairement une structure monocoque, où le châssis et la carrosserie ne font qu'un. Cette conception améliore la rigidité et la sécurité en cas de choc. Elle permet aussi de réduire le poids du véhicule.

b. Motorisation et Performance

Le moteur de la Ford T était un 4 cylindres de 2,9 litres produisant environ 20 chevaux. Les moteurs actuels, même de plus petite cylindrée, sont bien plus performants grâce à l'injection électronique, au turbocompresseur et à la gestion informatisée. Un moteur moderne de 1,5 litre peut facilement dépasser 150 chevaux.

c. Sécurité et Confort

La Ford T ne possédait aucun équipement de sécurité moderne. Le freinage agissait uniquement sur les roues arrière. Aujourd'hui, les voitures sont équipées de l'ABS, des airbags, de la direction assistée et de la climatisation. Ces évolutions ont transformé l'expérience de conduite.

C. La diversification et l'ère moderne

Depuis les années 1950, l'automobile n'a cessé de se spécialiser. Des catégories bien distinctes sont apparues pour répondre à des besoins spécifiques :

- **Les berlines :** conçues pour le confort des familles.
- **Les tout-terrains :** capables de s'aventurer sur les pistes difficiles du Kasaï ou de l'Équateur.
- **Les utilitaires :** construits pour le transport de marchandises.
- **Les sportives :** axées sur la performance et la vitesse.

Aujourd'hui, l'électronique est omniprésente et la recherche se concentre sur les motorisations hybrides et électriques pour répondre aux défis énergétiques.

b. L'anecdote du Vieux Atambwe

Au quartier Bel-Air à Lubumbashi, tout le monde connaît le "Vieux Atambwe". Son garage, ouvert en 1975, est un véritable musée vivant de la mécanique. Il raconte souvent comment il a commencé à réparer des Peugeot 504 et des Mercedes 190D, des voitures robustes mais très simples. Pour lui, le grand changement a eu lieu dans les années 2000 avec l'arrivée massive des véhicules d'occasion du Japon.

"Avant, un tournevis, une clé de 13 et une bonne oreille suffisaient pour diagnostiquer une panne", dit-il en souriant. "Aujourd'hui, sans valise de diagnostic électronique, tu es perdu. Le moteur d'une Toyota IST a plus de capteurs que tout mon atelier ! Mais la logique de la mécanique reste la même : comprendre comment ça marche pour savoir pourquoi ça ne marche plus."

Exercice 1 : Le défi du transporteur de Kikwit

Énoncé : Papa Roger, transporteur sur l'axe Kikwit-Kinshasa, possède un vieux camion Mercedes 2624 des années 80. Il décide d'acheter un camion Actros plus récent. Le jeune mécanicien, Patrick, lui explique trois évolutions technologiques majeures entre les deux générations de véhicules. Identifiez ces évolutions sur la base des systèmes fondamentaux.

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Analyse du système d'injection** Le Mercedes 2624 utilise une pompe d'injection mécanique en ligne. C'est un système robuste mais peu précis. L'Actros moderne utilise un système d'injection à rampe commune (Common Rail) géré par un calculateur. Cette évolution permet un meilleur rendement, moins de consommation et moins de pollution.
2. **Étape 2 : Analyse du système de freinage** L'ancien camion dispose d'un freinage pneumatique simple. L'Actros intègre un système de freinage électronique (EBS) avec ABS (antiblocage) et ASR (antipatinage). La sécurité active est donc bien plus élevée sur le modèle récent.
3. **Étape 3 : Analyse de la transmission** Le 2624 est équipé d'une boîte de vitesses manuelle classique. L'Actros est souvent doté d'une boîte de vitesses automatisée (PowerShift), qui optimise le passage des rapports pour économiser du carburant et réduire la fatigue du conducteur.

Exercice 2 : La trouvaille dans le garage de Goma

Énoncé : En rangeant le garage de son grand-père à Goma, Sarah découvre une vieille Volkswagen Coccinelle sous une bâche. Elle ne connaît pas l'année du véhicule. En l'inspectant, quels indices techniques lui permettent de la situer avant les années 1980 ?

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Examen du système d'alimentation** Sarah remarque un carburateur au-dessus du moteur. Les systèmes d'injection électronique se sont généralisés bien après les années 80 sur les modèles populaires. La présence d'un carburateur est un indice fort d'une conception ancienne.
2. **Étape 2 : Observation des éléments de sécurité** L'intérieur est très dépouillé. Il n'y a pas d'airbags. Les ceintures de sécurité sont de simples sangles abdominales (deux points) et non des ceintures à trois points d'ancrage. C'est typique des véhicules produits avant la généralisation des normes de sécurité modernes.
3. **Étape 3 : Analyse du système électrique** Les phares sont des ampoules scellées, rondes et jaunes. Le système électrique est en 6 volts (sur les modèles les plus anciens) ou 12 volts mais avec une dynamo et non un alternateur. L'absence quasi totale d'électronique dans le tableau de bord confirme l'âge du véhicule.

1.2. Architecture générale d'un véhicule (châssis, carrosserie, GMP)

a. Un corps, une âme et des jambes

Pendant des décennies, les premières automobiles ressemblaient à des calèches motorisées. L'idée était simple : poser une cabine sur un cadre rigide qui portait les roues et le moteur. Cette conception, bien que primitive, posait déjà les bases de l'architecture moderne d'un véhicule.

Un véhicule moderne fonctionne comme un organisme vivant. Il possède un squelette pour sa structure (le châssis), une peau pour le protéger et lui donner forme (la carrosserie), ainsi qu'un cœur et des muscles pour se mouvoir (le Groupe Moto-Propulseur). Comprendre cette trilogie est fondamental.

A. Le Châssis : Le squelette roulant

Le châssis est la base structurelle du véhicule. C'est une armature rigide, souvent en acier ou en aluminium, qui supporte tous les autres composants.

Sa fonction première est de garantir la rigidité de l'ensemble et la sécurité. Le châssis encaisse les contraintes de la route, les vibrations du moteur et les forces exercées lors du freinage ou des virages. Les éléments de suspension, la direction et les essieux y sont directement fixés.

On distingue deux types principaux : - **Le châssis séparé (ou châssis-échelle) :** Historiquement utilisé pour les voitures et encore courant sur les poids lourds et certains 4x4 robustes. La carrosserie est une pièce indépendante, simplement boulonnée sur le châssis. - **La coque autoporteuse (ou monocoque) :** Le châssis et la carrosserie sont soudés en une seule pièce. Cette structure est plus légère et plus rigide. Elle est la norme pour la quasi-totalité des voitures de tourisme actuelles.

B. La Carrosserie : L'habillage protecteur

Souvent perçue pour son esthétique, la carrosserie a des rôles techniques essentiels. Elle constitue l'enveloppe extérieure du véhicule. Elle protège les passagers et les organes mécaniques des intempéries et des chocs.

Directement liée à la sécurité, sa conception inclut des zones de déformation programmée. Ces zones se déforment pour absorber l'énergie d'un impact et préserver l'habitacle. La carrosserie joue aussi un rôle majeur dans l'aérodynamisme du véhicule, influençant sa consommation de carburant et sa stabilité à haute vitesse.

C. Le Groupe Moto-Propulseur (GMP) : Le cœur et les muscles

Le GMP est l'ensemble des organes qui génèrent la puissance et la transmettent aux roues. Il transforme l'énergie chimique du carburant en énergie mécanique, puis en mouvement.

Cet ensemble vital se compose de : - **Le Moteur :** Il brûle le carburant pour créer un mouvement de rotation. - **L'Embrayage :** Il connecte ou déconnecte le moteur de la suite de la transmission. - **La Boîte de vitesses :** Elle adapte le couple et la vitesse de rotation du moteur aux besoins de la conduite. - **La Transmission :** Elle inclut les arbres de transmission, le différentiel et les cardans, qui acheminent le mouvement jusqu'aux roues motrices.

Une histoire de Fula-Fula à Matadi

Papa Mbuyi conduit son Mercedes 207, transformé en "Fula-Fula", sur la route sinueuse qui relie le port de Matadi au reste du Kongo Central. Depuis quelques semaines, il sent que son véhicule "danse" étrangement dans les virages, surtout quand il est chargé de sacs de ciment et de passagers. Un jour, en passant sur un gros nid-de-poule, il entend un bruit de craquement sinistre. Au garage, le diagnostic du mécanicien est sans appel. "Papa, ce n'est pas la suspension, c'est plus grave. Le châssis est fatigué, il a une fissure. Des années de surcharge sur nos routes difficiles, ça ne pardonne pas." L'incident de Papa Mbuyi illustre parfaitement le rôle de squelette du châssis. Quand il faiblit, toute la structure du véhicule est compromise.

Exercice 1 : Le puzzle de la Toyota IST de Maman Hélène

Énoncé : Maman Hélène, commerçante à Goma, a eu un léger accrochage en ville avec sa Toyota IST. Le mécanicien lui présente une liste de pièces à remplacer : le pare-chocs avant, le capot, le radiateur de refroidissement et le longeron avant gauche qui est tordu. Classez chaque pièce dans la bonne catégorie : Carrosserie, Châssis ou Groupe Moto-Propulseur (GMP).

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Identifier les éléments de Carrosserie** Le pare-chocs avant et le capot sont des éléments extérieurs visibles. Ils font partie de l'habillage et de la protection. Ce sont donc des composants de la carrosserie.
2. **Étape 2 : Identifier les éléments du Châssis** Le longeron est une poutre maîtresse de la structure du véhicule. Il fait partie intégrante du squelette qui assure la rigidité. Le longeron avant gauche appartient donc au châssis (ou à la structure autoporteuse).
3. **Étape 3 : Identifier les éléments du Groupe Moto-Propulseur (GMP)** Le radiateur de refroidissement est un organe essentiel au bon fonctionnement du moteur. Il empêche la surchauffe. Il fait donc partie des systèmes annexes au moteur, et par extension, au Groupe Moto-Propulseur.

Exercice 2 : Le diagnostic du bus de Kisangani

Énoncé : Junior, un jeune apprenti mécanicien à Kisangani, doit examiner un bus de la ville. Le chauffeur explique : "Le moteur démarre parfaitement et monte bien dans les tours, mais quand j'enclenche une vitesse et que

j'accélère, le bus n'avance pas." En se basant sur la grande architecture d'un véhicule, quelle partie principale est la cause la plus probable du problème : le châssis, la carrosserie ou le GMP ?

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Analyser les symptômes** Le moteur fonctionne. Cela signifie que la partie "Moto" (moteur) du GMP est opérationnelle. Le véhicule ne bouge pas. Cela signifie que la puissance générée par le moteur n'atteint pas les roues.
2. **Étape 2 : Éliminer les causes improbables** Le châssis (la structure) et la carrosserie (l'habillage) n'ont aucune fonction dans la transmission du mouvement. Un problème de châssis causerait des soucis de tenue de route ou de structure, mais n'empêcherait pas la puissance d'arriver aux roues. Le problème n'est donc ni le châssis, ni la carrosserie.
3. **Étape 3 : Isoler le composant défaillant** Le problème se situe entre le moteur et les roues. Cette chaîne d'organes (embrayage, boîte de vitesses, transmission) constitue la partie "Propulseur" du GMP. La panne est donc localisée dans le Groupe Moto-Propulseur, mais spécifiquement dans sa chaîne de transmission.

Chapitre 2. L'Atelier de Mécanique et la Sécurité

2.1. Organisation et propreté du poste de travail

a. Le désordre, un ennemi silencieux

Même si un certain désordre peut sembler être la marque d'un génie absorbé par son travail, en mécanique automobile, il est une invitation directe au danger. Une clé qui traîne au sol, une flaque d'huile non nettoyée, voilà les ingrédients d'un accident grave, que l'on soit à Matadi ou à Bunia. Le désordre est l'ennemi de la précision et de la sécurité.

La propreté n'est pas une simple question d'esthétique pour l'atelier. Elle garantit l'efficacité du diagnostic, prévient les pannes induites et protège la santé du mécanicien sur le long terme. Un poste de travail propre reflète un esprit clair et une méthode rigoureuse.

A. Les Principes de la Méthode 5S

La méthode japonaise "5S" offre un cadre universel pour l'organisation de tout espace de travail. Son objectif est d'éliminer le gaspillage de temps et de réduire les risques. Chaque "S" représente une action clé à mettre en œuvre.

- **Seiri (Débarrasser)** : Identifier et éliminer tout ce qui est inutile sur le poste de travail. Garder uniquement les outils et pièces nécessaires à l'opération en cours.
- **Seiton (Ranger)** : Attribuer une place définie pour chaque outil. L'adage "une place pour chaque chose, et chaque chose à sa place" prend ici tout son sens. Les outils sont rangés par famille et par taille sur des panneaux ou dans des servantes.
- **Seiso (Nettoyer)** : Inspecter et nettoyer systématiquement le poste de travail, les outils et la machine du client après chaque intervention. Un moteur propre permet de repérer plus facilement une nouvelle fuite.
- **Seiketsu (Standardiser)** : Établir des règles claires pour maintenir l'ordre et la propreté. Ces règles doivent être connues et appliquées par tous les membres de l'atelier.
- **Shitsuke (Maintenir)** : Transformer ces actions en habitudes. La discipline personnelle et collective assure la pérennité de l'organisation.

B. Gestion Pratique : Outils et Fluides

Au-delà des principes, l'organisation quotidienne demande des gestes concrets. La gestion des outils et des produits chimiques est au cœur de la sécurité et de l'efficacité.

Concernant les outils, leur rangement doit permettre un accès rapide et un contrôle visuel immédiat. Une servante d'atelier bien organisée ou un panneau mural avec les silhouettes des outils sont des solutions efficaces. Un outil est emprunté, utilisé, nettoyé, puis immédiatement remis à sa place.

La manipulation des fluides (huiles, liquides de refroidissement, liquide de frein) exige une rigueur absolue. L'utilisation de bacs de rétention sous le véhicule pendant une vidange est obligatoire pour prévenir toute pollution du sol. Les fluides usagés et les matériaux souillés (chiffons, absorbants) sont stockés dans des fûts spécifiques en vue de leur recyclage ou de leur élimination sécurisée.

Figure 2 : Réf. IMG (8137-3662-7663)

Poste de travail automobile avant et après application de la méthode 5S.

a. Le chaos initial

Cette situation illustre un danger permanent. Des outils jonchent le sol, créant un risque de chute. Une flaque de liquide non identifié s'étend près de la zone de travail, pouvant provoquer une glissade ou un incendie. La caisse à outils est désordonnée, entraînant une perte de temps considérable pour trouver la bonne clé. Cette configuration augmente le stress et la probabilité d'erreur humaine. Un mécanicien travaillant dans un tel environnement à Boma ou à Kisangani met sa santé et la qualité de sa réparation en péril.

b. L'ordre restauré

Ici, la méthode 5S a été appliquée. Le sol est propre et dégagé. Chaque outil a sa place attitrée sur le panneau mural, facilement identifiable. Les fluides sont contenus dans des bidons étiquetés et un bac de rétention est prêt à l'emploi. L'espace est sécurisé, fonctionnel et professionnel.

c. L'impact sur la sécurité

La transformation est radicale. Le risque de chute est quasi nul. Le temps de recherche d'un outil est éliminé, ce qui améliore la concentration sur la tâche technique. La propreté permet de détecter immédiatement toute nouvelle fuite sur le véhicule. L'environnement de travail inspire confiance au client et valorise le savoir-faire du mécanicien. La sécurité n'est plus une option, elle est intégrée au processus.

b. Scénarios et Exercices

L'anecdote de Papa Kabasele à Lubumbashi est encore racontée aux jeunes apprentis du Haut-Katanga. Son garage était légendaire pour son efficacité, mais aussi pour son désordre monumental. "Je m'y retrouve", disait-il en riant. Un jour, Mavinga, son nouvel apprenti, a glissé sur une petite flaque d'huile de boîte de vitesses que personne n'avait vue sous un tas de vieux cardans. Sa chute lui a causé une fracture du poignet. L'accident a immobilisé Mavinga pendant deux mois. À son retour, la première chose que Papa Kabasele lui a demandée n'était pas de démonter un moteur, mais de l'aider à appliquer la

méthode des "5S". Le garage n'a plus jamais été le même, et plus personne ne s'y est jamais blessé de cette façon.

Exercice 1 : Le cas de la clé de 13 disparue

Énoncé : Jean-Paul, mécanicien dans un atelier très fréquenté de Mbandaka, doit démonter un alternateur sur une Toyota. Il a besoin d'une clé à pipe de 13 mm. Il est certain de l'avoir, mais après 10 minutes de recherche frénétique dans sa servante entièrement désordonnée, il ne la trouve pas. Le client s'impatiente.

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Identifier la cause racine** Le problème immédiat est la clé manquante. La cause profonde est l'absence totale d'organisation dans la servante d'atelier, contraire au principe de *Seiton*. Le désordre génère une perte de temps, du stress et une image non professionnelle.

2. **Étape 2 : Appliquer la solution corrective (Seiri et Seiton)** À la fin de sa journée, Jean-Paul doit vider entièrement sa servante. Il doit trier ses outils (*Seiri*) : jeter les outils cassés, regrouper ceux qui sont en double inutilement. Ensuite, il doit organiser l'espace (*Seiton*), en dédiant un tiroir ou un compartiment pour chaque type d'outil (clés plates, clés à pipe, douilles, tournevis, etc.). L'utilisation de modules en mousse avec les empreintes des outils est la solution idéale.

3. **Étape 3 : Mettre en place une routine préventive (Shitsuke)** Jean-Paul doit adopter une nouvelle discipline : après chaque utilisation, la clé est nettoyée d'un coup de chiffon et immédiatement remise à sa place exacte. Cette habitude (*Shitsuke*) garantit que la servante reste organisée et que chaque outil sera toujours disponible.

Exercice 2 : La fuite d'huile chez Maman Solange

Énoncé : Fatou, mécanicienne à Goma, effectue la vidange sur le véhicule de Maman Solange. En dévissant le bouchon de carter, elle le laisse tomber et une giclée d'huile chaude se répand sur le sol en béton de l'atelier. Paniquée à l'idée de se faire gronder, elle jette rapidement une poignée de sable dessus.

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Analyser l'erreur initiale (Prévention)** L'erreur principale de Fatou a été de ne pas anticiper le risque. Avant de