Code : MS578373



ÉLÉCTRITÉ GÉNÉRALE

1ère Année

Les principes fondamentaux de l'électricité appliqués au domaine de la mécanique automobile.

Domaine : Électricité
Option : Mécanique Automobile



TABLE DES MATIÈRES

PRÉLIMINAIRES **1**

Objectifs Généraux du Cours 1

- 1.1. Maîtrise des concepts fondamentaux 1
- 1.2. Développement des compétences instrumentales 1
- 1.3. Initiation au raisonnement de diagnostic 1

Directives Méthodologiques et Sécuritaires 2

- 1. Approche Pédagogique Fondamentale 2
- 2. Impératifs de Sécurité Incontournables 2
- 3. Principes d'Évaluation 2

Profil de Sortie de l'Élève 2

- 1. Compétences cognitives et théoriques 3
- 2. Compétences techniques et procédurales 3
- 3. Compétences comportementales et sécuritaires 3

PARTIE 1. FONDAMENTAUX ET GRANDEURS ÉLECTRIQUES **4**

Une force invisible mais essentielle 4

Le langage des grandeurs électriques 4

L'application concrète en mécanique 4

La sécurité : une priorité non négociable 4

CHAPITRE 1. NATURE ET PRODUCTION DE L'ÉLECTRICITÉ **5**

1.1. Structure atomique, porteurs de charge et classification des matériaux 5

- a. L'étincelle invisible 5
- A. L'atome : le bloc de construction de la matière 5

FIGURE 1 : RÉF. IMG (8519-2855-0581) **7**

Modèle simplifié de l'atome de cuivre avec ses électrons 7

- B. Les porteurs de charge : les messagers de l'électricité 7
- C. Classification des matériaux : Conducteurs, Isolants et Semi-conducteurs 8

FIGURE 2 : RÉF. IMG (2071-3152-6812) **10**

Comparaison de la structure électronique d'un conducteur et d'un isolant 10

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- Anecdote : La panne de Maman Olangi à Kisangani.....10

1.2. Courant continu et notions de polarité.....12

- a. L'ordre immuable du courant continu.....12
- A. Le sens unique des électrons : le courant continu (CC).....12

FIGURE 3 : RÉF. IMG (4135-5059-0251).....15

Schéma simple d'une ampoule alimentée par une batterie en courant continu.....15

- B. La polarité : la loi des bornes positive et négative.....15

FIGURE 4 : RÉF. IMG (8989-5165-7849).....18

Comparaison d'une LED branchée correctement et incorrectement sur une pile.....18

- Le jour où la batterie a parlé à l'envers.....18

1.3. Sources d'énergie électrique.....20

- a. Le principe de transformation.....20
- A. Les sources chimiques : Piles et Accumulateurs.....20

FIGURE 5 : RÉF. IMG (8795-9991-9754).....23

Schéma d'une pile électrochimique simple avec ses composants de base.....23

- B. Les sources mécaniques : L'alternateur.....23

FIGURE 6 : RÉF. IMG (1141-7025-3073).....25

Principe de l'induction électromagnétique dans un alternateur automobile simp.....25

- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....25

CHAPITRE 2. GRANDEURS FONDAMENTALES ET ANALOGIE.....28

2.1. La tension électrique (Différence de potentiel).....28

- a. La force invisible.....28
- A. Définition et analogie hydraulique.....28

FIGURE 7 : RÉF. IMG (9306-0711-0604).....30

Analogie entre un circuit hydraulique et un circuit électrique simple.....30

- B. Mesure de la tension : le voltmètre.....30

FIGURE 8 : RÉF. IMG (0445-2601-0112).....32

Mesure de la tension d'une batterie de voiture avec un multimètre.....32

- L'anecdote du Vieux Banza.....32

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

2.2. L'intensité du courant électrique....34
- a. Le fleuve et le fil électrique....34
- A. Définition et Unité de Mesure....34
- B. Visualiser l'intensité....34

FIGURE 9 : RÉF. IMG (4441-8076-1194)....37

Analogie entre un circuit électrique et un circuit hydraulique simple....37
- L'anecdote de Papa Kabasele à Lubumbashi....37

2.3. L'analogie hydraulique....39
- a. Du fleuve Congo au circuit électrique....39
- A. La tension est une pression (Volt)....39
- B. Le courant est un débit (Ampère)....39

FIGURE 10 : RÉF. IMG (3280-7596-2508)....41

Analogie entre un circuit hydraulique et un circuit électrique simple....41
- C. La résistance est un étranglement (Ohm)....41

2.4. La résistance électrique (Grandeur physique)....43
- a. Une opposition naturelle....43
- A. Définition et analogie hydraulique....43

FIGURE 11 : RÉF. IMG (2011-4832-5881)....45

Symbole et code couleur d'une résistance électrique de type carbone....45
- B. La loi d'Ohm : La relation fondamentale....45
- C. Rôle de la résistance en mécanique automobile....46

CHAPITRE 3. MESURES ÉLECTRIQUES ET INSTRUMENTS....48

3.1. Mesure de la tension (voltmètre) et de l'intensité (ampèremètre)....48
- a. L'erreur fondamentale du débutant....48
- A. La mesure de la tension (Le Voltmètre)....48

FIGURE 12 : RÉF. IMG (9754-2916-2472)....50

Schéma de branchement correct d'un voltmètre en parallèle sur une batterie....50
- B. La mesure de l'intensité (L'Ampèremètre)....50

3.2. Le multimètre numérique et analogique....53
- a. Le stéthoscope de l'électricien....53
- A. Distinction : Analogique contre Numérique....53

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- B. Les Fonctions Essentielles du Mécanicien.....54

3.3. Précision, erreurs et sécurité des mesures.....56

- a. Le multimètre qui mentait.....56
- A. Précision et Exactitude : les faux jumeaux.....56

FIGURE 13 : RÉF. IMG (5879-1698-3287).....59

Schéma comparant la précision et l'exactitude avec des cibles de tir.....59

- B. Les deux familles d'erreurs.....59
- C. La sécurité : une priorité absolue.....60

FIGURE 14 : RÉF. IMG (3188-4219-0263).....62

Règles de sécurité pour l'utilisation d'un multimètre sur un véhicule.....62

- d. Anecdote : L'ohmmètre de Papa Mbuyi.....62

PARTIE 2. LOIS DES CIRCUITS RÉSISTIFS ET ÉNERGIE.....65

a. La résistance, ce frein nécessaire.....65

b. La loi d'Ohm, la règle du jeu électrique.....65

c. L'effet Joule, quand l'électricité chauffe.....65

d. Du calcul à la panne, l'art du diagnostic.....65

CHAPITRE 4. LA RÉSISTANCE ET LA LOI D'OHM.....66

4.1. Loi d'Ohm : Relation fondamentale.....66

- a. L'intuition de l'effort.....66
- A. Les trois grandeurs électriques.....66

FIGURE 15 : RÉF. IMG (9435-2742-2556).....67

Le triangle de la loi d'Ohm, un outil de calcul rapide.....67

- B. La formulation mathématique.....67

FIGURE 16 : RÉF. IMG (2587-2572-5909).....70

Circuit électrique simple illustrant la tension, le courant et la résistance.....70

- C. Application pratique en mécanique automobile.....70

4.2. Caractéristiques statiques des résistances et code des couleurs.....72

- a. Un code secret sur un composant banal.....72
- A. La résistance : définition et caractéristique statique.....73

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

FIGURE 17 : RÉF. IMG (1020-8950-8542) **75**

Anatomie d'une résistance à couche de carbone et ses anneaux colorés 75

- B. Le code des couleurs : déchiffrer la valeur 75

FIGURE 18 : RÉF. IMG (2287-6496-7894) **77**

Tableau universel du code des couleurs pour les résistances à 4 anneaux 77

- Scénarios et Exercices 77

4.3. Résistances variables : potentiomètres et rhéostats 79

- a. Le contrôle invisible 79
- A. Le potentiomètre : le diviseur de tension 79

FIGURE 19 : RÉF. IMG (4556-3877-2342) **81**

Structure interne et symbole schématique d'un potentiomètre 81

- B. Le rhéostat : le limiteur de courant 81

4.4. Influence de la température sur la résistance (PTC/NTC) 83

- a. L'énigme du matin froid 83
- A. Le principe général : l'agitation thermique 84
- B. La résistance à Coefficient de Température Positif (CTP ou PTC) 84

FIGURE 20 : RÉF. IMG (2932-5929-0503) **86**

Graphique comparatif des comportements PTC et NTC face à la température 86

- C. La résistance à Coefficient de Température Négatif (CTN ou NTC) 86

FIGURE 21 : RÉF. IMG (4148-7433-3471) **89**

Localisation d'une sonde de température NTC sur un bloc moteur automobile 89

- L'astuce du vieux mécanicien de Mbandaka 89

CHAPITRE 5. ASSOCIATIONS DE RÉSISTANCES ET KIRCHHOFF **92**

5.1. Couplage en série et diviseur de tension 92

- a. Le chemin unique de l'électron 92
- A. Le couplage en série : une seule route pour le courant 92

FIGURE 22 : RÉF. IMG (4318-0240-3689) **94**

Schéma d'un circuit simple avec trois résistances en série 94

- B. Le diviseur de tension : partager le gâteau électrique 94

FIGURE 23 : RÉF. IMG (3091-3469-4183) **97**

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

Circuit diviseur de tension avec deux résistances et points de mesure....97
- Scénarios et Exercices....97

5.2. Couplage en parallèle et diviseur de courant....99
- a. Plusieurs chemins pour un seul courant....99
- A. Définition et lois du couplage en parallèle....99
- B. La formule du diviseur de courant....100

5.3. Résolution de circuits mixtes par application des lois de Kirchhoff....102
- a. Naviguer dans la complexité....102
- A. La Méthodologie Kirchhoff : Un Plan en Quatre Étapes....102

FIGURE 24 : RÉF. IMG (6883-2406-8962)....105

Schéma d'un circuit mixte avec deux mailles et deux nœuds....105
- B. Écriture et Résolution des Équations....105

FIGURE 25 : RÉF. IMG (2532-4746-7672)....107

Focus sur l'orientation des courants et des tensions dans une maille....107
- Scénarios et Exercices....107

CHAPITRE 6. ÉNERGIE, PUISSANCE ET THERMIQUE....110

6.1. Puissance électrique et Loi de Joule....110
- a. Le secret de l'ambre jaune....110
- A. La puissance électrique (P)....110
- B. L'effet Joule : la chaleur non désirée… et parfois utile....111

6.2. Loi de Pouillet, résistivité et chute de tension en ligne....114
- a. Le paradoxe du bon conducteur....114
- A. La résistance d'un fil : Loi de Pouillet....114
- B. Chute de tension en ligne....115

FIGURE 26 : RÉF. IMG (9147-8588-4929)....117

Mesure de la chute de tension dans un circuit automobile simple....117
- Scénarios et Exercices....117
- Une panne tenace à Lubumbashi....117

6.3. Protection des circuits : fusibles et disjoncteurs....119
- a. L'étincelle de la sécurité....119
- A. Le fusible : le sacrifice utile....119

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

FIGURE 27 : RÉF. IMG (5894-9935-3351) **122**

Anatomie et symboles normalisés des fusibles automobiles et domestiques 122

- B. Le disjoncteur : le gardien réarmable 122

FIGURE 28 : RÉF. IMG (1677-8090-3808) **124**

Mécanisme interne d'un disjoncteur thermique et magnétique 124

- L'anecdote du "démarreur têtu" de Matadi 124

PARTIE 3. STOCKAGE ET APPLICATIONS CAPACITIVES **127**

L'idée d'une réserve d'énergie instantanée 127

La structure physique : simple et efficace 127

Le rôle du condensateur : un stabilisateur de tension 127

Applications concrètes dans l'atelier automobile 127

CHAPITRE 7. LES GÉNÉRATEURS ELECTROCHIMIQUES **128**

7.1. Principe de l'accumulateur au plomb 128

- a. La promesse de l'étincelle 128
- A. Composition d'un élément d'accumulateur 128

FIGURE 29 : RÉF. IMG (3162-4074-8408) **130**

Schéma simplifié d'une cellule d'accumulateur au plomb en coupe transversale 130

- B. Le Cycle Charge-Décharge 130

FIGURE 30 : RÉF. IMG (6206-0577-0458) **133**

Transformation chimique des plaques et de l'électrolyte durant la décharge 133

- SCÉNARIOS ET EXERCICES 133

7.2. Modèle de la source réelle : f.é.m. et résistance interne 135

- a. La pile parfaite n'existe pas 135
- A. La force électromotrice (f.é.m.) : La tension à vide 135
- B. La résistance interne (r) : La perte inévitable 136

FIGURE 31 : RÉF. IMG (5326-2679-0385) **138**

Modèle de Thévenin d'un générateur réel de tension 138

- C. Loi d'Ohm appliquée au générateur 138

7.3. Association des accumulateurs (série et parallèle) 140

- a. Le besoin de plus de puissance ou d'autonomie 140

- A. L'Association en Série : Additionner les Tensions.....141

FIGURE 32 : RÉF. IMG (9492-9414-5327).....143

Schémas de montage de batteries en série et en parallèle.....143

- B. L'Association en Parallèle : Additionner les Capacités.....143

7.4. Entretien et diagnostic des batteries.....145

- a. L'essentiel d'une batterie bien entretenue.....145
- A. L'inspection visuelle et le nettoyage.....146
- B. Le contrôle de la tension avec un multimètre.....146

FIGURE 33 : RÉF. IMG (7179-9322-0288).....148

Mécanicien utilisant un pèse-acide pour vérifier l'électrolyte d'une batterie.....148

- L'anecdote du Vieux Mavungu.....148

CHAPITRE 8. LE CONDENSATEUR ET L'ÉLECTROSTATIQUE.....151

8.1. Constitution et capacité du condensateur.....151

- a. L'avertissement du technicien averti.....151
- A. Anatomie d'un gardien de charge.....151

FIGURE 34 : RÉF. IMG (0981-5281-7064).....153

Structure fondamentale d'un condensateur plan simple et ses composants clés.....153

- B. La Capacité : le "réservoir" à électrons.....153

FIGURE 35 : RÉF. IMG (9693-1846-1263).....156

Diversité des condensateurs utilisés en électronique automobile et grand public.....156

- L'anecdote du Vieux Bafula et du poste radio de Mbandaka.....156

8.2. Phénomènes de charge et décharge dans un circuit RC.....158

- a. Une temporisation électrique.....158
- A. La charge du condensateur : une accumulation contrôlée.....158

FIGURE 36 : RÉF. IMG (5203-3538-7853).....161

Schéma du circuit RC en charge et sa courbe de tension.....161

- B. La décharge du condensateur : une restitution d'énergie.....161

FIGURE 37 : RÉF. IMG (7201-4067-4075).....163

Schéma du circuit RC en décharge et sa courbe de tension.....163

- C. Scénarios et Exercices.....163

8.3. Comportement en régime continu et en régime variable....165
- a. Le paradoxe du portail de Mbandaka....165
- A. Le condensateur en régime continu (DC)....165
- B. Le condensateur en régime variable (AC)....166

FIGURE 38 : RÉF. IMG (1814-0308-9183)....168

Comportement du condensateur face aux courants continu et alternatif....168
- Anecdotes et Applications Pratiques....168

8.4. Applications à l'antiparasitage et à l'allumage classique....170
- a. L'étincelle et le grésillement....170
- A. Le condensateur comme filtre : l'antiparasitage....170

FIGURE 39 : RÉF. IMG (6994-9875-2762)....172

Circuit d'antiparasitage simple sur un alternateur de véhicule....172
- B. Le condensateur dans l'allumage classique (à rupteur)....172

FIGURE 40 : RÉF. IMG (3796-6626-3761)....175

Schéma d'un circuit d'allumage classique avec condensateur et rupteur....175
- L'astuce du vieux mécano de Bumba....175

CHAPITRE 9. SYNTHÈSE ET MÉTHODOLOGIE DE DÉPANNAGE....178

9.1. Calcul de section des conducteurs automobiles....178
- a. L'analogie du tuyau d'eau....178
- A. L'importance de la section : Surchauffe et chute de tension....178
- B. La formule de calcul pratique....178

FIGURE 41 : RÉF. IMG (5988-8044-3984)....181

Comparaison visuelle des sections de câbles électriques automobiles....181
- Scénarios et Exercices....181
- L'anecdote du "fusible-clou"....181

9.2. Analyse des pannes : mauvais contacts et défauts de masse....183
- a. Le mystère de la panne fantôme....183
- A. Le mauvais contact : l'ennemi invisible....183

FIGURE 42 : RÉF. IMG (9522-9353-1350)....185

Visualisation d'un mauvais contact sur une cosse de batterie oxydée....185
- B. Le défaut de masse : le retour à la source interrompu....185

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

FIGURE 43 : RÉF. IMG (3838-0349-0005)..... 187

Schéma d'un défaut de masse et son chemin de courant anormal..... 187

- Scénarios et Exercices..... 187
- Une histoire de patience à Bandundu..... 187

9.3. Lecture et interprétation des schémas électriques (DIN/ISO)..... 189

- a. Le plan de l'architecte électricien..... 189
- A. La grammaire universelle du câble..... 189
- B. Identifier les acteurs : symboles et codes..... 189

FIGURE 44 : RÉF. IMG (0198-9693-0659)..... 192

Symboles électriques automobiles de base selon la norme DIN/ISO..... 192

- C. Méthode de lecture : du plus au moins..... 192

9.4. Méthodologie de dépannage logique d'un circuit simple..... 195

- a. L'approche du technicien..... 195
- A. Le Principe de la "Demi-Coupure"..... 195
- B. Les Trois Questions Fondamentales..... 196

FIGURE 45 : RÉF. IMG (7517-4714-0174)..... 198

Schéma de dépannage logique d'un circuit de phare automobile..... 198

- L'astuce de Papa Mbuyi à Kananga..... 198

ANNEXES..... 201

Symboles Électriques Normalisés (DIN/ISO)..... 201

- A. Fondements et Normes..... 201
- B. Conducteurs, Connexions et Masse..... 201
- C. Sources d'Alimentation et Dispositifs de Protection..... 202
- D. Interrupteurs et Commandes..... 203
- E. Relais Électromécaniques..... 203
- F. Récepteurs (Charges)..... 204
- G. Composants Passifs et Semi-conducteurs..... 204

Tableau de Résistivité et Sections de Câbles (AWG/mm²)..... 204

- A. La Résistivité (ρ) : Définition et Influence..... 204
- B. Conducteurs Courants en Automobile..... 206
- C. Standardisation des Sections de Câbles..... 206
- D. Tableaux de Référence..... 207

Guide de Sécurité Électrique en Atelier..... 208

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- A. Identification des Risques Électriques Spécifiques à l'Atelier.....208
- B. Physiopathologie de l'Électrisation et de l'Électrocution.....209
- C. Mesures de Prévention Actives et Passives.....210
- D. Protocoles Spécifiques aux Véhicules Hybrides (HV) et Électriques (EV).....211

Formulaire d'Électricité Générale.....212

- A. Grandeurs Électriques Fondamentales.....212
- B. Lois Fondamentales des Circuits.....213
- C. Association des Résistances.....213
- D. Propriétés des Matériaux.....215

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

PRÉLIMINAIRES

Objectifs Généraux du Cours

Ce cursus a pour vocation de structurer la pensée technique de l'apprenant en mécanique automobile. Il s'agit de dépasser le simple stade de l'observation pour atteindre celui de l'analyse fonctionnelle des systèmes électriques embarqués.

La finalité est de former des techniciens capables de corréler un symptôme (une panne) à une cause électrique fondamentale, en s'appuyant sur des principes physiques et une méthodologie rigoureuse. L'enseignement met l'accent sur le lien indissociable entre la théorie et sa validation par la mesure.

1.1. Maîtrise des concepts fondamentaux

Le premier axe pédagogique vise l'acquisition solide des grandeurs électriques : la tension (U), l'intensité (I) et la résistance (R). Cette maîtrise s'articule autour de la loi d'Ohm ($U = R \times I$), pierre angulaire de toute analyse de circuit. La capacité à modéliser mathématiquement un circuit simple, en série ou en parallèle, constitue une compétence non négociable au terme de cette première année.

1.2. Développement des compétences instrumentales

Au-delà de la théorie, le parcours développe la compétence instrumentale. L'apprenant doit manipuler un multimètre avec assurance pour mesurer les grandeurs électriques sur des bancs didactiques ou des véhicules. Parallèlement, la lecture fluide des schémas électriques automobiles est un objectif prioritaire. Cette compétence assure le lien entre la représentation symbolique et le câblage physique du véhicule.

1.3. Initiation au raisonnement de diagnostic

L'objectif terminal est d'initier l'apprenant à une démarche de diagnostic structurée. Face à une panne simple, il doit pouvoir formuler une hypothèse, définir une stratégie de mesures et interpréter les résultats. Ce processus inculque les bases du raisonnement hypothético-déductif, essentiel à la future pratique professionnelle en atelier, que ce soit à Matadi ou à Bunia.

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

Directives Méthodologiques et Sécuritaires

1. Approche Pédagogique Fondamentale

La démarche pédagogique articule systématiquement le savoir théorique et sa mise en œuvre pratique. Chaque principe physique, de la loi d'Ohm au magnétisme, trouve son application directe dans le diagnostic d'un circuit automobile. L'enseignement progresse du simple au complexe, en utilisant le raisonnement hypothético-déductif pour analyser une panne simulée ou réelle. L'objectif final est l'autonomie de l'apprenant face à un dysfonctionnement électrique en atelier.

2. Impératifs de Sécurité Incontournables

La sécurité électrique est un prérequis absolu. Tout accès à l'atelier est conditionné par la maîtrise et l'application rigoureuse des procédures de consignation. L'enseignant a la responsabilité de former et d'évaluer la connaissance des risques (contact direct, indirect, court-circuit) et l'utilisation des équipements de protection individuelle (EPI). Aucune manipulation sur circuit réel ne sera autorisée sans validation préalable des compétences sécuritaires de l'élève.

3. Principes d'Évaluation

L'évaluation est duale. Elle mesure l'acquisition des connaissances théoriques par des épreuves écrites et la maîtrise des savoir-faire par des mises en situation professionnelle. La capacité de l'élève à diagnostiquer une panne en suivant une méthodologie structurée, à utiliser correctement un multimètre et à interpréter les schémas électriques est centrale. L'évaluation formative continue est privilégiée pour corriger les erreurs en temps réel.

Profil de Sortie de l'Élève

Au terme de ce module de première année, l'élève mécanicien automobile doit avoir validé un socle de compétences fondamentales. Ce profil n'exige pas une expertise exhaustive, mais une autonomie fonctionnelle sur les circuits électriques de base d'un véhicule. La finalité est de former un technicien capable d'identifier, de mesurer et d'intervenir en sécurité sur des pannes électriques simples, préparant ainsi le terrain pour les systèmes multiplexés plus complexes des années suivantes.

1. Compétences cognitives et théoriques

1.1. Maîtrise des grandeurs électriques

L'apprenant définit et différencie avec précision la tension (U), le courant (I) et la résistance (R). Il énonce la loi d'Ohm ($U = R \times I$) et l'applique pour calculer une grandeur manquante dans un circuit simple.

1.2. Identification des composants et circuits

L'élève reconnaît visuellement et symboliquement les composants électriques majeurs d'un véhicule : batterie, alternateur, démarreur, fusibles, relais, interrupteurs et consommateurs (ampoules, moteurs). Il distingue un circuit en série d'un circuit en parallèle et explique leurs implications sur la tension et le courant.

2. Compétences techniques et procédurales

2.1. Dextérité instrumentale

Sa maîtrise du multimètre est effective. Il l'utilise de manière autonome pour réaliser trois mesures fondamentales sur un circuit hors tension ou sous tension : la mesure d'une tension continue, la mesure d'une résistance et le test de continuité.

2.2. Rigueur méthodologique

Face à une panne simple (ex: un phare qui ne s'allume pas), l'apprenant applique une méthode de diagnostic logique. Il commence par les vérifications élémentaires (fusible, ampoule) avant de procéder à des mesures pour localiser la cause (coupure, court-circuit).

3. Compétences comportementales et sécuritaires

3.1. Conscience du risque électrique

L'élève identifie les dangers du courant continu automobile, notamment les risques de court-circuit (incendie) et de brûlures. Il applique systématiquement la procédure de déconnexion de la batterie avant toute intervention majeure.

Partie 1. FONDAMENTAUX ET GRANDEURS ÉLECTRIQUES

Une force invisible mais essentielle

Un véhicule moderne, même à Bukavu, ne démarre pas par magie. Le klaxon, les phares, le démarreur… tout obéit à une énergie invisible : l'électricité. Cette force circule dans des fils, silencieuse et pourtant si puissante. Comprendre ses lois, c'est comme apprendre le secret du fonctionnement du moteur et de tous les accessoires qui rendent la conduite possible et confortable.

Le langage des grandeurs électriques

Pour dialoguer avec un circuit, il faut maîtriser son vocabulaire. La tension (en Volts) mesure la "poussée" de l'énergie. Le courant (en Ampères) représente le "débit" des électrons en mouvement. La résistance (en Ohms) qualifie le "freinage" de ce flux. Ces trois grandeurs sont les piliers de tout diagnostic. Les ignorer, c'est parler une langue étrangère à son propre véhicule.

L'application concrète en mécanique

À Mbuji-Mayi ou à Mbandaka, un bon mécanicien n'est pas un théoricien. Il est un praticien. La connaissance de la tension, du courant et de la résistance lui permet de répondre à des questions vitales. Pourquoi la batterie se décharge-t-elle trop vite ? Un phare éclaire-t-il faiblement ? Le multimètre devient alors son outil pour traduire les symptômes en une cause électrique précise.

La sécurité : une priorité non négociable

L'électricité qui fait démarrer une voiture peut aussi blesser gravement. Elle ne pardonne pas l'imprudence. Le respect des règles de sécurité n'est pas une option, c'est la marque du professionnalisme. Un amateur prend des risques inutiles ; un technicien automobile averti protège sa vie, celle de ses clients et le matériel qui lui est confié. La première compétence est la prudence.

Chapitre 1. Nature et Production de l'Électricité

1.1. Structure atomique, porteurs de charge et classification des matériaux

a. L'étincelle invisible

Un des faits les plus fascinants est que l'électricité est partout, mais reste invisible. La foudre qui zèbre le ciel du Kwilu est une décharge électrique spectaculaire. Pourtant, le principe qui l'anime est le même qui fait démarrer une moto à Bunia. Les anciens Grecs avaient déjà remarqué qu'en frottant de l'ambre (en grec, *elektron*), celle-ci attirait de petits objets.

Cette force mystérieuse est enfermée au cœur de la matière. Comprendre sa nature, c'est comme apprendre le langage secret de l'univers. Chaque fil, chaque batterie, chaque bougie d'allumage dans un moteur de voiture obéit à ces lois fondamentales. La maîtrise de ce langage est la première étape pour devenir un bon technicien automobile.

A. L'atome : le bloc de construction de la matière

Toute matière, qu'il s'agisse du cuivre d'un câble ou du plastique d'une gaine, est composée d'atomes. Un atome possède un centre dense et lourd, le noyau.

Le noyau contient deux types de particules : - Les **protons**, qui ont une charge électrique positive (+). - Les **neutrons**, qui n'ont pas de charge électrique (ils sont neutres).

Autour de ce noyau gravitent des particules beaucoup plus légères : les **électrons**. Chaque électron porte une charge électrique négative (-). Un atome est électriquement neutre lorsque le nombre d'électrons est égal au nombre de protons. Les charges positives et négatives s'annulent.

Figure 1 : Réf. IMG (8519-2855-0581)

Modèle simplifié de l'atome de cuivre avec ses électrons

a. Le noyau central



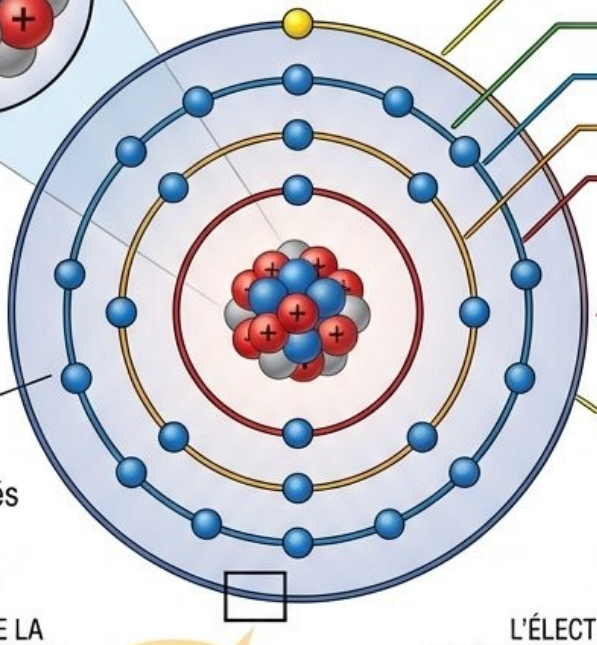
Noyau central de cuivre : protons (+), neutrons et neutrons

Charges positives attirent les électrons négatifs



Masse métallique de bloc-cylindres : milliards de noyaux et d'électrons organisés

b. Les couches électroniques



COUCHES ÉLECTRONIQUES SUCCESSIVES (électrons total)

- **N** (1 électron)
- **M** (1 électrons)
- **L** (8 électrons)
- **L** (8 électrons)
- **K** (2 électrons)

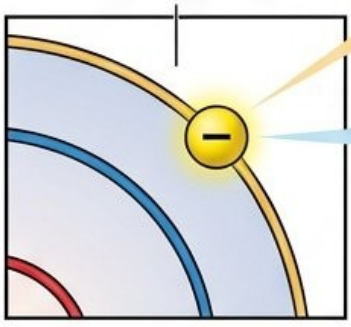
29

Fortement liés (proche du noyau)

Faiblement liés (éloignés)

c. L'électron libre

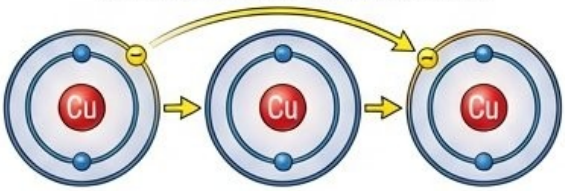
COUCHE ÉLECTRONIQUE LA PLUS EXTERNE (PÉRIPHÉRIE) : 1 seul électron

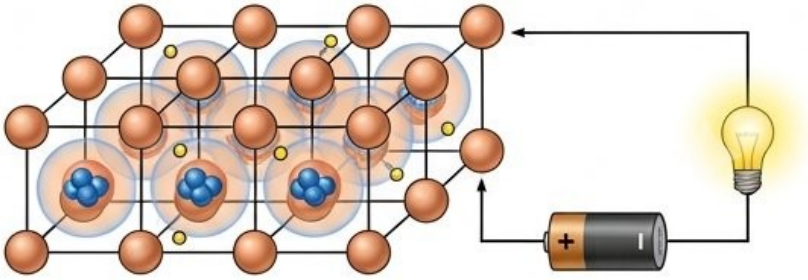


Cuivre = excellent conducteur

Électron très faiblement lié au noyau

L'ÉLECTRON LIBRE : ACTEUR DU COURANT ÉLECTRIQUE





C'est cet « électron libre » qui est le véritable acteur du courant électrique

Figure 1 : Réf. IMG (8519-2855-0581)

Modèle simplifié de l'atome de cuivre avec ses électrons.

a. Le noyau central

Au centre se trouve le noyau de cuivre. Il est chargé positivement à cause de ses protons. Cette charge positive attire et retient les électrons négatifs en orbite, un peu comme le soleil retient les planètes. Dans un moteur, la masse métallique du bloc-cylindres est constituée de milliards de noyaux et d'électrons organisés.

b. Les couches électroniques

Les électrons ne tournent pas au hasard. Ils sont organisés en couches successives, de la plus proche à la plus éloignée du noyau. Chaque couche peut contenir un nombre maximal d'électrons. Celles qui sont proches du noyau sont fortement liées. Celles qui sont à la périphérie le sont beaucoup moins.

c. L'électron libre

Le cuivre est un excellent conducteur car son atome possède un seul électron sur sa couche la plus externe. Cet électron est très faiblement lié au noyau. Il peut facilement s'échapper et se déplacer d'un atome à l'autre. C'est cet "électron libre" qui est le véritable acteur du courant électrique.

B. Les porteurs de charge : les messagers de l'électricité

Le courant électrique est un déplacement ordonné de porteurs de charge. Dans les métaux qui constituent les circuits d'une voiture (câbles, châssis), ces porteurs de charge sont les électrons libres.

Quand aucune tension n'est appliquée, ces électrons bougent de façon désordonnée dans le matériau. Ils vont dans toutes les directions, comme une foule agitée sur le marché de Gambela. Dès qu'une tension est appliquée (par exemple, par la batterie), les électrons sont "poussés" dans une même direction. Ce flux orienté est le courant électrique.

C. Classification des matériaux : Conducteurs, Isolants et Semi-conducteurs

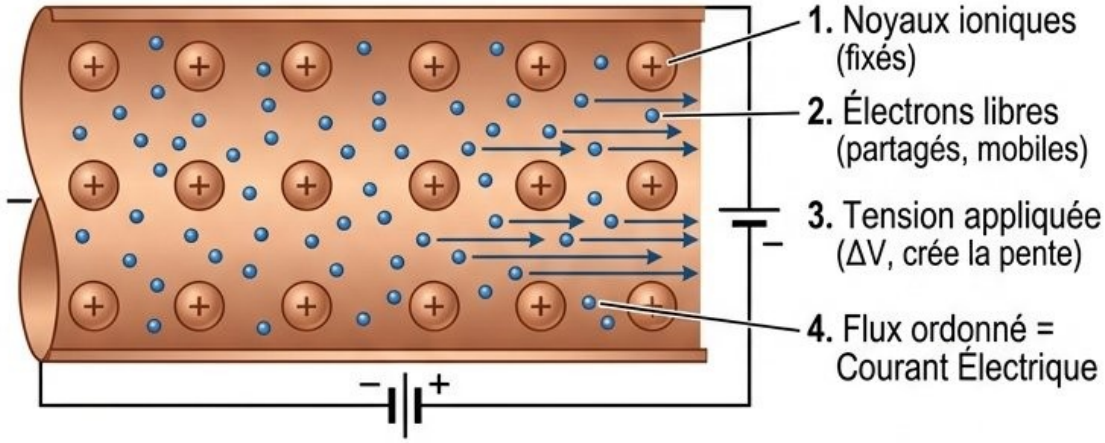
Tous les matériaux ne laissent pas passer le courant de la même manière. Leur capacité dépend de la disponibilité de leurs électrons libres.

- **Les Conducteurs** : Ils possèdent beaucoup d'électrons libres. Ils laissent passer le courant très facilement. Les métaux comme le cuivre, l'aluminium et l'acier sont des conducteurs. Le circuit électrique d'un véhicule est fait de fils de cuivre.
- **Les Isolants** : Leurs électrons sont très fortement liés au noyau. Ils n'ont quasiment pas d'électrons libres. Ils bloquent le passage du courant. Le plastique, le caoutchouc, le verre et la céramique sont des isolants. Ils assurent la sécurité en empêchant les courts-circuits.
- **Les Semi-conducteurs** : Ils sont un cas intermédiaire. Leur capacité à conduire l'électricité peut être contrôlée. Le silicium est le plus connu. Ces matériaux sont la base de toute l'électronique moderne, y compris les boîtiers de gestion moteur (ECU).

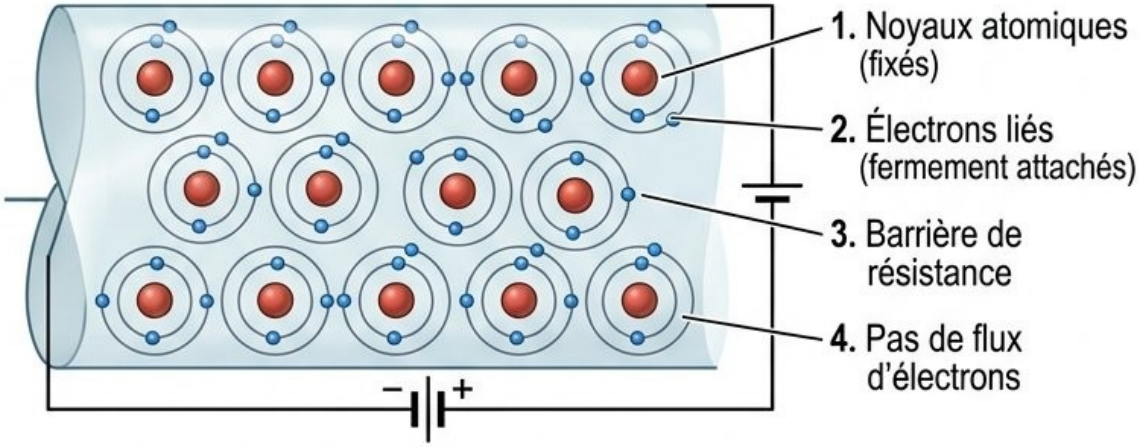
Figure 2 : Réf. IMG (2071-3152-6812)

Comparaison de la structure électronique d'un conducteur et d'un isolant.

a. La mer d'électrons du conducteur



b. Les électrons liés de l'isolant



c. Application en mécanique automobile

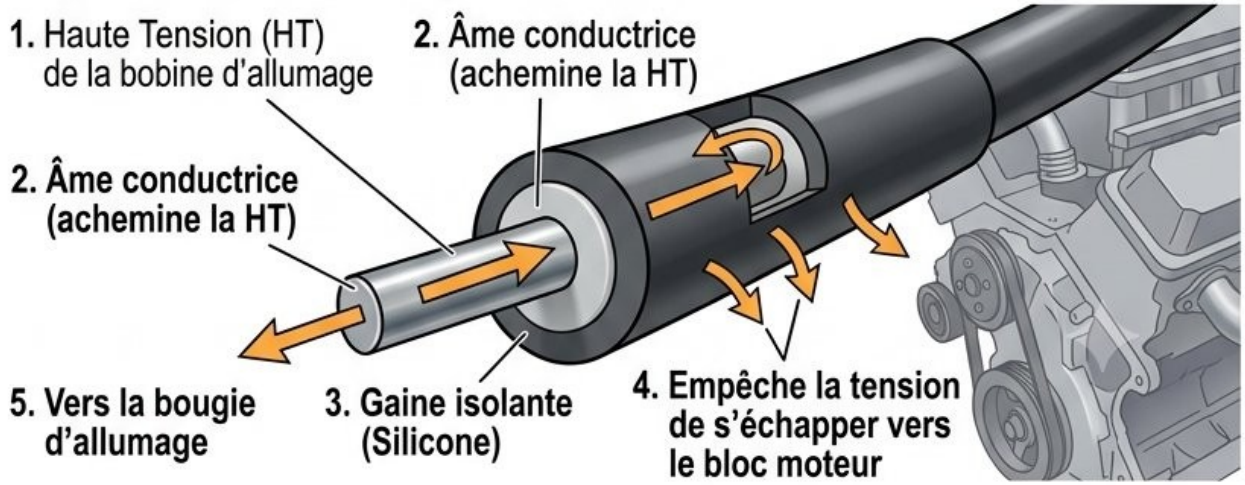


Figure 2 : Réf. IMG (2071-3152-6812)

Comparaison de la structure électronique d'un conducteur et d'un isolant.

a. La mer d'électrons du conducteur

Dans un métal conducteur, les électrons libres forment une sorte de "mer" partagée par tous les noyaux. Ils ne sont plus attachés à un atome spécifique et peuvent voyager librement à travers tout le matériau. Appliquer une tension, c'est comme créer une pente : la mer d'électrons se met à couler dans une direction, créant le courant.

b. Les électrons liés de l'isolant

Dans un matériau isolant, chaque électron est fermement attaché à son atome parent. Il n'y a pas de "mer" d'électrons. Même en appliquant une forte tension, les électrons ne peuvent pas se déplacer. Le matériau résiste donc au passage du courant. Il agit comme un mur.

c. Application en mécanique automobile

Cette distinction est vitale en automobile. Un fil de bougie est un exemple parfait. Au centre, une âme conductrice achemine la haute tension. Autour, une épaisse gaine de silicone (un isolant) empêche cette tension de s'échapper vers le bloc moteur, ce qui causerait une panne d'allumage.

Anecdote : La panne de Maman Olangi à Kisangani

Le Toyota de Maman Olangi, une commerçante bien connue au marché central de Kisangani, refuse de démarrer un matin. Le démarreur fait un simple "clic". Elle appelle Patient, un jeune mécanicien du quartier. Patient ouvre le capot et inspecte la batterie. Il ne mesure pas la tension tout de suite. Il observe. La cosse négative de la batterie est recouverte d'une poudre blanche et verdâtre. C'est du sulfate de plomb, un produit de corrosion. Patient explique à Maman Olangi que ce sulfate, bien que provenant du métal, est un très mauvais conducteur. C'est un isolant ! Il empêche le courant puissant de la batterie d'atteindre le démarreur. Avec une brosse métallique et un peu d'eau chaude, il nettoie la cosse et la borne. Il resserre le tout. Maman Olangi tourne la clé : le

moteur démarre au quart de tour. La panne n'était pas électrique, mais une rupture de conductivité.

Exercice 1 : Le fil dénudé de Papa Landu

Énoncé : Papa Landu, chauffeur de taxi à Mbuji-Mayi, répare son clignotant. Il remarque qu'un fil d'alimentation, dont la gaine en plastique est partie, touche directement la carrosserie métallique de sa voiture. Pourquoi son mécanicien lui dit que c'est très dangereux et qu'il doit isoler ce fil immédiatement ?

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Identifier les matériaux et leurs rôles** L'âme du fil est en cuivre, un conducteur. La gaine est en plastique, un isolant. La carrosserie de la voiture est en acier, un autre conducteur.
2. **Étape 2 : Analyser la situation normale** Normalement, la gaine isolante empêche le cuivre conducteur de toucher la carrosserie conductrice. Le courant ne circule que dans le fil, vers l'ampoule du clignotant.
3. **Étape 3 : Analyser le défaut** Sans la gaine, le conducteur (fil) touche directement un autre conducteur (carrosserie). La carrosserie est reliée à la borne négative de la batterie (la masse). Le courant, toujours à la recherche du chemin le plus court, va passer directement du fil à la carrosserie sans aller jusqu'à l'ampoule. C'est un court-circuit.
4. **Étape 4 : Conclure sur le danger** Ce court-circuit peut provoquer une surchauffe du fil et déclencher un incendie. Il peut aussi vider la batterie très rapidement ou griller un fusible. Isoler le fil avec du ruban adhésif (un isolant) rétablit la sécurité.

Exercice 2 : Le choix du bon tournevis à Goma

Énoncé : Fiston, apprenti mécanicien à Goma, doit débrancher une batterie. Il a deux tournevis. L'un a un manche en plastique épais. L'autre est entièrement métallique. Son patron lui ordonne d'utiliser exclusivement celui avec le manche en plastique. Pourquoi cette instruction est-elle une règle de sécurité absolue ?

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Classifier les tournevis** Le premier tournevis est composé d'une tige en métal (conducteur) et d'un manche en

plastique (isolant). Le second tournevis est entièrement en métal (conducteur).

2. **Étape 2 : Simuler le risque** Si Fiston utilise le tournevis tout en métal et qu'il touche la borne positive (+) de la batterie, son corps peut devenir un chemin pour le courant si, par accident, la tige du tournevis touche une partie métallique de la voiture (la masse, reliée à la borne négative).

3. **Étape 3 : Expliquer le rôle de l'isolant** Avec le tournevis au manche en plastique, même si la tige métallique touche la borne positive, le manche isolant empêche le courant de passer à travers la main et le corps de Fiston. Le plastique bloque le passage de l'électricité.

4. **Étape 4 : Formuler la règle de sécurité** Le manche en plastique agit comme une barrière de protection. Il isole l'utilisateur du circuit électrique. En électricité automobile, on utilise toujours des outils avec des poignées isolantes pour se protéger contre les chocs électriques et les courts-circuits accidentels.

1.2. Courant continu et notions de polarité

a. L'ordre immuable du courant continu

Pendant des décennies, avant même la grande guerre des courants entre Tesla et Edison, la première forme d'électricité maîtrisée fut le courant continu. C'est le flux simple et prévisible, comme l'eau du fleuve Congo qui s'écoule toujours vers l'océan, sans jamais faire demi-tour. Sa nature est directe, constante.

Cette simplicité est sa force. La quasi-totalité de l'électronique automobile, de l'allumage des phares à la gestion du moteur, dépend de ce courant stable. Comprendre sa polarité, c'est détenir la clé du diagnostic électrique sur un véhicule, de Mbandaka à Goma.

A. Le sens unique des électrons : le courant continu (CC)

Le courant continu (CC), ou Direct Current (DC) en anglais, décrit un flux d'électrons qui se déplace toujours dans la même direction. La source de ce courant est typiquement une batterie, une pile ou une dynamo. L'intensité du courant peut varier, mais son sens de circulation reste inchangé.

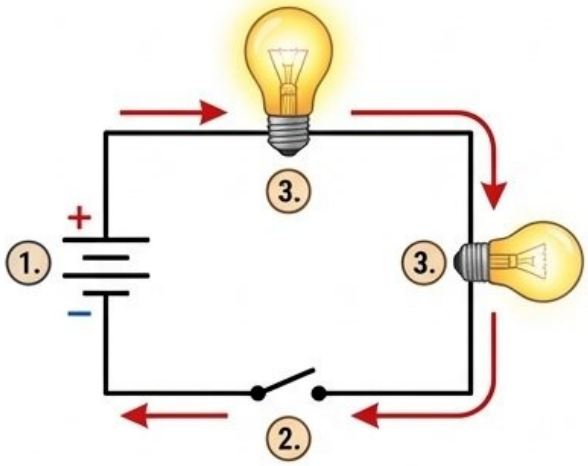
Historiquement, le sens conventionnel du courant fut défini de la borne positive (+) vers la borne négative (-). Les électrons, eux, se déplacent en réalité du (-) vers le (+). Pour le mécanicien, retenir le sens conventionnel est essentiel pour lire les schémas électriques automobiles.

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

Figure 3 : Réf. IMG (4135-5059-0251)

Schéma simple d'une ampoule alimentée par une batterie en courant continu.

a. LE CIRCUIT DE BASE



Source (Batterie), Conducteurs (Fils), Récepteur (Ampoule)



La batterie fournit l'énergie pour la circulation ordonnée.

b. LES ACTEURS DU CIRCUIT

(L'interrupteur, non montré, ouvrirait ou fermerait ce chemin.)

BATTERIE (Générateur) :
Établit la différence de potentiel.
Générateur d'énergie.



FILS CONDUCTEURS :
Chemin du courant.
Matériau à faible résistance.

FILS CONDUCTEURS :
Chemin du courant.
Matériau à faible résistance.



AMPOULE (Récepteur):
Transforme l'énergie électrique en lumière et en chaleur.

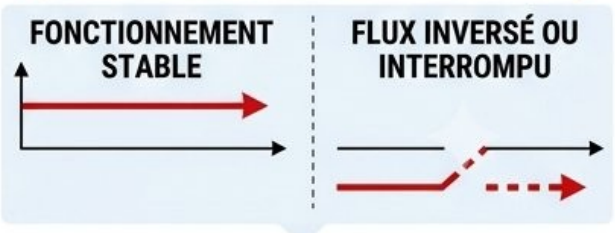
c. L'IMMUABILITÉ DU FLUX

COURANT CONTINU (DC) :
Sens unique pour toujours.

Unidirectionnel.
Vitesse et eirt sens constants.

Cette constance garantit un fonctionnement stable.

SENS UNIQUE POUR TOUJOURS



Un changement perturbe ou coupe le circuit.

Figure 3 : Réf. IMG (4135-5059-0251)

Schéma simple d'une ampoule alimentée par une batterie en courant continu.

a. Le circuit de base

L'image présente un circuit électrique fondamental. Une batterie (source) est reliée par des fils conducteurs à une ampoule (récepteur). Le courant part de la borne positive, traverse le filament de l'ampoule qui se met à briller, puis retourne à la borne négative. Le flux est constant et unidirectionnel. La batterie fournit l'énergie nécessaire pour maintenir cette circulation d'électrons ordonnée.

b. Les acteurs du circuit

Chaque élément a un rôle précis. La batterie est le générateur ; elle établit la différence de potentiel. Les fils sont les conducteurs ; ils offrent un chemin au courant. L'ampoule est le récepteur ; elle transforme l'énergie électrique en lumière et en chaleur. L'interrupteur (non montré) permettrait d'ouvrir ou de fermer ce chemin.

c. L'immuabilité du flux

Dans ce circuit en courant continu, les électrons ne font jamais marche arrière. Leur voyage est à sens unique. C'est cette constance qui garantit le fonctionnement stable des équipements. Si le flux s'inversait ou s'interrompait, le circuit serait modifié ou coupé.

B. La polarité : la loi des bornes positive et négative

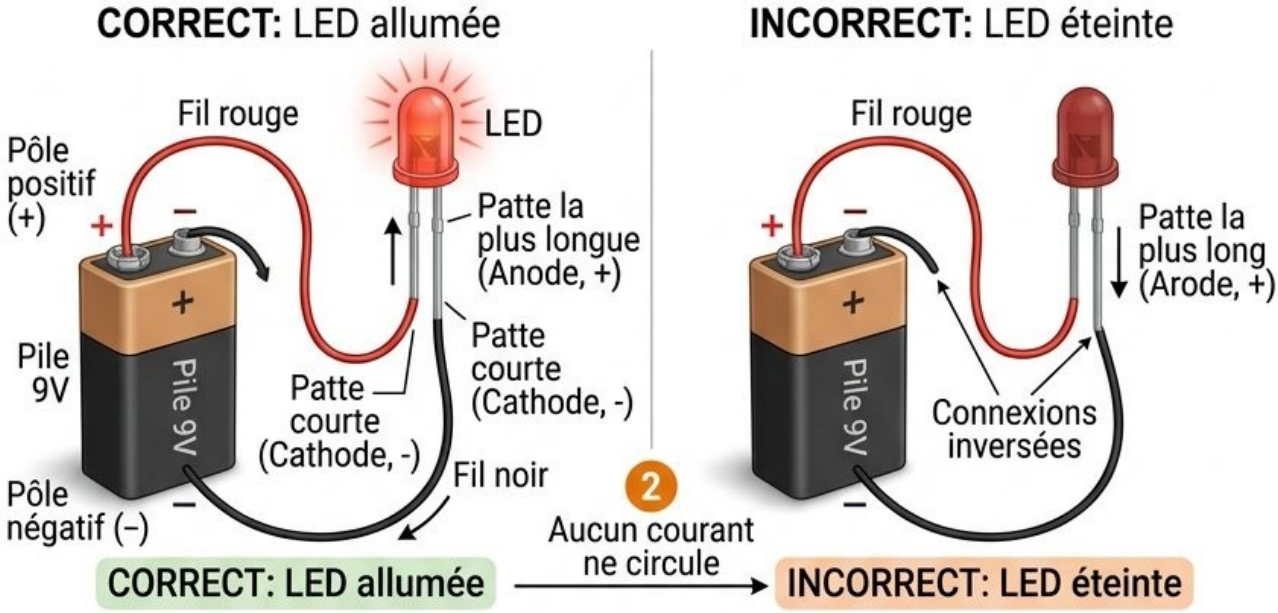
La polarité est la propriété d'un circuit ou d'un composant qui possède deux pôles de nature électrique opposée : un pôle positif (+) et un pôle négatif (-). Une batterie de voiture est l'exemple parfait, avec ses bornes bien identifiées. Le respect de la polarité est une règle absolue en électricité automobile.

Certains composants, comme une ampoule à incandescence classique, fonctionnent quel que soit le sens de branchement. D'autres, majoritaires dans un véhicule moderne, sont polarisés. Brancher une diode électroluminescente (LED), un module électronique ou un moteur à courant continu à l'envers peut : * L'empêcher de fonctionner. * Le faire tourner dans le mauvais sens. * Le détruire de manière irréversible.

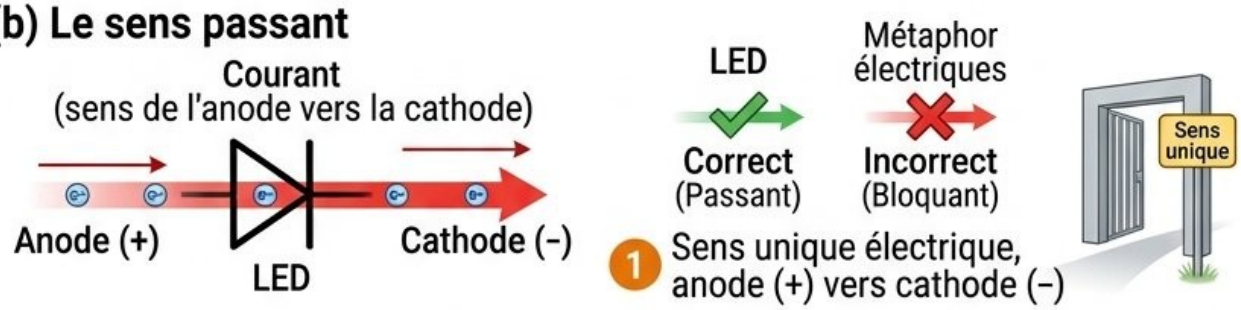
MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

Figure 4 : Réf. IMG (8989-5165-7849) Comparaison d'une LED branchée correctement et incorrectement sur une pile

(a) Le test de la diode électroluminescente (LED)



(b) Le sens passant



(c) L'erreur de branchement et ses conséquences

1. **Inversion sur LED (Simple):** LED juste bloquée (comme interrupteur ouvert), pas de dommage

2. **Inversion sur LED alume**



3. **Inversion sur Autoradio électrolameur**



2. **Inversion sur Autoradio ou Calculaterur (Complexe)**

