Electricité Générale

CONFORME AU PROGRAMME NATIONAL

1ère Année

EDITION 2025

Option Mécanique Générale





TABLE DES MATIÈRES

PRÉLIMINAIRES **1**

1. Objectifs Généraux du Cours 1
   - 1.1. Maîtrise des grandeurs et lois fondamentales 1
   - 1.2. Développement des compétences analytiques et instrumentales 1
   - 1.3. Intégration des règles de sécurité et de la méthodologie de dépannage 1

2. Compétences Visées 2
   - 2.1. Maîtrise des concepts fondamentaux 2
   - 2.2. Développement des compétences opératoires 2
   - 2.3. Intégration de la sécurité et de la méthode 2

3. Approche Pédagogique 2
   - 3.1. Fondement didactique : du concept à l'atelier 2
   - 3.2. Structuration séquentielle et progressive 3
   - 3.3. Finalité : la compétence opérationnelle 3

4. Matériel Didactique Requis 3
   - 4.1. Supports Pédagogiques Fondamentaux 3
   - 4.2. Matériel d'Expérimentation et de Mesure 3
   - 4.3. Équipement de Sécurité 4

PARTIE I : FONDEMENTS DU COURANT ÉLECTRIQUE CONTINU **5**

a. L'ordre invisible de la matière 5

b. Courant continu, courant alternatif : deux logiques 5

c. Tension, intensité, résistance : les trois grandeurs clés 5

d. De la loi physique à la panne mécanique 5

CHAPITRE 1 : NATURE DE L'ÉLECTRICITÉ ET GRANDEURS FONDAMENTALES **6**

1.1. Structure de l'atome et nature du courant électrique 6
   - a. La matière, une histoire de charges 6
   - A. L'atome, brique fondamentale de la matière 6
   - B. Électrons libres et matériaux conducteurs 6

FIGURE 1 : RÉF. IMG (1730-0371-7119) **9**

Modèle simplifié de l'atome de cuivre avec ses électrons 9

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- C. Définition du courant électrique.....9

1.2. Grandeurs électriques : Tension (U) et Intensité (I).....11

- a. L'eau et l'électricité, un même combat ?.....11
- A. La Tension Électrique (U) : La force qui pousse.....12
- B. L'Intensité du Courant (I) : Le débit des électrons.....12

FIGURE 2 : RÉF. IMG (5004-6580-9064).....14

Analogie hydraulique comparant un circuit d'eau à un circuit électrique simple.....14

- C. Scénarios et Exercices.....14

1.3. La Résistance électrique (R) et les matériaux.....16

- a. L'obstacle utile.....16
- A. Définition et Unité de la Résistance.....16
- B. Classification des Matériaux.....17

FIGURE 3 : RÉF. IMG (3955-1947-3117).....19

Analogie hydraulique de la résistance électrique dans un circuit.....19

- Scénarios et Exercices.....19

CHAPITRE 2 : LA LOI D'OHM ET LA RÉSISTIVITÉ DES CONDUCTEURS.....22

2.1. Énoncé et application de la Loi d'Ohm.....22

- a. Une simple relation pour tout contrôler.....22
- A. Les trois acteurs de la loi d'Ohm.....22
- B. L'équation fondamentale et ses variantes.....22

FIGURE 4 : RÉF. IMG (5763-9662-2290).....25

Le triangle mnémonique de la loi d'Ohm et ses trois formules.....25

- C. Scénarios et Exercices.....25

2.2. La résistivité des matériaux et ses facteurs.....27

- a. L'analogie du chemin embouteillé.....27
- A. Définition et formule de la résistivité.....27

FIGURE 5 : RÉF. IMG (8346-7741-8388).....29

Représentation schématique d'un conducteur cylindrique et ses grandeurs physi.....29

- B. Facteurs influençant la résistivité.....29

FIGURE 6 : RÉF. IMG (0541-8439-1309).....32

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

Comparaison de la structure atomique d'un bon conducteur et d'un isolant.....32
- Scénarios et Exercices.....32

2.3. Calcul de la résistance d'un conducteur et chute de tension.....34
- a. La route et le courant.....34
- A. La formule de la résistance d'un conducteur.....34

FIGURE 7 : RÉF. IMG (1683-6829-7083).....37

Les trois facteurs influençant la résistance d'un conducteur électrique.....37
- B. La chute de tension : une conséquence directe.....37

CHAPITRE 3 : PUISSANCE ET ÉNERGIE ÉLECTRIQUE : L'EFFET JOULE.....40

3.1. Définition et calcul de la puissance électrique (Watt).....40
- a. La confusion du quotidien.....40
- A. Le Watt : unité de mesure du travail électrique.....40

FIGURE 8 : RÉF. IMG (3407-8568-8806).....42

Schéma d'un circuit simple avec une ampoule et ses grandeurs.....42
- B. La formule de la puissance en courant continu.....42

FIGURE 9 : RÉF. IMG (1117-2031-5825).....44

Comparaison de deux ampoules de puissances différentes et leur luminosité.....44
- Scénarios et Exercices.....44
- Une rallonge un peu trop optimiste à Bukavu.....44

3.2. L'énergie électrique (Joule et Wattheure).....45
- a. De la puissance à l'énergie.....45
- A. Formules et Unités Fondamentales.....46

FIGURE 10 : RÉF. IMG (0315-1419-7712).....48

Relation entre Puissance, Énergie et Temps pour un appareil électrique.....48
- B. Conversion et Énergie par Effet Joule.....48

FIGURE 11 : RÉF. IMG (5731-5355-7078).....51

Comparaison visuelle des unités d'énergie : le Joule et le Wattheure.....51
- Scénarios et Exercices.....51

3.3. L'effet Joule : principe, formule et applications.....53
- a. La chaleur, une conséquence inattendue.....53

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- A. Définition et principe physique.....53
- B. La Loi de Joule.....53

FIGURE 12 : RÉF. IMG (5256-4772-1292).....56

Schéma d'une ampoule à incandescence illustrant l'effet Joule utile.....56

- C. Applications, avantages et inconvénients.....56

FIGURE 13 : RÉF. IMG (7498-9559-9680).....59

Illustration des pertes par effet Joule dans une ligne à haute tension.....59

- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....59

PARTIE II : CIRCUITS ET COMPOSANTS EN COURANT CONTINU.....62

a. Le sens du courant : une convention décisive.....62

b. Les composants passifs : les briques du circuit.....62

c. Les lois fondamentales : la grammaire du circuit.....62

d. L'analyse de circuit : du schéma au dépannage.....62

CHAPITRE 4 : LE CIRCUIT ÉLECTRIQUE ET SES COMPOSANTS.....63

4.1. Définition d'un circuit électrique simple et fermé.....63

- a. La boucle est la condition.....63
- A. Les quatre acteurs indispensables.....63

FIGURE 14 : RÉF. IMG (4683-4247-8203).....65

Schéma d'un circuit électrique simple et fermé avec ses composants de base.....65

- B. Circuit ouvert contre circuit fermé : la porte de la puissance.....65

FIGURE 15 : RÉF. IMG (6916-9519-3395).....67

Comparaison visuelle entre un circuit électrique ouvert et un circuit fermé.....67

- C. Le court-circuit : la voie dangereuse.....67

4.2. Identification des composants : générateur, récepteur, interrupteur.....69

- a. Le circuit électrique, une famille organisée.....69
- A. Le Générateur : La source d'énergie.....69

FIGURE 16 : RÉF. IMG (7936-7725-8810).....71

Schéma d'une pile et symbole normalisé du générateur en courant continu.....71

- B. Le Récepteur : Le consommateur d'énergie.....71

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

FIGURE 17 : RÉF. IMG (3779-1616-9887)....73

Schéma d'une ampoule et symbole normalisé de la résistance....73

- C. L'Interrupteur : Le chef de la circulation....73

4.3. Symboles normalisés et schématisation de circuits....75

- a. Le langage secret des électriciens....75
- A. Le principe de la normalisation....75

FIGURE 18 : RÉF. IMG (6317-1623-3981)....78

Tableau des symboles électriques normalisés pour circuit simple....78

- B. De la liste des composants au schéma....78

FIGURE 19 : RÉF. IMG (8305-4628-0557)....80

Schéma d'un circuit électrique simple avec lampe et interrupteur....80

- L'héritage du technicien de la Gecamines....80

CHAPITRE 5 : LES SOURCES DE TENSION : GÉNÉRATEURS, PILES ET ACCUMULATEURS..83

5.1. Le générateur : force électromotrice (f.é.m.) et résistance interne....83

- a. Une force qui n'est pas une force....83
- A. La Force Électromotrice (f.é.m.) : le moteur du circuit....83
- B. La Résistance Interne (r) : l'ennemi invisible....83
- C. L'équation du générateur : la tension aux bornes....83

FIGURE 20 : RÉF. IMG (2066-9331-8101)....86

Schéma d'un générateur réel avec sa résistance interne en série....86

- SCÉNARIOS ET EXERCICES....86

5.2. Les piles : principes, caractéristiques et association....88

- a. De l'Égypte ancienne à nos jours....88
- A. Principe de fonctionnement d'une pile électrochimique....88

FIGURE 21 : RÉF. IMG (3572-8542-3889)....90

Structure interne schématique d'une pile saline type Leclanché....90

- B. Caractéristiques et Association des piles....90

5.3. Les accumulateurs : charge, décharge et applications....93

- a. Le trésor chimique de l'électricité....93
- A. Le double visage de l'accumulateur....93

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

FIGURE 22 : RÉF. IMG (2299-8032-0965)....95

Structure interne d'un accumulateur au plomb pour véhicule automobile....95

- B. Grandeurs physiques essentielles....95

CHAPITRE 6 : ASSOCIATION DES RÉSISTANCES EN SÉRIE ET EN PARALLÈLE....98

6.1. Groupement de résistances en série : calcul et loi d'additivité....98

- a. La logique de l'addition....98
- A. Définition et Schéma du Montage en Série....98

FIGURE 23 : RÉF. IMG (5287-0262-3982)....100

Schéma normalisé d'un circuit avec trois résistances R1, R2, R3 en série....100

- B. Loi d'Additivité des Résistances....100

FIGURE 24 : RÉF. IMG (6918-7481-9385)....102

Comparaison entre un circuit en série et son équivalent à résistance unique....102

- SCÉNARIOS ET EXERCICES....102

6.2. Groupement de résistances en parallèle : calcul de la résistance équival....104

- a. L'analogie du fleuve Congo....104
- A. Définition et lois du montage parallèle....104

FIGURE 25 : RÉF. IMG (7905-6052-0635)....106

Schéma normalisé d'un circuit avec trois résistances en parallèle....106

- B. Calcul de la résistance équivalente (Req)....106
- SCÉNARIOS ET EXERCICES....107

6.3. Applications : diviseur de tension et shunt d'ampèremètre....109

- a. Le contrôle par la résistance....109
- A. Le pont diviseur de tension....109

FIGURE 26 : RÉF. IMG (5540-9546-3174)....112

Schéma d'un pont diviseur de tension avec deux résistances en série....112

- B. Le shunt d'ampèremètre....112

FIGURE 27 : RÉF. IMG (7585-8974-7825)....115

Circuit montrant un ampèremètre avec sa résistance de shunt en parallèle....115

- b. Scénarios et Exercices....115

PARTIE III : ÉLECTROMAGNÉTISME ET INDUCTION....118

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

a. L'union insoupçonnée.....118
b. La force qui anime la matière.....118
c. Le mouvement qui génère le courant.....118
d. De la théorie à l'atelier du mécanicien.....118

CHAPITRE 7 : LE MAGNÉTISME : AIMANTS ET CHAMPS MAGNÉTIQUES.....119

7.1. Les aimants permanents : pôles et interaction.....119
- a. Une force connue depuis l'Antiquité.....119
- A. Les Pôles Magnétiques : Une Dualité Inséparable.....119
- B. L'Interaction : Attraction et Répulsion.....119

FIGURE 28 : RÉF. IMG (8399-4062-7284).....121

Interaction fondamentale entre les pôles de deux aimants droits.....121
- C. La Boussole : Une Application Directe.....121

7.2. Le champ magnétique et ses lignes de champ.....123
- a. L'influence invisible.....123
- A. Définition et Vecteur Champ Magnétique.....124

FIGURE 29 : RÉF. IMG (3365-4429-1313).....125

Lignes de champ magnétique sortant du pôle Nord vers le pôle Sud.....125
- B. Propriétés des lignes de champ.....125

FIGURE 30 : RÉF. IMG (8313-1467-6138).....128

Le champ magnétique terrestre protégeant la planète des vents solaires.....128
- Scénarios et Exercices.....128

7.3. Le champ magnétique terrestre et l'utilisation de la boussole.....130
- a. La Terre, un aimant géant.....130
- A. Le bouclier magnétique de la Terre.....130

FIGURE 31 : RÉF. IMG (0726-8385-4061).....132

Structure du champ magnétique terrestre et ses pôles décalés.....132
- B. La boussole, un guide simple et fiable.....132

FIGURE 32 : RÉF. IMG (8984-6222-9055).....135

Fonctionnement d'une boussole et lecture de la déclinaison magnétique.....135
- Scénarios et Exercices.....135

CHAPITRE 8 : L'ÉLECTROMAGNÉTISME : LE CHAMP MAGNÉTIQUE CRÉÉ PAR LE COURANT 138

8.1. Expérience d'Oersted : le courant génère un champ magnétique 138

- Une découverte fondamentale 138
- A. Le principe de l'expérience 138

FIGURE 33 : RÉF. IMG (9912-5781-0973) 140

Schéma de l'expérience d'Oersted montrant la déviation de l'aiguille aimantée 140

- B. Direction et sens du champ magnétique 140

FIGURE 34 : RÉF. IMG (2874-9404-0626) 142

Règle de la main droite pour déterminer le sens du champ magnétique 142

- Anecdote : La semaine qui a tout changé 142

8.2. Champ magnétique d'un solénoïde et force magnétomotrice 144

- a. Le secret du fil enroulé 144
- A. Le champ magnétique au centre d'un solénoïde 144

FIGURE 35 : RÉF. IMG (5868-2310-0557) 146

Lignes de champ magnétique d'un solénoïde idéal parcouru par un courant 146

- B. La Force Magnétomotrice (F.M.M.) 146

8.3. L'électroaimant : principe et applications (relais, contacteurs) 148

- a. Introduction 148
- A. Le principe de l'électroaimant 148

FIGURE 36 : RÉF. IMG (2229-0242-9022) 151

Schéma de principe d'un relais électromagnétique : commande et puissance 151

- B. Applications : du relais au contacteur 151
- SCÉNARIOS ET EXERCICES 152

CHAPITRE 9 : L'INDUCTION ÉLECTROMAGNÉTIQUE ET LA FORCE ÉLECTROMOTRICE INDUITE 154

9.1. Le phénomène d'induction électromagnétique (Faraday) 154

- a. L'étincelle d'une découverte 154
- A. L'expérience historique et ses conclusions 154
- B. La loi de Faraday et la Force Électromotrice (f.é.m.) 155

9.2. Flux magnétique et Loi de Lenz-Faraday 157

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- a. La question de Faraday....157
- A. Le flux magnétique : compter les lignes de champ....157
- B. La loi de Lenz-Faraday : la naissance du courant induit....158

9.3. L'auto-induction et ses effets dans une bobine....160
- a. L'inertie du courant électrique....160
- A. Le Phénomène d'Auto-Induction....160

FIGURE 37 : RÉF. IMG (0520-5355-5549)....162

Schéma d'une bobine illustrant l'auto-induction à la fermeture du circuit....162
- B. L'Inductance (L) et la Formule de l'Auto-Induction....162

FIGURE 38 : RÉF. IMG (5094-1336-9821)....165

Étincelle de rupture à l'ouverture d'un circuit inductif....165
- C. Scénarios et Exercices....165

PARTIE IV : APPLICATIONS ET MESURES ÉLECTRIQUES....168

a. De la théorie à l'atelier....168

b. Mesurer pour maîtriser....168

c. Les applications au cœur de la mécanique....168

d. Sécurité et méthode : les piliers du professionnel....168

CHAPITRE 10 : APPLICATIONS PRATIQUES DU COURANT ÉLECTRIQUE....169

10.1. L'effet chimique du courant : l'électrolyse....169
- a. Une transformation forcée....169
- A. Principe de fonctionnement d'une cellule d'électrolyse....169

FIGURE 39 : RÉF. IMG (7896-6273-3079)....171

Schéma de principe d'une cuve à électrolyse simple....171
- B. Applications industrielles : La galvanoplastie....171

10.2. Applications industrielles de l'électrolyse (raffinage, galvanoplastie)....174
- a. La chimie commandée par l'électricité....174
- A. Le raffinage électrolytique : purifier le métal....174
- B. La galvanoplastie : couvrir pour protéger ou décorer....175

FIGURE 40 : RÉF. IMG (7105-8546-0777)....177

Principe de la galvanoplastie pour dorer une bague en laiton....177

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- Scénarios et Exercices.....177
- Une anecdote de l'atelier de Kisangani.....177

CHAPITRE 11 : PRINCIPES DES APPAREILS DE MESURE ÉLECTRIQUE.....180

11.1. Principes des appareils de mesure analogiques (magnétoélectriques et fe.....180
- a. Mesurer ce qui ne se voit pas.....180
- A. L'appareil magnétoélectrique : le spécialiste du courant continu (CC).....180

FIGURE 41 : RÉF. IMG (8319-4183-4914).....182

Schéma de principe d'un appareil de mesure magnétoélectrique à cadre mobile.....182
- B. L'appareil ferromagnétique : le polyvalent pour l'alternatif (CA).....182

11.2. Utilisation de l'ampèremètre et du voltmètre : branchement et sécurité.....184
- a. L'œil du technicien.....184
- A. L'ampèremètre : le gardien du flux.....185
- B. Le voltmètre : l'observateur de la différence.....185
- C. Précautions universelles et sécurité.....185

11.3. Choix des calibres et lecture des échelles.....187
- a. La précision avant tout.....187
- A. Le calibre : Le bouclier de l'appareil.....188

FIGURE 42 : RÉF. IMG (7473-2991-4909).....190

Le cadran d'un multimètre et ses différents calibres de mesure.....190
- B. La formule de lecture : Le décodeur universel.....190

FIGURE 43 : RÉF. IMG (5327-6788-7624).....193

Aiguille d'un voltmètre analogique pointant sur une graduation précise.....193
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....193

CHAPITRE 12 : SÉCURITÉ ÉLECTRIQUE ET NORMES D'INSTALLATION DE BASE.....196

12.1. Dangers du courant électrique pour le corps humain (électrisation, élec.....196
- a. Une force invisible et mortelle.....196
- A. Électrisation vs. Électrocution : Une distinction vitale.....196
- B. Les effets physiopathologiques du courant.....196

FIGURE 44 : RÉF. IMG (3423-3734-6010).....199

Les quatre principaux effets physiologiques du courant électrique sur le corp.....199
- C. Les facteurs déterminant la gravité.....199

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

FIGURE 45 : RÉF. IMG (8075-5170-9751) **201**

Schéma montrant les facteurs qui influencent la gravité d'une électrisation 201

- La sagesse du vieux Mfumu de l'atelier de Boma 201

12.2. Dispositifs de protection : fusibles, disjoncteurs et mise à la terre 203

- a. Un pacte avec l'énergie 203
- A. Le fusible : le sacrifice calculé 204

FIGURE 46 : RÉF. IMG (1448-8595-5775) **206**

Anatomie d'un fusible à cartouche et son rôle de sentinelle électrique 206

- B. Le disjoncteur : la sentinelle réutilisable 206

FIGURE 47 : RÉF. IMG (1277-7658-1730) **209**

Mécanisme interne d'un disjoncteur magnéto-thermique pour la protection des c 209

- C. La mise à la terre : la voie d'évacuation d'urgence 209

12.3. Règles fondamentales de sécurité et normes d'intervention 212

- a. Le respect du courant 212
- A. La Consignation : La procédure sacrée 212
- B. Les Équipements de Protection Individuelle (EPI) 213

FIGURE 48 : RÉF. IMG (1528-9218-8107) **215**

L'équipement de l'électricien prudent : une armure contre le danger invisible 215

- C. Le Travail hors tension et sous tension 215

ANNEXES **218**

Tableau des symboles électriques normalisés 218

- A. Principes Généraux et Normes 218
- B. Sources d'Alimentation et Références de Potentiel 218
- C. Composants Passifs 219
- D. Semi-conducteurs et Composants Actifs 219
- E. Appareillage de Commande, de Protection et de Signalisation 220
- F. Machines Électriques et Transformateurs 220
- G. Appareils de Mesure 220
- H. Conducteurs et Types de Connexions 221

Liste de la résistivité des matériaux conducteurs courants 221

- A. Définition et Unité de la Résistivité (ρ) 221
- B. Facteurs d'Influence de la Résistivité 222

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- C. Valeurs de Résistivité pour Conducteurs Usuels (à 20°C).....223
- D. Conductivité Électrique (σ).....224

Guide de lecture du code des couleurs pour les résistances.....224
- A. Principes et normalisation.....224
- B. Structure des codes à 4, 5 et 6 anneaux.....225
- C. Tableau de correspondance (Norme IEC 60062).....226
- D. Méthodologie de lecture et calcul.....227
- E. Cas particuliers et conventions.....227

Memento des principales formules étudiées.....228
- A. Grandeurs Fondamentales en Courant Continu (DC).....228
- B. Lois des Circuits Électriques.....229
- C. Composants Réactifs (Condensateur et Bobine).....230
- D. Grandeurs en Courant Alternatif Sinusoïdal (AC).....231

Rappel des règles de sécurité fondamentales.....233
- A. Les Risques Électriques et Leurs Mécanismes.....233
- B. Principes de Protection Fondamentaux.....234
- C. Procédures d'Intervention et Équipements.....235

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

PRÉLIMINAIRES

1. Objectifs Généraux du Cours

L'enseignement de l'électricité générale en première année de mécanique générale vise à construire un socle de compétences transversales, essentielles à la compréhension des systèmes mécatroniques modernes. Il s'agit de dépasser la simple mémorisation de formules pour installer un raisonnement technique et une culture de la sécurité. La finalité est de rendre l'apprenant fonctionnellement autonome face à un circuit électrique simple.

1.1. Maîtrise des grandeurs et lois fondamentales

Ce premier objectif assure l'acquisition d'un vocabulaire technique précis et la compréhension des phénomènes de base. L'élève doit pouvoir définir rigoureusement la tension, le courant, la résistance et la puissance électrique. Il formule et applique la loi d'Ohm et les lois relatives à la puissance pour des circuits résistifs simples. La distinction conceptuelle et pratique entre le courant continu (CC) et le courant alternatif (CA) est une compétence fondamentale visée.

1.2. Développement des compétences analytiques et instrumentales

L'aptitude à analyser un schéma et à utiliser des appareils de mesure constitue le cœur de cet objectif. L'apprenant apprend à identifier les composants d'un circuit et à déterminer leur agencement (série, parallèle, mixte). Il développe une méthodologie pour mesurer avec précision une tension, un courant et une résistance à l'aide d'un multimètre. L'interprétation des résultats obtenus permet de valider un calcul théorique ou de caractériser l'état d'un circuit.

1.3. Intégration des règles de sécurité et de la méthodologie de dépannage

Cet axe développe le savoir-être professionnel indispensable à toute intervention. L'élève identifie les risques liés au courant électrique et applique les procédures de protection individuelle et collective pour les opérations à basse tension. Progressivement, il structure une démarche logique pour diagnostiquer une panne élémentaire : absence de tension, court-circuit, circuit ouvert. La méthode hypothético-déductive est ici privilégiée.

2. Compétences Visées

2.1. Maîtrise des concepts fondamentaux

À l'issue de ce module, l'élève identifie et quantifie les grandeurs électriques fondamentales : tension, courant, résistance et puissance. La maîtrise des lois de base, notamment la loi d'Ohm et les lois de Kirchhoff, lui permet d'analyser le fonctionnement de circuits simples en courant continu. Il différencie les composants passifs (résistances, condensateurs) et actifs, et explique leur rôle dans un montage électrique élémentaire appliqué aux systèmes mécaniques.

2.2. Développement des compétences opératoires

Concrètement, la formation vise à rendre l'élève apte à utiliser les appareils de mesure de base comme le multimètre avec précision et sécurité. L'interprétation de schémas électriques simples et la capacité à réaliser le câblage de circuits de commande (relais, contacteurs) sont des savoir-faire centraux. L'objectif est de pouvoir diagnostiquer une panne électrique élémentaire sur un équipement mécanique, comme un circuit d'éclairage de véhicule ou le système de démarrage d'un groupe électrogène à Kisangani ou à Mbuji-Mayi.

2.3. Intégration de la sécurité et de la méthode

Une dimension essentielle de la compétence est l'intégration des règles de sécurité électrique. L'élève apprend à identifier les risques et à appliquer les procédures de protection individuelle et collective avant toute intervention. Cette rigueur sécuritaire se double d'une approche méthodique du dépannage. Face à une défaillance, il est capable de suivre une démarche logique, de l'observation des symptômes à la formulation d'hypothèses et à leur vérification systématique.

---

3. Approche Pédagogique

3.1. Fondement didactique : du concept à l'atelier

La méthode pédagogique articule systématiquement la théorie et la pratique. Chaque principe fondamental de l'électricité est immédiatement transposé dans le contexte de la mécanique générale. Un principe abstrait, comme la loi d'Ohm, trouve sa justification concrète dans le diagnostic d'un circuit de démarrage ou le fonctionnement d'un capteur. Cette démarche assure une

pertinence constante pour l'apprenant, qui perçoit l'utilité directe de chaque notion étudiée pour son futur métier.

3.2. Structuration séquentielle et progressive

L'acquisition des savoirs suit une progression rigoureuse. Les notions initiales servent de socle aux chapitres ultérieurs, créant une architecture de connaissances solide. Chaque leçon s'ouvre sur une observation factuelle ou un problème technique simple avant de développer le modèle théorique qui le régit. Une section dédiée aux scénarios d'atelier et aux exercices d'application clôture chaque chapitre. Cette structure en trois temps garantit l'ancrage de la connaissance et sa mobilisation en situation quasi professionnelle.

3.3. Finalité : la compétence opérationnelle

L'objectif terminal vise le développement de compétences techniques observables et mesurables. L'élève doit, au terme de son apprentissage, être capable d'identifier un composant, de mesurer une grandeur électrique et de formuler une hypothèse de panne simple. L'accent est mis sur le "savoir-faire" et le raisonnement technique plutôt que sur la mémorisation exhaustive de formules. Cette approche prépare ainsi directement aux exigences des évaluations certificatives (TENASOSP) et aux réalités du diagnostic en atelier.

---

4. Matériel Didactique Requis

4.1. Supports Pédagogiques Fondamentaux

Une transmission efficace des savoirs requiert un matériel didactique adéquat. Le présent manuel forme l'armature théorique du cours. Son usage est complété par un support de visualisation (tableau noir ou blanc) pour le développement des schémas et la résolution collective des exercices. L'enseignant prépare également des fiches de synthèse et des schémas électriques normalisés, imprimés ou projetés, servant de référence visuelle constante.

4.2. Matériel d'Expérimentation et de Mesure

La maîtrise pratique des concepts électriques impose un accès à un lot de matériel d'atelier. Chaque poste de travail ou groupe d'élèves doit disposer d'un équipement minimal pour la réalisation des montages. Cet outillage permet la vérification expérimentale des lois et principes étudiés.

La liste non exhaustive de ce matériel inclut : - Un multimètre (analogique et numérique) pour la mesure des tensions, courants et résistances. - Des sources de tension continue (piles de 4,5V et 9V, ou une alimentation de laboratoire réglable). - Une platine d'expérimentation sans soudure (breadboard). - Un assortiment de fils de connexion rigides. - Un lot de composants électroniques de base : - Résistances de valeurs diverses (gamme E12). - Condensateurs de différentes capacités. - Diodes standards (ex: 1N4007). - Interrupteurs simples. - Lampes ou diodes électroluminescentes (LED) avec leurs résistances de protection.

4.3. Équipement de Sécurité

La manipulation des circuits électriques, même en très basse tension, exige une sensibilisation rigoureuse aux risques. Un équipement de protection individuelle (EPI) de base est recommandé pour l'enseignant et les élèves durant les séances pratiques. La présence d'extincteurs de classe appropriée dans l'atelier est une norme impérative.

Partie I : FONDEMENTS DU COURANT ÉLECTRIQUE CONTINU

a. L'ordre invisible de la matière

Toute matière est composée d'atomes, eux-mêmes porteurs de charges électriques. Le courant électrique naît du déplacement ordonné de ces charges, les électrons. Cette migration, invisible à l'œil nu, constitue l'énergie qui alimente aussi bien le chargeur d'un téléphone à Isiro que les moteurs d'un atelier de soudure à Likasi. Maîtriser ce flux est la base de toute technologie moderne.

b. Courant continu, courant alternatif : deux logiques

Le courant électrique se manifeste sous deux formes principales. Le courant continu (CC ou DC) circule dans une seule direction constante, du pôle positif vers le pôle négatif. C'est le courant des batteries et des circuits électroniques. Le courant alternatif (CA ou AC), fourni par la SNEL, change de sens très rapidement. Cette première partie se concentre exclusivement sur la logique du courant continu.

c. Tension, intensité, résistance : les trois grandeurs clés

Trois grandeurs physiques permettent de quantifier un circuit électrique. La tension (U), mesurée en Volts, représente la "force" qui pousse les électrons. L'intensité (I), en Ampères, mesure le "débit" d'électrons. La résistance (R), en Ohms, symbolise l'opposition au passage du courant. Une loi fondamentale, la loi d'Ohm, relie mathématiquement ces trois piliers de l'électricité.

d. De la loi physique à la panne mécanique

La maîtrise du courant continu est une compétence non négociable pour le technicien mécanicien. Un diagnostic sur le circuit de démarrage d'un camion à Mbandaka, la réparation du système d'éclairage d'une moto à Mbuji-Mayi ou l'installation d'un équipement dans un atelier s'appuient directement sur ces principes. Comprendre les fondements électriques permet de transformer une panne obscure en un problème logique à résoudre.

Chapitre 1 : Nature de l'Électricité et Grandeurs Fondamentales

1.1. Structure de l'atome et nature du courant électrique

a. La matière, une histoire de charges

Pendant des siècles, les forgerons du Kasaï ou du Kwilu transformaient le métal sans connaître sa composition intime. Ils maîtrisaient la matière par l'expérience. Pourtant, au cœur de chaque morceau de fer ou de cuivre se cache une organisation invisible, source de tous les phénomènes électriques.

Cette organisation est l'atome. Comprendre sa structure revient à découvrir le secret de l'électricité. Les principes qui allument une ampoule à Kisangani sont les mêmes qui régissent l'infiniment petit. La matière qui nous entoure est électriquement neutre en apparence, mais elle est remplie de charges électriques.

A. L'atome, brique fondamentale de la matière

Toute matière est composée d'atomes. Un atome ressemble à un système solaire miniature. Il possède un noyau central, très dense, et des électrons qui gravitent autour.

Le noyau contient deux types de particules : - Les **protons**, qui possèdent une charge électrique positive (+). - Les **neutrons**, qui sont électriquement neutres (charge nulle).

Autour du noyau se déplacent les **électrons**. Chaque électron porte une charge électrique négative (-), exactement opposée à celle du proton. Dans un atome stable, il y a autant d'électrons que de protons. Leurs charges s'annulent. L'atome est donc globalement neutre.

B. Électrons libres et matériaux conducteurs

Les électrons ne sont pas tous liés au noyau avec la même force. Ceux des couches les plus externes, nommés électrons de valence, sont les moins attachés. Dans certains matériaux, comme les métaux (cuivre, fer, aluminium), ces électrons sont si faiblement liés qu'ils peuvent se détacher et voyager d'un atome à l'autre. On les appelle des **électrons libres**.

Un matériau est dit **conducteur** s'il possède une grande quantité d'électrons libres. À l'inverse, un matériau **isolant** (plastique, verre, bois sec) retient fermement ses électrons. Aucun déplacement de charge n'est possible.

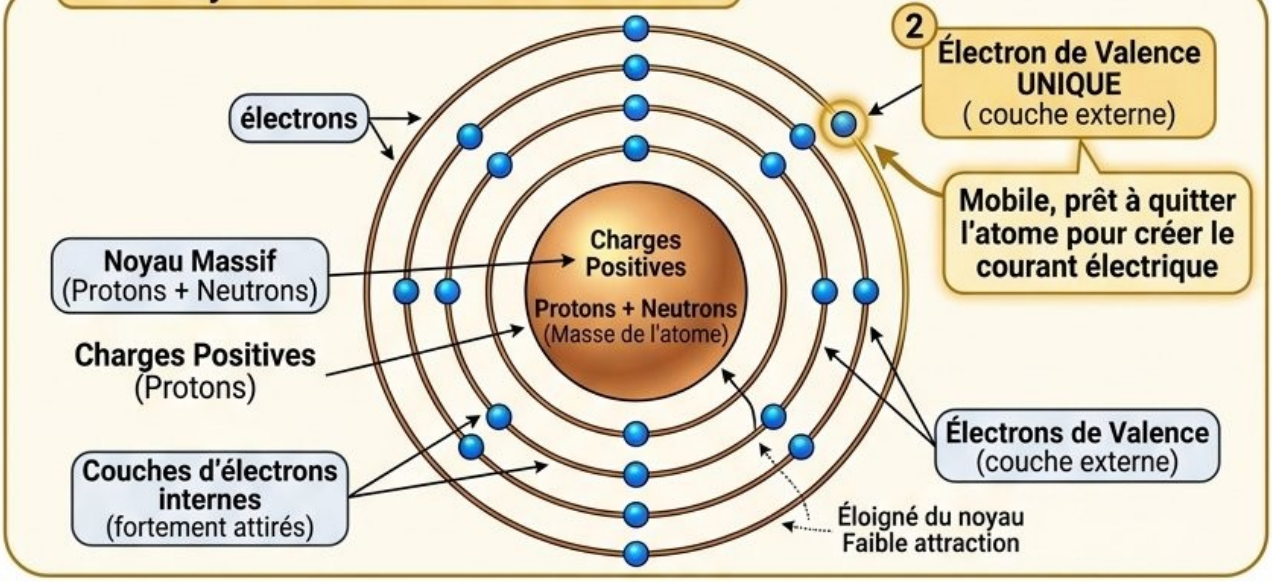
Conforme au Programme national

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

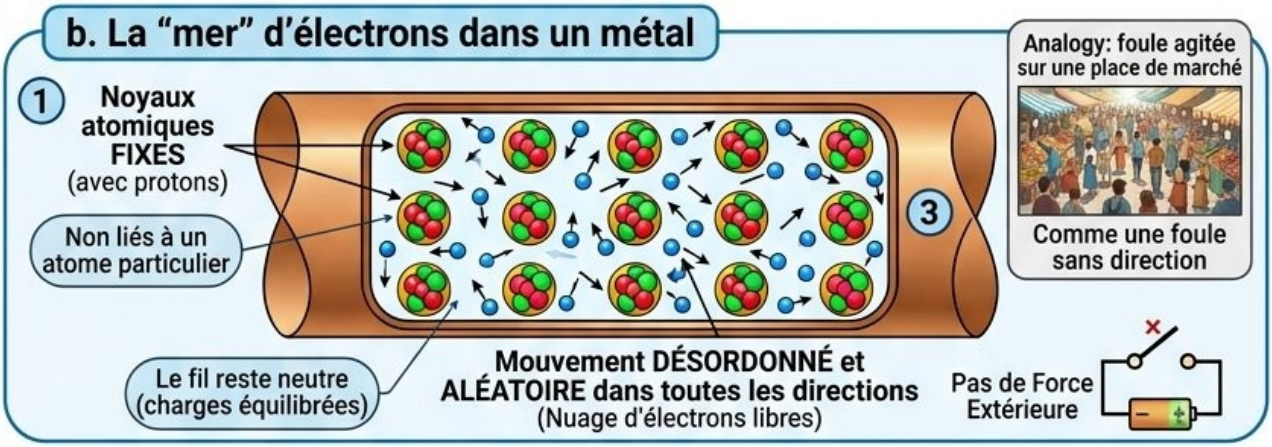
Figure 1 : Réf. IMG (1730-0371-7119)

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

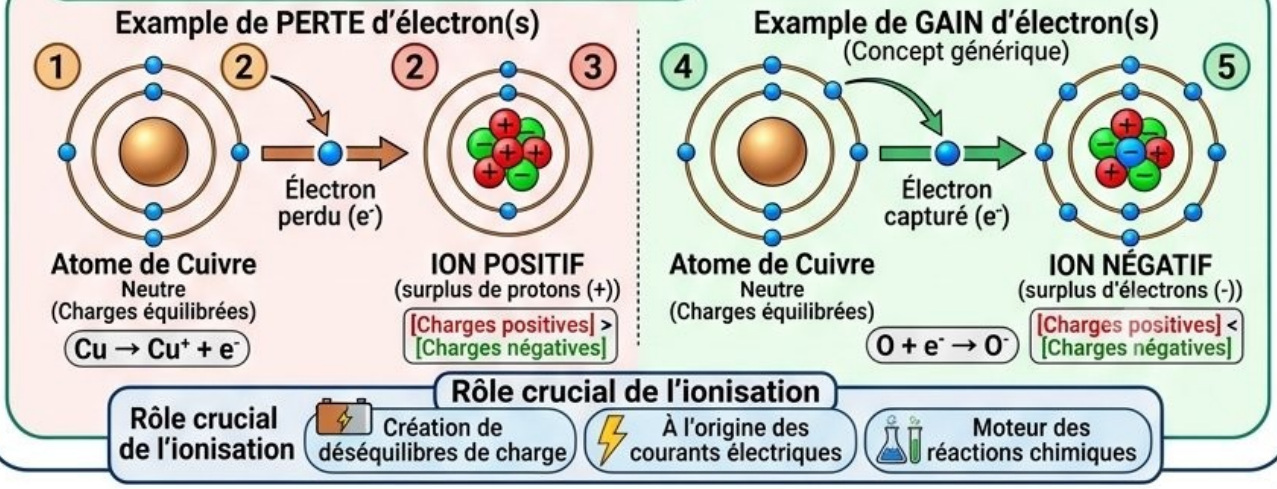
a. Le noyau et les électrons de valence



b. La "mer" d'électrons dans un métal



c. L'ionisation, une perte ou un gain



Rôle crucial de l'ionisation

Rôle crucial de l'ionisation | Création de déséquilibres de charge | À l'origine des courants électriques | Moteur des réactions chimiques

A4

Figure 1 : Réf. IMG (1730-0371-7119)

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

a. Le noyau et les électrons de valence

L'illustration représente un atome de cuivre, un excellent conducteur. Au centre se trouve le noyau massif contenant les protons et les neutrons. Plusieurs couches d'électrons tournent autour. L'attention se porte sur l'électron unique de la couche la plus externe. Cet électron de valence est éloigné du noyau et faiblement attiré par lui. Sa position le rend mobile et susceptible de quitter son atome pour rejoindre un atome voisin. C'est le protagoniste principal du courant électrique.

b. La "mer" d'électrons dans un métal

Dans un morceau de fil de cuivre, ces électrons de valence forment une sorte de "nuage" ou de "mer" d'électrons qui n'appartiennent à aucun atome en particulier. Ils se déplacent de manière désordonnée dans toutes les directions, comme une foule agitée sur une place de marché. Sans une force extérieure pour les guider, ce mouvement aléatoire ne produit aucun effet électrique utile. Le fil reste neutre.

c. L'ionisation, une perte ou un gain

Quand un atome perd un ou plusieurs électrons, il se retrouve avec un surplus de protons. Son bilan de charges devient positif. Il devient un **ion positif**. Inversement, un atome qui capture un électron supplémentaire devient un **ion négatif**. Ce phénomène de perte ou de gain d'électrons est appelé l'ionisation. Il est au cœur des réactions chimiques et des phénomènes électriques, créant les déséquilibres de charge nécessaires à tout mouvement.

C. Définition du courant électrique

Le courant électrique est un déplacement ordonné de porteurs de charges électriques. Dans les métaux solides, ces porteurs sont les électrons libres.

Pour obtenir un courant, il faut appliquer une "pression" électrique aux bornes du conducteur. Cette pression, fournie par un générateur (pile, batterie), force les électrons libres à se déplacer tous dans la même direction. Ce flux collectif et orienté constitue le courant électrique, symbolisé

par la lettre I et mesuré en Ampères (A). C'est ce flux qui transporte l'énergie capable d'allumer une lampe ou de faire tourner un moteur.

Une anecdote de panne à Matadi

Papa Mbuyi, un vieux technicien du port de Matadi, essaie d'allumer sa petite radio à piles pour écouter les nouvelles. Rien. Le silence. Il tapote l'appareil, vérifie l'antenne, mais le poste reste muet. Il ouvre alors le compartiment à piles, les retire et les observe un instant. Il fronce les sourcils, retourne les deux piles dans le sens inverse, referme le clapet et appuie sur le bouton. La musique jaillit aussitôt !

Ce simple geste illustre une vérité fondamentale. Les piles ont un sens, une polarité (+ et -). En les inversant, Papa Mbuyi a rétabli le bon sens de circulation pour les charges électriques. Il a permis au courant de s'établir correctement dans les circuits de la radio, prouvant que l'électricité n'est pas qu'une simple présence, mais un flux dirigé.

Exercice 1 : Le fil de cuivre de Maman Alphonsine

Énoncé : Maman Alphonsine, à Bunia, utilise une lampe de poche simple. Elle est composée d'une pile, d'un interrupteur et d'une ampoule, le tout relié par un fil de cuivre. Expliquez ce qui se passe au niveau atomique dans le fil de cuivre lorsqu'elle ferme l'interrupteur.

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Analyse de l'état initial (interrupteur ouvert)** Le circuit est ouvert. Dans le fil de cuivre, les électrons libres existent mais se déplacent de manière totalement aléatoire et désordonnée. Il n'y a pas de direction de flux privilégiée. Aucun courant ne circule. L'ampoule reste éteinte.
2. **Étape 2 : Action de la pile (interrupteur fermé)** Lorsque Maman Alphonsine ferme l'interrupteur, la pile impose une différence de potentiel (une "pression" électrique) entre les deux extrémités du fil. Le pôle négatif de la pile repousse les électrons, tandis que le pôle positif les attire.
3. **Étape 3 : Création du courant électrique** Sous l'effet de cette force, les électrons libres cessent leur mouvement chaotique. Ils se mettent tous à dériver dans la même direction, du pôle négatif vers le

pôle positif. Ce déplacement ordonné et collectif est le courant électrique. En traversant le filament de l'ampoule, il le fait chauffer et produire de la lumière.

Exercice 2 : L'erreur du jeune technicien à Mbandaka

Énoncé : Un jeune apprenti à Mbandaka veut alimenter un petit moteur électrique avec une batterie. Au lieu d'utiliser un fil métallique, il utilise une fine baguette en plastique pour relier une des bornes de la batterie au moteur. Le moteur ne tourne pas. Expliquez la raison de cet échec en vous basant sur la structure de la matière.

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Identification de la nature des matériaux** Le fil métallique (comme le cuivre) est un matériau conducteur. La baguette en plastique est un matériau isolant.
2. **Étape 2 : Analyse de la structure atomique du plastique** Contrairement au cuivre, les atomes qui composent le plastique retiennent très fortement leurs électrons. Il n'y a quasiment pas d'électrons libres capables de se déplacer d'un atome à l'autre. Les électrons sont "verrouillés" dans leur position.
3. **Étape 3 : Conclusion sur l'absence de courant** Puisque la baguette en plastique ne possède pas de porteurs de charges mobiles, elle ne peut pas transporter le courant électrique. Même si la batterie fournit une "pression", il n'y a rien à pousser. Le circuit reste ouvert, le flux de charges est bloqué. Le moteur ne reçoit donc aucune énergie électrique et ne peut pas fonctionner. L'erreur de l'apprenti était d'utiliser un isolant au lieu d'un conducteur.

1.2. Grandeurs électriques : Tension (U) et Intensité (I)

a. L'eau et l'électricité, un même combat ?

Même si personne ne peut voir un électron se déplacer à l'œil nu, ses effets sont visibles partout. Du port de Matadi au fin fond de la Province Orientale, l'électricité alimente les machines. Cette énergie invisible est gouvernée par des lois physiques précises, des règles qui ne changent jamais.

Pour la comprendre, une analogie hydraulique est souvent utile. Une chute d'eau au Kwilu possède une hauteur et un débit. De la même manière, un

circuit électrique possède une "hauteur" (la tension) et un "débit" (l'intensité). Ces deux grandeurs sont les fondations de toute analyse électrique.

A. La Tension Électrique (U) : La force qui pousse

La tension électrique est une différence de potentiel (d.d.p.) entre deux points d'un circuit. Elle représente la "force" qui pousse les charges électriques (les électrons) à se déplacer. Sans tension, aucun courant ne peut circuler. C'est l'équivalent de la hauteur d'une chute d'eau. Une grande hauteur provoque une chute d'eau puissante. Une tension élevée provoque un mouvement d'électrons puissant.

Son unité de mesure est le Volt, symbolisé par la lettre V. Elle se mesure à l'aide d'un voltmètre. L'appareil se branche toujours en parallèle (ou en dérivation) aux bornes du composant à mesurer. Mathématiquement, la tension U_{AB} entre un point A et un point B est la différence entre le potentiel au point A (V_A) et le potentiel au point B (V_B).

$$U_{AB} = V_A - V_B$$

B. L'Intensité du Courant (I) : Le débit des électrons

L'intensité du courant électrique est la quantité de charges électriques qui traverse une section d'un conducteur par unité de temps. Elle représente le "débit" des électrons dans le circuit. C'est l'équivalent du débit d'une rivière comme le fleuve Congo. Un grand débit signifie beaucoup d'eau qui passe. Une intensité élevée signifie beaucoup d'électrons qui passent.

Son unité de mesure est l'Ampère, symbolisé par la lettre A. Elle se mesure à l'aide d'un ampèremètre. L'appareil se branche toujours en série dans le circuit. Cela oblige à "ouvrir" le circuit pour y insérer l'instrument de mesure. L'intensité I est définie par la charge Q (en Coulombs) qui traverse un point en un temps t (en secondes).

$$I = \frac{Q}{t}$$

Figure 2 : Réf. IMG (5004-6580-9064)

Analogie hydraulique comparant un circuit d'eau à un circuit électrique simple

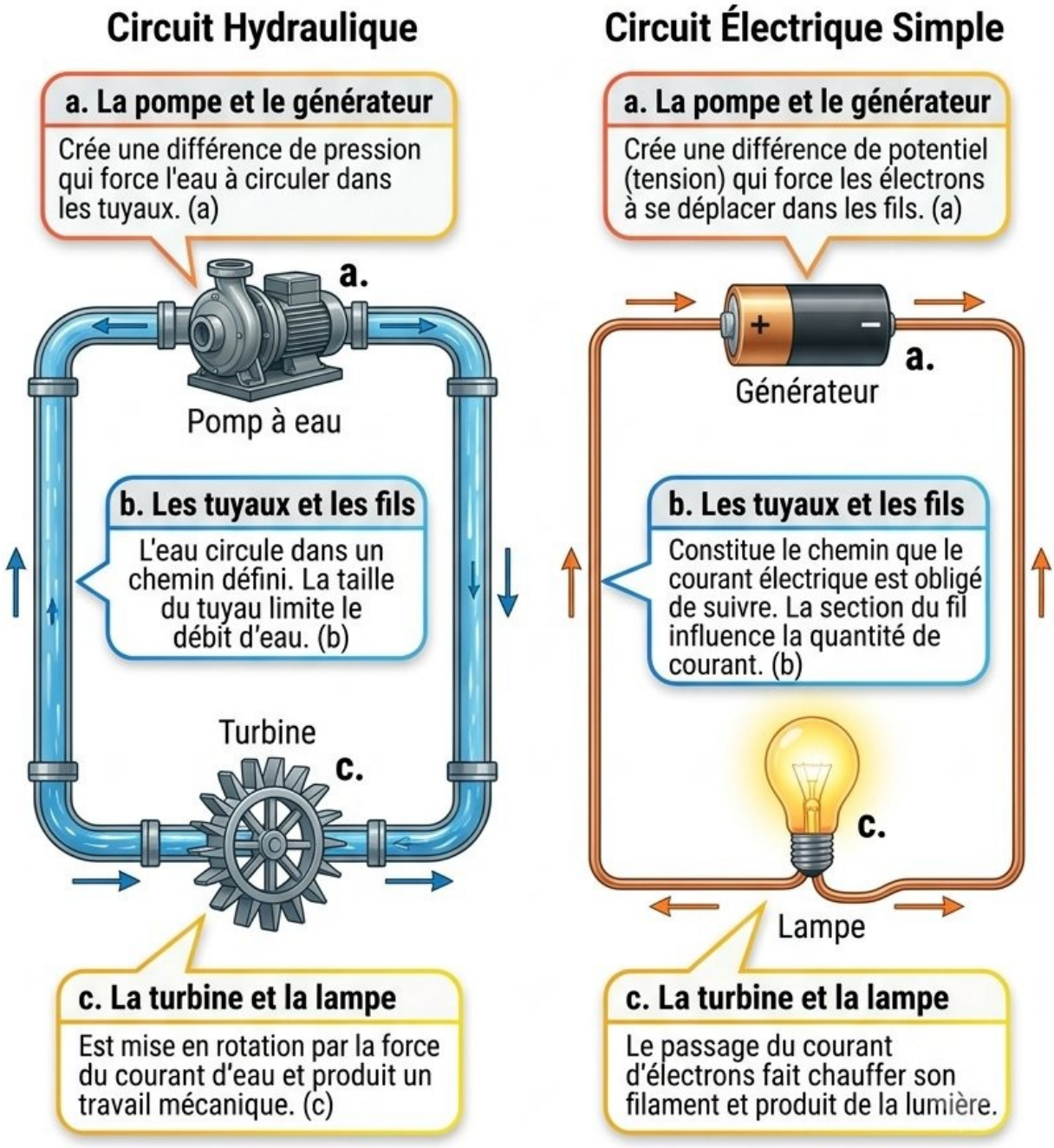


Figure 2 : Réf. IMG (5004-6580-9064)

Analogie hydraulique comparant un circuit d'eau à un circuit électrique simple

a. La pompe et le générateur

La pompe à eau crée une différence de pression qui force l'eau à circuler dans les tuyaux. C'est le moteur du circuit hydraulique. Dans un circuit électrique, le générateur (une pile, une batterie, un alternateur) joue ce rôle. Il crée une différence de potentiel, ou tension, qui force les électrons à se déplacer dans les fils conducteurs. La pompe fournit la pression, le générateur fournit la tension.

b. Les tuyaux et les fils

L'eau circule dans un chemin défini par les tuyaux. Ceux-ci canalisent le fluide. Les fils électriques en cuivre ou en aluminium font la même chose pour les électrons. Ils constituent le chemin, le conducteur, que le courant électrique est obligé de suivre. La taille du tuyau limite le débit d'eau, tout comme la section du fil influence la quantité de courant qu'il peut transporter.

c. La turbine et la lampe

La turbine est un récepteur. Elle est mise en rotation par la force du courant d'eau et produit un travail mécanique. La lampe est aussi un récepteur. Le passage du courant d'électrons à travers son filament le fait chauffer et produire de la lumière. Dans les deux cas, l'énergie (hydraulique ou électrique) est transformée en une autre forme d'énergie (mécanique ou lumineuse).

C. Scénarios et Exercices

a. L'anecdote de Papa Kanku à Lubumbashi

Papa Kanku est un mécanicien réputé du quartier Bel-Air à Lubumbashi. Un matin, un camion minier refuse de démarrer. Le tableau de bord est éteint. Papa Kanku sait que le problème est électrique. Il ne se jette pas sur les outils au hasard. Il sort son multimètre, un appareil qui peut mesurer la tension ET l'intensité.

Sa première action est de mesurer la tension aux bornes de la batterie. Il place les deux pointes de son voltmètre sur les bornes, sans rien débrancher. La mesure est simple et rapide. Si la tension est bonne, il sait que la batterie n'est pas le problème. Il devra alors chercher une coupure ou un court-circuit, ce qui l'obligera peut-être à mesurer l'intensité dans une branche du circuit, une opération plus complexe car il faudra débrancher un fil pour y insérer son appareil en mode ampèremètre.

Exercice 1 : Le mystère de la radio de Mbandaka

Énoncé : Mama Sylvie, à Mbandaka, constate que sa radio portable ne fonctionne plus. La pile est une R20 et porte l'inscription "1.5 V". Son neveu, élève en première année mécanique générale à Kisangani, vient lui rendre visite. Que signifie l'indication "1.5 V" et comment peut-il vérifier si la pile est encore bonne ?

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Interpréter la grandeur** L'inscription "1.5 V" indique la tension nominale de la pile. C'est la "force" électrique que la pile est censée fournir entre sa borne positive et sa borne négative pour faire fonctionner la radio.
2. **Étape 2 : Choisir l'instrument de mesure** Pour vérifier cette tension, le neveu doit utiliser un voltmètre (ou un multimètre réglé sur la fonction Voltmètre, calibre "Courant Continu").
3. **Étape 3 : Effectuer la mesure** Il doit placer la pointe de touche rouge du voltmètre sur la borne (+) de la pile et la pointe de touche noire sur la borne (-). C'est une mesure en parallèle. Si l'appareil affiche une valeur proche de 1.5 V, la pile est bonne. S'il affiche une valeur très inférieure (par exemple 0.9 V), la pile est "plate" et doit être changée.

Exercice 2 : Le circuit du phare à Goma

Énoncé : Jean-Pierre répare le circuit d'éclairage d'une moto à Goma. Il observe qu'une quantité de charge électrique $Q = 300$ Coulombs traverse le filament du phare avant en 1 minute. Calculez l'intensité I du courant qui alimente ce phare.

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Identifier les données de l'énoncé** La charge électrique est $Q = 300$ C. Le temps de passage est $t = 1$ minute.
2. **Étape 2 : Convertir les unités dans le Système International (SI)** La formule de l'intensité utilise le temps en secondes. Il faut donc convertir la minute. $t = 1\,\text{min} = 60\,\text{s}$.
3. **Étape 3 : Appliquer la formule de l'intensité** La relation entre intensité, charge et temps est : $I = \frac{Q}{t}$.
4. **Étape 4 : Calculer le résultat final** En remplaçant les valeurs dans la formule :

$$I = \frac{300\,\text{C}}{60\,\text{s}} = 5\,\text{A}$$

L'intensité du courant dans le phare est de 5 Ampères.

1.3. La Résistance électrique (R) et les matériaux

a. L'obstacle utile

Lorsque le forgeron de Mbandaka plonge un fer dans le feu, il le voit rougir. Ce changement est lié à la chaleur. En électricité, un phénomène similaire existe : la résistance. C'est la difficulté que rencontre le courant électrique pour traverser un matériau. Chaque fil, chaque composant, oppose une certaine force au passage des électrons.

Cette opposition au passage du courant n'est pas une ennemie. Elle produit de la chaleur, utile dans un fer à repasser, ou de la lumière, comme dans une ancienne ampoule à filament. La résistance est donc une propriété fondamentale des matériaux. C'est un obstacle contrôlé que l'on doit apprendre à mesurer et à utiliser.

A. Définition et Unité de la Résistance

La résistance électrique, notée par la lettre R, mesure l'opposition d'un matériau au passage du courant électrique. Une résistance élevée signifie que le courant circule difficilement. Une résistance faible signifie que le courant circule facilement.