Electricité Générale

CONFORME AU PROGRAMME NATIONAL

1ère Année

Option Electricité

EDITION 2025

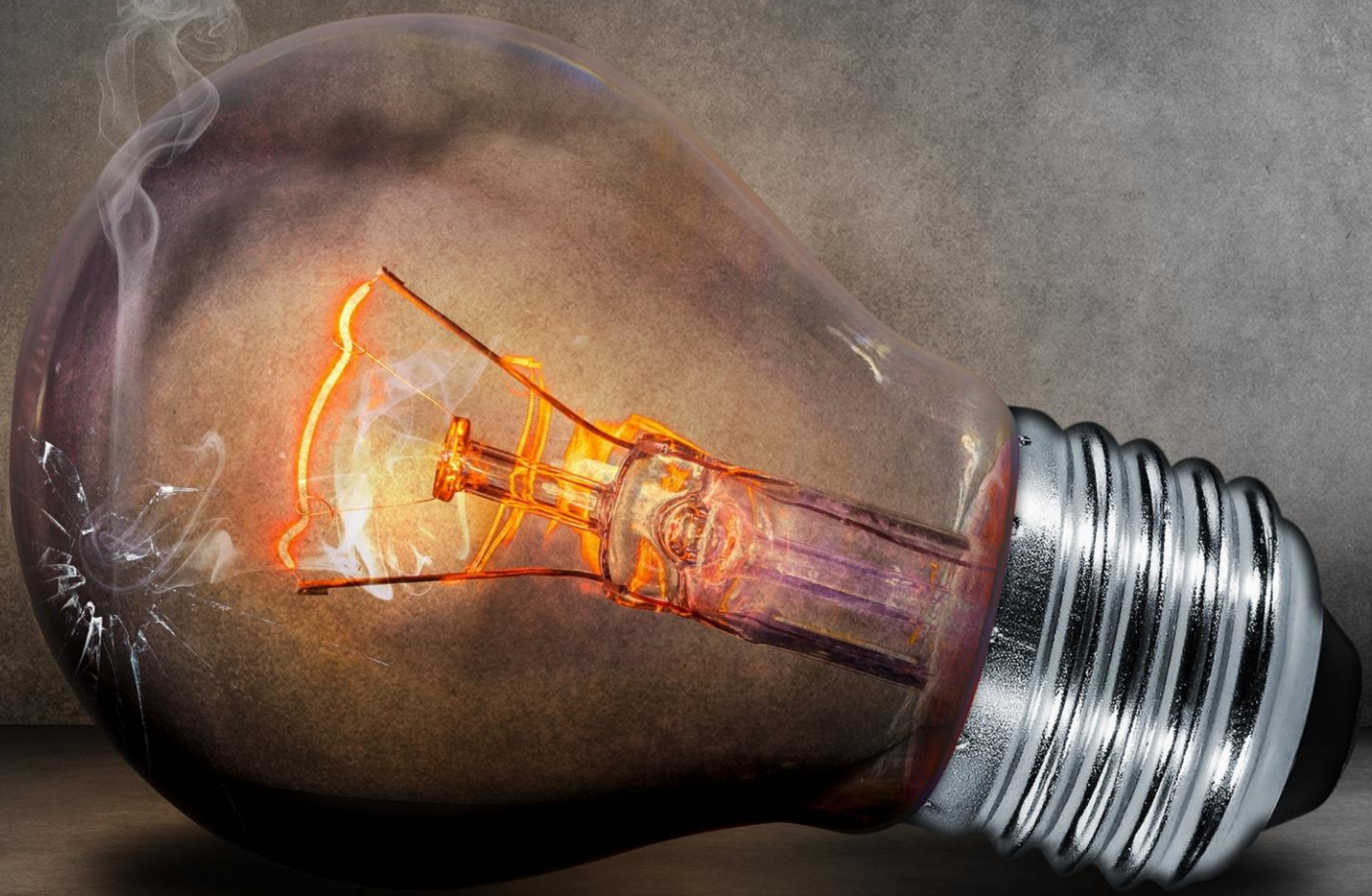




TABLE DES MATIÈRES

PRÉLIMINAIRES **1**

1. Objectifs Généraux du Cours 1
   - 1.1. Maîtrise des concepts fondamentaux 1
   - 1.2. Développement de la compétence analytique 1
   - 1.3. Acquisition des schémas de raisonnement pratique 1

2. Approche Pédagogique Recommandée 1
   - 2.1. La primauté du raisonnement inductif 1
   - 2.2. L'articulation théorie-pratique 2
   - 2.3. L'ancrage par la répétition spécifique 2
   - 2.4. La didactique de la sécurité 2

3. Prérequis du Cours 2
   - 3.1. Maîtrise des outils mathématiques fondamentaux 2
   - 3.2. Acquisition d'une posture scientifique 2
   - 3.3. Articulation entre abstraction et observation 3

PARTIE 1 : PHÉNOMÈNES FONDAMENTAUX ET GRANDEURS ÉLECTRIQUES **4**

a. L'énergie invisible qui nous entoure 4

b. L'atome, berceau de l'électricité 4

c. Les trois grandeurs reines : Tension, Courant, Résistance 4

d. Des règles précises pour un monde ordonné 4

CHAPITRE 1 : LA NATURE ÉLECTRIQUE DE LA MATIÈRE **5**

1.1. Structure de l'Atome et Charge Électrique 5
   - a. L'étincelle originelle 5
   - A. Les composants de l'atome 5

FIGURE 1 : RÉF. IMG (8279-8659-0996) **7**

Modèle planétaire de l'atome de Lithium (3 électrons, 3 protons) 7
   - B. La Charge Électrique (q) et l'Ionisation 7

FIGURE 2 : RÉF. IMG (9870-1246-4480) **9**

Processus d'ionisation : perte et gain d'un électron par un atome 9

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....9

1.2. Conducteurs, Isolants et Semi-conducteurs.....11

- a. Une question de chemin.....11
- A. Les Conducteurs : L'autoroute des électrons.....11
- B. Les Isolants : La route barrée.....11

FIGURE 3 : RÉF. IMG (3652-5761-1302).....13

Structure atomique et comportement des électrons dans les trois types de maté.....13

- C. Les Semi-conducteurs : Le péage sélectif.....13

1.3. L'Électrisation des Corps.....15

- a. L'étincelle avant le courant.....15
- A. L'électrisation par frottement.....16

FIGURE 4 : RÉF. IMG (8607-1043-6137).....18

Schéma de l'électrisation par frottement d'une baguette de verre.....18

- B. L'électrisation par contact (conduction).....18
- C. L'électrisation par influence (induction).....18

FIGURE 5 : RÉF. IMG (5030-7242-6012).....21

Phénomène de l'électrisation par influence sur une sphère conductrice.....21

- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....21

1.4. Loi de Coulomb.....23

- a. Les forces invisibles et leur mesure.....23
- A. Énoncé mathématique de la loi.....23
- B. Influence des paramètres.....24

CHAPITRE 2 : LE CIRCUIT ÉLECTRIQUE ET SES GRANDEURS.....27

2.1. Le Circuit Électrique Simple.....27

- a. Le courant, un chemin à sens unique ?.....27
- A. Les quatre composantes d'un circuit simple.....27

FIGURE 6 : RÉF. IMG (7863-7457-2049).....29

Schéma d'un circuit électrique simple avec ses quatre composants essentiels.....29

- B. Circuit ouvert et circuit fermé.....29

FIGURE 7 : RÉF. IMG (4764-0639-3804).....31

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

Comparaison visuelle entre un circuit électrique ouvert et un circuit fermé.....31
- Anecdote : La guirlande de Noël de Mbandaka.....31

2.2. L'Intensité du Courant Électrique.....33
- a. Une rivière d'électrons.....33
- A. Définition et Formule.....33
- B. Le Sens du Courant.....34

FIGURE 8 : RÉF. IMG (1378-1178-7340).....36

Schéma d'un circuit simple avec flèches indiquant les deux sens du courant.....36
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....36

2.3. La Tension Électrique ou Différence de Potentiel.....38
- a. La force invisible du courant.....38
- A. Définition et Analogie Hydraulique.....38

FIGURE 9 : RÉF. IMG (2643-2770-9142).....40

Analogie de la tension électrique avec un château d'eau.....40
- B. Mesure de la Tension Électrique.....40

FIGURE 10 : RÉF. IMG (9934-5476-0392).....42

Schéma de branchement correct d'un voltmètre dans un circuit simple.....42
- Scénarios et Exercices.....42

2.4. La Résistance Électrique.....44
- a. Le principe de friction électrique.....44
- A. Définition et unité.....44

FIGURE 11 : RÉF. IMG (6859-0271-9399).....46

Schéma simple illustrant la résistance dans un circuit électrique.....46
- B. La Loi d'Ohm.....46
- C. Résistivité d'un conducteur.....47

PARTIE 2 : LOIS ET ANALYSE DES CIRCUITS EN COURANT CONTINU.....50

a. Mettre de l'ordre dans le courant.....50

b. La loi d'Ohm : la relation fondamentale.....50

c. Les lois de Kirchhoff : analyser le complexe.....50

d. L'objectif : maîtriser le circuit.....50

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

CHAPITRE 3 : LA LOI D'OHM ET LA LOI DE POUILLET.....51

3.1. La Loi d'Ohm : Énoncé et Applications.....51

- a. Le pari d'un enseignant bavarois.....51
- A. Énoncé et Formule mathématique.....51
- B. Le circuit d'application.....52
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....53

3.2. La Loi de Pouillet.....54

- a. D'où vient réellement le courant ?.....54
- A. L'équation fondamentale du circuit simple.....54
- B. L'importance de la résistance interne.....55

FIGURE 12 : RÉF. IMG (8528-3773-0112).....58

Comparaison d'une pile neuve et d'une pile usée.....58

- Scénario du quotidien : La dynamo du vélo de Papa Ngoma.....58

3.3. Influence de la Température sur la Résistance.....60

- a. Une question de chaleur.....60
- A. L'agitation thermique et le parcours des électrons.....60

FIGURE 13 : RÉF. IMG (1237-3516-2787).....62

Visualisation de l'agitation thermique dans un conducteur métallique en cuivre.....62

- B. Le coefficient de température et la formule de calcul.....62
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....63

CHAPITRE 4 : ASSOCIATIONS DE RÉSISTANCES.....65

4.1. Associations en Série et en Parallèle.....65

- a. L'ordre et le désordre électrique.....65
- A. L'Association en Série : Le Chemin Unique.....65

FIGURE 14 : RÉF. IMG (2244-3384-7805).....67

Schéma d'un circuit simple avec trois résistances en série.....67

- B. L'Association en Parallèle : Les Chemins Multiples.....67

FIGURE 15 : RÉF. IMG (9249-2321-8134).....70

Schéma d'un circuit avec trois résistances montées en parallèle.....70

- C. Scénarios et Exercices.....70

4.2. Associations Mixtes.....72

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- a. Du désordre apparent à l'ordre caché.....72
- A. Définition et Identification.....72

FIGURE 16 : RÉF. IMG (9185-3830-0239).....75

Simplification progressive d'un circuit mixte en sa résistance équivalente.....75

- B. Méthode de Réduction Successive.....75
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....76

4.3. Introduction aux Lois de Kirchhoff.....78

- a. Le carrefour de la physique.....78
- A. La Loi des Nœuds (Première Loi de Kirchhoff).....78

FIGURE 17 : RÉF. IMG (3187-0813-6901).....80

Schéma d'un nœud électrique avec les courants entrants et sortants.....80

- B. La Loi des Mailles (Deuxième Loi de Kirchhoff).....80

FIGURE 18 : RÉF. IMG (1007-8160-6428).....83

Illustration d'une maille simple avec une source et des résistances.....83

- Scénarios et Exercices.....83
- a. L'anecdote de la guirlande du Kasaï.....83

CHAPITRE 5 : ÉNERGIE ET PUISSANCE EN COURANT CONTINU.....86

5.1. Le Travail et l'Énergie Électrique.....86

- a. L'énergie, une notion universelle.....86
- A. Définition du Travail Électrique (W).....86
- B. L'Énergie Électrique Consommée (E).....86
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....87

5.2. La Puissance Électrique.....88

- a. La naissance du confort électrique.....88
- A. Définition et Unité de la Puissance.....89

FIGURE 19 : RÉF. IMG (2430-5789-2016).....91

Schéma d'un circuit simple illustrant la puissance d'une ampoule.....91

- B. Les Formules Dérivées et l'Effet Joule.....91

FIGURE 20 : RÉF. IMG (1485-0169-9227).....93

Comparaison visuelle entre une résistance chauffante et une ampoule LED.....93

- C. Mesure de la Puissance.....93

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

5.3. L'Effet Joule et le Rendement Énergétique.....95
- a. La chaleur, une conséquence inévitable.....95
- A. La Loi de Joule : une dissipation d'énergie.....95
- B. Le Rendement Énergétique (η).....96

FIGURE 21 : RÉF. IMG (2341-0164-3568).....98

Schéma d'un circuit avec moteur et résistance interne pour illustrer le rende.....98
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....98

PARTIE 3 : MAGNÉTISME ET ÉLECTROMAGNÉTISME.....101

Une force invisible venue des profondeurs.....101

Le champ magnétique : cartographier l'invisible.....101

Électricité et magnétisme : les deux faces d'une même pièce.....101

L'électromagnétisme au service du développement.....101

CHAPITRE 6 : LE MAGNÉTISME.....102

6.1. Aimants, Champ et Lignes de Champ.....102
- a. De la pierre de Magnésie aux moteurs de Boma.....102
- A. Propriétés Fondamentales des Aimants.....102
- B. Le Champ Magnétique ().....102

FIGURE 22 : RÉF. IMG (8464-6031-9277).....105

Lignes de champ magnétique sortant du pôle Nord vers le pôle Sud.....105

FIGURE 23 : RÉF. IMG (7800-8532-3150).....107

Interaction des lignes de champ entre deux pôles magnétiques opposés et ident.....107
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....107

6.2. Le Champ Magnétique Terrestre.....109
- a. La boussole planétaire.....109
- A. Origine et modèle du dipôle terrestre.....109

FIGURE 24 : RÉF. IMG (3948-6522-7433).....112

Modèle simplifié du champ magnétique terrestre comme un aimant droit.....112
- B. Le bouclier protecteur de la Terre.....112

FIGURE 25 : RÉF. IMG (4026-5253-8687).....114

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

La magnétosphère terrestre protégeant la planète du vent solaire.....114
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....114

6.3. Le Flux Magnétique.....116
- a. Quantifier l'invisible.....116
- A. Définition et Analogie.....116

FIGURE 26 : RÉF. IMG (7573-6772-4952).....118

Représentation schématique du flux magnétique à travers une surface plane.....118
- B. Formulation Mathématique et Unité.....118

FIGURE 27 : RÉF. IMG (0935-4343-1858).....121

Trois orientations d'une spire montrant la variation du flux magnétique.....121
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....121

CHAPITRE 7 : L'ÉLECTROMAGNÉTISME.....124

7.1. Champ Magnétique d'un Courant (Fil et Solénoïde).....124
- a. Une découverte fortuite.....124
- A. Champ créé par un fil rectiligne.....124

FIGURE 28 : RÉF. IMG (3257-5875-5651).....126

Règle de la main droite pour un fil conducteur rectiligne.....126
- B. Champ créé par un solénoïde (bobine).....126

FIGURE 29 : RÉF. IMG (5132-9031-4286).....128

Lignes de champ magnétique à l'intérieur d'un solénoïde parcouru par un courant.....128
- Anecdote : Le bricoleur de Gemena.....128

7.2. Force Électromagnétique (Force de Laplace) et Électro-aimants.....130
- a. L'étincelle d'Ørsted.....130
- A. La Force de Laplace : Le Mouvement par le Courant.....130

FIGURE 30 : RÉF. IMG (0073-3453-1710).....133

Règle des trois doigts de la main droite pour la force de Laplace.....133
- B. L'Électro-aimant : Le Magnétisme sur Commande.....133

CHAPITRE 8 : L'INDUCTION ÉLECTROMAGNÉTIQUE.....136

8.1. Phénomène d'Induction et Loi de Lenz.....136
- a. La condition unique du mouvement.....136

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- A. Le phénomène d'induction électromagnétique.....136

FIGURE 31 : RÉF. IMG (3649-9633-9410).....138

Expérience d'induction électromagnétique avec un aimant et une bobine.....138

- B. La loi de Lenz : Le sens de l'opposition.....138

FIGURE 32 : RÉF. IMG (8767-6534-1289).....141

Application de la loi de Lenz avec le sens du courant induit.....141

- C. Scénarios et Exercices.....141

8.2. Création d'une Force Électromotrice (f.é.m.) Induite.....143

- a. L'étincelle invisible.....143
- A. La Loi de Faraday : La Règle du Changement.....143

FIGURE 33 : RÉF. IMG (1902-0273-3140).....146

Mouvement d'un aimant dans une bobine créant un courant électrique.....146

- B. La Loi de Lenz : La Règle de l'Opposition.....146

FIGURE 34 : RÉF. IMG (4923-8923-5057).....148

La Loi de Lenz : le courant induit s'oppose à la cause.....148

- Scénarios et Exercices.....148
- Une panne de groupe à Lisala.....148

8.3. Principe de la Dynamo et de l'Alternateur.....150

- a. La confusion des courants.....150
- A. La Dynamo : La Mère du Courant Continu (CC).....150

FIGURE 35 : RÉF. IMG (8633-3391-5604).....153

Schéma de principe d'une dynamo avec collecteur à deux lames.....153

- B. L'Alternateur : Le Roi du Courant Alternatif (AC).....153

FIGURE 36 : RÉF. IMG (5659-7209-2901).....156

Schéma de principe d'un alternateur avec deux bagues collectrices.....156

- C. Tableau Comparatif Synthétique.....156

PARTIE 4 : SOURCES CHIMIQUES ET SÉCURITÉ ÉLECTRIQUE.....159

Des grenouilles de Galvani aux batteries de nos téléphones.....159

Piles et accumulateurs : l'énergie nomade.....159

La chimie au service de la puissance....159

Le courant : un ami utile mais un maître dangereux....159

CHAPITRE 9 : LES GÉNÉRATEURS ÉLECTROCHIMIQUES....160

9.1. L'Effet Chimique du Courant : L'Électrolyse....160

- a. La découverte d'une force créatrice et destructrice....160
- A. Définition et Principe de l'Électrolyse....160
- B. Les Composants d'une Cellule d'Électrolyse....160

FIGURE 37 : RÉF. IMG (8380-2355-8346)....162

Schéma de principe d'une cellule d'électrolyse avec ses composants clés....162

- SCÉNARIOS ET EXERCICES....162

9.2. Les Piles et les Accumulateurs....164

- a. Le paradoxe de la torche....164
- A. La Pile : L'énergie à usage unique....165

FIGURE 38 : RÉF. IMG (9271-4910-7721)....167

Structure interne d'une pile saline classique de type Leclanché....167

- B. L'Accumulateur : L'énergie réversible....167

FIGURE 39 : RÉF. IMG (1829-8249-5395)....169

Schéma d'une cellule d'accumulateur au plomb pour véhicule....169

- Scénarios et Exercices....169
- a. L'erreur de Banza à Lubumbashi....169

9.3. Association de Générateurs....171

- a. Un seul ne suffit pas toujours....171
- A. Association en Série....171

FIGURE 40 : RÉF. IMG (1434-6859-1669)....174

Schéma de trois piles identiques connectées en série avec une ampoule....174

- B. Association en Parallèle....174
- Scénarios et Exercices....175

CHAPITRE 10 : SÉCURITÉ ET PRÉVENTION DES RISQUES ÉLECTRIQUES....178

10.1. Les Dangers du Courant Électrique....178

- a. L'ennemi invisible....178

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- A. Électrisation et Électrocution : une distinction vitale....178
- B. Les effets physiopathologiques du courant....178
- C. Facteurs aggravants le danger....180

10.2. Contacts Directs et Indirects....182
- a. Le piège visible et le piège invisible....182
- A. Le Contact Direct : Le Danger Exposé....182
- B. Le Contact Indirect : Le Danger Caché....183

FIGURE 41 : RÉF. IMG (4680-8065-4951)....185

Schéma comparatif des contacts direct et indirect avec le corps humain....185
- b. Scénarios et Exercices....185

10.3. La Protection des Personnes....187
- a. Le danger invisible du courant....187
- A. Contacts Directs et Indirects....187
- B. Le Rôle de la Prise de Terre (Mise à la Terre)....187

FIGURE 42 : RÉF. IMG (5049-9663-9234)....190

Schéma d'une mise à la terre protégeant une personne....190
- Scénarios et Exercices....190
- Une leçon de prudence à Kisangani....190

10.4. La Protection des Biens : Surcharges et Courts-circuits....192
- a. Un danger invisible....192
- A. La Surcharge : L'usure progressive....192

FIGURE 43 : RÉF. IMG (5575-2091-0352)....194

Schéma comparatif d'une surcharge et d'un court-circuit dans une installation....194
- B. Le Court-circuit : La violence instantanée....194

FIGURE 44 : RÉF. IMG (5361-4593-5178)....197

Mécanismes internes d'un fusible à cartouche et d'un disjoncteur magnétotherm....197
- Scénarios et Exercices....197
- Le chargeur de téléphone de Lisala....197

ANNEXES....200

Tableau des symboles électriques normalisés....200
- A. Principes de Normalisation....200

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- B. Sources, Alimentations et Liaisons à la Terre.....200
- C. Conducteurs et Connexions.....201
- D. Composants Passifs (Dipôles).....201
- E. Appareillage de Commande.....201
- F. Appareillage de Protection.....202
- G. Appareils de Mesure.....202
- H. Conversion d'Énergie et Signalisation.....203

Table de résistivité des principaux matériaux.....203

- A. Définition et Unités de la Résistivité (ρ).....203
- B. Influence de la Température sur la Résistivité.....204
- C. Classification des Matériaux selon leur Résistivité.....204
- D. Valeurs de Résistivité de Référence (à 20 °C).....205

Guide des premiers secours en cas d'accident électrique.....206

- A. Principes Fondamentaux de l'Intervention.....206
- B. Physiopathologie des Lésions Électriques.....207
- C. Évaluation et Gestes de Premiers Secours.....208

Lexique des termes techniques.....209

- A. Grandeurs Électriques Fondamentales.....209
- B. Lois Fondamentales des Circuits.....211
- C. Caractéristiques du Courant Alternatif (AC).....212

PRÉLIMINAIRES

1. Objectifs Généraux du Cours

1.1. Maîtrise des concepts fondamentaux

L'enseignement des grandeurs électriques fondamentales établit le socle de cette formation. L'élève doit définir et quantifier avec précision la tension (U), le courant (I), la résistance (R) et la puissance (P). Une parfaite compréhension des lois d'Ohm et de Kirchhoff est visée pour permettre la modélisation mathématique des circuits simples. La maîtrise de ces principes conditionne toute progression ultérieure dans les disciplines de l'électrotechnique.

1.2. Développement de la compétence analytique

Progressivement, la mémorisation des lois cède la place au raisonnement analytique. L'objectif est de rendre l'élève capable d'analyser un circuit électrique en série, en parallèle ou mixte. Il doit identifier les nœuds et les mailles, appliquer les lois adéquates et résoudre les équations pour déterminer les grandeurs inconnues. Cette compétence est le prérequis à tout diagnostic technique futur.

1.3. Acquisition des schémas de raisonnement pratique

Finalement, le cours ancre la théorie dans une perspective pratique et sécuritaire. La lecture de schémas normalisés est une compétence non négociable. L'élève apprend à traduire un montage réel en schéma, et inversement. Simultanément, une culture de la sécurité est inculquée, associant chaque manipulation à la connaissance des risques électriques et des mesures de protection individuelles et collectives.

---

2. Approche Pédagogique Recommandée

2.1. La primauté du raisonnement inductif

L'enseignement de l'électricité débute par l'observation de phénomènes concrets et mesurables. Une approche inductive est privilégiée. Elle part de l'expérimentation tangible pour construire progressivement les modèles

théoriques et les concepts abstraits comme la tension, le courant ou la résistance. L'élève appréhende d'abord l'effet avant d'en formaliser la cause.

2.2. L'articulation théorie-pratique

Chaque notion théorique introduite trouve une application immédiate et obligatoire en atelier. La maîtrise des lois fondamentales, telles que les lois de Kirchhoff ou d'Ohm, passe par leur vérification systématique lors de montages pratiques. Cette démarche duale ancre les savoirs dans le réel et développe les compétences techniques attendues d'un futur professionnel.

2.3. L'ancrage par la répétition spécifique

Certains concepts nodaux sont revisités à plusieurs reprises au cours du cycle de formation. Leur complexité augmente à chaque nouvelle occurrence, intégrant de nouveaux paramètres. Ce principe de répétition espacée et progressive assure une mémorisation durable et une compréhension profonde des mécanismes électriques, prévenant l'apprentissage superficiel.

2.4. La didactique de la sécurité

La sécurité électrique s'intègre comme une compétence transversale et permanente. Chaque manipulation, chaque montage, devient une opportunité d'enseigner et d'évaluer les gestes et réflexes de protection individuelle et collective. L'objectif est de forger une culture du risque maîtrisé, où la sécurité n'est plus une contrainte mais un automatisme professionnel.

---

3. Prérequis du Cours

3.1. Maîtrise des outils mathématiques fondamentaux

Une maîtrise solide des outils mathématiques élémentaires est indispensable. L'enseignement de l'électricité générale s'appuie sur la capacité des élèves à manipuler les équations du premier degré. La résolution d'inconnues (I, U, R), la gestion des puissances de dix et l'application du principe de proportionnalité sont des compétences socles. L'enseignant veillera à réactiver ces notions en contexte dès les premiers chapitres pour garantir une progression homogène de la classe.

3.2. Acquisition d'une posture scientifique

Au-delà des calculs, la discipline exige l'adoption d'un raisonnement structuré. L'approche pédagogique doit cultiver la capacité à observer un phénomène, à

formuler une hypothèse et à la vérifier par une mesure ou un calcul. Cet enchaînement logique (observation-hypothèse-vérification) est le fondement de la démarche technique. Il prépare les élèves à la méthodologie du diagnostic et de la résolution de pannes.

3.3. Articulation entre abstraction et observation

Finalement, la pédagogie la plus efficace articule en permanence l'abstraction des concepts (tension, courant) et leurs manifestations concrètes (lumière, chaleur, mouvement). Le rôle de l'enseignant est de matérialiser ces concepts par des expériences simples et des analogies tirées du quotidien. Chaque loi physique doit être systématiquement illustrée par un effet observable et quantifiable.

Partie 1 : PHÉNOMÈNES FONDAMENTAUX ET GRANDEURS ÉLECTRIQUES

a. L'énergie invisible qui nous entoure

L'électricité alimente nos vies, du barrage d'Inga jusqu'à la plus petite ampoule de Mbandaka. Cette énergie est une force physique invisible. Sa présence se manifeste par ses effets : la lumière, la chaleur ou le mouvement. Son absence paralyse instantanément une ville. La maîtriser commence par la compréhension de sa nature fondamentale et de son origine matérielle.

b. L'atome, berceau de l'électricité

Au cœur de la matière se trouve l'atome, une structure composée d'un noyau et d'électrons. Certains électrons, dits "libres", possèdent la capacité de se déplacer d'un atome à l'autre. Ce mouvement ordonné de charges électriques négatives constitue le courant électrique. La physique de ces particules microscopiques explique tous les phénomènes observés dans un circuit.

c. Les trois grandeurs reines : Tension, Courant, Résistance

Trois grandeurs physiques permettent de quantifier et de décrire un circuit électrique. La tension (U) représente la "force" qui pousse les électrons. Le courant (I) mesure le "débit" de ces électrons. La résistance (R) caractérise l'opposition d'un matériau à leur passage. La maîtrise de ces trois concepts est la clé pour analyser tout appareil, d'un téléphone à Bukavu à une machine d'usine à Kisangani.

d. Des règles précises pour un monde ordonné

Heureusement, le monde de l'électricité n'est pas un chaos. Des lois physiques rigoureuses relient ces grandeurs entre elles. La plus fondamentale est la loi d'Ohm, qui établit une relation mathématique directe entre la tension, le courant et la résistance. Appliquer ces lois permet à un technicien de Boma ou de Gemena de calculer, prévoir et dépanner n'importe quel circuit avec certitude.

Chapitre 1 : La Nature Électrique de la Matière

1.1. Structure de l'Atome et Charge Électrique

a. L'étincelle originelle

Un des faits les plus surprenants est que la foudre, cette force colossale qui peut fendre un baobab à Mbandaka, obéit aux mêmes lois que la petite étincelle de votre briquet. Toute la matière, visible ou invisible, est composée de particules minuscules qui portent en elles une propriété fondamentale : la charge électrique.

Cette charge est la source de tous les phénomènes électriques. La comprendre revient à observer l'infiniment petit pour expliquer le fonctionnement d'un simple interrupteur à Boma ou la puissance du barrage d'Inga.

A. Les composants de l'atome

Toute matière est un assemblage d'atomes. Un atome est lui-même constitué de trois types de particules fondamentales. Son architecture ressemble à un système solaire miniature : un centre dense et lourd, le noyau, autour duquel gravitent des particules légères, les électrons.

- Le **proton** est une particule située dans le noyau. Il possède une charge électrique positive, notée e^+.
- Le **neutron** est aussi dans le noyau. Il est électriquement neutre, sa charge est nulle.
- L'**électron** est une particule très légère qui se déplace autour du noyau. Il possède une charge électrique négative, notée e^-. Cette charge est de même valeur que celle du proton, mais de signe opposé.

Dans son état normal, un atome est électriquement neutre. Il contient un nombre identique de protons et d'électrons. Leurs charges s'annulent parfaitement.

Figure 1 : Réf. IMG (8279-8659-0996)

Modèle planétaire de l'atome de Lithium (3 électrons, 3 protons)

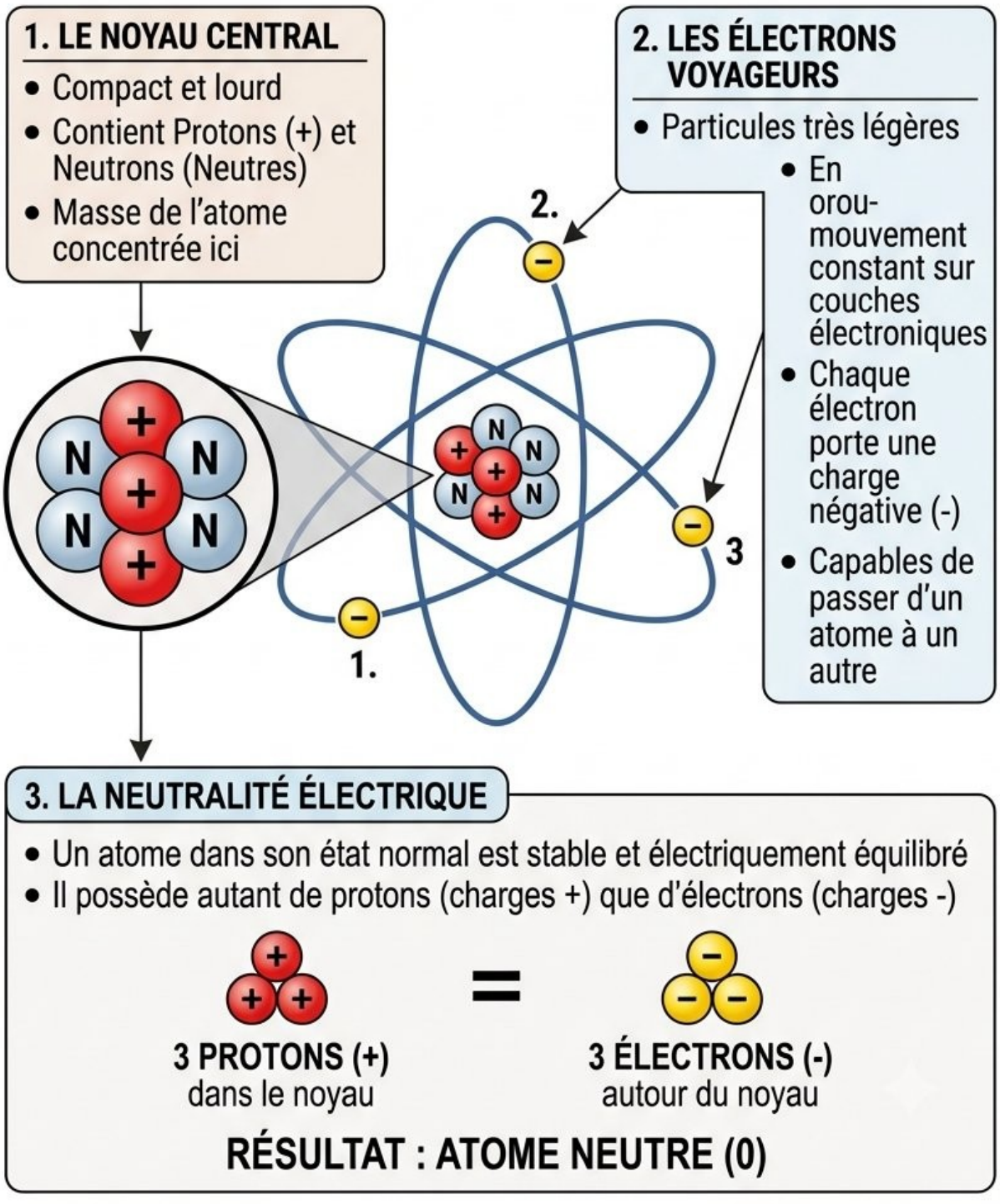


Figure 1 : Réf. IMG (8279-8659-0996)

Modèle planétaire de l'atome de Lithium (3 électrons, 3 protons)

a. Le noyau central

Au centre, tel un chef de village, se trouve le noyau. Il est compact et lourd. Il contient deux types de particules : les protons, porteurs d'une charge positive, et les neutrons, qui sont électriquement neutres. La masse de l'atome est presque entièrement concentrée dans ce noyau, comme la richesse d'une concession se trouve souvent dans la maison principale.

b. Les électrons voyageurs

Autour du noyau, des particules bien plus légères, les électrons, sont en mouvement constant sur des orbites appelées couches électroniques. Chaque électron porte une charge négative, exactement opposée à celle du proton. Ce sont les "voyageurs" de la matière, capables de passer d'un atome à un autre.

c. La neutralité électrique

Un atome dans son état normal est stable et électriquement équilibré. Il possède autant de protons (charges +) que d'électrons (charges -). Si un atome de cuivre possède 29 protons dans son noyau, il aura 29 électrons qui gravitent autour pour être neutre.

■ ■ ■

B. La Charge Électrique (q) et l'Ionisation

La charge électrique, notée q, est une propriété fondamentale de la matière. Son unité de mesure dans le Système International est le Coulomb (C). La plus petite charge électrique qui existe est la charge élémentaire, notée e.

Sa valeur est :

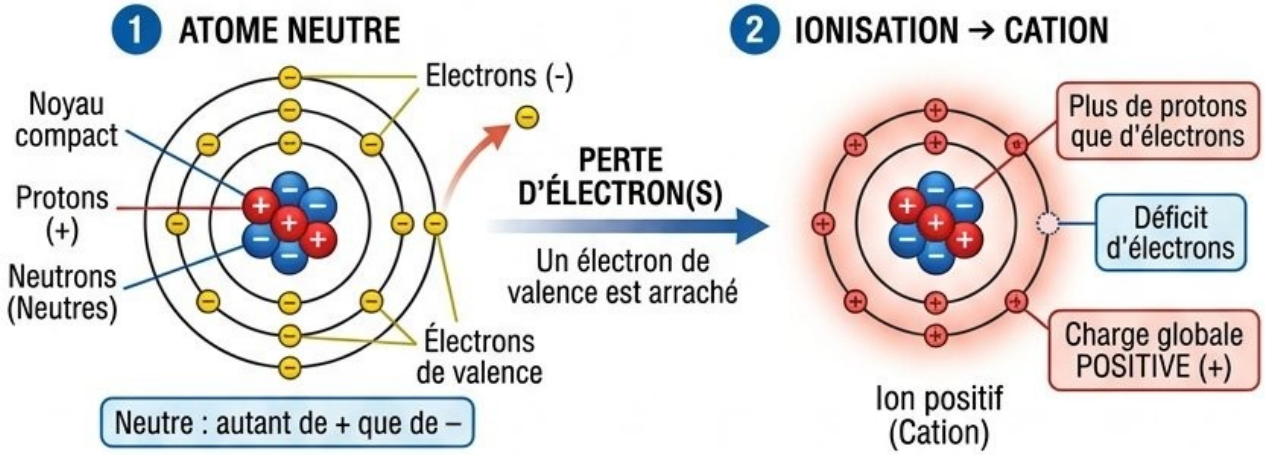
$$e = 1,602 \times 10^{-19} C$$

Un atome cesse d'être neutre s'il perd ou gagne un ou plusieurs électrons. Il devient alors un **ion**. Ce sont uniquement les électrons qui se déplacent ; les protons sont prisonniers du noyau.

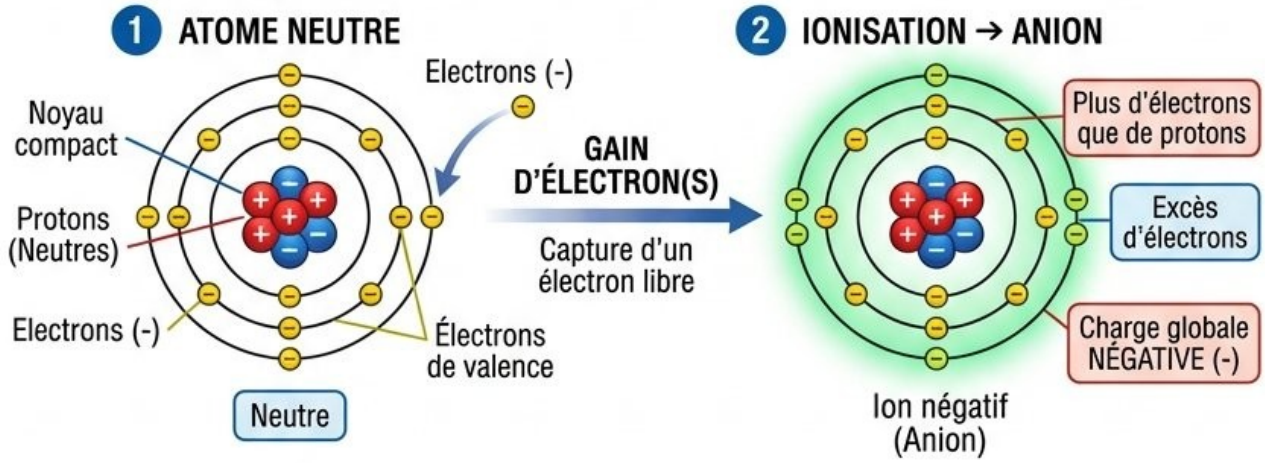
Figure 2 : Réf. IMG (9870-1246-4480)

Processus d'ionisation : perte et gain d'un électron par un atome

a. L'ionisation par perte : le cation



b. L'ionisation par gain : l'anion



c. Le rôle des électrons libres

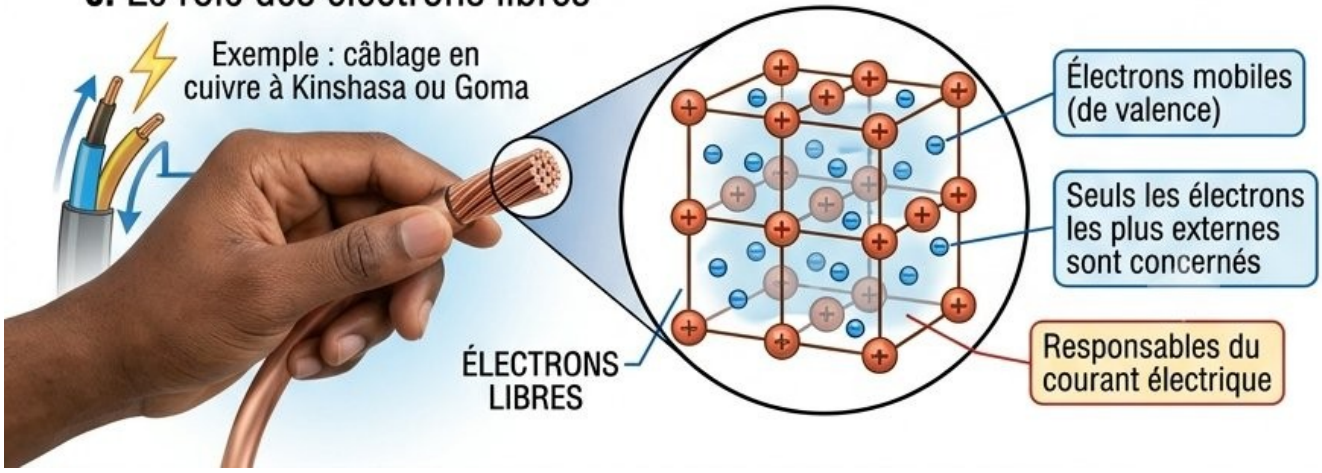


Figure 2 : Réf. IMG (9870-1246-4480)

Processus d'ionisation : perte et gain d'un électron par un atome

a. L'ionisation par perte : le cation

Quand un atome perd un ou plusieurs électrons de sa couche externe, il se retrouve avec un surplus de protons. Le nombre de charges positives (+) dépasse le nombre de charges négatives (-). L'atome devient alors un ion positif, aussi appelé **cation**. Il est en "déficit" d'électrons et porte une charge globale positive.

b. L'ionisation par gain : l'anion

Inversement, un atome peut capturer un ou plusieurs électrons "libres" venant d'ailleurs. Il possède alors plus d'électrons que de protons. Le bilan des charges est négatif. L'atome se transforme en ion négatif, ou **anion**. Il porte une charge globale négative.

c. Le rôle des électrons libres

Seuls les électrons les plus externes, dits "électrons de valence", peuvent facilement être arrachés ou ajoutés. Ce sont ces électrons mobiles qui sont responsables du courant électrique dans les métaux comme le cuivre utilisé pour les câblages à Kinshasa ou à Goma.

SCÉNARIOS ET EXERCICES

Le mystère des cheveux qui se dressent

Tata Mbuyi, à Kananga, remarque une chose étrange pendant la saison sèche. Chaque fois que sa fille peigne ses longs cheveux avec un peigne en plastique, certains cheveux se dressent vers le peigne ou se repoussent entre eux. Il ne comprend pas cette "magie". En réalité, c'est de la physique pure, un phénomène appelé électricité statique.

En frottant le peigne contre les cheveux, le plastique arrache des électrons aux cheveux. - Le peigne, ayant gagné des électrons, devient chargé négativement. - Les cheveux, ayant perdu des électrons, deviennent chargés positivement. Chaque cheveu, étant chargé positivement, repousse ses voisins qui ont la même charge. C'est le principe fondamental : deux charges de même signe se repoussent, deux charges de signes opposés s'attirent.

Exercice 1 : Le calcul de la charge d'un ion

Énoncé : Un atome de fer (Fe) possède 26 protons. Dans un processus de corrosion, il perd 3 électrons. Il devient un ion $Fe^{3+¿¿}$. Quelle est la charge électrique nette de cet ion, exprimée en Coulombs (C) ?

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Identifier les particules chargées** L'ion possède toujours 26 protons (charge positive). Le nombre d'électrons est maintenant de $26-3=23$ électrons (charge négative).
2. **Étape 2 : Déterminer la charge nette en termes de charge élémentaire (e)** La charge nette est la différence entre le nombre de protons et le nombre d'électrons. Charge nette = $(26-23)\times e=+3e$. Le signe est positif car il y a plus de protons.
3. **Étape 3 : Convertir en Coulombs** Il faut multiplier ce résultat par la valeur de la charge élémentaire $e=1,602\times10^{-19}C$.
   $q=3\times(1,602\times10^{-19}C)$
4. **Étape 4 : Résultat final** Le calcul donne :

$$q=+4,806\times10^{-19}C$$

Exercice 2 : Identifier le type d'ion

Énoncé : Papa Roger, technicien dans un laboratoire d'analyse des eaux du fleuve Congo à Kisangani, analyse une particule. Son appareil indique qu'elle contient 17 protons et 18 électrons. Cette particule est-elle un atome neutre, un cation (ion positif) ou un anion (ion négatif) ? Justifiez.

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Comparer le nombre de protons et d'électrons** Nombre de protons : 17 Nombre d'électrons : 18
2. **Étape 2 : Analyser la différence** On observe que le nombre d'électrons (18) est supérieur au nombre de protons (17). Il y a un électron en excès.
3. **Étape 3 : Conclure sur la nature de la particule** Puisqu'il y a un surplus d'une charge négative (électron), la charge globale de la particule est négative. La particule est donc un **anion**. Elle a gagné un électron.

1.2. Conducteurs, Isolants et Semi-conducteurs

a. Une question de chemin

Pendant une forte pluie à Gemena, dans la province du Sud-Ubangi, l'eau cherche toujours le chemin le plus facile pour s'écouler. Elle va remplir les caniveaux et les rigoles, évitant les monticules de terre qui bloquent son passage. Certains chemins sont larges et directs, d'autres sont complètement fermés.

La circulation des électrons dans la matière obéit à une logique similaire. Tous les matériaux ne laissent pas passer le courant électrique avec la même facilité. La structure atomique de chaque substance définit si elle offre une autoroute, une impasse ou une route à péage pour les électrons.

A. Les Conducteurs : L'autoroute des électrons

Un matériau conducteur possède des électrons qui ne sont pas fortement liés à leurs atomes. Ces "électrons libres" forment une sorte de nuage électronique capable de se déplacer facilement à travers tout le matériau. L'application d'une tension, même faible, met immédiatement ces électrons en mouvement, créant un courant électrique.

Les métaux sont les conducteurs les plus connus. * **Le cuivre (Cu)** : très utilisé pour les câbles électriques. * **L'aluminium (Al)** : utilisé pour les lignes à haute tension. * **L'or (Au)** : excellent conducteur, utilisé dans les composants électroniques de précision.

B. Les Isolants : La route barrée

Un matériau isolant, ou diélectrique, a des électrons très fortement liés au noyau de leurs atomes. Il n'y a quasiment pas d'électrons libres disponibles pour le transport de charge. Ces matériaux s'opposent donc très fortement au passage du courant électrique. Ils sont essentiels pour la sécurité des installations et des personnes.

On les utilise pour gainer les fils conducteurs et fabriquer les supports d'appareillage. * **Le plastique (PVC)** : gaine des câbles domestiques. * **Le verre** : isolateurs sur les poteaux électriques. * **Le bois sec** : mauvais conducteur, mais devient conducteur s'il est humide. * **Le caoutchouc** : utilisé pour les gants et les bottes d'électricien.

Figure 3 : Réf. IMG (3652-5761-1302). Structure atomique et comportement des électrons dans les trois types de matériaux.

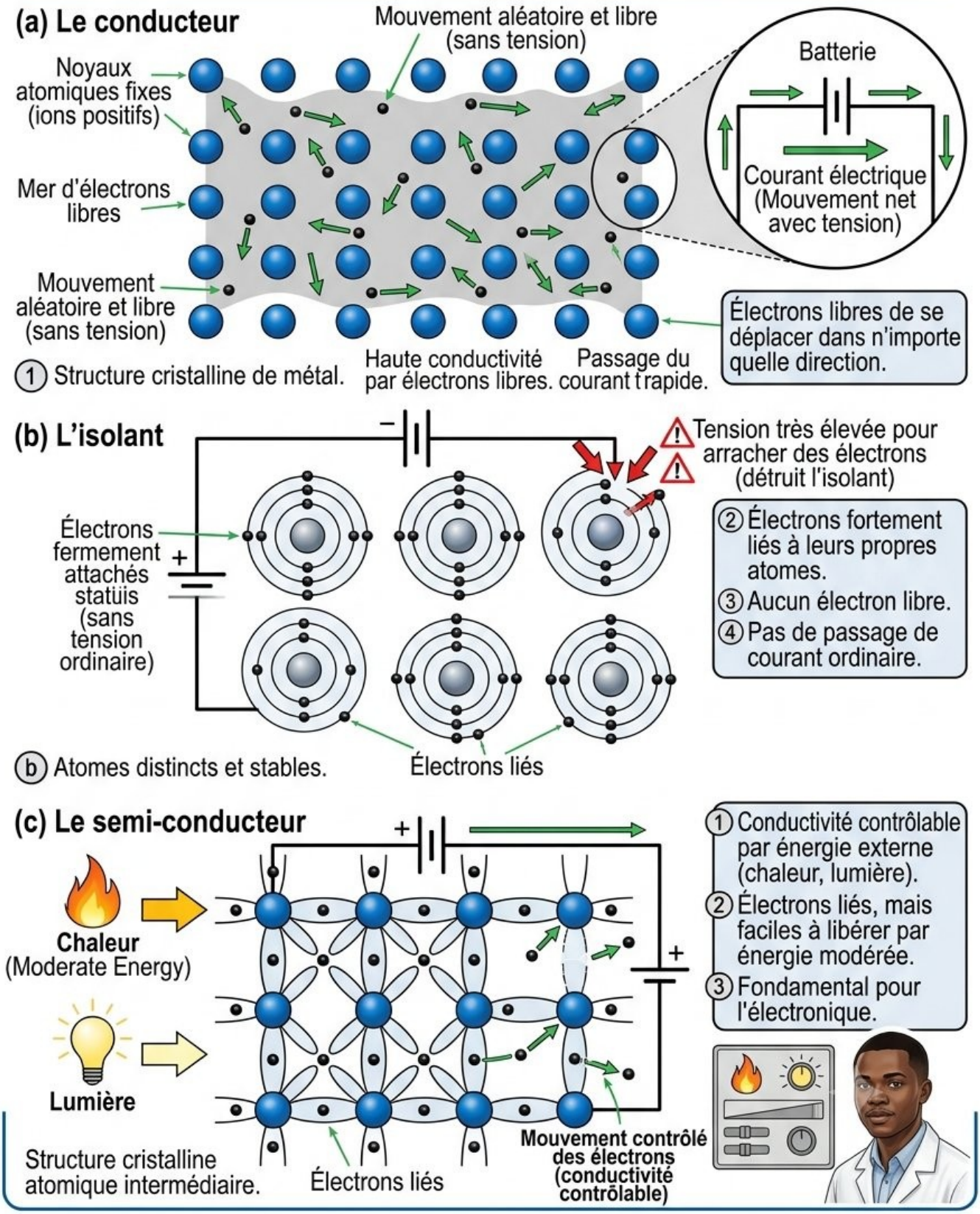


Figure 3 : Réf. IMG (3652-5761-1302)

Structure atomique et comportement des électrons dans les trois types de matériaux

a. Le conducteur

Cette structure illustre un métal. Les points noirs représentent les noyaux atomiques fixes. La zone grisée symbolise la "mer d'électrons libres" qui peuvent se déplacer dans n'importe quelle direction sous l'effet d'une tension. C'est cette liberté de mouvement qui définit la haute conductivité. Le passage du courant est facile et quasi instantané.

b. L'isolant

Ici, chaque électron (point noir) est fermement attaché à son propre atome (cercle). Il n'y a pas d'électrons partagés ou libres de se mouvoir entre les atomes. Pour qu'un courant passe, il faudrait une tension extrêmement élevée capable "d'arracher" ces électrons, ce qui détruirait l'isolant.

c. Le semi-conducteur

Cette structure est intermédiaire. Les électrons sont liés, mais la liaison est plus faible que dans un isolant. Un apport d'énergie modéré (chaleur, lumière) peut libérer certains électrons, leur permettant de se déplacer et de conduire l'électricité. Leur conductivité est donc contrôlable, ce qui est fondamental pour l'électronique moderne.

■ ■ ■

C. Les Semi-conducteurs : Le péage sélectif

Les semi-conducteurs sont une catégorie spéciale. Leur conductivité se situe entre celle des conducteurs et celle des isolants. Purs, ils sont peu conducteurs. Leur propriété la plus intéressante est que leur conductivité peut être modifiée et contrôlée en ajoutant de petites quantités d'autres éléments (un processus appelé dopage) ou en variant la température et la lumière.

Le silicium (Si) et le germanium (Ge) sont les semi-conducteurs les plus célèbres. Ils sont le cœur des composants électroniques comme les diodes, les transistors et les microprocesseurs.

Scénarios et Exercices

Une simple réparation à Lubumbashi

Papa Kanku, un bon bricoleur du quartier Bel-Air à Lubumbashi, remarque un soir que la lampe de sa terrasse ne s'allume plus. En inspectant le fil d'alimentation, il voit que la gaine en plastique a fondu à un endroit, exposant le fil de cuivre. Il a aussi remarqué que le fil lui-même est sectionné. Pour réparer, il doit reconnecter les deux bouts du fil de cuivre puis protéger la jonction pour éviter tout court-circuit ou électrocution. Il fouille dans sa boîte à outils et trouve un bout de fil de fer, un morceau de ficelle sèche et du ruban adhésif noir en plastique (chatterton). Son choix est crucial. Il doit choisir le bon matériau pour rétablir le contact et le bon matériau pour isoler sa réparation et garantir la sécurité.

Exercice 1 : La lampe de Mama Angélique

Énoncé : Mama Angélique, qui tient un petit restaurant à Boma dans le Kongo Central, veut remplacer elle-même le fil abîmé de son mixeur. Elle dispose de trois objets : un fil de pêche en nylon, une tige de cuivre fin et une ficelle en coton. Quel matériau doit-elle utiliser pour que le courant arrive au moteur du mixeur ? Quel matériau pourrait-elle (en théorie, mais ce n'est pas recommandé) enrouler autour pour se protéger ?

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Identifier le besoin de conduction** Pour que le mixeur fonctionne, l'électricité doit circuler du mur jusqu'au moteur. Il faut un matériau qui laisse passer les électrons, un conducteur.
2. **Étape 2 : Analyser les matériaux disponibles**
   - La tige de cuivre est un métal. Les métaux sont d'excellents conducteurs.
   - Le fil de pêche en nylon est un plastique. Les plastiques sont des isolants.
   - La ficelle en coton est un isolant (si elle est parfaitement sèche).
3. **Étape 3 : Conclure sur le choix** Mama Angélique doit utiliser la **tige de cuivre** pour remplacer la partie conductrice du fil. Pour l'isolation, le nylon serait plus efficace et sûr que le coton, mais l'idéal reste une gaine de PVC ou du ruban isolant spécifique.

Exercice 2 : Le projet du jeune technicien

Énoncé : Junior, un finaliste en électronique à l'Institut Technique de la Gombe, travaille sur un projet. Il doit créer un capteur qui déclenche une alarme uniquement lorsque la température d'une machine dépasse 80°C. Le capteur doit donc bloquer le courant à température normale et le laisser passer quand il fait chaud. À quelle catégorie de matériaux appartient le composant principal de son capteur ?

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Comprendre la fonction du composant** Le composant doit changer de comportement électrique en fonction de la température. Il est isolant (ou presque) à froid et devient conducteur à chaud.
2. **Étape 2 : Évaluer les trois catégories de matériaux**
   - Un conducteur laisserait passer le courant tout le temps. Il ne convient pas.
   - Un isolant bloquerait le courant tout le temps. Il ne convient pas.
   - Un semi-conducteur a une conductivité qui augmente avec la température.
3. **Étape 3 : Choisir la bonne catégorie** Le composant de Junior doit être un **semi-conducteur**. Sa résistance diminue fortement lorsque la température augmente, ce qui lui permet d'agir comme un interrupteur thermique.

1.3. L'Électrisation des Corps

a. L'étincelle avant le courant

Même si le puissant courant des barrages d'Inga semble être la seule électricité qui compte, une autre forme, plus discrète, existe partout. Cette force se manifeste quand on retire un vêtement en laine par temps sec ou quand de fins cheveux se dressent vers un écran de télévision allumé. Ces phénomènes ne sont pas magiques.

Ils révèlent une propriété fondamentale de la matière. Les objets qui nous entourent, initialement neutres, peuvent acquérir une charge électrique. Ce processus se nomme l'électrisation.

A. L'électrisation par frottement

Le frottement de deux corps isolants de natures différentes provoque un transfert d'électrons. L'un des corps arrache des électrons à l'autre.

Le bilan final est simple : - Un corps perd des électrons. Il présente un déficit d'électrons et devient chargé positivement. - L'autre corps gagne ces électrons. Il présente un excès d'électrons et devient chargé négativement.

La quantité de charge perdue par l'un est exactement égale à la quantité de charge gagnée par l'autre.

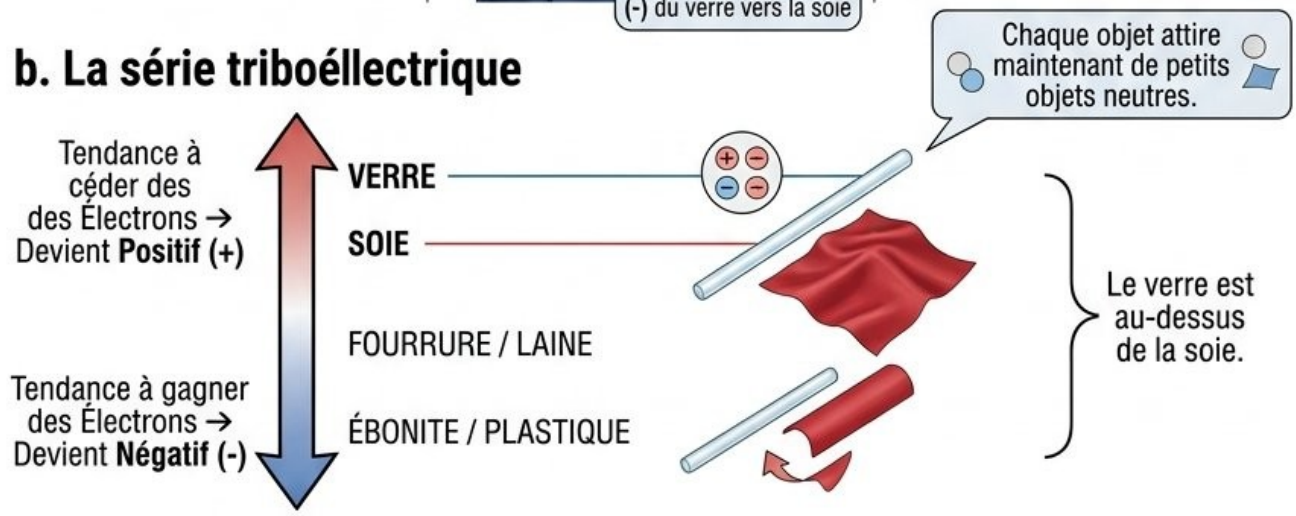
Figure 4 : Réf. IMG (8607-1043-6137)

Schéma de l'électrisation par frottement d'une baguette de verre

a. Analyse visuelle



b. La série triboélectrique



c. Application concrète et simple

