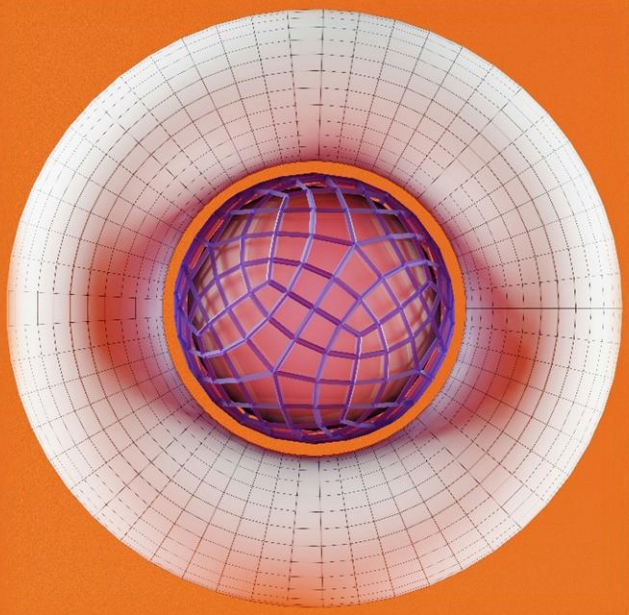
PHYSIQUE



CONFORME
AU PROGRAMME
NATIONAL

3è Année

EDITION 2025

Options humanités

SCIENTIFIQUES



TABLE DES MATIÈRES

PRÉLIMINAIRES **1**

1. Profil de l'élève et Prérequis 1
   - 1.1. Profil cognitif et aptitudes attendues 1
   - 1.2. Prérequis disciplinaires fondamentaux 1

2. Compétences Visées 1
   - 2.1. Maîtrise des savoirs théoriques et conceptuels 1
   - 2.2. Développement des savoir-faire expérimentaux 2
   - 2.3. Structuration du raisonnement et de l'analyse 2

3. Méthodologie et Approche Pédagogique 2
   - 3.1. Ancrage dans le Raisonnement Hypothético-Déductif 2
   - 3.2. Progression Spirale et Contextualisation 2
   - 3.3. Validation par la Situation-Problème 3

4. Objectifs Généraux 3
   - 4.1. Consolidation du raisonnement hypothético-déductif 3
   - 4.2. Développement de la compétence d'application 3
   - 4.3. Préparation à l'enseignement supérieur et à l'Examen d'État 3

PARTIE 1. ÉLECTROSTATIQUE ET CHAMP ÉLECTRIQUE **4**

a. L'immobilité des charges électriques 4

b. La loi de Coulomb : une force universelle 4

c. Le concept de champ électrique 4

d. Potentiel et énergie potentielle électrique 4

CHAPITRE 1. INTERACTIONS ÉLECTRIQUES ET LOI DE COULOMB **5**

1.1. Phénomènes d'électrisation et nature de la charge 5
   - a. Le secret de l'ambre frotté 5
   - A. Nature de la charge électrique 5
   - B. Conducteurs et Isolants 5

FIGURE 1 : RÉF. IMG (5900-2996-6696) **8**

Électrisation d'une tige de plastique par frottement avec un tissu de laine 8
   - C. Les modes d'électrisation 8

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

FIGURE 2 : RÉF. IMG (8221-3233-6374) **11**

Schéma des interactions fondamentales entre deux charges électriques ponctuelles..... 11

- Scénarios et Exercices..... 11
- Une leçon sous l'orage de Mbandaka..... 11

1.2. Loi fondamentale de l'électrostatique (Loi de Coulomb)..... 13

- a. De l'observation à la mesure..... 13
- A. Énoncé mathématique de la loi..... 13
- B. Nature vectorielle et direction de la force..... 14

FIGURE 3 : RÉF. IMG (9438-8431-6410) **16**

Représentation vectorielle de la force de Coulomb pour l'attraction et la rép..... 16

- C. Scénarios et Exercices..... 16

1.3. Principe de superposition des forces..... 18

- a. Le problème des interactions multiples..... 18
- A. Énoncé du principe..... 19

FIGURE 4 : RÉF. IMG (9259-2115-2086) **21**

Superposition des forces électriques exercées sur une charge par un système..... 21

- B. Méthodologie d'application..... 21

1.4. Applications pratiques de l'électrostatique..... 24

- a. L'étincelle avant la découverte..... 24
- A. Le Photocopieur : La Magie Contrôlée..... 24

FIGURE 5 : RÉF. IMG (2384-0408-0096) **27**

Schéma de principe d'un photocopieur utilisant un tambour photosensible chargé..... 27

- B. Le Dépoussiéreur Électrostatique : Air Pur pour l'Industrie..... 27

FIGURE 6 : RÉF. IMG (6281-4185-2747) **30**

Fonctionnement d'un filtre électrostatique pour le contrôle de la pollution i..... 30

- L'anecdote de l'imprimeur de Matadi..... 30

CHAPITRE 2. CHAMP ÉLECTRIQUE ET POTENTIEL **33**

2.1. Notion et vecteur champ électrique..... 33

- a. Le concept d'action à distance..... 33
- A. Définition du vecteur champ électrique..... 33
- B. Caractéristiques du vecteur champ électrique..... 33

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- C. Champ créé par une charge ponctuelle.....34

2.2. Champ électrique uniforme.....36

- a. L'ordre invisible.....36
- A. Définition et caractéristiques.....36

FIGURE 7 : RÉF. IMG (6458-1880-4293).....38

Lignes de champ électrique entre deux plaques parallèles chargées.....38

- B. Relation entre champ et potentiel.....38

2.3. Énergie potentielle électrique et Travail.....40

- a. L'analogie du manguier.....40
- A. Énergie Potentielle Électrique ().....40
- B. Travail de la force électrique ().....41

FIGURE 8 : RÉF. IMG (1488-8453-5008).....43

Déplacement d'une charge positive entre deux plaques chargées, illustrant le 43

- C. Scénarios et Exercices.....43

2.4. Différence de potentiel (Tension électrique).....45

- a. Une question d'altitude.....45
- A. Relation entre Travail et Différence de Potentiel.....45

FIGURE 9 : RÉF. IMG (3911-2328-7230).....48

Déplacement d'une charge q dans un champ électrique uniforme E.....48

- B. Le Volt, Unité de Tension.....48

FIGURE 10 : RÉF. IMG (2146-0327-0343).....51

Mesure de la tension électrique avec un voltmètre dans un circuit.....51

- b. Scénarios et exercices.....51

CHAPITRE 3. CONDENSATEURS ET DIÉLECTRIQUES.....54

3.1. Constitution et capacité d'un condensateur.....54

- a. L'étincelle inattendue.....54
- A. Anatomie d'un réservoir à charges.....54

FIGURE 11 : RÉF. IMG (7457-7893-1409).....56

Schéma d'un condensateur plan avec ses armatures et son diélectrique.....56

- B. Capacité d'un condensateur : la mesure du stockage.....56

3.2. Association des condensateurs.....59
- a. Le besoin de combiner les capacités.....59
- A. Association en série.....59

FIGURE 12 : RÉF. IMG (8244-4300-0242).....61

Schéma comparatif de l'association de condensateurs en série et en parallèle.....61
- B. Association en parallèle.....61
- C. Scénarios et exercices.....62

3.3. Énergie emmagasinée dans un condensateur.....63
- a. Le principe du réservoir électrique.....63
- A. Le travail de charge et l'énergie potentielle.....63

FIGURE 13 : RÉF. IMG (4965-6820-8982).....66

Graphique de l'énergie stockée dans un condensateur en fonction de la tension.....66
- B. Formules de l'énergie emmagasinée.....66

FIGURE 14 : RÉF. IMG (4587-3910-3070).....69

Schéma simplifié du circuit d'un flash d'appareil photo avec son condensateur.....69
- Le coup de foudre du technicien à Bukavu.....69

3.4. Rôle et types de condensateurs.....71
- a. Le réservoir d'électrons.....71
- A. Rôle fonctionnel du condensateur.....71
- B. Typologie des condensateurs.....72

FIGURE 15 : RÉF. IMG (0351-1472-8680).....74

Coupe schématique et symboles de différents types de condensateurs.....74
- C. Scénarios et Exercices.....74

PARTIE 2. ÉLECTRODYNAMIQUE ET CIRCUITS ÉLECTRIQUES.....77

Du Repos au Mouvement : La Naissance du Courant.....77

Tension, Courant, Résistance : Le Trio Fondamental.....77

L'Union de l'Électricité et du Magnétisme.....77

L'Art d'Assembler : Les Circuits Électriques.....77

CHAPITRE 4. COURANT ÉLECTRIQUE ET RÉSISTANCE.....78

4.1. Nature et intensité du courant électrique.....78

- a. Introduction : L'étincelle originelle....78
- A. Nature du courant électrique....78
- B. Intensité du courant électrique....78

FIGURE 16 : RÉF. IMG (2187-4808-2427)....81

Visualisation du courant électrique dans un conducteur métallique en cuivre....81

- SCÉNARIOS ET EXERCICES....81

4.2. Résistance électrique et Loi de Pouillet....83

- a. L'obstacle invisible du courant....83
- A. Résistivité et Résistance : La carte d'identité du matériau....83

FIGURE 17 : RÉF. IMG (2692-8806-7095)....85

Comparaison de la résistivité électrique de divers matériaux conducteurs....85

- B. Loi de Pouillet : La géométrie de la Résistance....85

FIGURE 18 : RÉF. IMG (1510-0046-0820)....88

Visualisation des paramètres géométriques de la loi de Pouillet sur un fil....88

- C. SCÉNARIOS ET EXERCICES....88

4.3. Loi d'Ohm pour un conducteur ohmique....90

- a. Le paradoxe de l'éclairage public....90
- A. Énoncé mathématique et définitions....90
- B. Le conducteur ohmique et sa caractéristique....91

FIGURE 19 : RÉF. IMG (7879-8903-6559)....93

Caractéristique tension-courant d'un conducteur ohmique, une droite passant p....93

- C. Applications pratiques et calculs....93

4.4. Code des couleurs et rhéostats....95

- a. L'énigme des couleurs....95
- A. Déchiffrer les résistances : le code universel....95

FIGURE 20 : RÉF. IMG (3933-3278-1194)....98

Anatomie d'une résistance électrique et son code couleur universel....98

- B. Le rhéostat : la résistance variable....98
- SCÉNARIOS ET EXERCICES....99

CHAPITRE 5. ANALYSE DES CIRCUITS ET MESURES....101

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

5.1. Appareils de mesures électriques....101
- a. L'étincelle de la mesure....101
- A. Mesure de la Tension (Différence de Potentiel)....101
- B. Mesure de l'Intensité du Courant....101

FIGURE 21 : RÉF. IMG (0302-0818-0824)....103

Branchement correct de l'ampèremètre en série et du voltmètre en parallèle....103
- C. Mesure de la Résistance et Polyvalence....103

5.2. Association de résistances....105
- a. Un aperçu de la complexité électrique....105
- A. L'association en série....106
- B. L'association en parallèle (ou en dérivation)....106

FIGURE 22 : RÉF. IMG (0860-3541-7946)....109

Schémas comparatifs des associations de résistances en série et en parallèle....109
- C. L'association mixte....109

5.3. Loi d'Ohm généralisée aux circuits....111
- a. Un pas au-delà du simple résistor....111
- A. Générateurs et Récepteurs : Les acteurs du circuit....111

FIGURE 23 : RÉF. IMG (4695-5691-5324)....114

Schéma d'une portion de circuit complexe pour la loi d'Ohm généralisée....114
- B. L'équation fondamentale....114

FIGURE 24 : RÉF. IMG (7669-7726-0024)....117

Convention de signe pour la f.é.m. et la f.c.é.m. en fonction du courant....117
- Scénarios et Exercices....117

5.4. Lois de Kirchhoff....119
- a. L'intuition de la circulation....119
- A. Première Loi de Kirchhoff (Loi des Nœuds)....119

FIGURE 25 : RÉF. IMG (3013-2103-5486)....121

Schéma d'un nœud de circuit avec plusieurs courants entrants et sortants....121
- B. Seconde Loi de Kirchhoff (Loi des Mailles)....121

FIGURE 26 : RÉF. IMG (2997-5863-3982)....123

Circuit simple avec une maille, une pile et deux résistances....123
- C. Méthodologie d'application....123

CHAPITRE 6. ÉNERGIE, PUISSANCE ET GÉNÉRATEURS....126

6.1. Énergie électrique et Loi de Joule....126
- a. L'ampoule de grand-mère et la chaleur perdue....126
- A. Définition de l'énergie électrique....126
- B. Énoncé et formulation de la Loi de Joule....126

FIGURE 27 : RÉF. IMG (8350-9173-6537)....129

Schéma de l'effet Joule dans un conducteur ohmique simple....129
- C. Scénarios et Exercices....129

6.2. Générateurs électriques et piles....131
- a. L'indispensable source d'énergie....131
- A. Le Générateur Idéal : Un Modèle Théorique....131

FIGURE 28 : RÉF. IMG (4738-1892-1462)....133

Schéma d'un circuit simple avec un générateur idéal et une résistance....133
- B. Le Générateur Réel : La Résistance Interne en Jeu....133

FIGURE 29 : RÉF. IMG (4971-9950-7834)....136

Modèle équivalent de Thévenin pour un générateur électrique réel....136
- Anecdote : La lampe de Mbuyi pour l'EXETAT....136

6.3. Récepteurs actifs et bilan de puissance....138
- a. Le principe d'opposition active....138
- A. Loi d'Ohm pour un récepteur actif....138

FIGURE 30 : RÉF. IMG (7288-6812-5406)....141

Schéma d'un circuit avec moteur comme récepteur actif....141
- B. Bilan de puissance et rendement....141

6.4. Groupement des générateurs....144
- a. Le besoin d'union fait la force....144
- A. Le groupement en série....144
- B. Le groupement en parallèle....144

FIGURE 31 : RÉF. IMG (2449-0653-5325)....147

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

Schémas de groupement en série et en parallèle de générateurs.....147
- Scénarios et Exercices.....147
- a. La panne de radio sur le fleuve Congo.....147

PARTIE 3. MAGNÉTISME ET ÉLECTROMAGNÉTISME.....150

a. La force discrète des aimants.....150

b. L'expérience qui changea tout.....150

c. Produire du courant sans pile.....150

d. L'ère des machines électromagnétiques.....150

CHAPITRE 7. MAGNÉTOSTATIQUE ET CHAMP MAGNÉTIQUE.....151

7.1. Aimants et interactions magnétiques.....151
- a. Le mystère de la pierre de Magnésie.....151
- A. Définition et Pôles d'un Aimant.....151
- B. Lois fondamentales des interactions.....151

FIGURE 32 : RÉF. IMG (1051-9216-8223).....154

Visualisation des pôles magnétiques et de leurs interactions fondamentales.....154
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....154

7.2. Vecteur induction magnétique.....156
- a. La surprise de Hans Christian Oersted.....156
- A. Définition et caractéristiques.....156
- B. Lignes de champ et spectre magnétique.....157

FIGURE 33 : RÉF. IMG (9306-3704-8517).....159

Visualisation du vecteur induction magnétique B autour d'un fil conducteur.....159

FIGURE 34 : RÉF. IMG (8008-6577-4601).....161

Lignes de champ magnétique d'un aimant droit (pôles Nord et Sud).....161
- L'anecdote de l'ingénieur géologue.....161

7.3. Champ magnétique terrestre.....163
- a. La boussole, un indicateur silencieux.....163
- A. Origine du champ : L'effet dynamo.....163
- B. Description du champ terrestre.....164

FIGURE 35 : RÉF. IMG (6943-4524-6017).....166

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

Modèle simplifié du champ magnétique terrestre et ses composantes....166
- SCÉNARIOS ET EXERCICES....166

7.4. Propriétés magnétiques de la matière....168
- a. L'énigme de la pierre d'aimant....168
- A. Le Diamagnétisme : une opposition systématique....169
- B. Le Paramagnétisme : une faible attraction....169

FIGURE 36 : RÉF. IMG (6126-3363-6549)....171

Comportement des atomes dans un champ magnétique extérieur B....171
- C. Le Ferromagnétisme : l'attraction spectaculaire....171

FIGURE 37 : RÉF. IMG (8702-9655-6923)....174

Organisation des domaines magnétiques dans un matériau ferromagnétique....174
- Scénarios et Exercices....174
- a. Le secret du technicien de la REGIDESO à Goma....174

CHAPITRE 8. ÉLECTROMAGNÉTISME ET FORCES....177

8.1. Champ magnétique créé par un courant....177
- a. Le pari d'un physicien....177
- A. L'expérience d'Oersted et la nature du champ....177
- B. Direction et intensité du champ (cas d'un fil rectiligne infini)....177
- C. Le principe de superposition....178

8.2. Force de Laplace....180
- a. Le moteur caché du quotidien....180
- A. Définition et Expression Mathématique....180

FIGURE 38 : RÉF. IMG (2405-5928-7295)....183

Visualisation de la Force de Laplace sur un conducteur rectiligne....183
- B. Orientation de la Force : La Règle de la Main Droite....183

FIGURE 39 : RÉF. IMG (0149-7756-1796)....186

Application de la règle de la main droite pour la force....186
- b. Scénarios et Exercices....186

8.3. Applications de la force de Laplace....188
- a. Le principe de la conversion électromécanique....188
- A. Le moteur à courant continu....188

FIGURE 40 : RÉF. IMG (3012-8887-1042) **190**

Schéma de principe d'un moteur électrique à courant continu 190

- B. Le haut-parleur électrodynamique 190

8.4. Interaction entre courants parallèles 192

- a. L'étrange attraction des câbles 192
- A. Sens des courants et nature de la force 193

FIGURE 41 : RÉF. IMG (4580-3160-1976) **195**

Schéma des forces d'attraction et de répulsion entre deux courants parallèles 195

- B. Loi de Laplace : Quantification de la force 195
- SCÉNARIOS ET EXERCICES 196

8.5. Effet Hall et ses applications 198

- a. Une tension qui apparaît de nulle part ? 198
- A. Principe de l'Effet Hall 198

FIGURE 42 : RÉF. IMG (4153-2697-3845) **200**

Schéma du principe de l'effet Hall dans une plaque conductrice 200

- B. Applications Pratiques 200

CHAPITRE 9. INDUCTION ÉLECTROMAGNÉTIQUE ET PHÉNOMÈNES DANS LES GAZ **204**

9.1. Phénomène d'induction électromagnétique 204

- a. De la boussole à la dynamo 204
- A. Le flux magnétique et sa variation 204
- B. Loi de Faraday-Lenz : la naissance de la tension 204

FIGURE 43 : RÉF. IMG (6434-5064-9105) **207**

Génération d'un courant induit par déplacement d'un aimant près d'une bobine 207

- C. Courant induit et effet Joule 207

9.2. Lois de Lenz et de Faraday 209

- a. De la curiosité antique à la loi physique 209
- A. La loi de Faraday : quantifier le courant induit 210

FIGURE 44 : RÉF. IMG (3854-3935-3149) **212**

Expérience de Faraday montrant un aimant se déplaçant dans une bobine 212

- B. La loi de Lenz : le principe d'opposition 212

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

FIGURE 45 : RÉF. IMG (9505-0540-9884) **215**

Schéma illustrant la loi de Lenz avec le sens du courant induit 215

- b. Scénarios et exercices 215

9.3. Auto-induction et courants de Foucault 217

- a. La paresse électrique du circuit 217
- A. Le phénomène d'auto-induction 217

FIGURE 46 : RÉF. IMG (7381-4229-4323) **220**

Représentation schématique du phénomène d'auto-induction dans une bobine 220

- B. Les courants parasites de Foucault 220

FIGURE 47 : RÉF. IMG (8387-6694-7636) **223**

Comparaison des courants de Foucault dans un bloc massif et feuilleté 223

- Le freinage sans contact du train de Bumba 223

9.4. Le transformateur : principe et bilan de puissance 225

- a. Une invention pour dompter le courant 225
- A. Principe de fonctionnement et structure 226

FIGURE 48 : RÉF. IMG (7697-3712-8995) **228**

Schéma de principe d'un transformateur monophasé avec ses enroulements 228

- B. Rapport de transformation et types 228
- C. Bilan de puissance et rendement 229

FIGURE 49 : RÉF. IMG (8606-5397-9749) **231**

Diagramme de puissance d'un transformateur réel avec visualisation des pertes 231

- SCÉNARIOS ET EXERCICES 231

9.5. Passage du courant dans les gaz 233

- a. Un isolant qui ne l'est pas toujours 233
- A. L'ionisation des gaz 234
- B. Les régimes de décharge électrique 234

FIGURE 50 : RÉF. IMG (3806-3078-7435) **236**

Tube de Geissler illustrant la décharge dans un gaz raréfié 236

- Scénarios et Exercices 236
- Une anecdote de l'atelier 236

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

ANNEXES.....**239**

Bibliographie.....239

- A. Fondamentaux Universitaires de Physique Générale.....239
- B. Ouvrages Spécifiques par Domaine du Programme.....240
- C. Ressources Pédagogiques et Didactiques.....241
- D. Références Numériques et Logiciels de Simulation.....241

Constantes physiques et Unités.....242

- A. Le Système International d'Unités (SI).....242
- B. Constantes physiques fondamentales.....243
- C. Autres constantes et données utiles.....244

Fiches de Travaux Pratiques.....245

- A. Finalités et Objectifs Pédagogiques des TP.....245
- B. Normes de Sécurité au Laboratoire.....245
- C. Structure d'un Compte-Rendu de TP.....246
- D. Exemples de Manipulations pour l'Option Scientifique.....247

PRÉLIMINAIRES

1. Profil de l'élève et Prérequis

1.1. Profil cognitif et aptitudes attendues

L'élève de troisième année scientifique a dépassé le stade des opérations concrètes pour s'engager dans une pensée formelle. Son aptitude principale est la capacité à mobiliser un raisonnement hypothético-déductif rigoureux face à des situations-problèmes inédites. Il doit démontrer une aisance dans la formalisation mathématique des lois physiques, traduisant un phénomène observé en un modèle exploitable. Cette compétence s'accompagne d'une autonomie croissante dans l'analyse et la structuration de la résolution. La démarche expérimentale, allant de la conception du protocole à l'analyse critique des données et l'évaluation des incertitudes de mesure, est également une compétence centrale attendue.

1.2. Prérequis disciplinaires fondamentaux

Une maîtrise solide des chapitres antérieurs du programme national de physique est impérative. Les lois de la dynamique newtonienne, les concepts d'énergie (cinétique, potentielle) et les principes de l'électrocinétique (lois d'Ohm, de Pouillet, de Kirchhoff) forment le socle indispensable. Du point de vue mathématique, une connaissance active de l'analyse vectorielle (somme, produit scalaire, produit vectoriel) est non négociable. L'élève doit manipuler avec fluidité la trigonométrie, les logarithmes et les exponentielles. Enfin, les bases du calcul différentiel (dérivée d'une fonction) et intégral (calcul d'une primitive, interprétation d'une intégrale) sont essentielles pour aborder les chapitres de l'électromagnétisme et de la physique moderne.

---

2. Compétences Visées

2.1. Maîtrise des savoirs théoriques et conceptuels

Le programme amène l'élève finaliste à une maîtrise structurée des grandes théories de la physique classique. Il s'agit principalement de la mécanique newtonienne, de l'électromagnétisme, de l'optique géométrique et ondulatoire, ainsi que des notions de physique moderne. Cette maîtrise dépasse la simple mémorisation de formules. Elle vise la compréhension intime

des principes, des postulats et des lois qui gouvernent les phénomènes naturels étudiés.

2.2. Développement des savoir-faire expérimentaux

La démarche expérimentale est une compétence centrale. L'élève apprend à élaborer un protocole, à réaliser des montages pertinents et à effectuer des mesures avec précision, que ce soit à Bandundu ou à Lubumbashi. Il développe également la capacité d'analyser de manière critique les résultats obtenus, d'évaluer les incertitudes de mesure et de confronter systématiquement le modèle théorique à la réalité expérimentale observée.

2.3. Structuration du raisonnement et de l'analyse

Ce cours renforce l'aptitude à la modélisation. L'élève apprend à traduire une situation physique complexe, inspirée du quotidien ou d'un problème technique, en un schéma formel. Il sélectionne les lois physiques pertinentes, choisit les outils mathématiques adéquats et conduit un raisonnement hypothético-déductif rigoureux jusqu'à la solution. Cette compétence prépare directement aux exigences de l'Examen d'État et des études supérieures scientifiques, en favorisant l'autonomie intellectuelle.

---

3. Méthodologie et Approche Pédagogique

3.1. Ancrage dans le Raisonnement Hypothético-Déductif

L'acquisition des savoirs en physique s'organise autour du raisonnement hypothético-déductif. Chaque chapitre articule l'observation d'un phénomène, la formulation d'une hypothèse et sa validation par le calcul ou l'expérimentation. Cette démarche systématisée vise à structurer la pensée de l'élève. L'objectif est de le guider de l'intuition initiale vers la démonstration formelle et la loi physique.

3.2. Progression Spirale et Contextualisation

Une progression spirale est privilégiée à un empilement linéaire des connaissances. Des notions fondamentales sont introduites tôt, puis revisitées et approfondies dans des contextes ultérieurs plus complexes. Cet approfondissement s'appuie sur des exemples concrets tirés du quotidien congolais. Sont ainsi mobilisés des cas allant des défis énergétiques à Mbuji-Mayi, à l'hydroélectricité sur le fleuve Congo, en passant par les télécommunications entre Kisangani et Goma.

3.3. Validation par la Situation-Problème

La validation des compétences s'effectue par la résolution de situations-problèmes. Les exercices dépassent la simple application mécanique de formules. Ils invitent l'élève à modéliser une situation issue du réel, à identifier les grandeurs physiques pertinentes, à choisir l'outil mathématique adéquat et à porter un regard critique sur la vraisemblance du résultat obtenu. L'autonomie et l'esprit d'analyse sont ainsi directement cultivés.

---

4. Objectifs Généraux

4.1. Consolidation du raisonnement hypothético-déductif

La transition d'une connaissance descriptive des phénomènes physiques vers leur modélisation formelle et mathématique définit l'axe pédagogique central. Cet objectif installe chez l'élève une démarche rigoureuse. Il s'agit de cultiver la capacité de passer de l'observation qualitative d'un phénomène à la formulation d'une loi quantitative, vérifiable par l'expérience ou le calcul. L'autonomie intellectuelle dans la résolution de problèmes est ainsi la compétence principale visée.

4.2. Développement de la compétence d'application

L'articulation des concepts physiques avec leurs applications technologiques et leur pertinence interdisciplinaire forme le second axe. L'élève doit acquérir une vision intégrée des sciences. La physique est présentée comme un outil fondamental pour la chimie, la biologie ou les sciences de l'ingénieur, et non comme une discipline isolée. Cette approche prépare l'élève à mobiliser ses connaissances physiques pour analyser des systèmes complexes du monde réel.

4.3. Préparation à l'enseignement supérieur et à l'Examen d'État

Une finalité pragmatique demeure la préparation méthodique aux épreuves de l'Examen d'État (EXETAT) et à l'entrée dans l'enseignement supérieur scientifique. Cet objectif implique la maîtrise des outils mathématiques spécifiques au programme. Il inclut aussi une gestion autonome du temps lors de la résolution de problèmes complexes et une familiarisation avec la typologie des questions d'examen. La physique de troisième année scientifique assure ainsi sa fonction de discipline propédeutique.

Partie 1. Électrostatique et Champ Électrique

a. L'immobilité des charges électriques

La physique des charges électriques immobiles définit l'électrostatique. Toute matière, du sol fertile du Kwilu aux rives poissonneuses du fleuve Congo à l'Équateur, contient des charges. L'atome neutre possède un équilibre parfait entre électrons négatifs et protons positifs. Une rupture de cet équilibre crée un objet chargé, source de phénomènes que cette partie détaille. Ces charges fixes génèrent des forces à distance.

b. La loi de Coulomb : une force universelle

Deux charges électriques exercent l'une sur l'autre une force. Charles-Augustin de Coulomb a quantifié cette interaction avec une précision mathématique. La nature de cette force dépend du signe des charges : répulsion pour des signes identiques, attraction pour des signes opposés. Son intensité, elle, varie inversement au carré de la distance qui les sépare. Cette loi est un pilier fondamental de la physique.

c. Le concept de champ électrique

Une charge source modifie les propriétés de l'espace qui l'entoure. Cette modification se nomme le champ électrique. Il s'agit d'un concept puissant pour décrire l'action à distance sans contact direct. Toute autre charge, dite "de test", plongée dans ce champ subira une force électrostatique. Le champ électrique est un champ de vecteurs, défini par une direction, un sens et une intensité en chaque point de l'espace.

d. Potentiel et énergie potentielle électrique

Déplacer une charge électrique au sein d'un champ électrique requiert un travail. Cette énergie est alors emmagasinée sous forme d'énergie potentielle électrique. Pour caractériser l'état énergétique de l'espace, le potentiel électrique, une grandeur scalaire, est introduit. La différence de potentiel entre deux points, aussi nommée tension, détermine directement le travail des forces électriques lors du déplacement d'une charge.

Chapitre 1. Interactions Électriques et Loi de Coulomb

1.1. Phénomènes d'électrisation et nature de la charge

a. Le secret de l'ambre frotté

Pendant l'Antiquité, le savant grec Thalès de Milet observa un fait curieux. Une tige d'ambre (elektron en grec), une fois frottée avec de la laine, acquérait la capacité d'attirer de petits objets légers comme des brins de paille. Cette observation simple marque la naissance de l'étude des phénomènes électriques.

Ce pouvoir mystérieux, nommé 'électricité' bien plus tard, est en réalité le résultat d'un transfert de charges. La matière, dans son état fondamental, est électriquement neutre. L'électrisation est le processus qui vient rompre cet équilibre atomique pour créer un excès ou un défaut d'électrons.

A. Nature de la charge électrique

Toute matière est composée d'atomes. Chaque atome contient un noyau central, formé de protons (charge positive) et de neutrons (charge neutre), autour duquel gravitent des électrons (charge négative).

- La charge d'un proton est la charge élémentaire positive, notée $+e$.
- La charge d'un électron est la charge élémentaire négative, notée $-e$.
- La valeur de cette charge élémentaire est $e = 1,602 \times 10^{-19}$ Coulombs (C).

Un corps est électriquement neutre lorsque le nombre de protons est égal au nombre d'électrons. Il devient chargé négativement s'il gagne des électrons (excès d'électrons) et chargé positivement s'il en perd (défaut d'électrons). La charge totale Q d'un corps est toujours un multiple entier de la charge élémentaire e, soit $Q = n \cdot e$, où n est un entier. Ce principe est la quantification de la charge.

B. Conducteurs et Isolants

La mobilité des charges différencie les matériaux.

Un **conducteur électrique** est un corps où les charges électriques (généralement des électrons libres) peuvent se déplacer facilement. Les métaux comme le cuivre du Katanga, l'aluminium ou l'argent sont

d'excellents conducteurs. Le corps humain et l'eau salée sont aussi conducteurs.

Un **isolant électrique** (ou diélectrique) est un corps où les charges électriques sont fortement liées aux atomes. Elles ne peuvent pas s'y déplacer librement. Le verre, le plastique, le caoutchouc, la porcelaine ou le bois sec sont des isolants courants.

Figure 1 : Réf. IMG (5900-2996-6696)

(14-16px): Électrisation d'une tige de plastique par frottement avec un tissu de laine

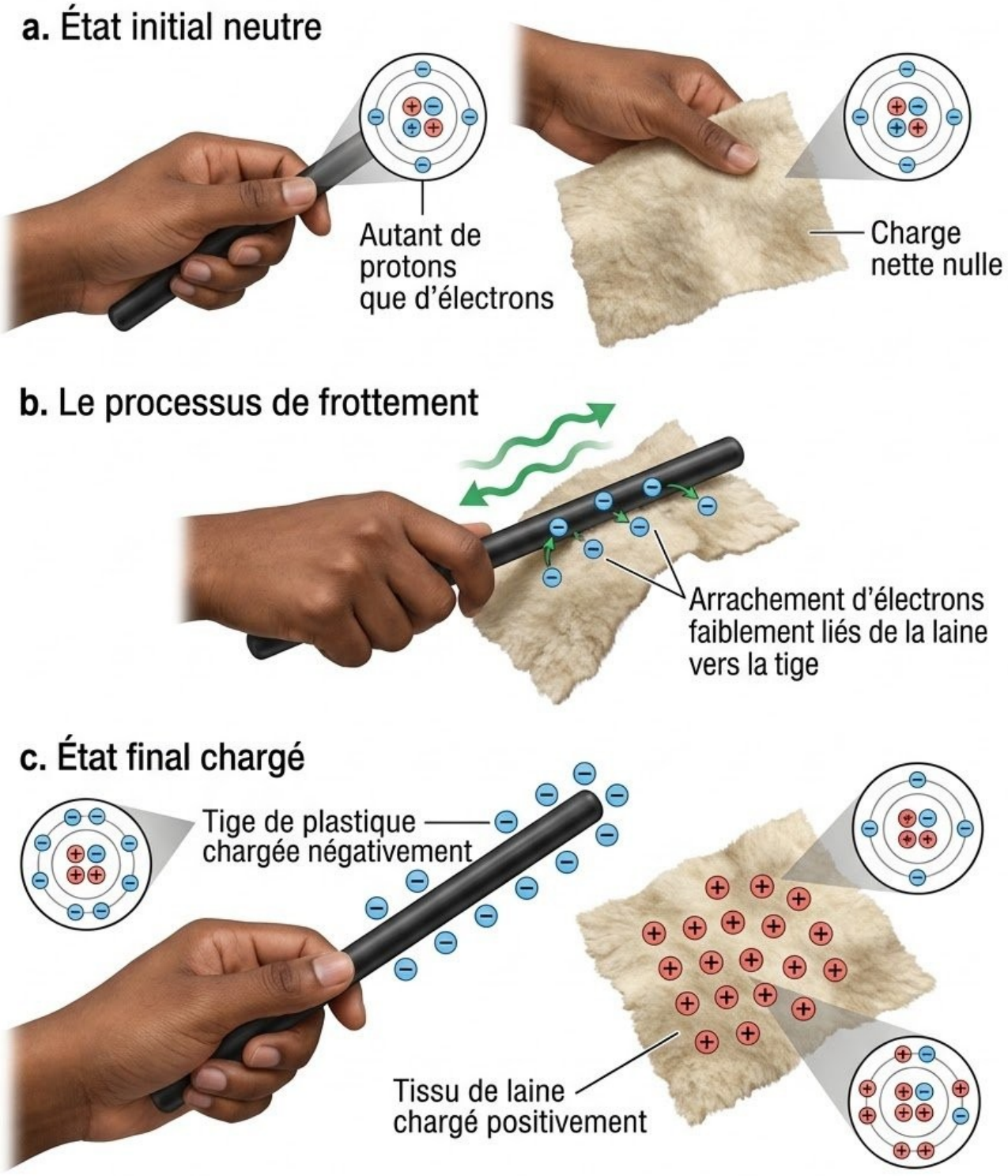


Figure 1 : Réf. IMG (5900-2996-6696)

Électrisation d'une tige de plastique par frottement avec un tissu de laine

a. État initial neutre

Avant tout contact, la tige en plastique et le morceau de laine sont électriquement neutres. Ils possèdent autant de protons que d'électrons. Aucune interaction électrique notable n'est visible entre eux. Leur charge nette respective est nulle. L'équilibre des charges prévaut dans chaque objet.

b. Le processus de frottement

L'action de frotter la tige contre la laine apporte une énergie mécanique. Cette énergie est suffisante pour arracher des électrons faiblement liés aux atomes de la laine. Ces électrons sont alors transférés vers la tige en plastique. Le mouvement crée une séparation des charges.

c. État final chargé

Après frottement, la tige de plastique possède un excès d'électrons ; elle est donc chargée négativement. La laine a un déficit d'électrons ; elle est chargée positivement. L'attraction ou la répulsion avec d'autres objets devient alors possible.

■ ■ ■

C. Les modes d'électrisation

Électriser un corps consiste à créer un déséquilibre de ses charges. Trois principaux procédés permettent d'y parvenir.

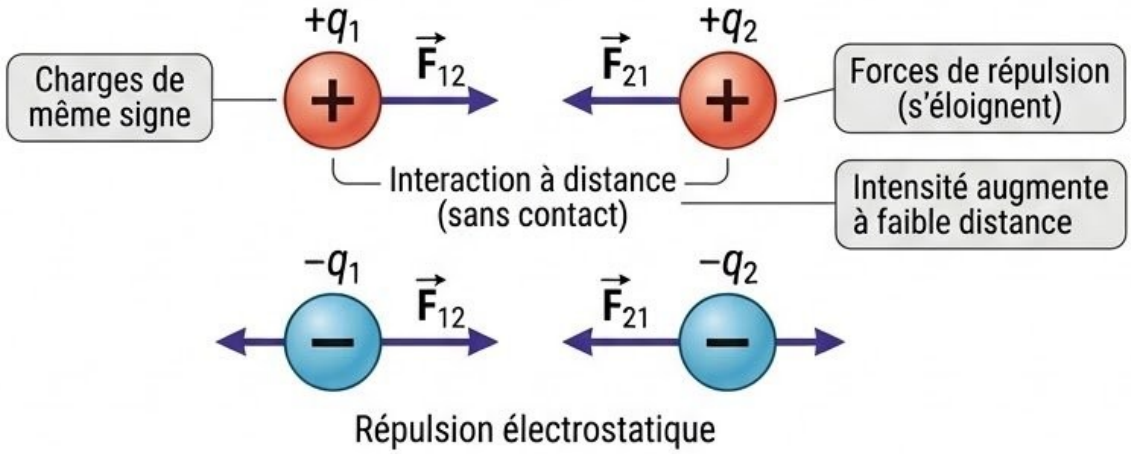
1. **L'électrisation par frottement :** Elle se produit en frottant deux corps de natures différentes l'un contre l'autre. L'un des corps arrache des électrons à l'autre. Les deux corps se retrouvent avec des charges de signes opposés.
2. **L'électrisation par contact :** Elle a lieu lorsqu'un corps chargé est mis en contact avec un corps neutre (généralement conducteur). Une partie des charges en excès sur le premier corps se répartit sur le second. Les deux corps ont alors des charges de même signe.
3. **L'électrisation par influence (ou induction) :** Elle se produit sans contact. En approchant un corps chargé (l'inducteur) d'un conducteur neutre (l'induit), les charges de ce dernier se réorganisent. Les

charges de signe opposé à l'inducteur sont attirées, tandis que celles de même signe sont repoussées. Le corps induit reste globalement neutre mais devient polarisé.

Figure 2 : Réf. IMG (8221-3233-6374)

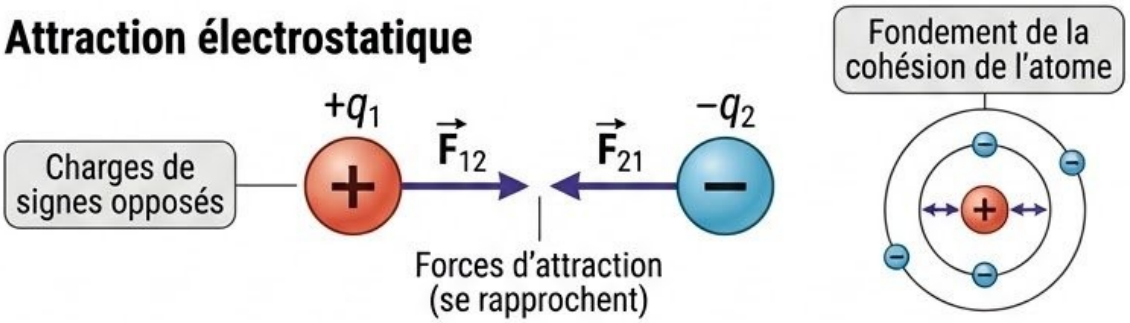
Schéma des interactions fondamentales entre deux charges électriques ponctuelles

a. Répulsion électrostatique



Répulsion électrostatique

b. Attraction électrostatique



c. Polarisation par influence

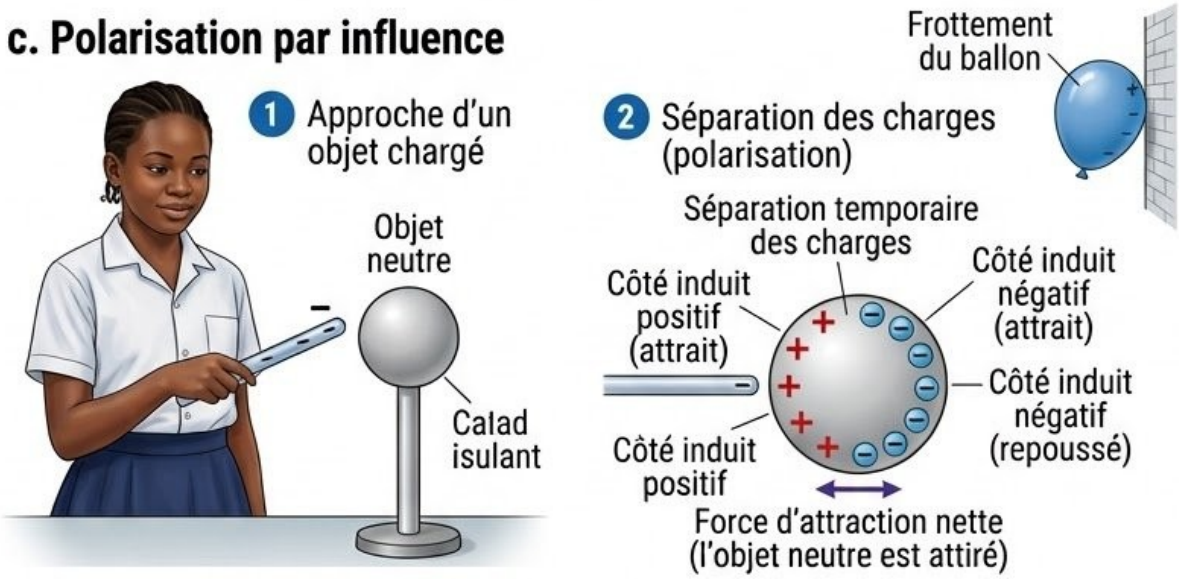


Figure 2 : Réf. IMG (8221-3233-6374)

Schéma des interactions fondamentales entre deux charges électriques ponctuelles

a. Répulsion électrostatique

L'illustration montre que deux charges de même signe (deux positives ou deux négatives) exercent l'une sur l'autre une force qui les éloigne. C'est le principe de répulsion. Plus les charges sont proches, plus cette force est intense. C'est une interaction à distance qui ne nécessite aucun contact direct.

b. Attraction électrostatique

Inversement, deux charges de signes opposés (une positive et une négative) s'attirent mutuellement. La force tend à les rapprocher. Cette attraction est le fondement de la cohésion de l'atome, où les électrons négatifs sont maintenus en orbite autour du noyau positif.

c. Polarisation par influence

Lorsqu'un objet chargé est approché d'un objet neutre, il peut induire une séparation temporaire des charges en son sein. Cette polarisation crée une force d'attraction nette, même si l'objet reste globalement neutre. C'est pourquoi un ballon frotté colle au mur.

Scénarios et Exercices

Une leçon sous l'orage de Mbandaka

Maman Hélène, assise sur la véranda de sa maison à Mbandaka, observait le ciel de l'Équateur s'assombrir. Bientôt, un orage violent éclata. Un éclair spectaculaire déchira le ciel et frappa un grand palmier au loin. Son fils, Jean, élève en 3ème scientifique, lui expliqua le phénomène. Les nuages d'orage sont comme des générateurs électriques géants. Le frottement intense entre les gouttelettes d'eau et les cristaux de glace à l'intérieur des cumulonimbus provoque une électrisation massive par frottement. Des zones du nuage deviennent fortement positives et d'autres, fortement négatives. Quand la différence de potentiel avec le sol devient trop grande, une décharge électrique

colossale se produit : c'est la foudre, un exemple puissant d'interaction électrique à l'échelle naturelle.

Exercice 1 : La règle en plastique de l'écolier de Kananga

Énoncé : Tshimanga, un écolier de Kananga, frotte vigoureusement sa règle en plastique sur la manche de son uniforme en tissu. Il approche ensuite sa règle de petits morceaux de papier posés sur son banc. Il observe que les morceaux de papier "sautent" et se collent à la règle. Expliquez ce phénomène en trois étapes.

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Électrisation de la règle par frottement** Le frottement de la règle en plastique contre l'uniforme en tissu provoque un transfert d'électrons du tissu vers la règle. La règle accumule un excès d'électrons et devient donc chargée négativement.

2. **Étape 2 : Polarisation des morceaux de papier par influence** En approchant la règle négative des morceaux de papier (qui sont neutres et isolants), les charges à l'intérieur des molécules de papier se réorganisent. Les électrons des molécules de papier sont repoussés, tandis que les noyaux positifs sont attirés vers la règle. Chaque morceau de papier devient un dipôle électrique.

3. **Étape 3 : Attraction résultante** La force d'attraction entre la règle négative et les pôles positifs des molécules de papier est légèrement plus forte que la force de répulsion avec les pôles négatifs, car les charges positives sont plus proches de la règle. Cette force nette attractive est suffisante pour soulever les légers morceaux de papier.

Exercice 2 : Le pendule électrostatique de Matadi

Énoncé : Dans un laboratoire de physique au port de Matadi, une petite boule légère en feuille d'aluminium est suspendue à un fil de nylon. Un enseignant approche une tige de verre, préalablement chargée positivement, de la boule. 1. Que se passe-t-il lorsque la tige est proche de la boule, sans la toucher ? 2. Que se passe-t-il si la tige touche ensuite la boule ?

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Approche sans contact (Phénomène d'influence)** La boule d'aluminium est un conducteur neutre. Lorsque la tige positive s'approche, elle attire les électrons libres de la boule. Ces électrons se

déplacent et s'accumulent sur la face de la boule la plus proche de la tige. L'autre face de la boule se retrouve avec un déficit d'électrons, donc positive. La boule est attirée vers la tige.

2. **Étape 2 : Contact et répulsion** Lorsque la tige positive touche la boule conductrice, des électrons de la boule sont transférés vers la tige pour neutraliser une partie de sa charge positive. La boule perd donc des électrons et devient elle-même chargée positivement. Comme la tige et la boule sont maintenant toutes les deux chargées positivement, elles se repoussent violemment. La boule est projetée loin de la tige.

1.2. Loi fondamentale de l'électrostatique (Loi de Coulomb)

a. De l'observation à la mesure

Même si la nature attractive ou répulsive des forces électriques était observée depuis l'Antiquité, sa quantification précise restait un mystère. Les physiciens savaient que des corps chargés pouvaient s'attirer ou se repousser, mais ils ne pouvaient pas prédire l'intensité de cette interaction. La science stagnait à un niveau qualitatif.

Vers 1785, le physicien français Charles-Augustin de Coulomb utilisa une balance de torsion, un instrument d'une sensibilité remarquable. Il mesura avec rigueur la force entre de petites sphères chargées. Ses expériences ont permis d'établir une relation mathématique rigoureuse, transformant l'électrostatique en une science quantitative exacte.

A. Énoncé mathématique de la loi

L'intensité de la force électrostatique F s'exerçant entre deux charges ponctuelles q_A et q_B est directement proportionnelle au produit de leurs charges et inversement proportionnelle au carré de la distance d qui les sépare.

Sa formulation mathématique est la suivante :

$$F = k\frac{|q_A \cdot q_B)}{d^2}$$

Chaque terme de cette équation possède une signification et une unité précises.

- F : l'intensité de la force en Newtons (N).
- q_A et q_B : les valeurs des charges en Coulombs (C).
- d : la distance séparant les centres des deux charges en mètres (m).
- k : la constante de proportionnalité, appelée constante de Coulomb.

Dans le vide ou dans l'air, la constante k a une valeur approximative de $9 \times 10^9 \, \mathrm{N \cdot m^2/C^2}$. Elle se calcule par la relation $k = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0}$, où ϵ_0 est la permittivité diélectrique du vide.

B. Nature vectorielle et direction de la force

La force électrostatique est une grandeur vectorielle. Sa direction est toujours celle de la droite qui relie les deux charges ponctuelles. Son sens, cependant, dépend du signe des charges en interaction.

Il existe deux cas de figure distincts.

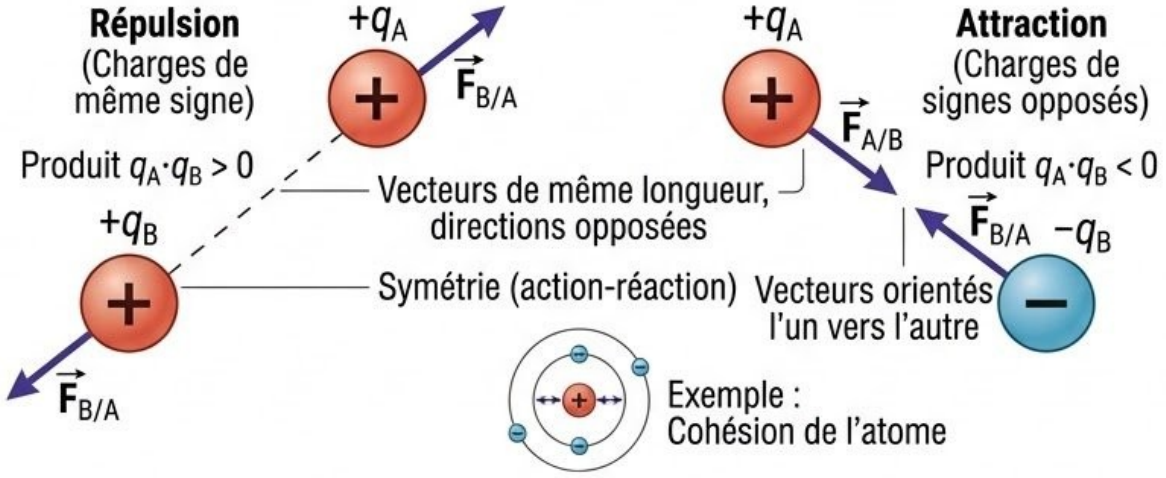
- **Répulsion :** Si les charges sont de même signe ($q_A \cdot q_B > 0$), les forces sont dirigées vers l'extérieur. Elles tendent à éloigner les charges l'une de l'autre.
- **Attraction :** Si les charges sont de signes opposés ($q_A \cdot q_B < 0$), les forces sont dirigées vers l'intérieur, le long de la droite qui les joint. Elles tendent à rapprocher les charges.

Conformément à la troisième loi de Newton, la force exercée par A sur B ($\vec{F}_{A/B}$) est l'opposée de la force exercée par B sur A ($\vec{F}_{B/A}$). Elles ont même intensité et même direction, mais des sens opposés : $\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$.

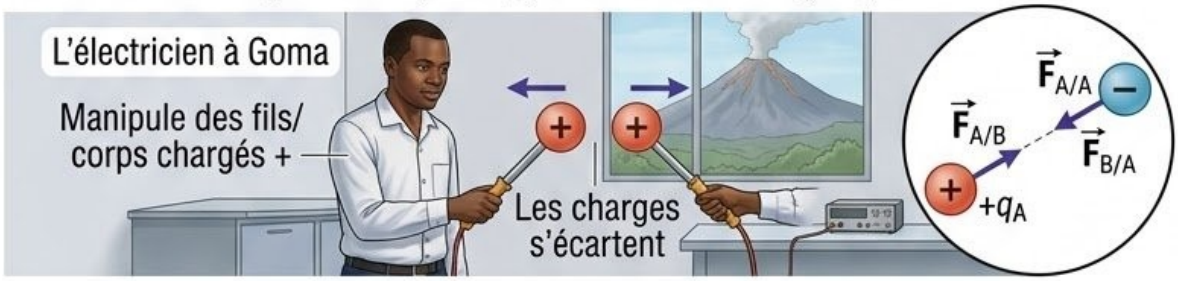
Figure 3 : Réf. IMG (9438-8431-6410)

Représentation vectorielle de la force de Coulomb pour l'attraction et la répulsion.

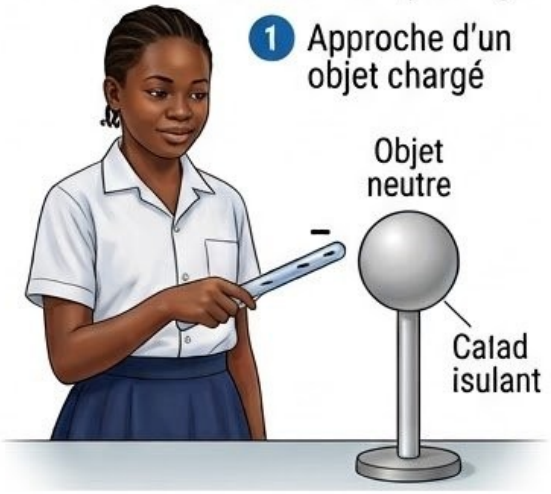
a. Analyse des vecteurs force



b. Cas de la répulsion (charges de même signe)



c. Cas de l'attraction (charges de signes opposés)



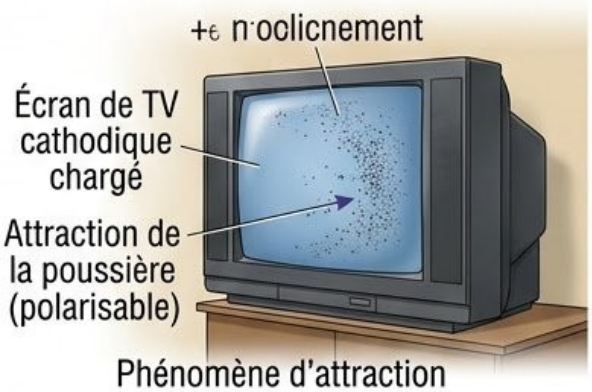


Figure 3 : Réf. IMG (9438-8431-6410)

Représentation vectorielle de la force de Coulomb pour l'attraction et la répulsion.

a. Analyse des vecteurs force

L'illustration présente deux schémas clairs. À gauche, deux charges positives se repoussent. Les vecteurs force, $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$, sont de même longueur mais pointent dans des directions opposées, le long de l'axe reliant A et B. À droite, une charge positive et une charge négative s'attirent. Les vecteurs force sont cette fois orientés l'un vers l'autre, démontrant une force d'attraction. Cette symétrie respecte le principe de l'action et de la réaction.

b. Cas de la répulsion (charges de même signe)

Le produit des charges $q_A \cdot q_B$ est positif. Les vecteurs force $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$ sont orientés de manière à augmenter la distance entre les deux corps. Un électricien à Goma qui manipule deux fils chargés positivement les verra s'écarter l'un de l'autre s'ils sont assez proches et libres de bouger.

c. Cas de l'attraction (charges de signes opposés)

Ici, le produit $q_A \cdot q_B$ est négatif. Les vecteurs force sont orientés l'un vers l'autre, le long de la ligne droite joignant les deux charges. Ils cherchent à minimiser la distance. C'est ce phénomène qui explique pourquoi la poussière (souvent neutre mais polarisable) est attirée par un écran de télévision cathodique après fonctionnement, celui-ci portant une charge statique.

■ ■ ■

C. Scénarios et Exercices

L'anecdote du technicien de la minoterie

Papa Roger est technicien de maintenance dans une grande minoterie de Matadi, au Kongo Central. Il a souvent remarqué un phénomène curieux. La fine poussière de farine de froment, en suspension dans l'air sec, a tendance à se coller obstinément sur certaines surfaces métalliques des machines, même non peintes. Parfois, il observe des petits amas de farine qui semblent "s'éviter" sur une plaque en plastique. Il en plaisante avec ses collègues : "On dirait que les grains de farine se disputent ou tombent amoureux !". Sans le savoir, Papa Roger observe au quotidien les effets macroscopiques de la loi de Coulomb. Les frottements dans les conduits chargent électriquement les