# MÉCANIQUE GÉNÉRALE

1ère Année

Option Mécanique Générale



CONFORME AU PROGRAMME NATIONAL

EDITION 2025



# TABLE DES MATIÈRES

**PRÉLIMINAIRES** ..... **1**

1. Objectifs Généraux du Cours ..... 1
   - 1.1. Maîtrise des Fondements Conceptuels ..... 1
   - 1.2. Développement de la Capacité de Modélisation ..... 1
   - 1.3. Application du Raisonnement Analytique ..... 1
   - 1.4. Acquisition d'une Rigueur Méthodologique ..... 1

2. Compétences Visées ..... 2
   - 2.1. Maîtrise des principes fondamentaux ..... 2
   - 2.2. Modélisation et résolution de problèmes ..... 2
   - 2.3. Rigueur et communication technique ..... 2

3. Approche Pédagogique ..... 2
   - 3.1. Du Concret vers l'Abstrait ..... 2
   - 3.2. La Primauté du Raisonnement Physique ..... 3
   - 3.3. L'Application Technologique Systématique ..... 3

4. Matériel Didactique Requis ..... 3
   - 4.1. Instrumentation Fondamentale de Tracé et de Calcul ..... 3
   - 4.2. Matériel de Démonstration et de Mesure ..... 3

**PARTIE I : CINÉMATIQUE – L'ÉTUDE DU MOUVEMENT** ..... **5**

Décrire sans expliquer ..... 5

Les grandeurs fondamentales ..... 5

Le choix de l'observateur ..... 5

La fondation de la mécanique ..... 5

**CHAPITRE 1 : NOTIONS FONDAMENTALES DU MOUVEMENT** ..... **6**

1.1. Référentiel, Trajectoire et Déplacement ..... 6
   - L'illusion du mouvement ..... 6
   - A. Le Référentiel : Le Point de Vue de l'Observateur ..... 6

**FIGURE 1 : RÉF. IMG (8325-6490-1678)** ..... **8**

La trajectoire d'un objet dépend du référentiel d'observation choisi. ..... 8
   - B. Trajectoire, Distance et Déplacement ..... 8

MURHULA BAZIKANGE M.
*Directeur Editorial*
+243 860 655 590

**FIGURE 2 : RÉF. IMG (5234-8189-1438)** ..... **10**

Différence fondamentale entre la distance parcourue et le vecteur déplacement. ..... 10

- C. Le Vecteur Position ..... 10

1.2. Classification des Mouvements ..... 12

- a. Deux grandes familles de mouvement ..... 12
- A. Le Mouvement de Translation ..... 13
- B. Le Mouvement de Rotation ..... 13

**FIGURE 3 : RÉF. IMG (8341-7551-7259)** ..... **15**

Distinction visuelle entre translation rectiligne, curviligne et la rotation ..... 15

- C. Le Mouvement Plan Général ..... 15

**CHAPITRE 2 : LE MOUVEMENT RECTILIGNE UNIFORME (MRU)** ..... **18**

2.1. Loi Horaire et Diagrammes du MRU ..... 18

- a. Le secret de la prévisibilité ..... 18
- A. La Loi Horaire du Mouvement ..... 18
- B. Les Diagrammes du MRU ..... 18

**FIGURE 4 : RÉF. IMG (3822-7343-0589)** ..... **21**

Diagrammes position-temps et vitesse-temps pour un Mouvement Rectiligne Unifo ..... 21

- Anecdote : Le calcul de l'enseignant de Kananga ..... 21

2.2. Applications Numériques du MRU ..... 23

- a. La prévisibilité du mouvement constant ..... 23
- A. L'équation horaire du MRU ..... 23
- B. Les trois problèmes fondamentaux du MRU ..... 23

**FIGURE 5 : RÉF. IMG (2299-0700-3354)** ..... **26**

Graphiques position-temps et vitesse-temps pour un MRU ..... 26

- b. Scénarios et Exercices ..... 26

**CHAPITRE 3 : LE MOUVEMENT CIRCULAIRE UNIFORME (MCU)** ..... **29**

3.1. Vitesses Angulaire et Linéaire ..... 29

- a. Le paradoxe de la roue qui tourne ..... 29
- A. La Vitesse Angulaire (ω) : Le Rythme de la Rotation ..... 29

**FIGURE 6 : RÉF. IMG (6873-5160-7894)** ..... **31**

MURHULA BAZIKANGE M.
*Directeur Editorial*
+243 860 655 590

Visualisation des vitesses sur un disque en rotation à Matadi....31
- B. La Vitesse Linéaire (v) : La Vitesse sur la Piste....31

**FIGURE 7 : RÉF. IMG (9314-9946-2706)....33**

Relation vectorielle entre rayon et vitesse tangentielle d'un mobile....33
- C. La Relation Fondamentale....33

3.2. Relations et Conversions en MCU....35
- a. Le langage commun de la rotation....35
- A. De l'angle à la distance : La relation fondamentale....36

**FIGURE 8 : RÉF. IMG (2076-8442-2024)....38**

Relation entre vitesse linéaire v et vitesse angulaire ω sur une roue....38
- B. Le rythme du tour : Période (T) et Fréquence (f)....38
- C. Conversion des unités : Du quotidien à la physique....39

**FIGURE 9 : RÉF. IMG (6824-3797-1556)....41**

Conversion visuelle des tours par minute (tr/min) en radians par seconde....41
- Anecdote d'atelier....41

**CHAPITRE 4 : LE MOUVEMENT RECTILIGNE UNIFORMÉMENT VARIÉ (MRUV)....44**

4.1. Notion d'Accélération et Lois Horaires....44
- L'intuition trompeuse de la vitesse nulle....44
- A. L'Accélération Constante : Le Moteur du MRUV....44
- B. Les Lois Horaires : Prédire le Futur du Mouvement....44

**FIGURE 10 : RÉF. IMG (6030-5693-0334)....47**

Graphiques Vitesse-Temps et Position-Temps pour un Mouvement Rectiligne Unifo....47
- SCÉNARIOS ET EXERCICES....47

4.2. Diagrammes des Vitesses et des Espaces....49
- a. Introduction....49
- A. Le diagramme des vitesses (v-t)....49
- B. Le diagramme des espaces (x-t)....49

**FIGURE 11 : RÉF. IMG (5988-3485-3347)....51**

Représentation graphique d'une parabole pour un mouvement uniformément accéléré....51
- Scénarios et Exercices....51
- Une anecdote de la SNCC....51

MURHULA BAZIKANGE M.
*Directeur Editorial*
+243 860 655 590

4.3. Mouvement Retardé et Applications.....53
- a. Un freinage bien calculé.....53
- A. Définition et Caractéristiques Mathématiques.....53
- B. L'Équation Indépendante du Temps : un Outil Puissant.....54

**FIGURE 12 : RÉF. IMG (1908-1897-8033).....56**

Graphique Vitesse-Temps d'un Mouvement Retardé.....56
- Scénarios et Exercices.....56
- Une arrivée en douceur sur le fleuve Congo.....56

**CHAPITRE 5 : APPLICATIONS DE LA CINÉMATIQUE : CHUTE DES CORPS ET TRANSMISSIONS.....59**

5.1. Étude de la Chute Libre des Corps.....59
- a. La question de la mangue et de la feuille.....59
- A. Définition et hypothèses de la chute libre.....59

**FIGURE 13 : RÉF. IMG (9288-3494-5373).....60**

Représentation du mouvement de chute libre avec ses paramètres initiaux.....60
- B. Les trois équations fondamentales du mouvement.....60

**FIGURE 14 : RÉF. IMG (6340-5347-1231).....63**

Graphiques de la vitesse et de la position en chute libre.....63
- Scénarios et Exercices.....63

5.2. Introduction aux Transmissions de Mouvement (Rapports de vitesse).....65
- a. Le besoin de transmettre et modifier le mouvement.....65
- A. Organes Moteur et Récepteur.....65

**FIGURE 15 : RÉF. IMG (5163-5928-3302).....68**

Engrenages simples montrant un organe moteur et un organe récepteur.....68
- B. Le Rapport de Transmission (k).....68

**FIGURE 16 : RÉF. IMG (0455-6477-4706).....71**

Système de transmission par courroie avec deux poulies de tailles différentes.....71
- b. Scénarios et Exercices.....71

**PARTIE II : STATIQUE – L'ÉTUDE DE L'ÉQUILIBRE.....74**

La science de l'immobilité.....74

MURHULA BAZIKANGE M.
*Directeur Editorial*
+243 860 655 590

L'art de construire ce qui dure....74
Les outils du mécanicien : force et moment....74
L'objectif : prévoir et dimensionner....74

**CHAPITRE 6 : LE CONCEPT DE FORCE ET SA REPRÉSENTATION VECTORIELLE....75**

6.1. Définition et Caractéristiques d'une Force....75
- a. L'équilibre invisible....75
- A. La Force : une Action Mécanique Modélisée....75
- B. Les Quatre Caractéristiques d'un Vecteur-Force....75

**FIGURE 17 : RÉF. IMG (7435-3575-1258)....77**

Représentation vectorielle d'une force poussant une caisse vers la droite....77
- Anecdote : Le boulon récalcitrant de l'atelier de Papa Kanku....77

6.2. Représentation Vectorielle d'une Force....79
- a. L'outil indispensable du mécanicien....79
- A. Les quatre caractéristiques d'un vecteur force....79

**FIGURE 18 : RÉF. IMG (4295-1739-1807)....81**

Les quatre caractéristiques fondamentales d'un vecteur force sur un point d'a....81
- B. Notation et conventions....81

**FIGURE 19 : RÉF. IMG (0795-1608-5471)....83**

Distinction visuelle entre la direction (droite) et le sens (flèche)....83
- Anecdote du concepteur de pirogues du Kwilu....83

6.3. Mesure d'une Force : le Dynamomètre....85
- a. Du sentiment à la mesure....85
- A. Principe de Fonctionnement : la Loi de Hooke....85

**FIGURE 20 : RÉF. IMG (4606-5302-9348)....87**

Schéma de principe d'un dynamomètre à ressort....87
- B. Lecture et Utilisation Pratique....87

**CHAPITRE 7 : COMPOSITION DES FORCES CONCOURANTES ET PARALLÈLES....90**

7.1. Composition Graphique des Forces Concourantes....90
- a. Le secret des bâtisseurs du passé....90
- A. Le Principe du Parallélogramme (pour deux forces)....90

MURHULA BAZIKANGE M.
*Directeur Editorial*
+243 860 655 590

- B. La Méthode du Polygone des Forces (plus de deux forces)....90

**FIGURE 21 : RÉF. IMG (4988-3803-8939)....93**

Construction de la résultante par la méthode du polygone des forces....93

- SCÉNARIOS ET EXERCICES....93

7.2. Composition des Forces Parallèles....95

- a. L'intuition des anciens bâtisseurs....95
- A. Cas des forces parallèles de même sens....95

**FIGURE 22 : RÉF. IMG (3455-4785-9987)....98**

Deux forces parallèles de même sens appliquées sur une barre horizontale....98

- B. Cas des forces parallèles de sens contraires....98
- SCÉNARIOS ET EXERCICES....99

7.3. Décomposition d'une Force en Composantes....100

- a. L'art de diviser pour mieux régner....100
- A. Principe de la Décomposition....101

**FIGURE 23 : RÉF. IMG (1058-7171-1750)....103**

Décomposition orthogonale d'une force sur des axes x et y....103

- B. Méthodes Graphique et Analytique....103

**FIGURE 24 : RÉF. IMG (9312-1059-1376)....106**

Règle du parallélogramme inversée pour décomposer une force graphiquement....106

- Anecdote : Le cultivateur de maïs du Kwilu....106

**CHAPITRE 8 : LE MOMENT D'UNE FORCE ET LA NOTION DE COUPLE....109**

8.1. Moment d'une Force par rapport à un Axe....109

- a. L'intuition de la rotation....109
- A. Définition et Formulation Mathématique....109
- B. Le Bras de Levier : La Distance qui Compte....109

**FIGURE 25 : RÉF. IMG (6742-5560-1465)....112**

Schéma du moment d'une force sur un écrou avec une clé plate....112

- C. Scénarios et Exercices....112

8.2. Le Bras de Levier et le Calcul du Moment....114

- a. La promesse d'Archimède....114


MURHULA BAZIKANGE M.
*Directeur Editorial*
+243 860 655 590

- A. Définir le Bras de Levier ()....114

**FIGURE 26 : RÉF. IMG (1936-9968-9948)....116**

Le bras de levier d'une force par rapport à un pivot....116

- B. Le Calcul du Moment et son Signe....116

8.3. Définition et Moment d'un Couple....119

- a. L'intuition du couple....119
- A. Caractéristiques d'un Couple de Forces....119

**FIGURE 27 : RÉF. IMG (0471-0455-9159)....121**

Visualisation d'un couple de forces sur une barre rigide....121

- B. Le Moment d'un Couple....121
- C. Scénarios et Exercices....122

**CHAPITRE 9 : LE CENTRE DE GRAVITÉ ET LES CONDITIONS D'ÉQUILIBRE....124**

9.1. Notion de Centre de Gravité....124

- a. Le secret de l'équilibre....124
- A. Définition du Centre de Gravité (G)....124

**FIGURE 28 : RÉF. IMG (0980-0001-7122)....126**

Le centre de gravité G d'une plaque homogène et son équilibre....126

- B. Stabilité et Centre de Gravité....126

**FIGURE 29 : RÉF. IMG (5934-1703-2745)....128**

Comparaison de stabilité entre deux bus avec des centres de gravité....128

- Scénarios et Exercices....128
- a. L'anecdote du mécanicien de Lubumbashi....128

9.2. Condition d'Équilibre en Translation....130

- a. Le repos, une affaire de forces....130
- A. Le Principe Fondamental de la Statique....130
- B. La Méthode Analytique : Projection sur les Axes....131

**FIGURE 30 : RÉF. IMG (5858-4760-1923)....133**

Schéma des forces sur une enseigne suspendue par deux câbles....133

- Scénarios et Exercices....133
- a. La sagesse du transporteur de Kwilu....133

9.3. Condition d'Équilibre en Rotation....135
- a. Le paradoxe de la porte....135
- A. Le Moment d'une Force....136

**FIGURE 31 : RÉF. IMG (9019-3738-8786)....138**

Schéma du moment d'une force sur une barre pivotante....138
- B. Théorème des Moments : La Condition d'Équilibre....138

**FIGURE 32 : RÉF. IMG (0797-2992-2027)....141**

Levier en équilibre avec deux masses de chaque côté....141
- Anecdote : Le génie du pousseur de Bukavu....141

**PARTIE III : DYNAMIQUE – L'ÉTUDE DES CAUSES DU MOUVEMENT....144**

a. De la description à l'explication....144

b. La force, actrice principale du changement....144

c. Les lois de Newton, piliers de la mécanique....144

d. L'enjeu pour le futur technicien....144

**CHAPITRE 10 : LE PRINCIPE FONDAMENTAL DE LA DYNAMIQUE ET LA NOTION DE MASSE....145**

10.1. Relation entre Masse et Inertie....145
- a. L'erreur commune à éviter....145
- A. La Masse, Mesure de l'Inertie....145
- B. Le Principe d'Inertie....145

**FIGURE 33 : RÉF. IMG (3691-3307-8513)....148**

Comparaison de l'inertie entre un vélo et un camion-citerne....148
- b. Scénarios et Exercices....148

10.2. Loi Fondamentale de la Dynamique (F=ma)....150
- a. L'intuition du mouvement....150
- A. Énoncé et Formule Vectorielle....150
- B. La Masse, Mesure de l'Inertie....151

**FIGURE 34 : RÉF. IMG (1472-5710-4205)....153**

Comparaison de l'effort pour pousser une brouette vide et une pleine....153
- C. Unités du Système International (SI)....153

MURHULA BAZIKANGE M.
*Directeur Editorial*
+243 860 655 590

10.3. Unités Fondamentales du Système International (N, kg, m/s²).....155
- a. Un langage universel pour la science.....155
- A. La Masse : Mesure de l'Inertie (kg).....155
- B. L'Accélération : Variation de la Vitesse (m/s²).....155

**FIGURE 35 : RÉF. IMG (6538-3893-7676).....158**

Relation entre force, masse et accélération selon la deuxième loi de Newton.....158
- C. La Force : Cause du Mouvement (N).....158

**FIGURE 36 : RÉF. IMG (0628-9703-6298).....161**

Instruments de mesure pour la masse (balance) et la force (dynamomètre).....161
- Scénarios et Exercices.....161
- a. L'apprenti ingénieur de Lubumbashi.....161

**CHAPITRE 11 : LE TRAVAIL, LA PUISSANCE ET LES RÉSISTANCES PASSIVES.....163**

11.1. Travail d'une Force Constante.....163
- a. L'effort qui produit un effet.....163
- A. Définition et Formule du Travail.....163

**FIGURE 37 : RÉF. IMG (2037-2756-9283).....165**

Visualisation du travail d'une force constante sur un corps en translation.....165
- B. Les Trois Cas du Travail : Moteur, Résistant, Nul.....165

**FIGURE 38 : RÉF. IMG (8300-7039-7520).....168**

Les trois types de travail mécanique illustrés par des situations courantes.....168
- Scénarios et Exercices.....168

11.2. Puissance Mécanique et ses Unités.....169
- a. La rapidité, le vrai nerf de la guerre.....169
- A. Définition et Formulation Mathématique.....170

**FIGURE 39 : RÉF. IMG (4035-6733-5690).....172**

Comparaison visuelle entre travail et puissance pour un même effort.....172
- B. Les Unités de Puissance.....172

**FIGURE 40 : RÉF. IMG (3626-4261-4218).....175**

Un ancien moteur à vapeur opposé à un moteur électrique moderne.....175
- Anecdote : La course des piroguiers sur le fleuve Tshuapa.....175

MURHULA BAZIKANGE M.
*Directeur Editorial*
+243 860 655 590

11.3. Les Résistances Passives : le Frottement....177
- a. L'ennemi indispensable....177
- A. Nature et Lois du Frottement de Glissement....177

**FIGURE 41 : RÉF. IMG (3224-8178-4239)....179**

Forces agissant sur un corps en mouvement avec frottement....179
- B. Le Coefficient de Frottement ()....179

**FIGURE 42 : RÉF. IMG (8427-5801-9275)....182**

Transition du frottement statique au frottement cinétique....182
- Scénarios et Exercices....182
- L'aventure d'un camionneur sur la route de l'Équateur....182

**CHAPITRE 12 : L'ÉNERGIE MÉCANIQUE : CINÉTIQUE ET POTENTIELLE....185**

12.1. Énergie Cinétique de Translation....185
- a. L'énergie cachée dans la vitesse....185
- A. Définition et Formule de l'Énergie Cinétique....185
- B. Théorème de l'Énergie Cinétique....185

**FIGURE 43 : RÉF. IMG (6343-2615-7774)....188**

Voiture accélérant sur une route droite près de Lubumbashi....188
- L'anecdote du penalty manqué à Kikwit....188

12.2. Énergie Potentielle de Pesanteur....190
- a. L'énergie en réserve....190
- A. Définition et Formule Mathématique....190

**FIGURE 44 : RÉF. IMG (3544-5779-1645)....193**

Schéma de l'énergie potentielle d'un objet à différentes altitudes....193
- B. Variation de l'Énergie Potentielle et Travail du Poids....193
- C. Scénarios et Exercices....194

12.3. Conservation de l'Énergie Mécanique....196
- a. Le principe de la transformation....196
- A. L'Énoncé du Principe de Conservation....197
- B. Le Cas des Forces non Conservatives (Frottements)....197

**CHAPITRE 13 : LA FORCE CENTRIFUGE ET SES APPLICATIONS....201**

13.1. La Force Centripète....201

MURHULA BAZIKANGE M.
*Directeur Editorial*
+243 860 655 590

- a. L'attraction vers le centre.....201
- A. Définition et Caractéristiques.....201
- B. Distinction Fondamentale avec la Force Centrifuge.....202

13.2. La Force Centrifuge et ses Effets.....204

- a. La perception d'une poussée vers l'extérieur.....204
- A. La Force Centrifuge comme Force d'Inertie.....204

**FIGURE 45 : RÉF. IMG (8464-3376-9742).....206**

Vecteurs des forces centripète et centrifuge sur un objet en rotation.....206

- B. Expression Mathématique et Effets Pratiques.....206

**FIGURE 46 : RÉF. IMG (0963-5781-1055).....209**

Application pratique de la force centrifuge dans une essoreuse à salade.....209

- b. Scénarios et Exercices.....209

13.3. Applications Technologiques (Essoreuse, Embrayage).....211

- a. Une force vieille comme le monde.....211
- A. L'essoreuse : la séparation par rotation.....212

**FIGURE 47 : RÉF. IMG (1029-8484-0629).....214**

Schéma de principe d'un tambour d'essoreuse en rotation.....214

- B. L'embrayage centrifuge : connecter par la vitesse.....214

**FIGURE 48 : RÉF. IMG (3197-9139-6152).....217**

Comparaison d'un embrayage centrifuge au repos et en fonctionnement.....217

- Anecdote : La centrifugeuse à mangues de Maman Monique.....217

**ANNEXES.....220**

Formulaire, Tableaux de référence et Glossaire.....220

- A. FORMULAIRE DE MÉCANIQUE GÉNÉRALE.....220
- B. TABLEAUX DE RÉFÉRENCE.....221
- C. GLOSSAIRE TECHNIQUE.....222


MURHULA BAZIKANGE M.
*Directeur Editorial*
+243 860 655 590

# PRÉLIMINAIRES

## 1. Objectifs Généraux du Cours

### 1.1. Maîtrise des Fondements Conceptuels

La finalité première est l'assimilation rigoureuse des principes fondateurs de la mécanique. L'élève doit pouvoir distinguer et définir avec précision les concepts de force, de moment, de travail et d'énergie. Une compréhension approfondie des lois de Newton et des conditions d'équilibre statique est visée, formant ainsi le socle théorique indispensable à toute analyse ultérieure de système mécanique.

### 1.2. Développement de la Capacité de Modélisation

Un second objectif majeur concerne l'aptitude à modéliser un système mécanique réel. Il s'agit de former l'élève à traduire un problème physique concret en un schéma formel et exploitable. Cette compétence inclut l'isolement correct d'un corps, la réalisation du bilan exhaustif des actions mécaniques extérieures et la projection vectorielle de ces actions dans un repère judicieusement choisi.

### 1.3. Application du Raisonnement Analytique

Le développement du raisonnement analytique et de la résolution de problèmes est une compétence transversale essentielle. L'élève apprend à appliquer le Principe Fondamental de la Statique (PFS) ou de la Dynamique (PFD) pour établir les équations scalaires d'équilibre ou du mouvement. La résolution de ces équations et l'interprétation physique des résultats numériques sont au cœur de cette démarche.

### 1.4. Acquisition d'une Rigueur Méthodologique

Enfin, le cours a pour but d'inculquer une méthode de travail structurée. Chaque étape de la résolution, depuis l'analyse de l'énoncé jusqu'à la présentation du résultat final avec ses unités, doit suivre une procédure systématique. Cette organisation de la pensée prépare l'élève aux exigences des disciplines techniques et scientifiques supérieures.

# 2. Compétences Visées

## 2.1. Maîtrise des principes fondamentaux

À l'issue de ce programme, l'élève analyse un système mécanique simple ou complexe. Il identifie les actions mécaniques, les liaisons et les mouvements en jeu. L'élève applique avec discernement les principes fondamentaux de la statique, de la cinématique et de la dynamique du solide. Cette maîtrise conceptuelle lui permet de décomposer un mécanisme pour en comprendre le fonctionnement global.

## 2.2. Modélisation et résolution de problèmes

Face à un problème concret, l'apprenant le traduit en un modèle physique et mathématique cohérent. Cette compétence implique l'isolement correct d'un solide, la réalisation d'un graphe de liaisons et l'écriture juste des équations régissant son équilibre ou son mouvement. La résolution analytique ou graphique des systèmes d'équations est menée avec méthode, aboutissant à la détermination de grandeurs physiques quantifiées.

## 2.3. Rigueur et communication technique

L'élève utilise un langage technique précis et univoque. Il respecte scrupuleusement les conventions de notation et le Système International d'unités dans tous ses calculs. La présentation des résultats, claire et structurée, démontre une démarche scientifique rigoureuse. L'élève justifie ses hypothèses et interprète la validité physique des résultats obtenus.

---

# 3. Approche Pédagogique

## 3.1. Du Concret vers l'Abstrait

La progression pédagogique adoptée part de l'observation de situations concrètes et familières. Un objet en chute, une charge soulevée à Bukavu, une pirogue naviguant sur le fleuve Congo à Mbandaka servent de points d'ancrage initiaux. Une abstraction progressive dégage ensuite les principes universels sous-jacents à ces observations. La modélisation mathématique intervient alors comme un langage pour décrire et quantifier ces principes, et non comme un point de départ. Cette démarche ancre la théorie dans le réel tangible de l'élève.

### 3.2. La Primauté du Raisonnement Physique

Toute résolution de problème privilégie la compréhension physique sur l'automatisme calculatoire. Avant toute mise en équation, l'élève est guidé pour isoler le système, réaliser un diagramme de corps libre et identifier qualitativement les forces en jeu. La formulation mathématique devient alors la conséquence logique d'une analyse physique maîtrisée. Cette méthode prévient la résolution mécanique d'exercices sans compréhension réelle des phénomènes étudiés. L'intuition physique précède et justifie l'outil mathématique.

### 3.3. L'Application Technologique Systématique

Chaque concept théorique trouve une application immédiate dans des exercices contextualisés. L'objectif est de lier la statique, la cinématique et la dynamique à des problématiques techniques concrètes : calcul d'un effort dans un tirant à Lubumbashi, détermination de la vitesse d'un engrenage dans un atelier de Matadi. La finalité est de préparer l'élève non seulement à l'examen certificatif, mais aussi à sa future pratique professionnelle en lui montrant la pertinence de chaque outil théorique.

---

## 4. Matériel Didactique Requis

### 4.1. Instrumentation Fondamentale de Tracé et de Calcul

L'enseignement de la statique et de la cinématique dépend de la clarté des représentations graphiques. La possession d'instruments de tracé est donc primordiale. Ceux-ci incluent la latte en T, les équerres, le rapporteur et le compas, essentiels pour la construction rigoureuse des vecteurs et des diagrammes du corps libre. L'usage d'une calculatrice scientifique est également requis pour l'analyse numérique des systèmes, notamment pour le calcul trigonométrique, la résolution d'équations et l'analyse statistique simple des données expérimentales.

### 4.2. Matériel de Démonstration et de Mesure

La manipulation d'objets concrets ancre durablement les principes physiques abstraits. Un équipement minimal de laboratoire facilite cette transposition didactique. Il comprend des dynamomètres pour quantifier les forces, un chronomètre, des jeux de masses marquées, des poulies simples et composées, ainsi qu'un plan incliné. Ce matériel permet de vérifier expérimentalement la décomposition des forces, les lois de l'équilibre et les

principes de la dynamique. La tenue d'ateliers pratiques, que ce soit à Kananga ou à Goma, consolide l'apprentissage théorique. L'entretien régulier de cet équipement garantit la fiabilité des mesures.

# Partie I : Cinématique – L'étude du Mouvement

## Décrire sans expliquer

La cinématique est la géométrie du mouvement. Elle répond à la question « comment ? » et non à la question « pourquoi ? ». Un point matériel, une voiture ou une pirogue sur le lac Kivu sont des objets dont on étudie la trajectoire, la vitesse et l'accélération. Les causes de ce mouvement, comme la force du moteur ou le coup de pagaie, seront étudiées bien plus tard.

## Les grandeurs fondamentales

Toute description d'un mouvement utilise trois grandeurs fondamentales. La position ($x$) situe l'objet dans l'espace à un instant donné. La vitesse ($v$) mesure la rapidité du changement de cette position. L'accélération ($a$), enfin, mesure la rapidité du changement de cette vitesse. Un taxi-moto qui démarre brusquement sur une avenue de Kananga en est un parfait exemple.

## Le choix de l'observateur

Un mouvement n'a de sens que par rapport à un point de référence, appelé référentiel. Un passager assis dans le train qui quitte la gare de Kisangani est immobile par rapport à son siège. Pourtant, pour un observateur resté sur le quai, ce même passager est en plein mouvement. Définir le référentiel est donc la première étape incontournable de toute analyse cinématique.

## La fondation de la mécanique

La cinématique fournit le vocabulaire et les outils mathématiques pour décrire ce que l'on observe. Sans elle, l'étude des forces, nommée la dynamique, serait impossible. C'est un peu comme apprendre l'alphabet avant de vouloir lire un roman. Maîtriser le mouvement rectiligne ou circulaire est la condition pour analyser plus tard les interactions entre les corps et les lois de Newton.

---

# Chapitre 1 : Notions Fondamentales du Mouvement

## 1.1. Référentiel, Trajectoire et Déplacement

### L'illusion du mouvement

Pendant qu'un piroguier pagaye sur le fleuve Congo près de Kisangani, il se sent parfaitement immobile par rapport à sa propre embarcation. Chaque coup de pagaie le propulse, mais son corps ne bouge pas à l'intérieur de la pirogue. Il est son propre point de repère, son univers stable.

Pourtant, pour un pêcheur assis sur la berge, ce même piroguier file à vive allure. Le mouvement n'est donc pas une vérité absolue. Il dépend entièrement de l'observateur. Cette idée simple est la clé de voûte de toute la cinématique.

### A. Le Référentiel : Le Point de Vue de l'Observateur

Un référentiel est un objet solide par rapport auquel on étudie le mouvement d'un autre objet, appelé le mobile. Le sol, un bâtiment, ou même le véhicule dans lequel on se trouve sont des référentiels courants. Le plus utilisé est le référentiel terrestre, lié à la surface de la Terre.

Pour décrire précisément un mouvement, un référentiel est toujours associé : - À un repère d'espace, souvent un système d'axes orthonormé $(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$. - À une horloge pour mesurer le temps.

Le mouvement ou le repos d'un corps n'a de sens que par rapport à un référentiel donné.

# Figure 1 : Réf. IMG (8325-6490-1678)

La trajectoire d'un objet dépend du référentiel d'observation choisi.

## a. Le référentiel du passager



**Référentiel : Bus** (Mobile)

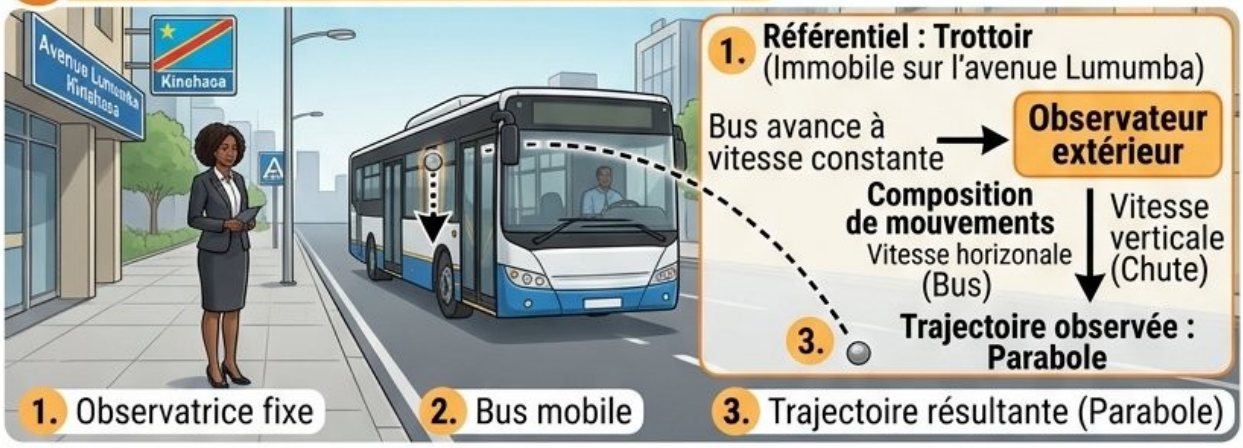
Passager lâche la bille

**Trajectoire observée : Rectiligne verticale**

**Force perçue : Gravité** (vers le bas)

1. Lâcher de bille
2. Chute verticale

## b. Le référentiel de l'observateur extérieur




1. **Référentiel : Trottoir** (Immobile sur l'avenue Lumumba)

Bus avance à vitesse constante → **Observateur extérieur**

**Composition de mouvements**

Vitesse horizontale (Bus)

Vitesse verticale (Chute)

3. **Trajectoire observée : Parabole**

1. Observatrice fixe
2. Bus mobile
3. Trajectoire résultante (Parabole)

## c. La conclusion physique

**Conclusion Physique**

**Objet → Mouvement**

**Unique Phénomène Physique** (La bille tombe)

Point de vue **"Bus"** (Passager) → Trajectoire **Rectiligne**

Point de vue **"Trottoir"** (Observateur) → Trajectoire **Parabole**

**Première étape de l'analyse : Choix du référentiel**

**Mouvement non absolu**

## Figure 1 : Réf. IMG (8325-6490-1678)

## La trajectoire d'un objet dépend du référentiel d'observation choisi.

### a. Le référentiel du passager

Dans un bus roulant à vitesse constante, un passager lâche une bille. Pour lui, et pour tous les autres passagers dans le bus (le référentiel "bus"), la bille tombe en ligne droite, verticalement. La trajectoire observée est rectiligne. L'unique force perçue est la gravité qui tire l'objet vers le bas.

### b. Le référentiel de l'observateur extérieur

Une personne immobile sur le trottoir de l'avenue Lumumba observe la même scène. Elle voit le bus avancer. La bille possède donc à la fois une vitesse horizontale (celle du bus) et une vitesse verticale (due à sa chute). La composition de ces deux mouvements produit une trajectoire en forme de parabole.

### c. La conclusion physique

Le phénomène physique est unique (la bille tombe), mais sa description géométrique (la trajectoire) change radicalement avec le point de vue. Le choix du référentiel est la première étape de toute analyse de mouvement. Il n'y a pas de mouvement "absolu".

## B. Trajectoire, Distance et Déplacement

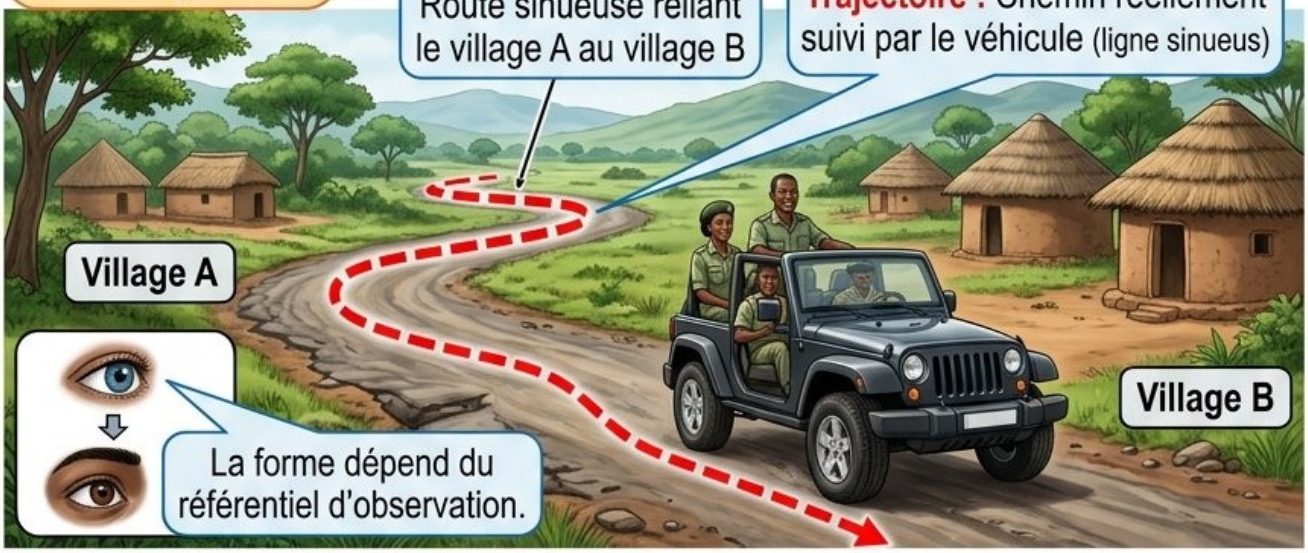
La trajectoire est l'ensemble des positions successives occupées par un point du mobile au cours du temps. C'est la trace géométrique du mouvement.

Il faut distinguer trois concepts liés à la trajectoire.

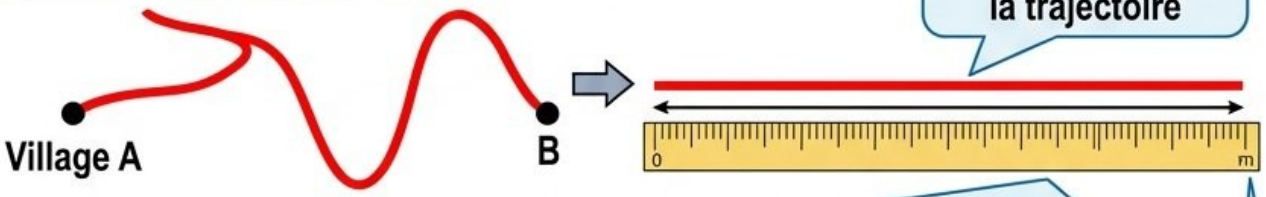
**Figure 2 :** Réf. IMG (5234-8189-1438)

Différence fondamentale entre la distance parcourue et le vecteur déplacement.

## a. La trajectoire




## b. La distance parcourue (*d*)




***d*** = somme de toutes les longueurs parcourues ⟶ Grandeur scalaire (***d*** > 0)

**Unité** : Mètre (m)

## c. Le vecteur déplacement ($\overrightarrow{AB}$)

Ne dépend que des positions initiale (A) et finale (B). **Ignore le chemin suivi.**




- **Direction** : La droite AB
- **Sens** : De A vers B
- **Norme** (Distance à vol d'oiseau) : $\|\overrightarrow{AB}\|$ en m

✓ **Grandeur Vectorielle**

$d$ (Distance) vs $\|\overrightarrow{AB}\|$ Norme du déplacement

$d \geq \|\overrightarrow{AB}\|$

**Norme de $\overrightarrow{AB}$ ≠ Distance $d$**
(sauf trajectoire rectiligne)

## Figure 2 : Réf. IMG (5234-8189-1438)

## Différence fondamentale entre la distance parcourue et le vecteur déplacement.

### a. La trajectoire

Visualisons une route sinueuse reliant le village A au village B. Cette route représente la trajectoire du véhicule. Elle est une ligne, souvent courbe, qui matérialise le chemin réellement suivi par le mobile. Sa forme dépend, encore une fois, du référentiel d'observation.

### b. La distance parcourue ($d$)

La distance parcourue est la longueur totale de la trajectoire. Si on déroulait la route sinueuse pour en faire une ligne droite, sa longueur serait la distance parcourue. C'est une grandeur scalaire (un nombre positif) et elle s'exprime en mètres (m).

### c. Le vecteur déplacement ($\overrightarrow{AB}$)

Le vecteur déplacement est le vecteur qui relie le point de départ A au point d'arrivée B. Il ne s'intéresse pas au chemin suivi. Il indique seulement la direction, le sens et la "distance à vol d'oiseau" entre le début et la fin. C'est une grandeur vectorielle.

## C. Le Vecteur Position

Dans un repère $(O,\vec{i},\vec{j})$, la position d'un point mobile M à un instant $t$ est définie par le vecteur position $\overrightarrow{OM}$. Ses coordonnées sont celles du point M.

$$\overrightarrow{OM}(t)=x(t)\vec{i}+y(t)\vec{j}$$

Le vecteur déplacement entre un instant initial $t_1$ (position $M_1$) et un instant final $t_2$ (position $M_2$) est la différence entre les vecteurs position.

$$\overrightarrow{M_1M_2}=\overrightarrow{OM_2}-\overrightarrow{OM_1}$$

Ce vecteur est indépendant de l'origine O du repère, mais il dépend du référentiel.

## L'anecdote du mécanicien de Boma

Papa Kanku, un vieux mécanicien du port de Boma, au Kongo Central, venait de finir de réparer un moteur. Pour le tester, il emmène son jeune apprenti faire un tour sur les hauteurs de la ville. La route grimpe en lacets serrés. Après dix minutes, Papa Kanku s'arrête. Il montre le compteur kilométrique : "Tu vois, petit, ça affiche 5 kilomètres. On a bien roulé."

Puis, il pointe du doigt leur garage, visible en contrebas. "Pourtant, regarde. À vol d'oiseau, on est à peine à 1 kilomètre de notre point de départ." L'apprenti, perplexe, vient de recevoir sa première leçon de cinématique. La distance parcourue (les 5 km de route) est bien plus grande que la norme du vecteur déplacement (le kilomètre en ligne droite).

## Exercice 1 : La course du "wewa" à Lubumbashi

**Énoncé :** Un conducteur de moto-taxi ("wewa") à Lubumbashi part du rond-point Carrefour. Il parcourt 300 mètres vers l'Est, puis tourne et parcourt 400 mètres vers le Nord pour déposer un client. Quelle est la distance totale parcourue et quelle est la norme de son vecteur déplacement ?

**Résolution pas-à-pas :**

1. **Étape 1 : Calcul de la distance parcourue** La distance parcourue $d$ est la somme des longueurs des trajets successifs.

$$d = 300\,\text{m} + 400\,\text{m} = 700\,\text{m}$$

2. **Étape 2 : Visualisation du déplacement** Le premier trajet est un vecteur horizontal (Est) et le second un vecteur vertical (Nord). Le vecteur déplacement total est l'hypoténuse du triangle rectangle formé par ces deux trajets.

3. **Étape 3 : Application du théorème de Pythagore** La norme du vecteur déplacement, notée $D$, est la longueur de cette hypoténuse.

$$D^2 = (300)^2 + (400)^2 = 90000 + 160000 = 250000$$

$$D = \sqrt{250000} = 500\,\text{m}$$

Le wewa a parcouru 700 m, mais il se trouve à seulement 500 m de son point de départ.

## Exercice 2 : Le train de marchandises à Ilebo

**Énoncé :** Un train de marchandises quitte Ilebo, au Kasaï, à une vitesse constante de $15\,\mathrm{m/s}$ par rapport aux rails. Un agent de contrôle marche à une vitesse de $1\,\mathrm{m/s}$ par rapport au plancher du train, dans le même sens que le train. Quelle est la vitesse de l'agent par rapport au sol ?

**Résolution pas-à-pas :**

1. **Étape 1 : Identification des référentiels et des vitesses**
   - Référentiel 1 (mobile) : le train.
   - Référentiel 2 (fixe) : le sol (les rails).
   - Vitesse de l'agent par rapport au train : $v_{\text{agent/train}} = 1\,\mathrm{m/s}$.
   - Vitesse du train par rapport au sol : $v_{\text{train/sol}} = 15\,\mathrm{m/s}$.
2. **Étape 2 : Loi de composition des vitesses** La vitesse de l'agent par rapport au sol est la somme vectorielle de sa vitesse par rapport au train et de la vitesse du train par rapport au sol.
3. **Étape 3 : Calcul final** Comme les deux mouvements se font dans la même direction et le même sens, les vecteurs s'ajoutent simplement.

$$v_{\text{agent/sol}} = v_{\text{agent/train}} + v_{\text{train/sol}}$$

$$v_{\text{agent/sol}} = 1\,\mathrm{m/s} + 15\,\mathrm{m/s} = 16\,\mathrm{m/s}$$

Pour un observateur immobile au bord de la voie, l'agent avance à une vitesse de $16\,\mathrm{m/s}$.

---

## 1.2. Classification des Mouvements

### a. Deux grandes familles de mouvement

Même si l'étude du mouvement semble intuitive, la mécanique exige une classification rigoureuse. Le déplacement d'une pirogue sur le fleuve Congo, vu depuis la rive à Mbandaka, n'est pas de même nature que la rotation de la roue d'un Fula-Fula à Lubumbashi. Chaque objet ou partie d'objet possède une trajectoire.

Fondamentalement, l'analyse de la forme de ces trajectoires et de l'orientation du solide permet de classer tout mouvement. Les deux familles principales sont la translation et la rotation. Un mouvement complexe est souvent une combinaison des deux.

## A. Le Mouvement de Translation

Un corps solide est en translation lorsque tout segment de droite joignant deux points quelconques de ce corps reste parallèle à sa direction initiale au cours du mouvement. Tous les points du solide ont, au même instant, le même vecteur vitesse.

### a. La translation rectiligne

La translation est dite rectiligne si les trajectoires de tous les points du solide sont des droites parallèles. Un ascenseur montant dans un immeuble de la Gombe ou une caisse glissant sur une rampe droite sont des exemples de translation rectiligne.

### b. La translation curviligne

La translation est dite curviligne si les trajectoires de tous les points du solide sont des courbes identiques. Un siège de grande roue (siège de la nacelle) effectue une translation curviligne : il se déplace en cercle mais reste toujours en position verticale, sans tourner sur lui-même.

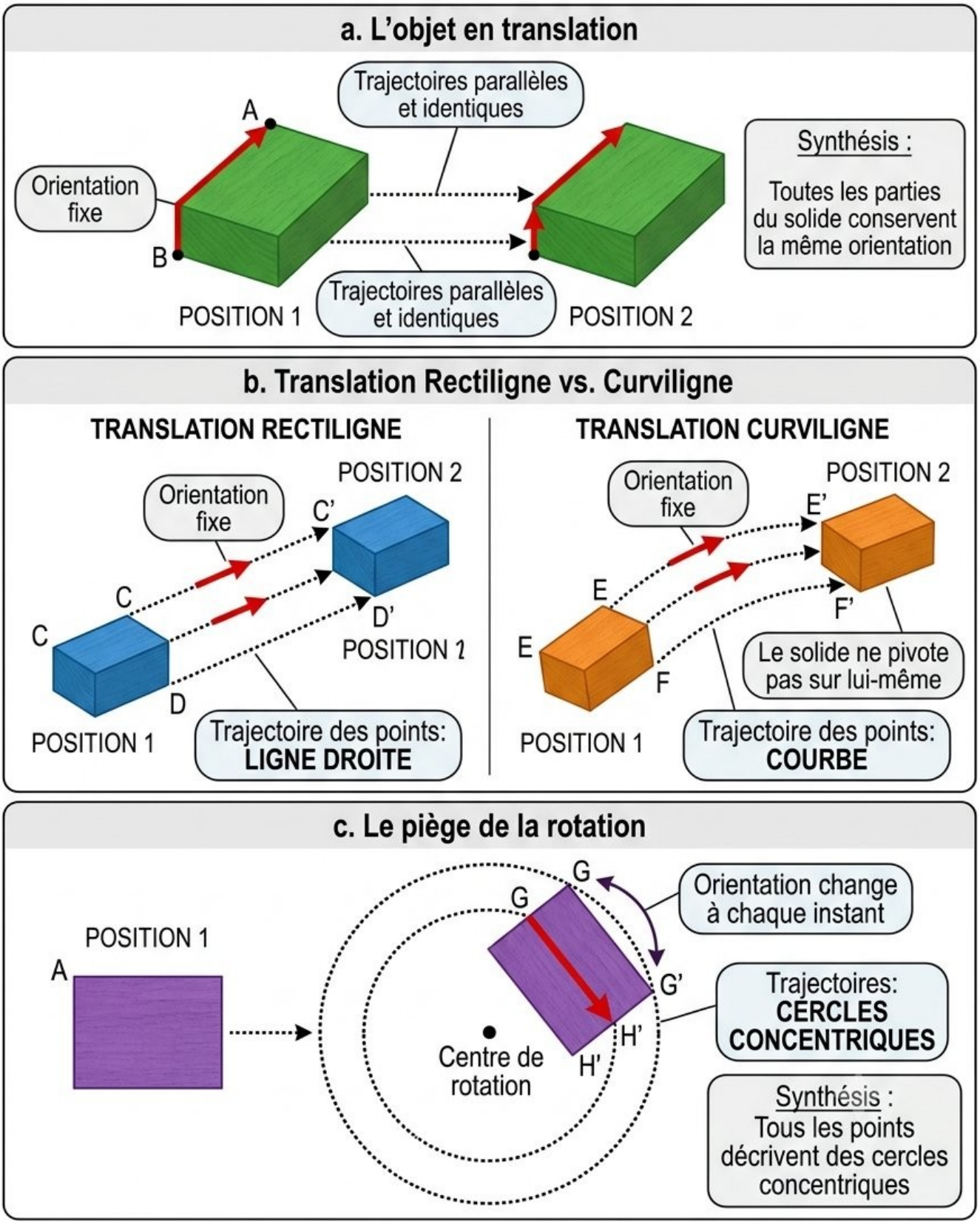
## B. Le Mouvement de Rotation

Un corps solide est en mouvement de rotation autour d'un axe fixe ($\Delta$) si tous les points du corps décrivent des cercles ou des arcs de cercles centrés sur cet axe. Les points situés sur l'axe de rotation sont immobiles.

- **Exemples typiques :**
  - Les pales d'un ventilateur.
  - La porte d'une maison qui pivote sur ses gonds.
  - Une toupie tournant sur sa pointe dans une cour de récréation à Kananga.

**Figure 3 : Réf. IMG (8341-7551-7259)**

Distinction visuelle entre translation rectiligne, curviligne et la rotation pure



## Figure 3 : Réf. IMG (8341-7551-7259)

## Distinction visuelle entre translation rectiligne, curviligne et la rotation pure

**a. L'objet en translation**

Ce schéma montre un objet se déplaçant de la position 1 à la position 2. Le segment AB conserve son orientation. La flèche rouge indique une direction fixe. Le segment A'B' reste parfaitement parallèle à AB. Tous les points, comme A et B, ont des trajectoires parallèles et de même forme. C'est la définition même de la translation.

**b. Translation rectiligne vs. curviligne**

La distinction est simple. Dans la translation rectiligne, la trajectoire de chaque point est une ligne droite. Dans la translation curviligne, la trajectoire est une courbe, mais le solide ne pivote pas sur lui-même.

**c. Le piège de la rotation**

Dans un mouvement de rotation, le segment AB changerait d'orientation à chaque instant. Il pivoterait autour d'un axe ou d'un centre. Les trajectoires des points A et B ne seraient plus parallèles, mais des cercles concentriques.

## C. Le Mouvement Plan Général

Le mouvement plan général est le mouvement le plus courant. C'est une combinaison simultanée d'une translation et d'une rotation. Le meilleur exemple est une roue de vélo qui roule sur une route droite à Matadi. Le centre de la roue avance en translation rectiligne, tandis que la roue elle-même tourne autour de son centre.

## La roue du moulin de Lwiro

Au Centre de Recherche en Sciences Naturelles (CRSN) de Lwiro, dans le Sud-Kivu, un vieux moulin à eau fonctionne encore. L'eau, canalisée depuis une rivière de montagne, tombe sur les aubes d'une grande roue en bois. La roue est fixée par un axe central en métal. Sous la force de l'eau, la roue se met à tourner avec un grincement régulier. Son mouvement est une pure rotation autour d'un axe horizontal fixe.

Chaque point de la périphérie de la roue décrit un cercle parfait. Un point proche de l'axe décrit un cercle plus petit, mais en exactement le même temps. La vitesse de rotation est la même pour toute la roue. Ce mouvement simple et puissant permet de moudre le maïs ou le manioc, transformant l'énergie du mouvement de l'eau en travail utile.

## Exercice 1 : Le voyage de la N'sele

**Énoncé :** Un canot rapide effectue la traversée du Pool Malebo en suivant une large courbe. Sur une table à l'intérieur de la cabine, une bouteille de boisson sucrée "Vitalo" est posée bien droite. Le canot ne penche pas. Quel est le type de mouvement de la bouteille de Vitalo ?

**Résolution pas-à-pas :**

1. **Étape 1 : Identifier la trajectoire du mobile principal** Le canot suit une trajectoire en "large courbe". Les points du canot, et donc de la bouteille qu'il transporte, suivent une trajectoire curviligne.
2. **Étape 2 : Analyser l'orientation du solide étudié** L'énoncé précise que la bouteille reste "bien droite" et que "le canot ne penche pas". Cela signifie qu'un segment vertical imaginaire tracé sur la bouteille reste vertical tout au long du trajet. L'orientation de la bouteille ne change pas.
3. **Étape 3 : Conclure la nature du mouvement** La bouteille suit une trajectoire courbe sans changer d'orientation. Il s'agit donc d'une **translation curviligne**.

## Exercice 2 : La porte de la parcelle à Matete

**Énoncé :** Une lourde porte métallique de 1,2 mètre de large pivote pour s'ouvrir. Le point A est le gond (la charnière) fixé au mur. Le point B est la poignée située à l'extrémité de la porte. Décrire le mouvement de la porte, du point A et du point B.

**Résolution pas-à-pas :**

1. **Étape 1 : Analyser les points remarquables** Le point A, le gond, est fixé au mur. Il ne se déplace pas. C'est un point fixe. Le point B, la poignée, se déplace quand la porte s'ouvre.
2. **Étape 2 : Classifier le mouvement des points**
   - Le mouvement du point A est nul. Sa vitesse est nulle.

- Le point B est toujours à une distance constante (1,2 m) du point A. En pivotant autour de A, le point B décrit une trajectoire qui est un arc de cercle.

3. **Étape 3 : Classifier le mouvement du solide** Tous les points de la porte (sauf ceux sur l'axe des gonds) décrivent des cercles ou des arcs de cercles centrés sur l'axe vertical des gonds. La porte est donc en **mouvement de rotation** autour de cet axe.