MÉCANIQUE GÉNÉRALE

CONFORME AU PROGRAMME NATIONAL

1ère Année

Option Construction





EDITION 2025



a

TABLE DE MATIERE

Préliminaire 1

1.1. Objectifs du cours 1

- 1.1.1. Fonder une Base Théorique Solide 1
- 1.1.2. Faciliter le Dialogue Technique et la Supervision 1
- 1.1.3. Développer l'Intuition Physique du Technicien 2

1.2. Approche Pédagogique 2

- 1.2.1. Privilégier l'Induction par l'Exemple 2
- 1.2.2. Standardisation des Unités et Simplicité Numérique 3
- 1.2.3. L'Importance des Manipulations et de la Visualisation 3
- 1.2.4. Le Contenu : Approfondissement et Structuration Thématique 3
- 1.2.4.1. La Cinématique de l'Objet Rigide (Déplacement et Vitesse) 4
- 1.2.4.2. La Statique des Solides (Équilibre et Réactions) 4
- 1.2.4.3. La Dynamique et l'Énergétique (Cause du Mouvement) 4

1.3. Compétences Visées 4

- 1.3.1. Décrire : Analyser et Caractériser les Mouvements Simples 5
- 1.3.2. Calculer : Déterminer les Efforts, les Moments et les Résultantes 5
- 1.3.3. Appliquer : Utiliser les Lois Fondamentales de la Dynamique 5
- 1.3.4. Analyser : Expliquer le Fonctionnement des Mécanismes de Base 6

1.4. Modalités d'Évaluation 6

- 1.4.1. Interrogations Courtes et Devoirs à Domicile (Maîtrise Algébrique) 6
- 1.4.2. Évaluations Pratiques (Vérification Expérimentale) 6
- 1.4.3. Examen Final Intégré (Synthèse des Compétences) 7

Chapitre 1 : Les Mouvements Rectilignes 10

1.1. Notions Générales et Classification du Mouvement 10

- 1.1.1. Concepts Fondamentaux de la Cinématique 10
- 1.1.2. Grandeurs Cinématiques Essentielles 11
- 1.1.3. Classification des Mouvements 11

1.2. Le Mouvement Rectiligne Uniforme (MRU) 15

- 1.2.1. Définition et Conditions Physiques 15
- 1.2.2. Équations Horaires du MRU 15
- 1.2.3. Représentations Graphiques (Diagrammes) 16
- 1.2.4. Applications Directes en Construction 16

1.3. Le Mouvement Uniformément Varié (MUV) 19

- 1.3.1. Définition et Conditions Physiques 19

- 1.3.2. Équations Horaires du MRUV 19
- 1.3.3. Distinction Mouvement Accéléré et Retardé 20
- 1.3.4. Vitesse Moyenne en MUV 20
- 1.3.5. Relation Indépendante du Temps 20
- 1.3.6. Représentations Graphiques (Diagrammes) 21
- 1.3.7. Applications en Construction 21

1.4. Application à la Chute des Corps 24

- 1.4.1. Définition et Modélisation 24
- 1.4.2. L'Accélération de la Pesanteur (g) 24
- 1.4.3. Équations de la Chute Libre 24
- 1.4.4. Cas Particuliers Fréquents 25
- 1.4.5. Pertinence pour la Sécurité et la Stabilité 25

Scenarios et Exercices 26

- 1. Exercices à Compléter 26
- 2. Exercices de Raisonnement 26
- 3. Scénarios d'Assimilation 27

Chapitre 2 : Le Mouvement Circulaire Uniforme 30

2.1. Vitesse de Rotation et Vitesse Angulaire 30

- 2.1.1. Définition du Mouvement Circulaire 30
- 2.1.2. Grandeurs Périodiques 30
- 2.1.3. La Vitesse de Rotation (N) 30
- 2.1.4. Mesure des Angles : Le Radian (rad) 31
- 2.1.5. Vitesse Angulaire (ω) 31
- 2.1.6. Vecteur Vitesse Angulaire 31

2.2. Vitesse Circonférentielle (Linéaire) 34

- 2.2.1. Définition et Caractéristiques 34
- 2.2.2. Distinction Vitesse Angulaire (ω) et Vitesse Linéaire (v) 34
- 2.2.3. L'Accélération Centripète (Normale) 35

2.3. Formules de Passage et Conversion 38

- 2.3.1. Relation Fondamentale (v et ω) 38
- 2.3.2. Formules de Conversion (N et ω) 38
- 2.3.3. Formules de Synthèse (Applications directes) 39

2.4. Applications Pratiques 39

- 2.4.1. Analyse d'une Bétonnière (Tambour) 39
- 2.4.2. Vitesse de Coupe d'une Scie Circulaire 40
- 2.4.3. Mouvement d'un Camion de Chantier 40

Scenarios et Exercices 41
- 1. Exercices à Compléter 41
- 2. Exercices de Raisonnement 41
- 3. Scénarios d'Assimilation 42

Chapitre 3 : Applications Cinématiques : Transmissions par Contact 45
3.1. Roues de Friction Droites et Coniques 45
- 3.1.1. Principe de la Transmission par Adhérence 45
- 3.1.2. Limite du Glissement 45
- 3.1.3. Roues de Friction Droites (Axes Parallèles) 45
- 3.1.4. Roues de Friction Coniques (Axes Concourants) 46

3.2. Roues Dentées Droites et Coniques 49
- 3.2.1. Principe de la Transmission par Obstacle 49
- 3.2.2. Paramètres Géométriques Fondamentaux 49
- 3.2.3. Engrenages Droits (à denture droite, axes parallèles) 50
- 3.2.4. Engrenages Coniques (à denture droite, axes concourants) 51

3.3. Trains d'Engrenages Multiples 53
- 3.3.1. Objectif des Trains d'Engrenages 53
- 3.3.2. Trains d'Engrenages Simples 53
- 3.3.3. Trains d'Engrenages Composés 53

3.4. Mécanismes à Vitesses Multiples et Inverseurs 57
- 3.4.1. Objectif de la Boîte de Vitesses 57
- 3.4.2. Principe du Train Baladeur (Boîte simple) 57
- 3.4.3. Analyse Cinématique (Exemple 2 Vitesses) 57
- 3.4.4. Principe de l'Inverseur de Marche 58

Scenarios et Exercices 61
- 1. Exercices à Compléter 61
- 2. Exercices de Raisonnement 61
- 3. Scénarios d'Assimilation 62

Chapitre 4 : Applications Cinématiques : Transmissions par Lien et Transformation 65
4.1. Poulies et Courroies (Droites, Croisées) 65
- 4.1.1. Principe de la Transmission par Lien Flexible (Courroie) 65
- 4.1.2. Rapport de Transmission Cinématique 65
- 4.1.3. Montage Droit (Courroie Ouverte) 66
- 4.1.4. Montage Croisé (Courroie Croisée) 66

4.2. Transmission par Chaîne 69
- 4.2.1. Principe de la Transmission par Chaîne 69

- 4.2.2. Cinématique (Rapport de Vitesse) 69
- 4.2.3. Paramètres : Pas et Nombre de Dents 69

4.3. Systèmes Vis-Écrou et Crémaillère-Pignon 72

- 4.3.1. Transformation : Pignon et Crémaillère 72
- 4.3.2. Transformation : Vis et Écrou 73
- 4.3.3. Irréversibilité et Applications (Vis-Écrou) 73

4.4. Systèmes Bielle-Manivelle, Excentrique et Cames 76

- 4.4.1. Système Bielle-Manivelle (Piston-Vilebrequin) 76
- 4.4.2. Système à Excentrique 76
- 4.4.3. Système à Came et Poussoir 77

Scenarios et Exercices 80

- 1. Exercices à Compléter 80
- 2. Exercices de Raisonnement 80
- 3. Scénarios d'Assimilation 81

RESSOURCES COMPLEMENTAIRES 84

I. Questions et reponses d'approfondissement 84

II. Confusions et erreurs frequentes a eviter 90

- 2.1. Confusion des Unités (km/h vs m/s ; tr/min vs rad/s) ⚠️ 90
- 2.2. Assimiler Vitesse Constante et Accélération Nulle 🔴 90
- 2.3. Confondre Vitesse Angulaire (ω) et Vitesse Linéaire (v) 🌀 91
- 2.4. Erreur sur le Rôle de la Roue Intermédiaire dans un Train Simple ⚙️ 91
- 2.5. Confondre le Pas (p) et le Diamètre (d) dans les Vis ou les Pignons 📏 92
- 2.6. Mauvaise Application des Signes en Chute Libre (MRUV) 📉 92
- 2.7. Ignorer le Glissement dans les Courroies et la Friction 🛞 93
- 2.8. Croire que le Mouvement du Piston (Bielle-Manivelle) est Sinusoïdal 📈 93

III. La fiche de revision prete a l'emploi 94

- 3.1. Mouvements Rectilignes (MRU & MRUV) 📏 94
- 3.2. Mouvement Circulaire Uniforme (MCU) 🔄 95
- 3.3. Transmissions (Contact et Liens) ⚙️ ⛓️ 96
- 3.4. Trains d'Engrenages et Boîtes de Vitesses 📦 97
- 3.5. Transformation de Mouvement 🔄➡️ 97

Chapitre 5 : Les Principes Fondamentaux de la Dynamique 101

5.1. Le Principe d'Inertie et la Notion de Masse 101

- 5.1.1. La Première Loi de Newton (Principe d'Inertie) 101
- 5.1.2. Le Concept de Référentiel Galiléen (ou Inertiel) 101

- 5.1.3. La Masse Inerte (m) ⚖️ 102
- 5.1.4. Applications de l'Inertie en Construction 102

5.2. La Relation Fondamentale : F=ma 105
- 5.2.1. La Deuxième Loi de Newton (Relation Fondamentale de la Dynamique - RFD) 105
- 5.2.2. Analyse Vectorielle de la Relation ➡ 105
- 5.2.3. La Force Résultante ($\sum \boldsymbol{F}$ext) 105
- 5.2.4. Implications pour le Technicien en Construction 🧠 106

5.3. Les Unités de Force et de Masse 109
- 5.3.1. Le Kilogramme (kg) : Unité de Masse 109
- 5.3.2. Le Newton (N) : Unité de Force 109
- 5.3.3. La Distinction Fondamentale : Poids et Masse 109
- 5.3.4. Unités Pratiques en Construction 110

5.4. Exercices d'Application Numériques 113
- 5.4.1. Méthodologie Systématique de Résolution (MSR) 📝 113

Scenarios et Exercices 114
- 1. Exercices à Compléter 114
- 2. Exercices de Raisonnement 115
- 3. Scénarios d'Assimilation 116

Chapitre 6 : Travail, Puissance et Énergie 119

6.1. Le Travail Mécanique d'une Force ⚡ 119
- 6.1.1. Définition Conceptuelle du Travail ($\boldsymbol{W}$) 119
- 6.1.2. Unité du Travail : Le Joule (J) 119
- 6.1.3. Calcul du Travail (Force Constante et Déplacement Colinéaire) 119
- 6.1.4. Calcul du Travail (Cas Général : Force Inclinée) 120
- 6.1.5. Analyse des Cas Particuliers (Angle $\boldsymbol{\alpha}$) 120
- 6.1.6. Le Travail Nul : Une Notion Fondamentale 🔴 120
- 6.1.7. Le Travail du Poids ($\boldsymbol{WP}$) 121

6.2. La Puissance Mécanique 124
- 6.2.1. Définition de la Puissance ($\boldsymbol{P}$) ⏱️ 124
- 6.2.2. Unités de Puissance : Le Watt (W) et le Cheval-Vapeur (ch) 124
- 6.2.3. Puissance en Mouvement de Translation (Vitesse $\boldsymbol{v}$) 124
- 6.2.4. Puissance en Mouvement de Rotation (Vitesse angulaire $\boldsymbol{\omega}$) 125

6.3. L'Énergie Cinétique 127
- 6.3.1. Définition de l'Énergie Cinétique ($\boldsymbol{Ec}$) 127
- 6.3.2. Formule de l'Énergie Cinétique (Translation) 127

- 6.3.3. L'Importance Critique du Carré de la Vitesse ($v2$) ⚠️ 127
- 6.3.4. Le Théorème de l'Énergie Cinétique (TEC)..... 127
- 6.3.5. Avantages et Applications du TEC..... 128

6.4. L'Énergie Potentielle et la Conservation de l'Énergie..... 131

- 6.4.1. Forces Conservatives et Énergie Potentielle 131
- 6.4.2. L'Énergie Potentielle de Pesanteur (Ep) 🌍 131
- 6.4.3. Relation entre Travail du Poids et Ep..... 131
- 6.4.4. L'Énergie Mécanique (Em)..... 132
- 6.4.5. Principe de Conservation de l'Énergie Mécanique 132
- 6.4.6. Application (Chute Libre vs Conservation) 132
- 6.4.7. Le Théorème de l'Énergie Mécanique (Cas Général avec Frottements) 133

Scenarios et Exercices 136

- 1. Exercices à Compléter..... 136
- 2. Exercices de Raisonnement 136
- 3. Scénarios d'Assimilation 137

Chapitre 7 : Les Résistances Passives au Mouvement 🚧 140

7.1. La Résistance au Glissement (Frottement) 140

- 7.1.1. Définition et Origine du Frottement de Glissement 140
- 7.1.2. Distinction Frottement Statique (fs) et Cinétique (fc)..... 140
- 7.1.3. Lois de Coulomb-Amontons (Frottement Sec) 141
- 7.1.4. Les Coefficients de Frottement (μ) 142
- 7.1.5. Angle de Frottement et Cône de Frottement 📐 142
- 7.1.6. Applications en Construction (Stabilité, Adhérence)..... 142
- 7.1.7. Énergie Perdue (Travail du Frottement) 🔥 143

7.2. La Résistance au Roulement 🚜 146

- 7.2.1. Définition et Origine du Phénomène 146
- 7.2.2. Distinction avec le Glissement 146
- 7.2.3. Modélisation (Coefficient de Résistance au Roulement Crr)..... 146
- 7.2.4. Facteurs d'Influence (Pneu, Sol)..... 146
- 7.2.5. Importance pour les Engins de Chantier (Contextualisation RDC) 147

7.3. La Résistance de l'Air 💨 150

- 7.3.1. Origine de la Résistance de l'Air (Traînée) 150
- 7.3.2. Analyse Qualitative des Paramètres 150
- 7.3.3. Formule de la Traînée (pour information)..... 151
- 7.3.4. Influence sur les Véhicules de Chantier 151

..... 151

7.4. Notion de Rendement Mécanique 🔋 154

- 7.4.1. Définition Fondamentale du Rendement (η) 154
- 7.4.2. Bilan Énergétique (Travail ou Puissance) 154
- 7.4.3. Formules du Rendement 155
- 7.4.4. Rendement d'une Chaîne de Transmission (Rendement Global) 155
- 7.4.5. Application au Dimensionnement (Treuil, Réducteur) 155

Scenarios et Exercices 156

- 1. Exercices à Compléter 156
- 2. Exercices de Raisonnement 156
- 3. Scénarios d'Assimilation 157

Chapitre 8 : La Force Centrifuge et ses Applications en Construction 🌀 160

8.1. Définition et Calcul de la Force Centrifuge 160

- 8.1.1. Distinction Force Centripète et Force Centrifuge 160
- 8.1.2. Le Référentiel Tournant (Non-Galiléen) 161
- 8.1.3. Formule et Calcul de la Force Centrifuge 161

8.2. Application à la Bétonnière et aux Pompes 💧 162

- 8.2.1. Fonctionnement de la Bétonnière (Malaxage) 162
- 8.2.2. Fonctionnement de la Pompe Centrifuge 162

8.3. Application au Dévers des Routes 🚗 163

- 8.3.1. Problématique : Virage sur Route Plate 163
- 8.3.2. Le Rôle du Dévers (Inclinaison de la Chaussée) 163
- 8.3.3. Analyse des Forces dans le Virage Relevé 164
- 8.3.4. Calcul de l'Angle de Dévers Idéal (Vitesse de "non-glissement") 164

8.4. Stabilité des Véhicules en Virage 🚚 164

- 8.4.1. Le Risque de Renversement (Basculement) 164
- 8.4.2. Analyse des Moments des Forces (Équilibre au basculement) 165
- 8.4.3. Condition de Non-Renversement 165
- 8.4.4. Facteurs Critiques (Hauteur du Centre de Gravité) 165
- 8.4.5. Cas des Engins de Chantier (Centre de Gravité élevé) 166

Scenarios et Exercices 166

- 1. Exercices à Compléter 166
- 2. Exercices de Raisonnement 167
- 3. Scénarios d'Assimilation 167

Chapitre 9 : Le Modèle de la Force et ses Principes 172

9.1. Représentation Vectorielle d'une Force 172

- 9.1.1. Modélisation d'une Action Mécanique 🦾 172
- 9.1.2. Les Quatre Éléments Caractéristiques du Vecteur Force 🎯 172
- 9.1.3. Le Principe du Vecteur Glissant (Transmissibilité) 173

9.2. Principe de l'Équilibre de Deux Forces 173

- 9.2.1. Énoncé Axiomatique ⚖️ 174
- 9.2.2. Formulation Vectorielle et Conséquences 174
- 9.2.3. Applications Directes en Construction (Solides Di-articulés) 174

9.3. Principe d'Action et de Réaction 175

- 9.3.1. Énoncé de la Troisième Loi de Newton 🤝 175
- 9.3.2. Distinction Impérative : Équilibre vs Action-Réaction 175
- 9.3.3. Pertinence pour la Descente de Charges en Construction 🏗️ 175

9.4. La Notion de Résultante 176

- 9.4.1. Définition de la Résultante $\boldsymbol{R}$ d'un Système de Forces 176
- 9.4.2. Équivalence de la Résultante (Cas des Forces Concourantes) 176
- 9.4.3. Condition d'Équilibre du Point Matériel (PFS) 176
- 9.4.4. Limites de la Notion de Résultante (Forces Non-Concourantes) 177

Scenarios et Exercices 177

- 1. Exercices à Compléter 177
- 2. Exercices de Raisonnement 178
- 3. Scénarios d'Assimilation 178

Chapitre 10 : La Composition des Forces 182

10.1. Résultante de Forces Concourantes 182

- 10.1.1. Définition des Forces Concourantes 🎯 182
- 10.1.2. Méthode Graphique : Le Parallélogramme (Cas de N=2 forces) 182
- 10.1.3. Méthode Graphique : Le Polygone des Forces (Cas N > 2) 183
- 10.1.4. Condition Graphique d'Équilibre (Polygone Fermé) 🔴 183

10.2. Décomposition d'une Force selon Deux Directions 186

- 10.2.1. Principe de la Décomposition (Opération Inverse) 186
- 10.2.2. Méthode Graphique (Règle du Parallélogramme Inversée) 📐 186
- 10.2.3. Cas Particulier : Décomposition Orthogonale (Rectangulaire) 187
- 10.2.4. Application Fondamentale : Poids sur Plan Incliné 📉 187

10.3. Résultante de Forces Parallèles de Même Sens 190

- 10.3.1. Problématique des Forces Non-Concourantes 190
- 10.3.2. Caractéristiques de la Résultante (Forces Parallèles, Même Sens) 190
- 10.3.3. Position de la Résultante (Barycentre des Forces) 📍 190

- 10.3.4. Méthode Graphique (Construction de Culmann) 191
- 10.3.5. Application (Centre de Gravité et Centre de Poussée) 191

10.4. Résultante de Forces Parallèles de Sens Contraires 194

- 10.4.1. Cas 1 : Forces d'Intensités Différentes ($F1 \neq F2$) 194
- 10.4.2. Cas 2 : Forces d'Intensités Égales ($F1 = F2$) 🔄 194
- 10.4.3. Définition du Couple de Forces 195
- 10.4.4. Applications en Construction et Mécanique 🔧 195

Scenarios et Exercices 195

- 1. Exercices à Compléter 195
- 2. Exercices de Raisonnement 196
- 3. Scénarios d'Assimilation 197

Chapitre 11 : Le Moment d'une Force et le Couple 200

11.1. Définition et Valeur du Moment d'une Force ⚖️ 200

- 11.1.1. Le Rôle du Moment (Capacité de Rotation) 🔄 200
- 11.1.2. Définition de la Valeur du Moment (Intensité) 200
- 11.1.3. Le Bras de Levier (d) : Distance Perpendiculaire 200
- 11.1.4. Unité du Moment : Le Newton-Mètre (N.m) 201
- 11.1.5. Sens du Moment et Convention de Signe ➕➖ 201
- 11.1.6. Calcul par les Composantes 201

11.2. Le Moment d'un Couple de Forces 203

- 11.2.1. Rappel du Concept de Couple (10.4) 🔄 203
- 11.2.2. Calcul du Moment du Couple (Mc) 203
- 11.2.3. Propriété Fondamentale : Moment Invariant 🌌 203
- 11.2.4. Applications du Moment de Couple 203

11.3. La Condition d'Équilibre en Rotation 204

- 11.3.1. Le Principe Fondamental de la Statique (PFS) pour un Corps Rigide 204
- 11.3.2. L'Importance du Choix du Pôle de Rotation (O) 💡 204
- 11.3.3. Application (Vérification de la Stabilité) 205

11.4. Application au Principe du Levier 205

- 11.4.1. Le Principe du Levier ⛏️ 205
- 11.4.2. Condition d'Équilibre Statique du Levier 206
- 11.4.3. L'Avantage Mécanique (Am) 206
- 11.4.4. Classification des Leviers (Types d'Appuis) 206

Scenarios et Exercices 207

- 1. Exercices à Compléter 207

- 2. Exercices de Raisonnement 207
- 3. Scénarios d'Assimilation 208

Chapitre 12 : Le Centre de Gravité et la Stabilité 211

12.1. Notion de Centre de Gravité 211

- 12.1.1. Définition du Centre de Gravité (G) 🌍 211
- 12.1.2. Centre de Masse vs Centre de Gravité 211
- 12.1.3. Calcul Analytique (Barycentre) 📈 211
- 12.1.4. Centre de Gravité de Formes Simples 212

12.2. Détermination Expérimentale par Suspension 215

- 12.2.1. Le Principe de la Suspension (Méthode Pratique) 🛠️ 215
- 12.2.2. Procédure pour un Corps Plan (Plaque) 215
- 12.2.3. Utilité Pratique 216

12.3. Stabilité et Conditions d'Équilibre des Corps 216

- 12.3.1. Base de Sustentation (Base d'Appui) 🦶 216
- 12.3.2. Condition de Stabilité d'un Corps Rigide (Basculement) 216
- 12.3.3. Les Trois Types d'Équilibre 🔬 217
- 12.3.4. Facteurs Favorisant la Stabilité 217

12.4. Application à la Stabilité des Ouvrages 220

- 12.4.1. Stabilité des Murs de Soutènement 🧱 220
- 12.4.2. Stabilité des Engins de Manutention (Grues, Chargeuses) 🏗️ 220
- 12.4.3. Stabilité des Structures sur Sol Argileux (Tassement Différentiel) 221

Scenarios et Exercices 221

- 1. Exercices à Compléter 221
- 2. Exercices de Raisonnement 222
- 3. Scénarios d'Assimilation 222

ANNEXES ..... a

ANNEXES ..... a

1. Tableau des Unités du Système International i

- 1.1. Facteurs de Conversion pour la Pratique Professionnelle 💡 ii

2. Propriétés Géométriques des Sections Courantes iii

- 2.1. Le Rectangle (Profils Plats, Murs) ⬜ iii
- 2.2. Le Triangle (Treillis, Poutres IPE en première approximation) 🔺 iii
- 2.3. Le Cercle (Poteaux, Fûts de Colonne, Tuyaux) 🔴 iii
- 2.4. Le Trapèze (Murs de Soutènement) iv
- 2.5. Méthode des Composantes pour les Formes Complexes (Barycentre) 🏗️ iv

3. Exemples de Mécanismes Simples v

- 3.1. Le Treuil (Multiplication de la Force) v
- 3.2. Le Cric à Vis (Transformation Irréversible et Amplification Maximale) v
- 3.3. Pignon et Crémaillère (Transformation Rotation-Translation) vi



Préliminaire

1.1. Objectifs du cours

Ce cours constitue un socle technique indispensable, visant à équiper l'élève des principes fondamentaux de la mécanique générale, assurant ainsi une transition efficace et maîtrisée entre les connaissances théoriques et leur application concrète sur le terrain. L'objectif principal se concentre sur l'acquisition d'une capacité analytique robuste, permettant à l'élève de comprendre et d'analyser les phénomènes de mouvement, d'équilibre et d'effort qui régissent le comportement intrinsèque des structures de génie civil et le fonctionnement opérationnel des engins de chantier lourds. Cette compréhension exhaustive est fondamentale, car elle permet de décrypter la manière dont les charges sont supportées par une poutre, comment un mur résiste à la poussée des terres, ou encore pourquoi un mécanisme de levage est dimensionné de telle manière.

1.1.1. Fonder une Base Théorique Solide

Le programme s'attache d'abord à établir une distinction claire et précise entre les concepts fondamentaux de la cinématique (l'étude du mouvement sans considérer les forces), de la statique (l'étude des corps au repos et des forces d'équilibre), et de la dynamique (l'étude du mouvement sous l'effet des forces). Chaque domaine représente un pilier de l'ingénierie mécanique, et leur maîtrise séquentielle est impérative. L'élève doit pouvoir identifier la nature exacte d'un problème donné (statique, cinématique ou dynamique) pour appliquer la loi physique pertinente. Cette structuration de la pensée permet de dépasser la simple mémorisation de formules et d'accéder à une véritable compréhension des processus physiques.

1.1.2. Faciliter le Dialogue Technique et la Supervision

Le rôle futur du technicien requiert une capacité à interagir de manière compétente avec les ingénieurs concepteurs et les équipes d'exécution sur le site. Ce cours représente la première étape pour former un professionnel capable de dialoguer avec les ingénieurs en utilisant un vocabulaire technique exact et rigoureux, notamment en ce qui concerne les charges admissibles, les coefficients de sécurité, la résistance des matériaux et les contraintes opérationnelles des machines. En acquérant cette aisance conceptuelle et terminologique, l'élève pourra non seulement comprendre les instructions

complexes, mais également superviser des opérations techniques délicates, comme le levage de charges critiques ou l'installation d'éléments préfabriqués, en toute connaissance de cause des risques mécaniques impliqués.

1.1.3. Développer l'Intuition Physique du Technicien

Au-delà des calculs formels, le cours vise à développer chez l'élève une intuition physique affûtée, essentielle pour l'estimation rapide et la vérification de la cohérence des résultats obtenus. Un bon technicien doit pouvoir juger, avant même le calcul détaillé, si un résultat est plausible. Cette intuition est construite en connectant les lois physiques à des exemples quotidiens et professionnels, comme l'effet d'un long bras de levier pour démultiplier une force ou la relation entre la vitesse d'un engin et son inertie. Il s'agit de forger un esprit critique qui ne se contente jamais d'un chiffre sans en comprendre la signification mécanique profonde.

1.2. Approche Pédagogique

L'enseignement adoptera une méthode résolument expérimentale et inductive, partant systématiquement d'exemples concrets et d'observations quotidiennes pour en déduire les lois physiques universelles qui les gouvernent. Cette démarche inverse permet d'ancrer immédiatement les concepts abstraits dans la réalité observable, ce qui est particulièrement adapté au profil de l'élève en formation technique.

1.2.1. Privilégier l'Induction par l'Exemple

La stratégie pédagogique consiste à présenter des situations de terrain, comme l'analyse de la vitesse d'un véhicule en accélération sur une route près de Lubumbashi, ou le mouvement régulier d'une scie circulaire dans un atelier de menuiserie, avant d'introduire les formules mathématiques correspondantes. En raison des capacités d'abstraction encore en développement chez les élèves, les exposés purement théoriques ou rationnels basés uniquement sur des démonstrations mathématiques complexes seront évités au profit d'une approche progressive où l'observation pratique précède la formalisation. Chaque loi fondamentale, telle que le principe d'inertie ou la loi fondamentale de la dynamique, sera justifiée par un scénario ou une manipulation concrète.

1.2.2. Standardisation des Unités et Simplicité Numérique

L'unité de force employée dès le début du cours sera le **Newton** (N), conformément au Système International, afin d'assurer l'uniformité et la rigueur des calculs. Pour faciliter son assimilation par l'élève, des équivalences pratiques seront fournies de manière récurrente, notamment en utilisant le **décaNewton** (daN) comme référence simple : l'élève comprendra qu'une masse d'environ $1\,kg$ exerce une force d'environ $1\,daN$ (ou $10\,N$). Cette approche simplifiée permet d'établir un lien mental immédiat entre la masse (une propriété tangible) et le poids (une force calculée). Parallèlement, les exercices numériques seront délibérément simples dans leur complexité arithmétique, de manière à ce que l'élève puisse se concentrer pleinement sur l'application correcte du principe mécanique, et non sur des difficultés de calcul.

1.2.3. L'Importance des Manipulations et de la Visualisation

Le programme intégrera des moments dédiés aux manipulations simples, comme la détermination expérimentale du centre de gravité d'un objet irrégulier par la méthode de la suspension, ou l'étude du plan incliné. Ces expériences simples mais cruciales permettent de visualiser l'impact direct des grandeurs physiques (force, distance, angle). L'utilisation régulière de diagrammes, de schémas cinématiques et de graphes (position-temps, vitesse-temps) sera systématique pour permettre à l'élève de traduire un phénomène physique en une représentation graphique intelligible, renforçant la capacité d'analyse qualitative avant toute démarche quantitative.

1.2.4. Le Contenu : Approfondissement et Structuration Thématique

La démarche pédagogique requiert un contenu riche et structuré pour soutenir l'approche inductive et expérimentale. Chaque chapitre est conçu comme une unité autonome mais cohérente, évitant le débordement sur d'autres thèmes pour garantir l'assimilation complète des notions traitées.

1.2.4.1. La Cinématique de l'Objet Rigide (Déplacement et Vitesse)

Cette première phase se concentre sur la description pure des mouvements. L'élève apprendra à décomposer le mouvement d'un point selon ses composantes, à différencier la vitesse instantanée de la vitesse moyenne, et à caractériser les trajectoires courantes (rectiligne uniforme, circulaire, rectiligne uniformément varié). L'accent sera mis sur la lecture et l'interprétation des graphiques d'évolution du mouvement, qui constituent le langage visuel de la cinématique. Il s'agit d'une étape essentielle pour pouvoir ensuite lier ces mouvements aux forces qui les engendrent.

1.2.4.2. La Statique des Solides (Équilibre et Réactions)

Le cœur de la statique réside dans l'étude des conditions d'équilibre des corps au repos, un domaine vital pour la construction. L'élève développera une méthode rigoureuse pour isoler un solide, identifier les forces externes (actions et réactions), et appliquer les deux conditions d'équilibre : la résultante des forces nulle et la somme des moments nulle. Une attention particulière est portée à la notion de **moment d'une force**, sa définition géométrique (bras de levier) et son rôle crucial dans la stabilité des structures (basculement).

1.2.4.3. La Dynamique et l'Énergétique (Cause du Mouvement)

Abordant la relation entre les forces et le mouvement (seconde loi de Newton), la dynamique relie les concepts de force, de masse et d'accélération. Cette section est ensuite complétée par l'étude du travail, de la puissance et de l'énergie. L'élève apprendra à calculer le travail effectué par les machines (treuils, presses) et à évaluer leur rendement énergétique, une compétence indispensable pour l'efficacité et la planification des opérations de chantier.

1.3. Compétences Visées

Au terme de cette année de formation rigoureuse, l’élève maîtrisera un ensemble de compétences techniques opérationnelles et analytiques, structurées autour de quatre axes principaux : la description, le calcul, l'application et l'analyse critique.

1.3.1. Décrire : Analyser et Caractériser les Mouvements Simples

L'élève sera capable d'analyser et de caractériser les mouvements élémentaires (rectiligne, circulaire, curviligne simple) à l'aide de **diagrammes** et de **formules cinématiques** appropriées. La compétence descriptive englobe la capacité à déterminer la trajectoire, à calculer les vecteurs vitesse et accélération en tout point, et à différencier les mouvements uniformes des mouvements variés. L'élève saura notamment interpréter la signification physique de la pente (vitesse) et de l'aire sous la courbe (distance) sur un graphique d'accélération, permettant une lecture directe des paramètres cinématiques d'un engin en marche.

1.3.2. Calculer : Déterminer les Efforts, les Moments et les Résultantes

L'élève développera une expertise dans le calcul précis des efforts, des moments et des résultantes dans des systèmes mécaniques simples en équilibre. Cette compétence exige la maîtrise du calcul vectoriel plan pour la composition des forces, l'utilisation rigoureuse de la notion de bras de levier pour le calcul des moments, et la résolution de systèmes d'équations statiques (les trois équations d'équilibre). L'objectif est de pouvoir déterminer avec exactitude les forces de réaction aux appuis (appuis simples, rotules, encastrements) d'une poutre ou d'une structure soumise à des charges, compétence fondamentale pour le dimensionnement.

1.3.3. Appliquer : Utiliser les Lois Fondamentales de la Dynamique

La compétence d'application se manifeste par l'utilisation effective des lois fondamentales de la dynamique (comme $\sum F = ma$) pour résoudre des problèmes concrets liés au travail, à la puissance et à l'énergie. L'élève sera en mesure de calculer l'énergie nécessaire pour déplacer une masse sur une distance donnée (travail), la puissance requise par le moteur d'une pompe ou d'un treuil pour effectuer ce travail dans un temps imparti, et enfin le rendement d'un mécanisme de transmission de puissance, permettant d'évaluer l'efficacité énergétique d'un système. Cette maîtrise est directement applicable à l'achat et à l'utilisation d'équipements de chantier.

1.3.4. Analyser : Expliquer le Fonctionnement des Mécanismes de Base ❁

L'élève parviendra à expliquer le fonctionnement purement cinématique et l'avantage mécanique des mécanismes de transmission de base que l'on retrouve couramment sur les chantiers. Cette compétence analytique inclut l'identification des chaînes cinématiques (liaisons, degrés de liberté), la détermination des rapports de vitesse et de couple dans les systèmes d'engrenages (réducteurs), ainsi que l'analyse des leviers, des poulies et des treuils. L'élève sera en mesure de justifier l'architecture d'un mécanisme en fonction de l'objectif opérationnel recherché (multiplication de force ou de vitesse).

1.4. Modalités d'Évaluation 📝

L'évaluation des acquis sera continue et multidimensionnelle, visant à vérifier non seulement la mémorisation des formules, mais surtout la compréhension conceptuelle et la capacité d'application pratique de la mécanique.

1.4.1. Interrogations Courtes et Devoirs à Domicile (Maîtrise Algébrique) ➕

L'évaluation sera initialisée par des interrogations courtes et fréquentes, axées principalement sur la résolution rapide d'exercices numériques simples et la vérification de la compréhension des définitions et des principes fondamentaux. Ces tests réguliers assurent que l'élève assimile les concepts au fur et à mesure de leur introduction. Parallèlement, des devoirs à domicile seront assignés pour ancrer la maîtrise des formules et développer la rigueur dans la présentation des calculs et des unités. Le devoir à domicile est un exercice de synthèse qui permet à l'élève de travailler l'autonomie et la documentation.

1.4.2. Évaluations Pratiques (Vérification Expérimentale) 🔬

Des évaluations pratiques seront spécifiquement mises en œuvre pour tester l'application des connaissances dans un contexte réel. Celles-ci pourront porter sur la détermination expérimentale du centre de gravité d'un objet de forme complexe, sur l'analyse des efforts dans un système de poulies à l'aide d'un dynamomètre, ou sur l'analyse cinématique d'un système articulé simple. Ces travaux pratiques visent à développer les compétences de mesure, de

manipulation d'instruments et de comparaison des résultats théoriques avec les observations réelles, démontrant ainsi la capacité de l'élève à transposer la théorie à la pratique.

1.4.3. Examen Final Intégré (Synthèse des Compétences)

Un examen final, d'une durée plus conséquente, vérifiera la capacité globale de l'élève à appliquer les principes des trois grands domaines (cinématique, statique, dynamique) à des problèmes intégrés et complexes. Cet examen de synthèse sera structuré autour de scénarios professionnels complets, exigeant l'analyse séquentielle (d'abord la cinématique, ensuite la statique des efforts, enfin le bilan énergétique). Il s'agit de la validation ultime de la formation, prouvant que l'élève est capable d'utiliser l'ensemble des outils de la mécanique générale pour diagnostiquer et résoudre des problèmes pertinents pour l'industrie de la construction. La réussite de cet examen atteste d'une pensée technique structurée et fiable.

Éditions Donel C.
Direction Éditoriale et Conception Générale :
MURHULA BAZIKANGE M.
Pour contacts, mon site web :
https://murhulabazikange.com/

© 2025, Donel Consulting, Kin. RDC
Tous droits réservés.

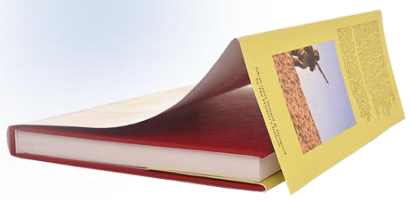
Pour l'excellence de l'éducation en RDC,
Tous les manuels scolaires en un seul endroit,
sur ce site web :
https://manuels-scolaires-rdc.com/

Pour plus de détails, scannez ceci :

PARTIE I

Cinématique –

La Science du Mouvement Cette partie se consacre à la description géométrique du mouvement des corps, indépendamment des forces qui le provoquent. L'étude se concentre sur les notions de trajectoire, de vitesse et d'accélération, avant d'analyser le fonctionnement de mécanismes simples, en se limitant strictement à leur aspect cinématique, sans aborder leur description technologique.



Chapitre 1 : Les Mouvements Rectilignes

Ce chapitre établit les fondations de la cinématique en étudiant les mouvements qui s'effectuent en ligne droite, des plus simples aux plus complexes, et en appliquant ces lois à un cas universel : la chute des corps.

1.1. Notions Générales et Classification du Mouvement

Introduction aux concepts de base de la cinématique et présentation des différentes sortes de mouvements, en les classifiant selon la forme de leur trajectoire et l'évolution de leur vitesse.

1.1.1. Concepts Fondamentaux de la Cinématique

La cinématique est la branche de la mécanique qui étudie le mouvement des corps sans considérer les causes (forces) qui le provoquent.

1.1.1.1. Le Point Matériel

En mécanique de la construction, un objet, quelle que soit sa taille (un camion benne, un bloc de béton, une grue), peut souvent être modélisé comme un point matériel. Cette simplification consiste à considérer toute la masse de l'objet concentrée en un unique point géométrique, ce qui est valide lorsque les dimensions de l'objet sont négligeables par rapport aux distances parcourues ou lorsque l'objet n'effectue pas de rotation sur lui-même (mouvement de translation).

1.1.1.2. Le Référentiel

Tout mouvement est décrit par rapport à un système de référence, appelé référentiel. En construction, le référentiel le plus courant est le sol terrestre (le chantier), considéré comme fixe. C'est par rapport à ce référentiel que la position, la vitesse et l'accélération d'un engin ou d'un matériau sont mesurées.

1.1.1.3. La Trajectoire

La trajectoire désigne l'ensemble des positions successives occupées par le point matériel au cours du temps. C'est la ligne géométrique (droite, circulaire, parabolique) que le mobile dessine dans l'espace.

1.1.1.4. Position, Déplacement et Espace Parcouru

La position d'un point matériel sur une trajectoire est repérée par son abscisse s (ou x pour un mouvement rectiligne) à un instant t, mesurée depuis une origine O choisie. Le déplacement Δs est le vecteur qui relie la position initiale s_1 à la position finale s_2 ($\Delta s = s_2 - s_1$). L'espace parcouru est la distance réelle mesurée le long de la trajectoire, qui coïncide avec la valeur absolue du déplacement Δs uniquement dans le cas d'un mouvement rectiligne sans changement de sens.

1.1.2. Grandeurs Cinématiques Essentielles

1.1.2.1. La Vitesse

La vitesse quantifie la rapidité du changement de position d'un mobile. La vitesse moyenne v_m se calcule sur un intervalle de temps $\Delta t = t_2 - t_1$ par le rapport du déplacement Δs sur la durée Δt : $v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$ La vitesse instantanée $v(t)$ est la vitesse du mobile à un instant t précis. Elle est la limite de la vitesse moyenne lorsque l'intervalle Δt devient infiniment petit (concept de dérivée en mathématiques : $v = ds/dt$). Son unité SI est le mètre par seconde (m/s).

1.1.2.2. L'Accélération

L'accélération quantifie la rapidité du changement de vitesse d'un mobile. L'accélération moyenne a_m se calcule sur un intervalle de temps Δt par le rapport de la variation de vitesse $\Delta v = v_2 - v_1$ sur la durée Δt : $a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$ L'accélération instantanée $a(t)$ est l'accélération du mobile à un instant t précis (concept de dérivée : $a = dv/dt$). Son unité SI est le mètre par seconde carrée (m/s^2). Une accélération positive indique une augmentation de la vitesse (dans le sens du mouvement), tandis qu'une accélération négative indique une diminution de la vitesse (décélération) ou une accélération dans le sens opposé.

1.1.3. Classification des Mouvements

Les mouvements se classifient en combinant les propriétés de leur trajectoire et l'évolution de leur vitesse.

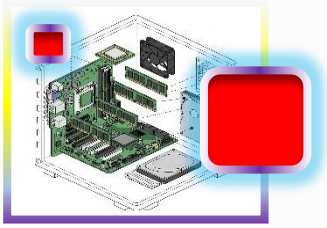
1.1.3.1. Classification selon la Trajectoire

1. **Mouvement Rectiligne** : La trajectoire est une ligne droite. C'est le cas d'un ascenseur de chantier, d'un pieu enfoncé verticalement, ou d'un camion sur une section droite de la RN1.

2. **Mouvement Curviligne** : La trajectoire est une courbe. Un cas particulier fondamental en construction est le **mouvement circulaire** (la pointe d'une grue, la cuve d'une bétonnière).

1.1.3.2. Classification selon la Vitesse

1. **Mouvement Uniforme** : La *valeur* de la vitesse (la magnitude) est constante. L'accélération tangentielle est nulle.
2. **Mouvement Varié** : La *valeur* de la vitesse change au cours du temps.
   - **Mouvement Accéléré** : La valeur de la vitesse augmente.
   - **Mouvement Retardé (ou Décéléré)** : La valeur de la vitesse diminue.



Saut de page pour image

