Code : MS251108

Domaine : Technique Industrielle
Option : Mécanique Générale

MÉCANISMES

Principes des mécanismes pour la mécanique générale

3ème Année





TABLE DES MATIÈRES

PRÉLIMINAIRES **1**

Objectifs Pédagogiques du Cours 1

- 1. Maîtrise des Compétences Fondamentales 1
- 2. Développement des Compétences Analytiques 1
- 3. Acquisition des Compétences de Synthèse et de Conception 1

Approche Didactique et Méthodologique 1

- 1.1. Du Phénomène à la Loi 2
- 1.2. Raisonnement Hypothético-Déductif Appliqué 2
- 1.3. Finalité : L'Autonomie Analytique de l'Élève 2

Contexte Industriel et Normalisation 2

- 1. Ancrage Industriel de la Discipline 2
- 2. La Normalisation comme Langage Universel 2
- 3. Implications Pédagogiques 3

PARTIE I : LES LIAISONS MÉCANIQUES – ASSEMBLAGE ET FIXATION **4**

a. Le principe fondamental de l'assemblage 4

b. Assemblage permanent ou démontable ? 4

c. La géométrie et la transmission des efforts 4

d. L'impact sur la fabrication et la maintenance 4

CHAPITRE 1 : LES ASSEMBLAGES DÉMONTABLES PAR VISSERIE **5**

1.1. Technologie, Classification et Représentation Normalisée des Vis et Écrous 5

- a. De la pompe à eau à l'assemblage moderne 5
- A. Technologie de la vis et de l'écrou 5
- B. Classification des vis 5
- C. Représentation normalisée 6

1.2. Organes Annexes : Rondelles et Systèmes de Freinage 8

- a. Le paradoxe de la vis qui se dévisse 8
- A. La fonction des rondelles 8
- B. Les dispositifs de freinage d'écrous 9

1.3. Principes de Serrage et Applications Constructives 11

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- a. L'art discret de la tension.....11
- A. La Précharge : Le Secret de la Vis.....11
- B. Applications Constructives et Sécurité.....12

CHAPITRE 2 : LES ASSEMBLAGES DÉMONTABLES PAR OBSTACLE ET ADHÉRENCE.....14

2.1. Les Goupilles : Types et Fonctions (Positionnement, cisaillement).....14
- a. L'ancêtre de la fixation mécanique.....14
- A. Le principe de l'obstacle : Définition et rôle.....14
- B. Typologie des goupilles et leurs fonctions.....14

FIGURE 1 : RÉF. IMG (1440-4846-6576).....16

Vue éclatée des principales goupilles et de leur montage typique.....16
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....16

2.2. Les Clavettes et Cannelures : Liaisons Arbre-Moyeu de Grande Capacité.....18
- a. L'obstacle qui unit.....18
- A. La Clavette : L'Obstacle Simple et Efficace.....18

FIGURE 2 : RÉF. IMG (8139-4596-9685).....20

Comparaison visuelle entre une liaison par clavette et par cannelures.....20
- B. Les Cannelures : La Transmission de Haute Puissance.....20
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....21

2.3. Les Assemblages par Adhérence : Cônes et Frettage.....22
- a. Le principe de l'adhérence.....22
- A. L'assemblage par cône.....23
- B. L'assemblage par frettage (ou emmanchement à force).....23

PARTIE II : LE GUIDAGE DES MOUVEMENTS – TRANSLATION ET ROTATION.....26

a. Le guidage, une question de contrainte.....26

b. La translation rectiligne, le chemin droit.....26

c. La rotation, le pivot du monde.....26

d. La finalité, construire des mécanismes fonctionnels.....26

CHAPITRE 3 : LE GUIDAGE EN TRANSLATION.....27

3.1. Glissières : Types, Matériaux et Systèmes de Rattrapage de Jeu (Lardons).....27
- a. L'erreur du débutant sur le jeu mécanique.....27
- A. Anatomie des Glissières.....27

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

FIGURE 3 : RÉF. IMG (6858-0861-8211)..... 28

Vue en coupe de trois profils de glissières standards..... 28

- B. Le Lardon : Le Juge de Paix du Guidage..... 28

FIGURE 4 : RÉF. IMG (2431-6003-2271)..... 30

Schéma d'une glissière en queue d'aronde avec son lardon de réglage..... 30

- C. Le Choix Stratégique des Matériaux..... 30

3.2. Guidages par Roulement Linéaire..... 32

- a. Le paradoxe du tiroir qui glisse sans effort..... 32
- A. Principe : Transformer le Glissement en Roulement..... 33

FIGURE 5 : RÉF. IMG (2569-2208-9635)..... 34

Coupe transversale d'un guidage linéaire à billes sur rail profilé..... 34

- B. Constitution et Types Principaux..... 34

FIGURE 6 : RÉF. IMG (0165-6339-1700)..... 35

Guidage en translation par douille à billes sur arbre cylindrique..... 35

- C. SCÉNARIOS ET EXERCICES..... 35

3.3. Applications : Chariots de Machines-Outils et Systèmes de Manutention..... 37

- a. Le tiroir et le tour..... 37
- A. Le Chariot de Machine-Outil : Précision et Rigidité..... 37

FIGURE 7 : RÉF. IMG (3927-0413-1956)..... 40

Vue éclatée d'un chariot de tour avec ses glissières prismatiques..... 40

- B. Les Systèmes de Manutention : Mobilité et Charge..... 40
- SCÉNARIOS ET EXERCICES..... 41

CHAPITRE 4 : LE GUIDAGE EN ROTATION : PALIERS LISSES ET ROULEMENTS..... 44

4.1. Les Paliers Lisses : Coussinets et Lubrification..... 44

- a. Le secret de la rotation silencieuse..... 44
- A. Le Coussinet : Une Pièce d'Usure Sacrificielle..... 44
- B. La Lubrification : Le Film d'Huile Hydrodynamique..... 44

4.2. Classification et Désignation des Roulements..... 47

- a. Le code secret des machines..... 47
- A. Classification selon la forme des corps roulants..... 47
- B. Classification selon la direction des charges..... 48

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

FIGURE 8 : RÉF. IMG (7007-9591-8305)....50

Vue en coupe des principaux types de roulements et leurs applications....50

- C. La désignation normalisée....50

4.3. Montage et Arrêts Axiaux des Roulements (Ajustements, Circlips)....52

- a. L'art de la précision....52
- A. Le principe fondamental des ajustements....52
- B. Les solutions d'arrêt axial....53

FIGURE 9 : RÉF. IMG (2554-6488-6476)....54

Vue éclatée d'un montage de roulement avec ses arrêts axiaux....54

- SCÉNARIOS ET EXERCICES....54

CHAPITRE 5 : L'ÉTANCHÉITÉ DES SYSTÈMES MÉCANIQUES....57

5.1. Rôle et Importance de l'Étanchéité Statique et Dynamique....57

- a. Le paradoxe de l'invisible....57
- A. L'Étanchéité Statique : La Garde Immortelle....57

FIGURE 10 : RÉF. IMG (4580-0874-4983)....59

Vue éclatée d'un assemblage à bride avec joint plat....59

- B. L'Étanchéité Dynamique : Le Défi du Mouvement....59

FIGURE 11 : RÉF. IMG (9604-1460-0937)....62

Coupe d'un joint à lèvre sur un arbre de transmission rotatif....62

- SCÉNARIOS ET EXERCICES....62

5.2. L'Étanchéité Statique : Joints Plats et Joints Toriques....64

- a. Une simple fuite d'huile....64
- A. Le principe de l'étanchéité statique....64
- B. Le Joint Plat....64
- C. Le Joint Torique (O-ring)....65

FIGURE 12 : RÉF. IMG (1628-1533-7384)....66

Comparaison visuelle entre un joint plat et un joint torique....66

- Une leçon de mécanique au bord du fleuve Congo....66

5.3. L'Étanchéité Dynamique en Translation et en Rotation....68

- a. Le défi du mouvement....68
- A. Étanchéité en Translation : Le Cas du Piston....68

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

FIGURE 13 : RÉF. IMG (9111-4762-4177) **69**

Coupe d'un montage de joints pour tige de vérin en translation 69

- B. Étanchéité en Rotation : La Danse de l'Arbre 69

PARTIE III : LA TRANSMISSION DE PUISSANCE **73**

a. Du moteur à la machine 73

b. Adapter l'effort et la vitesse 73

c. Les familles de mécanismes 73

d. Le calcul et le rendement : la science derrière le mouvement 73

CHAPITRE 6 : LES ARBRES DE TRANSMISSION ET LES ACCOUPLEMENTS **74**

6.1. Technologie des Arbres : Formes et Fonctions 74

- a. De la force du fleuve à la puissance du moteur 74
- A. Fonctions et Classification Fondamentale 74
- B. Morphologie d'un Arbre : L'Anatomie du Mouvement 74
- C. Les Formes Spécifiques pour Besoins Particuliers 75

FIGURE 14 : RÉF. IMG (6190-7003-7292) **77**

Comparaison entre un arbre plein, un arbre cannelé et un arbre creux 77

- L'anecdote de Papa Kanku et le générateur de Mbuji-Mayi 77

6.2. Les Accouplements Rigides : Alignement Parfait 79

- a. Le testament de la ligne droite 79
- A. Le Principe de la Rigidité 79
- B. Conditions d'Utilisation et Types Courants 80

FIGURE 15 : RÉF. IMG (9975-9803-1327) **82**

Vue éclatée d'un accouplement rigide à manchon sur deux arbres 82

- C. Avantages et Inconvénients 82

6.3. Les Accouplements Élastiques et Flexibles 84

- a. L'imperfection est la règle 84
- A. La compensation des défauts d'alignement 85
- B. L'amortissement des chocs et des vibrations 85

FIGURE 16 : RÉF. IMG (5969-9546-1125) **87**

Accouplement élastique à griffes (type 'araignée') et ses composants 87

- SCÉNARIOS ET EXERCICES 87

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

6.4. Les Joints de Cardan : Transmission entre Arbres Concourants.....89
- a. Une solution née sur les océans.....89
- A. Principe et Constitution d'un Joint Simple.....89
- B. La Non-Homocinéticité du Joint Simple.....90

FIGURE 17 : RÉF. IMG (4560-9649-9431).....92

Graphique de la vitesse de sortie en fonction de l'angle d'entrée.....92
- C. Le Joint de Cardan Double : La Solution Homocinétique.....92

CHAPITRE 7 : LES EMBRAYAGES ET LES LIMITEURS DE COUPLE.....95

7.1. Embrayages à Friction : Principe et Technologie (Disques, Coniques).....95
- a. L'art de la connexion contrôlée.....95
- A. Le Principe Fondamental : La Force de Frottement.....95
- B. Technologie des Embrayages à Disque.....95

FIGURE 18 : RÉF. IMG (9904-1009-8657).....98

Anatomie d'un embrayage à disque monodisque à diaphragme.....98
- C. L'Ancêtre Efficace : L'Embrayage Conique.....98
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....99

7.2. Embrayages et Freins à Commande Électromagnétique.....101
- a. L'attraction invisible.....101
- A. Le Principe de la Force Magnétique.....101

FIGURE 19 : RÉF. IMG (8400-4485-7964).....102

Schéma de principe d'un embrayage électromagnétique à un seul disque.....102
- B. Variantes et Applications Courantes.....102
- Scénarios et Exercices.....103

7.3. Les Limiteurs de Couple : Organes de Sécurité.....105
- a. La sagesse de la branche qui cède.....105
- A. Principe de fonctionnement : Le désaccouplement de sécurité.....105
- B. Les différents types de limiteurs.....106
- C. Scénarios et Exercices.....107

CHAPITRE 8 : LA TRANSMISSION PAR COURROIES ET CHAÎNES.....109

8.1. Transmission par Courroies : Types, Choix et Tension.....109
- a. Le paradoxe de la lanière souple.....109
- A. Typologie des Courroies et Domaines d'Application.....109

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

FIGURE 20 : RÉF. IMG (1800-3460-7093) **111**

Les trois profils fondamentaux de courroies de transmission mécanique. 111

- B. L'Importance Capitale de la Tension 111

FIGURE 21 : RÉF. IMG (7333-0718-7737) **114**

Visualisation de la tension correcte et incorrecte d'une courroie trapézoïdale. 114

- C. Scénarios et Exercices 114

8.2. Transmission par Chaînes : Technologie, Lubrification et Maintenance 116

- a. Le bruit de la chaîne qui parle 116
- A. Les composants et types de chaînes 116

FIGURE 22 : RÉF. IMG (6552-7062-0409) **119**

Vue éclatée des composants d'une chaîne à rouleaux simple. 119

- B. La lubrification : le sang de la transmission 119

FIGURE 23 : RÉF. IMG (2037-7748-4913) **121**

Méthodes de lubrification pour une transmission par chaîne industrielle. 121

- Scénarios et Exercices 121

CHAPITRE 9 : LA TRANSMISSION PAR ENGRENAGES : PRINCIPES FONDAMENTAUX **123**

9.1. Condition de Transmission Homocinétique : Profil en Développante de Cercle 123

- a. L'illusion de la simplicité 123
- A. La Loi Fondamentale du Mouvement Homocinétique 123
- B. La Développante de Cercle : La Solution Géométrique 124

FIGURE 24 : RÉF. IMG (1965-3255-8921) **125**

Génération d'un profil en développante de cercle par déroulement d'une droite 125

- Une histoire de moulin à manioc 125

9.2. Grandeurs Caractéristiques : Module, Pas, Diamètres Primitifs 127

- a. Le secret des horlogers et des mécaniciens 127
- A. Le Module (m) : La Carte d'Identité de la Dent 127
- B. Le Pas (p) : La Distance entre les Dents 128
- C. Les Diamètres : Le Squelette de l'Engrenage 128

FIGURE 25 : RÉF. IMG (4751-0469-4331) **129**

Anatomie d'une dent d'engrenage et ses diamètres caractéristiques 129

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- b. Scénarios et Exercices.....129

9.3. Rapport de Transmission et Entraxe.....130

- a. Une question de vitesse et de distance.....130
- A. Le Rapport de Transmission (r).....131
- B. L'Entraxe (a).....131

FIGURE 26 : RÉF. IMG (9078-6013-3873).....134

Schéma de deux engrenages avec entraxe et nombre de dents indiqués.....134

- C. Scénarios et Exercices.....134

9.4. Le Taillage des Dents : Procédés et Notions de Correction de Denture.....136

- a. L'art de la précision.....136
- A. Les Procédés de Taillage par Génération.....136

FIGURE 27 : RÉF. IMG (8127-7160-3834).....139

Schéma du principe de taillage par fraise-mère (hobbing) sur un pignon.....139

- B. La Correction de Denture (Déport de Profil).....139

FIGURE 28 : RÉF. IMG (2878-7852-9751).....142

Comparaison d'une dent non corrigée, corrigée positivement et négativement.....142

- C. Scénarios et Exercices.....142

CHAPITRE 10 : LES DIFFÉRENTS TYPES D'ENGRENAGES.....145

10.1. Les Engrenages Cylindriques à Denture Droite.....145

- a. Un principe millénaire.....145
- A. Définition et Caractéristiques.....145

FIGURE 29 : RÉF. IMG (6220-2712-4178).....147

Anatomie d'un engrenage cylindrique à denture droite.....147

- B. Le Rapport de Transmission.....147
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....148

10.2. Les Engrenages Cylindriques à Denture Hélicoïdale.....149

- a. L'évolution silencieuse de la dent.....149
- A. Géométrie et Contact Progressif.....150

FIGURE 30 : RÉF. IMG (6782-5099-5307).....152

Comparaison entre une denture droite et une denture hélicoïdale en contact.....152

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- B. Avantages et Poussée Axiale.....152

10.3. Les Engrenages Coniques.....154

- a. L'angle qui change tout.....154
- A. Principe de Fonctionnement et Géométrie.....155
- B. Les Deux Grandes Familles de Dentures.....155

FIGURE 31 : RÉF. IMG (4176-5201-2028).....157

Coupe schématique d'un couple d'engrenages coniques à denture droite.....157

- C. Le Rapport de Transmission.....157

10.4. Le Système Roue et Vis Sans Fin : Grands Rapports de Réduction.....159

- a. Le secret du portail le plus lourd.....159
- A. Principe de Fonctionnement et Irréversibilité.....160

FIGURE 32 : RÉF. IMG (5225-2555-7992).....162

Vue éclatée d'un système roue et vis sans fin industriel.....162

- B. Le Rapport de Réduction (r).....162

PARTIE IV : TRANSFORMATION DE MOUVEMENT ET FONCTIONS ANNEXES.....165

a. L'art de convertir le mouvement.....165

b. De la rotation à la ligne droite.....165

c. Le va-et-vient qui engendre la rotation.....165

d. Les gardiens silencieux du mécanisme.....165

CHAPITRE 11 : LES SYSTÈMES DE TRANSFORMATION DE MOUVEMENT.....166

11.1. Le Système Bielle-Manivelle : Transformation Rotation-Translation.....166

- a. Une idée qui roule depuis longtemps.....166
- A. Principe de Fonctionnement et Composants.....166

FIGURE 33 : RÉF. IMG (3525-6353-4267).....168

Schéma cinématique du système bielle-manivelle et ses quatre composants princ.....168

- B. Les Deux Modes de Transformation.....168

FIGURE 34 : RÉF. IMG (8792-1766-6283).....170

Coupe d'un moteur thermique illustrant la bielle liant piston et vilebrequin.....170

- Scénarios et Exercices.....170

11.2. Les Cames et les Poussoirs : Lois de Mouvement.....172

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- a. Le secret mécanique des automates....172
- A. Le système Came-Poussoir....172
- B. Le Diagramme des Espaces : La loi mise à nu....172

FIGURE 35 : RÉF. IMG (9610-8050-1601)....175

Diagramme des espaces pour une loi de mouvement simple d'un poussoir....175

- C. Types de Lois de Mouvement....175

11.3. Les Excentriques : Création de Mouvements Alternatifs de Faible Amplitude....177

- a. Le principe du déséquilibre....177
- A. Définition et Principe de l'Excentrique....177

FIGURE 36 : RÉF. IMG (9498-8385-2747)....180

Schéma de principe d'un système excentrique avec sa tige-poussoir....180

- B. Applications et Limitations....180

FIGURE 37 : RÉF. IMG (7402-3299-0861)....182

Application de l'excentrique dans une petite pompe à carburant mécanique....182

- Scénarios et Exercices....182

11.4. Le Système Vis-Écrou : Transformation Rotation-Translation de Précision....184

- a. L'art de soulever une voiture avec un doigt....184
- A. Principe de Fonctionnement....184
- B. La loi du mouvement et la notion de Pas (p)....185
- C. Scénarios et Exercices....185

CHAPITRE 12 : LES ORGANES DE FREINAGE ET DE SÉCURITÉ....187

12.1. Principe de la Conversion d'Énergie en Chaleur....187

- a. L'énergie ne disparaît jamais....187
- A. L'Énergie Cinétique : L'Énergie du Mouvement....187
- B. Le Travail des Forces de Frottement....187

FIGURE 38 : RÉF. IMG (6534-2747-4944)....189

Schéma du principe de freinage par friction sur un disque....189

- C. Le Bilan : Vitesse transformée en Chaleur....189

12.2. Technologie des Freins à Tambour et à Disque....191

- a. L'énergie qui ne disparaît jamais....191
- A. Le Frein à Tambour : La Poussée Interne....191

- B. Le Frein à Disque : Le Pincement Externe.....192

FIGURE 39 : RÉF. IMG (4837-4578-0137).....194

Schéma comparatif des freins à disque et à tambour.....194

- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....194

12.3. Les Systèmes d'Arrêt d'Urgence et de Non-Retour (Roue à Rochet).....196

- a. L'irréversibilité contrôlée.....196
- A. La Roue à Rochet et le Cliquet : Le Duo Indissociable.....196

FIGURE 40 : RÉF. IMG (6141-1673-1186).....199

Schéma de principe d'une roue à rochet et de son cliquet.....199

- B. Applications et Variantes.....199

FIGURE 41 : RÉF. IMG (5708-5796-5861).....200

Application de la roue à rochet sur un treuil manuel.....200

- b. Anecdote : La Panne du Funiculaire de Mont-Ngafula.....200

12.4. Les Ressorts : Organes de Rappel et d'Amortissement.....202

- a. Le paradoxe de l'énergie stockée.....202
- A. Principe de fonctionnement et types de ressorts.....202

FIGURE 42 : RÉF. IMG (7453-8229-1921).....204

Les différents types de ressorts et leurs sollicitations mécaniques.....204

- B. La Loi de Hooke : Quantifier la force du ressort.....204

FIGURE 43 : RÉF. IMG (1985-7694-3474).....206

Le ressort dans un système d'amortisseur de moto sur une route de Boma.....206

- C. Fonctions principales : Rappel et Amortissement.....206

ANNEXES.....209

Guide de Sélection des Roulements.....209

- A. Analyse des Charges : Paramètre Fondamental.....209
- B. Vitesse de Rotation et Précision.....210
- C. Montage et Conditions Environnementales.....211
- D. Calcul de la Durée de Vie Nominale (ISO 281).....211

Aide-Mémoire sur les Engrenages.....212

- A. Terminologie Fondamentale des Engrenages Cylindriques.....212

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- B. Classification des Engrenages.....213
- C. Rapports et Formules Clés.....214
- D. Conditions d'Engrènement et de Montage.....215

Schémathèque des Mécanismes.....216

- A. Principes de la Représentation Schématique Cinématique.....216
- B. Mécanismes à 4 barres (Quadilatères Articulés).....217
- C. Systèmes de Transformation de Mouvement.....218

PRÉLIMINAIRES

Objectifs Pédagogiques du Cours

1. Maîtrise des Compétences Fondamentales

L'enseignement des mécanismes en 3ème année vise la consolidation d'un socle de connaissances théoriques robustes. L'élève doit pouvoir énoncer et appliquer les principes de la cinématique et de la statique graphique aux systèmes mécaniques courants, tels que les transmissions par engrenages ou les systèmes bielle-manivelle. Cette maîtrise inclut la classification rigoureuse des liaisons mécaniques, la détermination des degrés de liberté d'un solide ou d'un mécanisme, et la modélisation des lois entrée-sortie.

2. Développement des Compétences Analytiques

Au-delà du savoir théorique, le cours structure la capacité d'analyse systémique. L'élève apprend à décomposer un mécanisme complexe en sous-ensembles fonctionnels identifiables et à établir son schéma cinématique minimal. Il s'agit de lire avec aisance un dessin d'ensemble, d'en extraire la chaîne cinématique pertinente et de traduire un système réel en sa représentation normalisée. L'analyse fonctionnelle et structurelle prépare ainsi au diagnostic méthodique de pannes et aux opérations de maintenance.

3. Acquisition des Compétences de Synthèse et de Conception

Finalement, l'aptitude à la synthèse constitue une compétence terminale essentielle. L'élève doit devenir capable de proposer et de justifier une solution technologique pour réaliser une fonction mécanique donnée. Cet objectif se matérialise par le dimensionnement préliminaire et le choix argumenté d'une transmission de puissance, la conception d'un guidage en translation ou en rotation, ou encore l'agencement d'une chaîne cinématique élémentaire répondant à un cahier des charges précis.

Approche Didactique et Méthodologique

L'enseignement des mécanismes en 3ème année s'articule autour d'une pédagogie de la causalité. Cette approche vise à dépasser la simple mémorisation de formules pour construire une intelligence des systèmes.

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

1.1. Du Phénomène à la Loi

Chaque concept est introduit par une observation concrète d'un système mécanique réel. La modélisation mathématique et la formulation des lois physiques interviennent subséquemment, comme une réponse à la question "pourquoi ?". Cette séquence ancre la théorie dans une réalité tangible, accessible depuis Kisangani jusqu'à Matadi. Le principe est de partir du visible pour expliquer l'invisible, du mouvement observé à la force qui le génère.

1.2. Raisonnement Hypothético-Déductif Appliqué

La résolution d'exercices suit systématiquement une démarche hypothético-déductive. L'élève est guidé pour poser des hypothèses claires, isoler le système d'étude, appliquer le principe fondamental pertinent, puis déduire la solution de manière logique. Cette méthode rigoureuse structure la pensée et prépare efficacement aux exigences de l'Examen d'État (EXETAT) en cultivant la précision et la justification de chaque étape du calcul.

1.3. Finalité : L'Autonomie Analytique de l'Élève

L'objectif terminal vise le développement de l'autonomie analytique. Au-delà de la restitution des connaissances, l'élève doit acquérir la compétence de diagnostiquer un problème mécanique inédit. Il s'agit de former des techniciens capables de transférer leurs savoirs à des situations industrielles variées, du secteur minier du Kasaï à l'agro-industrie de l'Équateur.

Contexte Industriel et Normalisation

1. Ancrage Industriel de la Discipline

Toute conception mécanique répond à une finalité productive ou fonctionnelle. L'enseignement des mécanismes dépasse ainsi le cadre purement théorique pour intégrer les contraintes économiques, matérielles et de maintenance qui définissent la pertinence d'une solution technique. La formation d'un futur technicien consiste à lui fournir les outils intellectuels pour opérer efficacement dans cet environnement industriel, où chaque choix de conception a des implications directes sur les coûts, la fiabilité et la fabricabilité.

2. La Normalisation comme Langage Universel

Pour garantir l'interopérabilité des composants et la sécurité des systèmes, un référentiel technique commun est indispensable. La normalisation établit cet ensemble de règles, de spécifications et de conventions. Ce langage technique

universel assure la qualité, l'interchangeabilité des pièces et la communication sans ambiguïté entre les différents acteurs de la chaîne de production (concepteurs, fabricants, contrôleurs). Elle constitue le fondement de la production en série et du commerce international des biens d'équipement.

3. Implications Pédagogiques

Pédagogiquement, chaque concept théorique doit être systématiquement lié à sa norme d'application. L'étude d'un ajustement, par exemple, est indissociable du système ISO de tolérances et ajustements. L'objectif est de cultiver chez l'élève le réflexe de consulter la documentation normative comme source première de vérité technique, avant même d'initier un calcul ou un dessin de définition. Cette compétence prépare l'élève à une intégration professionnelle réussie.

Partie I : Les Liaisons Mécaniques – Assemblage et Fixation

a. Le principe fondamental de l'assemblage

Un mécanisme n'est jamais une pièce unique. Sa fonction naît de la connexion précise entre ses différents composants. Ces connexions, nommées liaisons mécaniques, définissent à la fois la structure et le mouvement possible. Maîtriser les liaisons, c'est donc comprendre la base de toute conception, depuis une simple charnière de porte jusqu'à la structure complexe du Pont Maréchal à Matadi.

b. Assemblage permanent ou démontable ?

Deux grandes familles d'assemblages organisent la mécanique. Certains sont permanents. Le soudage, le rivetage ou le collage créent une union définitive entre les pièces. D'autres sont démontables. L'utilisation de vis, de boulons ou de goupilles autorise le démontage pour la maintenance ou le remplacement. C'est une réalité quotidienne dans les ateliers de réparation de Lubumbashi.

c. La géométrie et la transmission des efforts

Une liaison mécanique ne se limite pas à joindre. Elle impose des contraintes géométriques très strictes. Chaque liaison autorise ou bloque des degrés de liberté : les translations et les rotations. Surtout, sa fonction principale est de transmettre les efforts d'une pièce à l'autre sans rupture. Le choix d'une liaison est donc un calcul d'équilibre entre la mobilité requise et la résistance nécessaire.

d. L'impact sur la fabrication et la maintenance

Techniquement, le choix d'un type de liaison influence directement le processus de fabrication et son coût. Un assemblage soudé peut être rapide à produire en usine, mais un assemblage boulonné est beaucoup plus simple à réparer sur un chantier à Mbuji-Mayi. La maintenance, la durée de vie du produit et sa fiabilité dépendent intimement de la qualité des assemblages choisis.

Chapitre 1 : Les Assemblages Démontables par Visserie

1.1. Technologie, Classification et Représentation Normalisée des Vis et Écrous

a. De la pompe à eau à l'assemblage moderne

Un des faits les plus surprenants de la mécanique ancienne est que la vis, cet objet si commun, fut d'abord inventée non pas pour fixer, mais pour déplacer. Le savant grec Archimède, au IIIe siècle avant notre ère, a conçu la "vis d'Archimède" pour remonter l'eau des rivières, un système encore utilisé dans certaines fermes de la plaine de la Ruzizi.

Aujourd'hui, son rôle a radicalement changé. La vis est devenue l'élément central des assemblages démontables, permettant de lier solidement deux pièces tout en autorisant leur séparation sans destruction. C'est le principe même de la maintenance et de la réparation moderne.

A. Technologie de la vis et de l'écrou

Une vis est un organe mécanique qui transforme un mouvement de rotation en un mouvement de translation. Elle se compose d'une tige cylindrique, la "queue", sur laquelle est usiné un filet hélicoïdal. La "tête" permet la manœuvre avec un outil (tournevis, clé).

L'écrou est son complément direct. Il possède un filetage intérieur, le "taraudage", dont la géométrie correspond parfaitement au filet de la vis. L'ensemble vis-écrou fonctionne par le principe de l'adhérence et de l'obstacle. La rotation de la vis dans l'écrou crée une force de serrage axiale, appelée "effort de précontrainte". Cette force maintient les pièces solidement assemblées.

B. Classification des vis

Les vis sont classées principalement selon deux critères : la forme de leur tête et leur fonction principale. Une bonne identification est vitale pour choisir la bonne fixation.

- **Les vis d'assemblage** : Leur but est de serrer deux ou plusieurs pièces. Leurs têtes sont variées, comme la tête hexagonale (H), la tête cylindrique à six pans creux (CHc), ou la tête fraisée (F).

- **Les vis de pression** : Elles exercent une pression sur une pièce pour l'immobiliser sans la traverser. Elles ont souvent une extrémité spéciale (bout plat, cuvette, téton) et pas de tête proéminente.
- **Les vis de guidage** : Elles guident une pièce en translation, comme dans un étau à Mbandaka. Leur filet est souvent trapézoïdal pour mieux résister à l'usure et transmettre des efforts importants.

C. Représentation normalisée

En dessin technique, la représentation des vis et des trous taraudés suit des conventions strictes pour garantir une compréhension universelle par tous les techniciens.

- **La vis en vue extérieure** : Le sommet des filets est dessiné en trait fort continu. Le fond des filets est dessiné en trait fin continu.
- **Le trou taraudé (invisible)** : Il est représenté par des traits interrompus. Le diamètre de perçage est en trait interrompu fort, tandis que le diamètre de taraudage est en trait interrompu fin.
- **En coupe** : Une vis n'est jamais coupée longitudinalement dans un dessin d'ensemble. Elle masque toujours les détails de la pièce située derrière elle. Cette règle simplifie la lecture du plan.

Bloc A - Anecdote du technicien de Matadi

Papa Jean-Luc, un technicien respecté à Matadi, dans le Kongo Central, a reçu un jour un moulin à maïs en panne. Le moteur tournait, mais la meule ne bougeait plus. Les jeunes apprentis pensaient qu'il fallait tout jeter ou changer le moteur. Jean-Luc, avec son calme légendaire, a simplement souri. Il a sorti une clé Allen et a dévissé une minuscule vis sans tête, presque invisible sur l'axe du moteur. C'était une vis de pression qui liait l'axe à la poulie. Elle s'était simplement desserrée avec les vibrations. Il l'a resserrée, a ajouté une goutte de frein-filet pour la sécurité, et le moulin est reparti comme neuf. Morale de l'histoire : la plus petite des vis assure souvent la fonction la plus critique de la machine.

Exercice 1 : Identification au marché de Gambela

Énoncé : Ma Gertrude, quincaillère à Kisangani, a reçu une nouvelle caisse de visserie. Un client demande une "vis pour fixer une tôle fine sur un cadre en bois, avec une tête qui ne dépasse pas". Parmi les trois vis qu'elle sort (une vis à tête hexagonale M6, une vis à bois à tête fraisée, une vis de pression à bout plat), laquelle doit-elle lui donner ?

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Analyser le besoin du client** Le client a deux contraintes : fixer une tôle (fine) sur du bois et la tête ne doit pas dépasser de la surface (elle doit être "noyée").
2. **Étape 2 : Évaluer les options**
   - La vis à tête hexagonale est une vis d'assemblage robuste. Sa tête dépassera toujours de la surface. Elle n'est pas adaptée.
   - La vis de pression n'a pas de tête et sert à bloquer une pièce en position, pas à assembler deux surfaces. Elle n'est pas adaptée.
   - La vis à tête fraisée a une forme conique. Cette forme est spécifiquement conçue pour s'encastrer dans un fraisage (un chanfrein) et se retrouver au même niveau que la surface de la pièce.
3. **Étape 3 : Conclure** Ma Gertrude doit donner au client la vis à bois à tête fraisée. C'est la seule qui répond aux deux exigences de l'assemblage.

Exercice 2 : Problème d'assemblage à l'atelier de Lubumbashi

Énoncé : Un stagiaire en mécanique au Katanga doit dessiner l'assemblage d'une plaque d'acier sur un bâti épais. Il représente l'ensemble en coupe. Sur son dessin, la vis est aussi coupée, montrant ses filets internes et sa structure. Son chef d'atelier lui dit que son dessin est incorrect. Pourquoi ?

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Rappeler la convention fondamentale du dessin d'ensemble** Le dessin technique en coupe a pour but de clarifier la vue d'un mécanisme en montrant les parties internes. Cependant, certaines pièces standards obéissent à des exceptions pour ne pas surcharger le dessin.
2. **Étape 2 : Identifier l'erreur du stagiaire** L'erreur commise est d'avoir représenté la vis en coupe longitudinale. Le stagiaire a appliqué la règle de la coupe à une pièce qui ne doit pas être coupée.
3. **Étape 3 : Énoncer la règle de représentation correcte** La convention de dessin technique stipule que les éléments de fixation normalisés (vis, écrous, rondelles, goupilles, rivets) ne sont JAMAIS représentés en coupe lorsqu'ils sont coupés dans leur longueur. Ils

doivent être dessinés en vue extérieure, même s'ils se trouvent sur le plan de coupe. Le chef d'atelier a raison car le dessin du stagiaire est non-conforme et difficile à lire.

1.2. Organes Annexes : Rondelles et Systèmes de Freinage

a. Le paradoxe de la vis qui se dévisse

Pendant qu'un moteur de pirogue vibre sur le fleuve Congo, près de Mbandaka, une force invisible travaille contre le mécanicien. Chaque vibration, même infime, peut provoquer le desserrage progressif d'un écrou. Une vis bien serrée peut donc se dévisser toute seule, sans aucune intervention humaine.

Ce phénomène est un ennemi silencieux en mécanique. Pour le combattre, des organes simples mais géniaux ont été inventés. Leur rôle est d'ajouter une sécurité pour que l'assemblage reste fixe, malgré les secousses ou les variations de température. Ces organes garantissent la fiabilité et la sécurité de la machine.

A. La fonction des rondelles

Une rondelle n'est pas une simple pièce métallique circulaire. Sa géométrie et sa matière lui donnent des fonctions critiques dans un assemblage. Son absence ou un mauvais choix peut causer une défaillance.

La **rondelle d'appui (plate)**, de type W, répartit la force de serrage sur une plus grande surface. Elle protège les pièces en matériaux tendres, comme l'aluminium ou le bois, contre le marquage par la tête de vis ou l'écrou. Elle est aussi utilisée quand le trou est légèrement plus grand que la vis.

La **rondelle élastique ("Grower")**, de type L, agit comme un ressort très rigide. En s'aplatissant lors du serrage, elle maintient une tension constante sur la vis. Cette précontrainte s'oppose aux micro-mouvements dus aux vibrations légères, empêchant le desserrage.

Les **rondelles à dents ("éventail")**, de type Z, créent un freinage par obstacle physique. Leurs dents, internes ou externes, s'incrustent dans la surface de la pièce et dans celle de l'écrou. Ce "mordant" bloque la rotation de l'écrou.

B. Les dispositifs de freinage d'écrous

Lorsque les vibrations sont fortes et les enjeux de sécurité élevés, une simple rondelle ne suffit plus. Des systèmes de freinage plus robustes sont alors obligatoires. Ces dispositifs assurent un blocage plus sûr de l'écrou.

Plusieurs techniques de freinage coexistent.

- **Le contre-écrou :** Il s'agit d'un second écrou, souvent moins épais, vissé contre le premier. Le blocage est obtenu en serrant les deux écrous l'un contre l'autre. Cette action crée une force de pression qui immobilise l'ensemble par friction.
- **L'écrou auto-freiné (type "Nylstop") :** Cet écrou intègre une bague en nylon à son extrémité. Lors du vissage, le filet de la vis déforme la bague. Cette déformation génère un freinage puissant et constant par friction sur les flancs de filets.
- **La goupille fendue avec écrou à créneaux :** Ce système offre un blocage absolu. Une goupille métallique est passée à travers un trou percé dans la vis. Elle se loge ensuite dans les créneaux d'un écrou spécial. La rotation de l'écrou est physiquement impossible.

b. La panne du taxi-moto à Lubumbashi

Maman Hélène, une mécanicienne respectée du quartier Bel-Air à Lubumbashi, reçoit un client désespéré. Son taxi-moto neuf vibre de manière anormale et le bruit du moteur est assourdissant. Il explique que déjà trois mécaniciens ont simplement resserré un boulon sur le support moteur, mais le problème revient toujours après quelques kilomètres sur les routes de la ville.

Hélène sourit. D'un œil expert, elle examine l'assemblage. Le boulon est bien là, l'écrou aussi. Mais il manque une pièce minuscule. Elle dévisse l'écrou, glisse une petite rondelle fendue et élastique, une "Grower", puis resserre le tout fermement.

"Voilà le problème", dit-elle au client. "Sur un moteur, la force seule ne suffit pas. Les vibrations finiront toujours par gagner. Cette petite rondelle agit comme un ressort qui pousse constamment sur ton écrou. Il ne pourra plus se desserrer tout seul. En mécanique, l'intelligence bat souvent la force brute."

Exercice 1 : Le choix de Papa Kabasele

Énoncé : Papa Kabasele, menuisier à Kisangani dans la Tshopo, assemble un banc public en bois de wengé. Le bois est précieux et relativement tendre. Pour fixer les pieds, il utilise des boulons. Il hésite entre une rondelle plate (type W) et une rondelle élastique Grower (type L). Quel est le choix le plus judicieux pour la fonction principale requise ?

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Identifier le besoin principal** Le problème concerne l'assemblage sur un matériau tendre, le bois de wengé. Le risque majeur est que la tête de vis et l'écrou s'enfoncent dans le bois lors du serrage, endommageant la surface.
2. **Étape 2 : Analyser les fonctions des rondelles** Une rondelle Grower (type L) a pour fonction principale d'empêcher le desserrage par vibration. Une rondelle plate (type W) a pour fonction principale de répartir la pression de serrage sur une plus grande surface.
3. **Étape 3 : Conclure et justifier** Le besoin principal est la protection de la surface. La rondelle plate est donc la solution correcte. Elle va créer une surface d'appui plus large, évitant que l'écrou ne "poinçonne" le bois. La rondelle Grower serait inefficace pour cette fonction et risquerait même de marquer le bois avec son bord tranchant.

Exercice 2 : La roue du chariot à Goma

Énoncé : Masika répare l'axe de roue d'un "tshukudu" à Goma, au Nord-Kivu. Cet engin transporte de lourdes charges sur des routes en pierre volcanique très irrégulières, générant d'énormes vibrations. La perte d'une roue serait catastrophique. Elle dispose d'un écrou standard avec un contre-écrou, d'un écrou Nylstop et d'un écrou à créneaux avec sa goupille fendue. Quelle solution doit-elle impérativement choisir ?

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Analyser le niveau de risque et les contraintes** Le niveau de risque est maximal (sécurité des personnes et de la charge). Les contraintes sont extrêmes (vibrations intenses et chocs répétés). Une solution simplement "bonne" n'est pas suffisante ; il faut une sécurité absolue.

2. **Étape 2 : Évaluer la fiabilité de chaque système**
   - Le contre-écrou offre une bonne sécurité, mais peut faillir sous des vibrations extrêmes et continues.
   - L'écrou Nylstop est excellent, mais son freinage par friction peut diminuer avec le temps ou les démontages successifs.
   - L'écrou à créneaux avec goupille fendue offre un verrouillage mécanique positif. La rotation est physiquement bloquée par un obstacle (la goupille).
3. **Étape 3 : Sélectionner la solution la plus sûre** Pour une application critique comme un axe de roue, seul le verrouillage mécanique positif est acceptable. Masika doit obligatoirement choisir l'écrou à créneaux et la goupille fendue. C'est la seule solution qui garantit que l'écrou ne se dévissera jamais accidentellement.

1.3. Principes de Serrage et Applications Constructives

a. L'art discret de la tension

Même si la vis semble être un objet simple, presque banal, sa fonction cache une physique complexe. Un mécanicien à Matadi, sur les rives du fleuve Congo, sait qu'une seule vis bien serrée peut supporter des tonnes. Ce petit cylindre fileté transforme un simple geste de rotation en une force de tension colossale, capable de maintenir assemblées les pièces les plus massives d'un moteur de navire.

Comprendre ce principe est fondamental. Le serrage ne consiste pas seulement à visser jusqu'au blocage. Il s'agit d'une mise en tension contrôlée de la vis. C'est l'étirement élastique du corps de la vis qui génère la force de serrage, ou précharge. Cette force garantit la cohésion de l'assemblage face aux contraintes de service.

A. La Précharge : Le Secret de la Vis

Le serrage d'une vis génère une tension initiale dans son corps. Cette force, appelée précharge (F_0), est essentielle. Elle agit comme un ressort très rigide qui plaque les pièces l'une contre l'autre. La précharge doit être supérieure aux efforts extérieurs qui tendent à séparer les pièces pour que l'assemblage reste étanche et solidaire.

Le couple de serrage (C) appliqué est directement lié à cette précharge. La relation simplifiée, et très utilisée en atelier, est la suivante :

$$C \approx 0,2 \cdot F_0 \cdot d$$

Dans cette formule : - C est le couple de serrage, exprimé en Newton-mètre (N.m). - F_0 est la force de précharge visée, en Newtons (N). - d est le diamètre nominal de la vis, en mètres (m). - Le coefficient 0,2 est une valeur moyenne empirique. Il tient compte des frottements sous la tête de la vis et dans les filets.

B. Applications Constructives et Sécurité

La maîtrise du serrage est critique dans de nombreuses constructions mécaniques. La nature de l'application dicte le niveau de précision requis.

- **Assemblages sous efforts statiques :** La précharge garantit la rigidité de la structure. C'est le cas des bâtis de machines-outils dans un atelier de Lubumbashi.
- **Assemblages sous efforts dynamiques :** Pour des pièces soumises à des vibrations, comme sur une motopompe dans une plantation du Kwilu, une précharge correcte empêche le desserrage.
- **Assemblages d'étanchéité :** La force de serrage écrase le joint d'une culasse de moteur ou d'une bride de tuyauterie pour assurer une parfaite étanchéité.

Pour éviter le desserrage accidentel dû aux vibrations, plusieurs solutions de freinage existent. Les plus courantes sont les contre-écrous, les rondelles à dents (type Grower) ou encore les adhésifs anaérobies (frein-filet).

b. L'anecdote de la grue du port de Boma

Au port de Boma, une grue de déchargement présentait des vibrations anormales lors des manœuvres. Les techniciens locaux resserraient les boulons de la flèche chaque semaine, mais le problème revenait systématiquement. Un jeune ingénieur, fraîchement diplômé de l'ISTA de Bunia, a été consulté. Il a vite diagnostiqué le problème : le serrage se faisait "au sentiment", avec de simples clés à fourche, sans aucun contrôle du couple. Les précharges dans les boulons étaient donc inégales et souvent insuffisantes.

En imposant un protocole de serrage strict avec une clé dynamométrique, il a uniformisé la tension dans chaque vis au niveau préconisé par le fabricant. L'assemblage a retrouvé sa rigidité d'origine, les vibrations ont cessé et le

risque de rupture par fatigue a été éliminé. La leçon est claire : un assemblage vissé est fiable seulement si sa mise en œuvre est contrôlée.

Exercice 1 : Le ponton de Mbandaka

Énoncé : Pour fixer une poutre de support sur un ponton flottant à Mbandaka, on utilise des boulons de diamètre $d = 20$ mm (soit 0,02 m). L'étude de RDM impose une précharge minimale de $F_0 = 50\,000$ N par boulon pour résister aux mouvements de l'eau. Calculez le couple de serrage à appliquer.

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Identification des données** La force de précharge requise est $F_0 = 50\,000$ N. Le diamètre nominal de la vis est $d = 0,02$ m.
2. **Étape 2 : Application de la formule de serrage** Nous utilisons la formule simplifiée : $C \approx 0,2 \cdot F_0 \cdot d$.
3. **Étape 3 : Calcul du couple** $C \approx 0,2 \cdot 50000 \cdot 0,02$ $C \approx 200$ N.m. Le couple à appliquer sur chaque boulon avec une clé dynamométrique est de 200 N.m.

Exercice 2 : La fixation d'un moteur à Kisangani

Énoncé : Un mécanicien à Kisangani fixe le support d'un moteur diesel avec des vis M12 ($d = 12$ mm ou 0,012 m). Il utilise une clé dynamométrique réglée sur un couple de serrage $C = 80$ N.m. Quelle est la force de précharge (F_0) générée dans chaque vis ?

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Réorganisation de la formule** Les données sont $C = 80$ N.m et $d = 0,012$ m. Partant de $C \approx 0,2 \cdot F_0 \cdot d$, nous isolons F_0 :

$$F_0 \approx \frac{C}{0,2 \cdot d}$$

2. **Étape 2 : Calcul de la précharge** On remplace les valeurs dans la formule : $F_0 \approx \frac{80}{0,2 \cdot 0,012}$ $F_0 \approx \frac{80}{0,0024}$ $F_0 \approx 33\,333$ N.
3. **Étape 3 : Interprétation du résultat** Le serrage à 80 N.m génère une tension interne dans la vis d'environ 33 333 N. Cela correspond à une force d'environ 3,3 tonnes.

Chapitre 2 : Les Assemblages Démontables par Obstacle et Adhérence

2.1. Les Goupilles : Types et Fonctions (Positionnement, cisaillement)

a. L'ancêtre de la fixation mécanique

Lorsque l'on observe un mécanicien de Matadi réparer une vieille chaîne de vélo, un petit geste est crucial. Il chasse un axe métallique pour séparer les maillons. Ce petit cylindre, simple en apparence, est l'ancêtre de la goupille. Il immobilise deux pièces l'une par rapport à l'autre par un simple obstacle physique.

Cette technique millénaire assure la cohésion de nombreux mécanismes, du plus simple au plus complexe. La goupille est une solution économique et fiable pour garantir qu'une roue ne se sépare pas de son axe ou qu'un levier reste solidaire de sa commande. Son rôle est double : positionner et résister.

A. Le principe de l'obstacle : Définition et rôle

Une goupille est un organe mécanique, le plus souvent cylindrique ou conique. Elle s'insère dans un logement (un alésage) qui traverse deux ou plusieurs pièces à assembler. Sa présence physique constitue un obstacle qui empêche tout mouvement relatif entre ces pièces.

La goupille s'oppose principalement à deux types de mouvements : * La **translation** : Le glissement d'une pièce le long de l'autre. * La **rotation** : Le pivotement d'une pièce autour de l'autre.

Pour remplir sa fonction, la goupille subit un effort de **cisaillement**. Les forces appliquées sur les pièces assemblées tendent à la couper en deux. La résistance de la goupille au cisaillement détermine la solidité de l'assemblage.

B. Typologie des goupilles et leurs fonctions

Plusieurs formes de goupilles existent, chacune répondant à un besoin spécifique. Le choix dépend de la précision requise, des efforts à transmettre et des conditions de montage.

Figure 1 : Réf. IMG (1440-4846-6576) Vue éclatée des principales goupilles et de leur montage typique.

1 a. Identification des goupilles.

1.1 Goupille Cylindrique
Simple cylindre plein.



Goupille Cylindrique
(Pleine)

1.2 Goupille Conique :
Légère conicité pour centrage.



Goupille Conique

1.3 Goupille Élastique:
Tube fendu enroulé sur lui-même.



Goupille Élastique
('Mecanum')

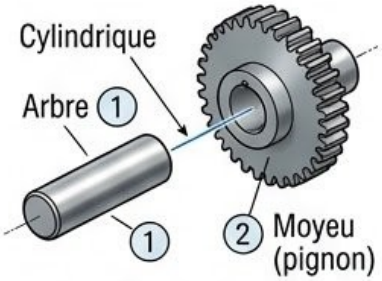
1.4 Goupille Fendue :
Jambes à écarter pour arrêt.



Goupille Fendue
('Bêta')

2 b. La fonction de positionnement.





Positionnement précis
(Goupille Cylindrique)



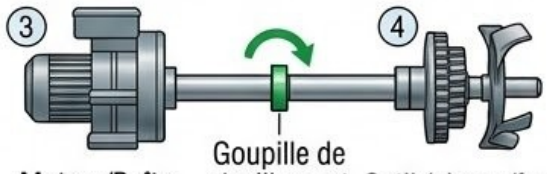
Assemblage sans flottement

3 c. La fonction de sécurité (cisaillement-fusible)

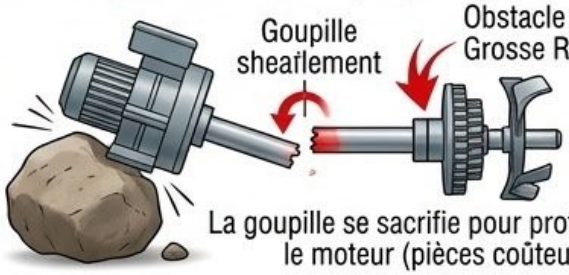




Fonctionnement Normal : Couple transmis.



Surcharge/Cisaillement : La goupille 'Fusible' Cède.



La goupille se sacrifie pour protéger le moteur (pièces coûteuses).

Figure 1 : Réf. IMG (1440-4846-6576)

Vue éclatée des principales goupilles et de leur montage typique

a. Identification des goupilles

L'illustration présente les quatre types les plus courants. La goupille cylindrique est un simple cylindre plein. La goupille conique possède une légère conicité pour un ajustement précis et un démontage facile. La goupille élastique (ou "Mecanum") est un tube fendu enroulé sur lui-même, qui s'insère en force. La goupille fendue ("bêta") sert principalement d'organe d'arrêt et de sécurité, avec ses deux jambes que l'on écarte après montage.

b. La fonction de positionnement

Le positionnement précis est la fonction première d'une goupille. En traversant deux trous parfaitement alignés dans un arbre et un moyeu, la goupille garantit leur position relative. C'est le cas des goupilles cylindriques et coniques. La conicité de la goupille conique offre un centrage parfait et rattrape un éventuel jeu mineur, assurant un assemblage sans flottement.

c. La fonction de sécurité (cisaillement-fusible)

Parfois, la goupille est volontairement conçue comme le point faible d'une transmission. Sur une machine agricole du Kwilu, si la charrue heurte une grosse roche, un couple excessif est généré. La goupille reliant l'arbre moteur au mécanisme se cisaille (casse). Elle se sacrifie pour protéger des pièces plus coûteuses comme le moteur ou la boîte de vitesses. Elle joue alors le rôle de fusible mécanique.

SCÉNARIOS ET EXERCICES

L'ingéniosité du "ngundeur" de Kingabwa

Papa Mfumu, mécanicien réputé dans la commune de Kingabwa à Kinshasa, reçoit un client désespéré. Le lanceur de son groupe électrogène est devenu "fou" : la poignée tire le cordon, mais le moteur ne tourne pas. Papa Mfumu démonte le carter du lanceur en quelques minutes. Son diagnostic est immédiat. La petite goupille qui rendait solidaire la poulie du lanceur et le cliquet d'entraînement de l'arbre moteur s'est cisaillée. C'est un problème