Code :
MS889519

Formate I (A4)
2480 x 3508 px
Imprton 300 DPI

TECHNOLOGIE MÉCANIQUE AVANCÉE

Accroche : **Principes et technologies avancées pour futurs techniciens en mécanique générale.**

Domaine :
Technologie

Option :
Mécanique Générale

Classe :

3 Année



3cm



TABLE DES MATIÈRES

PRÉLIMINAIRES **1**

Objectifs Pédagogiques du Cours 1

- 1. Finalités Cognitives et Théoriques 1
- 2. Finalités Pratiques et Opérationnelles (Savoir-faire) 1
- 3. Finalités Comportementales et Professionnelles (Savoir-être) 1

Approche Didactique et Méthodologique 2

- 1. Une Pédagogie Inductive 2
- 2. La Primauté de l'Analyse Fonctionnelle 2
- 3. La Validation par le Calcul 2

Contexte Industriel et Précision 2

- 1. Positionnement Industriel de la Mécanique Générale 2
- 2. La Précision comme Pilier Technologique 3

PARTIE I : MAÎTRISE AVANCÉE DES MONTAGES D'USINAGE **4**

a. La précision naît de l'immobilité 4

b. Le principe de l'isostatisme : bloquer la liberté 4

c. Des outils pour chaque situation 4

d. De la pièce unique à la production en série 4

CHAPITRE 1 : LES MONTAGES COMPLEXES EN TOURNAGE **5**

1.1. Le Bridage sur Plateau : Pièces non Cylindriques 5

- a. Le défi des formes non conventionnelles 5
- A. Principe du Montage sur Plateau 5
- B. Éléments de Bridage et Fixation 5
- C. L'Équilibrage : La Clé de la Sécurité et de la Précision 6

FIGURE 1 : RÉF. IMG (1216-3066-2796) **8**

Schéma de bridage d'une pièce cubique sur plateau avec équilibrage 8

- L'anecdote de l'oncle mécanicien 8

1.2. Le Montage sur Équerre pour Usinages Excentrés 10

- a. L'ingéniosité face à la contrainte 10
- A. Principe du montage excentré 11

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

FIGURE 2 : RÉF. IMG (8052-3041-6271) **13**

Vue schématique d'un montage sur équerre pour usinage excentré 13

- B. Réglage et contrôle de l'excentricité 13

1.3. Techniques de Précision : Mors Doux et Contrôle de Position 15

- a. La précision, une obsession du mécanicien 15
- A. Les Mors Doux : L'Art de Serrer sans Blesser 16

FIGURE 3 : RÉF. IMG (3832-5692-1847) **18**

Schéma de principe d'un jeu de mors doux usiné au diamètre 18

- B. Contrôle de Position : Le Comparateur, Œil du Mécanicien 18

CHAPITRE 2 : LES MONTAGES COMPLEXES EN FRAISAGE **22**

2.1. Le Bridage sur Table : Principes et Précautions 22

- a. De l'étau à la table de la machine 22
- A. Les Forces en Jeu : Le Combat Invisible 22

FIGURE 4 : RÉF. IMG (1955-5466-2244) **24**

Schéma d'un bridage direct correct sur une table de fraiseuse 24

- B. Précautions et Erreurs Courantes 24

FIGURE 5 : RÉF. IMG (4606-2992-9539) **26**

Exemples de bridages incorrects et les déformations induites sur la pièce 26

- Anecdote de l'atelier : La leçon de Mzee Kabasele 26

2.2. Les Montages Spécifiques pour la Production en Série 28

- a. Le défi de la répétabilité 28
- A. Les Montages à Serrage Centralisé (Hydraulique/Pneumatique) 29

FIGURE 6 : RÉF. IMG (6310-2200-4523) **31**

Montage d'usinage en série pour fraiseuse avec plusieurs pièces identiques 31

- B. Les Montages à Positionnement Indexable (Plateaux Diviseurs) 31

2.3. Montages pour Usinages Angulaires et Circulaires (Diviseur et Plateau) 33

- a. L'obsession de l'angle parfait 33
- A. Le Diviseur Universel : Le chef d'orchestre des divisions 34
- B. Le Plateau Circulaire : Le maître de la rotation continue 34

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

PARTIE II : TECHNIQUES D'USINAGE COMPLEXES SUR MACHINES CONVENTIONNELLES **37**

Au-delà du cylindre parfait 37

L'art de la conicité 37

La spirale fonctionnelle : le filetage 37

Profils spéciaux : excentriques et moletages 37

CHAPITRE 3 : LE FILETAGE DE PRÉCISION ET À ENTRÉES MULTIPLES **38**

3.1. Révision des Calculs de Lyre et Utilisation de la Boîte de Vitesses 38

- a. Le danger d'une mauvaise transmission 38
- A. La Lyre : Le Cerveau de la Transmission 38
- B. Calcul du Rapport pour un Pas Métrique 38

FIGURE 7 : RÉF. IMG (2286-6051-5086) **41**

Schéma d'une lyre de tour parallèle et ses roues dentées 41

- C. La Boîte de Vitesses : Le Raccourci Intelligent 41

3.2. L'Utilisation de l'Indicateur de Filetage pour la Reprise 44

- a. Le problème de la synchronisation 44
- A. Principe de Fonctionnement de l'Indicateur 44

FIGURE 8 : RÉF. IMG (8694-9671-2601) **46**

Indicateur de filetage en action sur un tour conventionnel 46

- B. Règles d'Engagement pour un Filetage Métrique 46

3.3. Filetages Spéciaux : Entrées Multiples et Vis sans Fin 48

- a. La vitesse cachée des filets 48
- A. Le filetage à entrées multiples : pour aller plus vite 48

FIGURE 9 : RÉF. IMG (6949-4723-6311) **51**

Comparaison visuelle entre un filet simple et un filet double 51

- B. La vis sans fin : le réducteur de force 51

FIGURE 10 : RÉF. IMG (4803-9699-6488) **53**

Schéma de fonctionnement d'un système vis sans fin et roue 53

- Anecdote : Le grand palan du port de Boma 53

CHAPITRE 4 : LA DIVISION ET LE FRAISAGE HÉLICOÏDAL **56**

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

4.1. Révision de la Division Simple et Applications....56
- a. Le partage exact, une obsession mécanique....56
- A. Le principe fondamental de la division simple....56

FIGURE 11 : RÉF. IMG (7448-3261-6746)....58

Schéma d'un plateau diviseur avec ses cercles de trous concentriques....58
- B. Méthode de calcul et application pratique....58

FIGURE 12 : RÉF. IMG (5433-8596-1091)....61

Application de la division pour usiner un carré sur un axe cylindrique....61
- b. L'anecdote de Papa Kabasele, le maître-ajusteur de Lubumbashi....61
- Scénarios et Exercices....62

4.2. La Division Différentielle : Principe et Calculs....63
- a. L'ingéniosité face au nombre premier....63
- A. Principe de la Division Différentielle....63
- B. La Formule Fondamentale et le Train d'Engrenages....64
- C. SCÉNARIOS ET EXERCICES....64

4.3. Le Fraisage Hélicoïdal : Cinématique, Calculs et Application....67
- a. L'art de combiner les mouvements....67
- A. La cinématique du mouvement hélicoïdal....67
- B. Le calcul du pas de l'hélice et de l'angle....67
- SCÉNARIOS ET EXERCICES....68

CHAPITRE 5 : LE TAILLAGE D'ENGRENAGES SUR FRAISEUSE UNIVERSELLE....72

5.1. Principe et Sélection de la Fraise-Module....72
- a. Le secret des mécanismes....72
- A. Principe du Taillage par Forme....72

FIGURE 13 : RÉF. IMG (0171-8433-0049)....74

Profil d'une fraise-module s'engageant dans la denture d'un engrenage....74
- B. Le Module : Clé de la Sélection....74
- C. La Famille des 8 Fraises....75

FIGURE 14 : RÉF. IMG (3374-2331-4071)....77

Un jeu standard de 8 fraises-modules pour couvrir différentes dentures....77
- Anecdote : La renaissance de la pompe à eau de Lisala....77

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

5.2. Procédure Complète de Taillage d'un Engrenage Droit....79
- a. Le secret du vieux mécanicien....79
- A. Les Préliminaires : Calcul et Préparation du Brut....79

FIGURE 15 : RÉF. IMG (5384-5255-5707)....81

Schéma de montage pour le taillage d'un engrenage droit sur fraiseuse....81
- B. Le Cœur du Taillage : Diviseur et Fraise-Module....81

FIGURE 16 : RÉF. IMG (5141-6399-5533)....84

Zoom sur la fraise-module et la formation de la dent....84
- C. L'Exécution : De la Première Passe à la Finition....84

5.3. Le Taillage des Crémaillères et des Roues de Vis sans Fin....86
- a. Du mouvement rotatif au mouvement linéaire....86
- A. Le Taillage d'une crémaillère....87
- B. Le Taillage d'une roue de vis sans fin....87

FIGURE 17 : RÉF. IMG (2976-2383-7991)....89

Montage et principe du taillage d'une roue de vis sans fin....89
- L'anecdote du treuil de Mbandaka....89

PARTIE III : TECHNOLOGIES DES MACHINES-OUTILS SPÉCIALISÉES....92

a. Au-delà du tour et de la fraiseuse....92

b. La rectification : la quête de la surface parfaite....92

c. Le taillage d'engrenages : le cœur de la transmission....92

d. La commande numérique : l'intelligence de la machine....92

CHAPITRE 6 : LES TOURS À PRODUCTION AMÉLIORÉE....93

6.1. Accessoires pour Tour Parallèle : Tourelles Multiples et Appareils à Copier....93
- a. Le temps, c'est de la production....93
- A. La Tourelle Multiple : Plusieurs Outils à Portée de Main....93

FIGURE 18 : RÉF. IMG (8429-4538-1151)....94

Schéma de principe d'une tourelle revolver sur un tour parallèle....94
- B. L'Appareil à Copier : La Fin du Travail à la Main....94

6.2. Le Tour à Revolver : Principe et Cinématique....96
- a. De l'arc musical à la production en série....96

- A. Principe de Fonctionnement.....97

FIGURE 19 : RÉF. IMG (1889-4662-1210).....98

Schéma de principe d'une tourelle de tour à revolver avec ses outils.....98

- B. Cinématique et Avantages.....98

6.3. Étude d'une Gamme d'Usinage sur Tour Revolver.....101

- a. L'ordre avant la vitesse.....101
- A. Définition et Objectifs de la Gamme d'Usinage.....101

FIGURE 20 : RÉF. IMG (2743-0725-9548).....103

La tourelle hexagonale d'un tour revolver et ses outils montés.....103

- B. Principes de Conception d'une Gamme sur Tour Revolver.....103

FIGURE 21 : RÉF. IMG (7378-8365-7624).....106

Schéma d'une pièce usinée montrant les différentes opérations de tournage.....106

- b. La sagesse du vieux tourneur de la Gécamines.....106

6.4. Notions sur les Tours Automatiques (à Cames, à CN) et Verticaux.....108

- a. L'automatisation, une quête de productivité.....108
- A. Le tour automatique à cames : l'horlogerie mécanique.....109
- B. Le tour à commande numérique (CN) : l'ère de l'ordinateur.....109
- C. Le tour vertical : usiner les géants.....109

CHAPITRE 7 : LES MACHINES DÉDIÉES À L'ALÉSAGE DE PRÉCISION.....112

7.1. Rôle, Précision et Applications de l'Aléseuse.....112

- a. Le défi de la perfection cylindrique.....112
- A. Rôle Fondamental de l'Aléseuse.....112
- B. La Quête de la Précision.....112

FIGURE 22 : RÉF. IMG (0340-5432-6961).....115

Outil d'alésage en action sur un bloc-moteur de précision.....115

- C. Champs d'Application Industriels.....115

7.2. Les Outils d'Alésage : Barres et Têtes à Aléser.....118

- a. L'héritage de la précision.....118
- A. La Barre d'Alésage : la Rigueur du Cylindre.....118
- B. La Tête à Aléser : la Précision Réglable.....118

FIGURE 23 : RÉF. IMG (9871-0475-7081).....120

Schéma comparatif d'une barre et d'une tête à aléser micrométrique.....120
- Scénarios et Exercices.....120
- Une question de survie à la Gecamines.....120

7.3. Les Montages de Pièces et Méthodes de Centrage sur Aléseuse.....122
- a. La précision naît de la stabilité.....122
- A. Le Montage : La Stabilité Avant Tout.....122
- B. Le Centrage : L'Alignement de Précision.....123

FIGURE 24 : RÉF. IMG (6624-6589-8879).....125

Centrage d'un alésage avec un comparateur à cadran sur aléseuse.....125
- C. Les Supports Spécifiques : Vés et Plateaux Diviseurs.....125

FIGURE 25 : RÉF. IMG (3374-3722-0975).....127

Montage d'une pièce cylindrique sur la table d'une aléseuse.....127
- Scénarios et Exercices.....127
- Une leçon apprise à la Gecamines.....127

CHAPITRE 8 : LES MACHINES DE TAILLAGE D'ENGRENAGES.....130

8.1. Limites du Taillage sur Fraiseuse Universelle.....130
- a. La reine polyvalente et ses frontières.....130
- A. Le Problème de la Productivité.....130

FIGURE 26 : RÉF. IMG (1909-8126-2108).....132

Comparaison entre le profil de la fraise-module et la dent d'engrenage.....132
- B. La Contrainte de la Précision.....132

FIGURE 27 : RÉF. IMG (0797-0168-8579).....133

Diagramme illustrant l'accumulation des erreurs de pas sur une roue dentée.....133
- C. L'Impossibilité des Géométries Complexes.....133

8.2. Le Taillage par Fraise-Mère (Méthode par Génération).....136
- a. Une vis sans fin qui sculpte le métal.....136
- A. Le principe de génération.....136
- B. Cinématique du mouvement.....136

FIGURE 28 : RÉF. IMG (7151-4628-6386).....139

Cinématique simplifiée du taillage par fraise-mère sur une machine-outil.....139
- Une histoire de pignons à Kisangani.....139

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

8.3. Le Taillage par Couteau-Pignon (Machine Fellows).....141
- a. L'erreur du débutant et la sagesse du pignon.....141
- A. Principe de fonctionnement par génération.....141
- B. Les mouvements cinématiques fondamentaux.....142

FIGURE 29 : RÉF. IMG (0370-4579-5476).....143

Cinématique du taillage par génération : la danse des axes.....143
- C. Avantages et applications spécifiques.....143

8.4. Productivité et Précision des Machines Spécialisées.....145
- a. Le paradoxe de la vitesse et de la justesse.....145
- A. La Productivité : Le Facteur Vitesse.....146

FIGURE 30 : RÉF. IMG (9937-5639-5676).....148

Machine de taillage par fraise-mère à commande numérique moderne.....148
- B. La Précision : L'Art de la Répétitivité.....148

FIGURE 31 : RÉF. IMG (0183-0839-1311).....150

Contrôle de la précision d'un profil de dent d'engrenage.....150
- b. Anecdote : La course contre la montre à la GECAMINES.....150

PARTIE IV : PROCÉDÉS DE FINITION ET DE SUPERFINITION.....153

a. L'imperfection après l'usinage brut.....153

b. La quête de la surface parfaite.....153

c. Des techniques de haute précision.....153

d. L'impact sur la performance et la durée de vie.....153

CHAPITRE 9 : PRINCIPES ET TECHNOLOGIES DE LA RECTIFICATION.....154

9.1. Objectifs de la Rectification : Précision et État de Surface.....154
- a. L'exigence de la perfection mécanique.....154
- A. La Quête de la Précision Géométrique et Dimensionnelle.....154

FIGURE 32 : RÉF. IMG (3859-4639-1430).....156

Comparaison d'états de surface avant et après une opération de rectification.....156
- B. La Maîtrise de l'État de Surface.....156

FIGURE 33 : RÉF. IMG (5397-2965-5849).....159

Vue microscopique des grains abrasifs d'une meule de rectification en action.....159
- b. Anecdote : La panne du FINA à Mbandaka.....159

9.2. La Rectifieuse Plane : Principe et Applications.....162
- a. La quête de la surface parfaite.....162
- A. Principe de Fonctionnement.....162

FIGURE 34 : RÉF. IMG (6515-4940-6898).....164

Schéma cinématique d'une rectifieuse plane et ses mouvements principaux.....164
- B. Les Mouvements Essentiels.....164

FIGURE 35 : RÉF. IMG (7521-0458-5832).....167

Comparaison visuelle entre une surface brute et une surface rectifiée.....167
- Scénarios et Exercices.....167
- Une culasse sauvée à Mbandaka.....167

9.3. La Rectifieuse Cylindrique (Extérieure et Intérieure).....169
- a. Le cylindre parfait, un objectif mécanique.....169
- A. La Rectification Cylindrique Extérieure.....169

FIGURE 36 : RÉF. IMG (7272-6598-9935).....172

Schéma de principe de la rectification cylindrique extérieure sur un arbre.....172
- B. La Rectification Cylindrique Intérieure.....172

FIGURE 37 : RÉF. IMG (3839-3806-3650).....175

Vue en coupe du processus de rectification cylindrique intérieure d'un alésage.....175
- Scénarios et Exercices.....175
- Une anecdote sur la précision : le vilebrequin du pousseur de Kisangani.....175

9.4. Fluides de Coupe et Sécurité en Rectification.....177
- a. L'eau qui brûle et l'huile qui protège.....177
- A. Fonctions et types de fluides.....177
- B. Risques et mesures de sécurité.....178
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....179

CHAPITRE 10 : LES MEULES – CONSTITUTION ET SÉLECTION.....182

10.1. Constitution d'une Meule : Abrasif, Liant et Porosité.....182
- a. La pierre du vieux Mbuta.....182
- A. L'Abrasif : Le Soldat qui Coupe.....182

- B. Le Liant : Le Ciment qui Assemble....182

FIGURE 38 : RÉF. IMG (7305-9009-2182)....185

Vue éclatée de la structure interne d'une meule abrasive....185

- C. La Porosité : L'Espace pour Respirer....185

10.2. Caractéristiques Normalisées d'une Meule....187

- a. Le langage secret des meules....187
- A. Structure de la Désignation Normalisée....188

FIGURE 39 : RÉF. IMG (4761-7704-2235)....190

Déchiffrage d'une désignation normalisée de meule abrasive....190

- B. Exemple de Décryptage....190

10.3. Utilisation et Maintenance de la Meule : Vitesse, Montage et Taillage....192

- a. La sécurité, une science exacte....192
- A. La Vitesse de Rotation : Un Équilibre Critique....193
- B. Le Montage de la Meule : Règle d'Or de la Sécurité....193
- C. Le Taillage et le Dressage : Restaurer le Mordant....194

PARTIE V : TECHNOLOGIE ET MAINTENANCE DES OUTILS DE COUPE....197

a. La vérité de la coupe....197

b. La science des matériaux....197

c. La géométrie du tranchant....197

d. L'économie de la maintenance....197

CHAPITRE 11 : L'AFFÛTAGE DES OUTILS À TRANCHANT UNIQUE....198

11.1. Importance et Conséquences de l'Affûtage....198

- a. Le tranchant, une invention millénaire....198
- A. La géométrie du tranchant : le cœur de l'efficacité....198

FIGURE 40 : RÉF. IMG (4476-4466-7862)....199

Géométrie des angles de coupe sur un outil de tournage....199

- B. Conséquences d'un affûtage incorrect ou négligé....199

11.2. Géométrie des Outils de Tour et de Raboteuse....202

- a. Un simple morceau d'acier taillé....202
- A. Les Faces et Arêtes Fondamentales....202
- B. Le Triangle des Angles de Coupe....202

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

FIGURE 41 : RÉF. IMG (2860-6854-1418) **205**

Vue en coupe d'un outil de tour et ses angles fondamentaux 205

- C. Les Angles de Direction de l'Arête 205

11.3. Méthodes d'Affûtage : du Touret Manuel à l'Affûteuse Universelle 208

- a. L'art de la patience et de la précision 208
- A. L'Affûtage Manuel au Touret à Meuler 208

FIGURE 42 : RÉF. IMG (9793-2826-4859) **210**

Schéma d'un touret à meuler et positionnement correct de l'outil 210

- B. L'Affûtage avec l'Affûteuse Universelle 210

CHAPITRE 12 : L'AFFÛTAGE DES FRAISES **213**

12.1. Complexité de l'Affûtage des Outils à Dents Multiples 213

- a. L'illusion de la simplicité 213
- A. Le Principe de l'Égalité Parfaite des Dents 213

FIGURE 43 : RÉF. IMG (2033-7073-6301) **214**

Géométrie d'une dent de fraise et ses angles critiques pour l'affûtage 214

- B. Le Respect Impératif de la Géométrie de Coupe 214

FIGURE 44 : RÉF. IMG (2374-7729-6792) **216**

Défaut d'affûtage courant : le 'saut' ou l'inégalité de hauteur des dents 216

- b. Scénarios et Exercices 216

12.2. Affûtage des Dents en Dépouille sur Fraiseuse Universelle 218

- a. Le tranchant, une question de survie mécanique 218
- A. Principe du Montage sur Fraiseuse Universelle 218
- B. Création de l'Angle de Dépouille (α) 218

FIGURE 45 : RÉF. IMG (0330-9220-1996) **221**

Géométrie de l'affûtage en dépouille par décalage de l'axe de fraise 221

- C. Processus Opératoire 221

12.3. Affûtage des Faces de Coupe 223

- a. L'art de redonner vie à l'outil 223
- A. Principes fondamentaux de l'opération 223
- B. Méthodologie sur affûteuse universelle 224

12.4. Le Contrôle de la Géométrie après Affûtage 227

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- a. La précision comme signature.....227
- A. Les Instruments de Contrôle Essentiels.....227
- B. Les Points de Vérification Critiques.....228

ANNEXES.....**231**

Guide de Dépannage en Usinage.....231
- A. Défauts d'État de Surface.....231
- B. Problèmes de Précision Dimensionnelle et Géométrique.....232
- C. Usure Accélérée et Rupture de l'Outil.....233
- D. Phénomène de Broutement (Vibrations Auto-Excitées).....233

Aide-Mémoire sur la Division.....234
- A. Principes Fondamentaux de la Division en Mécanique.....234
- B. Le Diviseur : Organe Central de la Division.....235
- C. Méthodes de Division.....236

Tableaux de Sélection des Meules.....238
- A. Décodage de la Désignation Normalisée d'une Meule.....238
- B. Principes Fondamentaux de Sélection.....241

PRÉLIMINAIRES

Objectifs Pédagogiques du Cours

1. Finalités Cognitives et Théoriques

1.1. Maîtrise des concepts fondamentaux

La maîtrise des lois de la statique, de la cinématique et de la résistance des matériaux constitue le socle de la compétence. L'apprenant doit pouvoir modéliser un problème mécanique simple et appliquer les principes pertinents pour en déduire les efforts, les déplacements ou les contraintes.

1.2. Acquisition des connaissances technologiques

L'élève identifiera avec précision les propriétés des matériaux métalliques usuels. Il différenciera les procédés de fabrication par enlèvement de matière, par déformation ou par assemblage, en associant chaque technique à ses applications et à ses limites.

2. Finalités Pratiques et Opérationnelles (Savoir-faire)

2.1. Compétence en analyse et lecture de plans

L'aptitude à décoder un dessin de définition et un dessin d'ensemble est un objectif central. L'élève interprétera les cotations fonctionnelles, les tolérances géométriques et les états de surface pour comprendre l'exigence technique d'une pièce.

2.2. Maîtrise des gestes techniques sécurisés

Pratiquement, l'élève exécutera des gammes d'usinage sur des machines-outils conventionnelles (tour, fraiseuse). Il réalisera des pièces simples en respectant scrupuleusement les cotes, les tolérances et, prioritairement, les règles de sécurité individuelles et collectives.

3. Finalités Comportementales et Professionnelles (Savoir-être)

3.1. Développement de la rigueur et de la méthode

L'organisation méthodique du poste de travail, la précision du geste technique et l'autocontrôle de la production sont des attitudes professionnelles visées.

L'élève apprendra à anticiper les étapes d'une tâche et à en vérifier la conformité.

Approche Didactique et Méthodologique

1. Une Pédagogie Inductive

Cet ouvrage adopte une démarche inductive. Chaque concept mécanique est introduit par une observation pratique, un système technique existant. L'abstraction théorique et la modélisation mathématique interviennent ensuite pour formaliser le phénomène observé. Cette progression ancre durablement les savoirs dans une réalité tangible, de l'atelier de Matadi au chantier de Kisangani. Le passage du concret vers l'abstrait structure la pensée technique de l'élève.

2. La Primauté de l'Analyse Fonctionnelle

Avant toute étude de dimensionnement, l'accent est mis sur la compréhension des fonctions et des solutions constructives. Le schéma cinématique devient l'outil central de communication et d'analyse. Sa maîtrise conditionne la capacité de l'élève à décoder un mécanisme complexe et à en isoler les sous-ensembles pertinents. La lecture de plan et l'interprétation fonctionnelle précèdent systématiquement la phase de calcul.

3. La Validation par le Calcul

Toute hypothèse de conception ou d'analyse trouve sa validation dans le calcul de dimensionnement. La Résistance Des Matériaux (RDM) et les principes de la statique sont des outils transversaux. Ils sont systématiquement appliqués pour justifier un choix de matériau, vérifier une section ou valider une liaison. L'objectif est de former des techniciens capables de quantifier la performance et la sécurité d'un système, une compétence essentielle pour le TENASOSP et l'Examen d'État.

Contexte Industriel et Précision

1. Positionnement Industriel de la Mécanique Générale

Toute production manufacturière s'appuie sur les principes de la mécanique générale. Cette discipline ne se limite pas à une collection de concepts théoriques ; elle est le moteur de la transformation de la matière en produits

fonctionnels. L'enjeu pédagogique fondamental est de relier systématiquement chaque savoir-faire — de la lecture de plan à l'usinage — à sa finalité économique : la fabrication de biens en série. La maîtrise des procédés mécaniques conditionne directement la capacité d'un tissu industriel, du Kasaï à la Tshopo, à produire des composants fiables et standardisés. L'interchangeabilité des pièces est l'exigence suprême de la production moderne, garantissant la maintenance et l'assemblage à grande échelle.

2. La Précision comme Pilier Technologique

La précision dimensionnelle et géométrique est une culture technique transversale. Elle imprègne chaque étape du processus de fabrication, depuis la conception jusqu'au contrôle final. L'objectif pédagogique est d'inculquer que l'écart, même infime, par rapport à la cote nominale a des conséquences fonctionnelles, sécuritaires et économiques directes. Il s'agit de former des techniciens pour qui la tolérance n'est pas une marge d'erreur, mais un intervalle fonctionnel prescrit. Cette rigueur absolue conditionne la performance des assemblages, la durée de vie des mécanismes et la compétitivité d'un site de production, que ce soit à Kolwezi ou à Mbandaka.

Partie I : Maîtrise Avancée des Montages d'Usinage

a. La précision naît de l'immobilité

Une pièce mal fixée sur une machine-outil devient inévitablement un déchet. La qualité finale d'un piston ou d'un arbre de transmission dépend entièrement de sa stabilité durant l'usinage. Chaque vibration, chaque micro-déplacement, se traduit par une erreur dimensionnelle. Le montage d'usinage est donc le gardien silencieux de la cote et de la géométrie, que l'on soit dans un atelier de Boma ou de Kisangani.

b. Le principe de l'isostatisme : bloquer la liberté

La mécanique possède une règle d'or pour le positionnement : l'isostatisme. Ce principe scientifique supprime méthodiquement les six degrés de liberté d'un solide dans l'espace (trois translations et trois rotations). Une pièce correctement mise en position est ainsi bridée sans déformation, prête à subir les efforts de coupe sans jamais bouger d'un iota. C'est le fondement de toute fabrication précise.

c. Des outils pour chaque situation

Au-delà du simple étau de fraiseuse, un monde de solutions techniques existe. Les montages dédiés, les mandrins de tour, les plateaux magnétiques ou les brides à "sauterelle" sont des réponses spécifiques à des problèmes de production. Un technicien du Kwilu fabriquant des pièces pour une décortiqueuse de maïs n'utilisera pas le même montage que son collègue de la Province Orientale usinant des brides pour une barge.

d. De la pièce unique à la production en série

Maîtriser les montages, c'est aussi garantir la répétabilité. Produire dix, cent ou mille pièces identiques est impossible sans un système de positionnement fiable et rapide. Le temps gagné lors du changement de chaque pièce se transforme directement en productivité. Un montage bien pensé réduit les coûts, augmente la cadence et assure une qualité constante pour le client final, qu'il soit à Matadi ou à Mbuji-Mayi.

Chapitre 1 : Les Montages Complexes en Tournage

1.1. Le Bridage sur Plateau : Pièces non Cylindriques

a. Le défi des formes non conventionnelles

Un des faits les plus contre-intuitifs en tournage est de vouloir obtenir une surface de révolution parfaite à partir d'une pièce brute qui est tout sauf ronde. Un bloc carré ou une pièce forgée difforme semble défier les lois de la rotation symétrique. Cette opération est pourtant courante dans les ateliers, de Boma à Bunia.

Le secret réside dans le montage. Le plateau, avec ses rainures et ses accessoires, devient une plateforme de contraintes maîtrisées. Il permet de transformer un mouvement de rotation simple en une opération d'usinage de haute précision sur des formes complexes.

A. Principe du Montage sur Plateau

Le plateau est un disque en fonte ou en acier, lourd et rigide, qui se visse sur le nez de la broche du tour. Sa surface est percée de multiples rainures, le plus souvent des rainures en T. Ces rainures servent de rails pour ancrer les éléments de fixation.

Contrairement au mandrin qui centre automatiquement les pièces cylindriques, le plateau ne centre rien par lui-même. Chaque montage est une construction unique. Il est utilisé pour : - Les pièces de grande dimension. - Les pièces de forme irrégulière (cubes, plaques, corps de vanne). - L'usinage d'excentriques.

B. Éléments de Bridage et Fixation

La fixation d'une pièce sur un plateau mobilise un ensemble d'accessoires spécifiques. La maîtrise de leur usage est essentielle.

- **Les brides (ou crapauds) :** Ce sont des leviers métalliques qui appuient sur la pièce pour la plaquer contre le plateau.
- **Les vis et boulons à tête en T :** Leur tête se glisse et se bloque dans les rainures du plateau. Ils traversent la bride pour assurer le serrage.
- **Les cales :** Des blocs de hauteur précise placés sous la bride, du côté opposé à la pièce. Elles assurent que la bride exerce une pression horizontale et protègent la surface de la pièce.

- **Les équerres et butées :** Utilisées pour positionner la pièce avec précision avant le serrage final.

C. L'Équilibrage : La Clé de la Sécurité et de la Précision

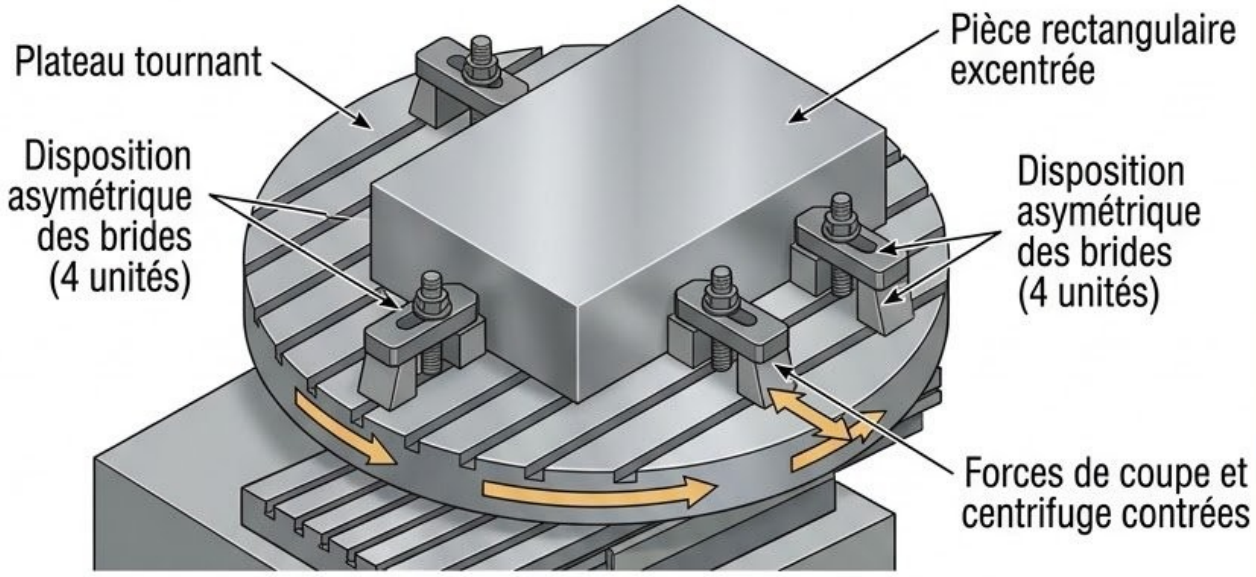
Fixer une pièce non symétrique sur un plateau crée un déséquilibre de masse. Lors de la rotation à haute vitesse, ce balourd engendre une force centrifuge considérable. Sans correction, cette force provoque des vibrations violentes, un usinage de mauvaise qualité, une usure prématurée du tour et un risque grave d'éjection de la pièce.

L'équilibrage consiste à ajouter des contrepoids (masselottes) sur le plateau. Ces masses sont fixées dans les rainures, à l'opposé de la masse principale de la pièce. Le but est de ramener le centre de gravité de l'ensemble (plateau + pièce + fixation + contrepoids) sur l'axe de rotation de la broche. Un montage bien équilibré tourne sans vibrations, même à vitesse élevée.

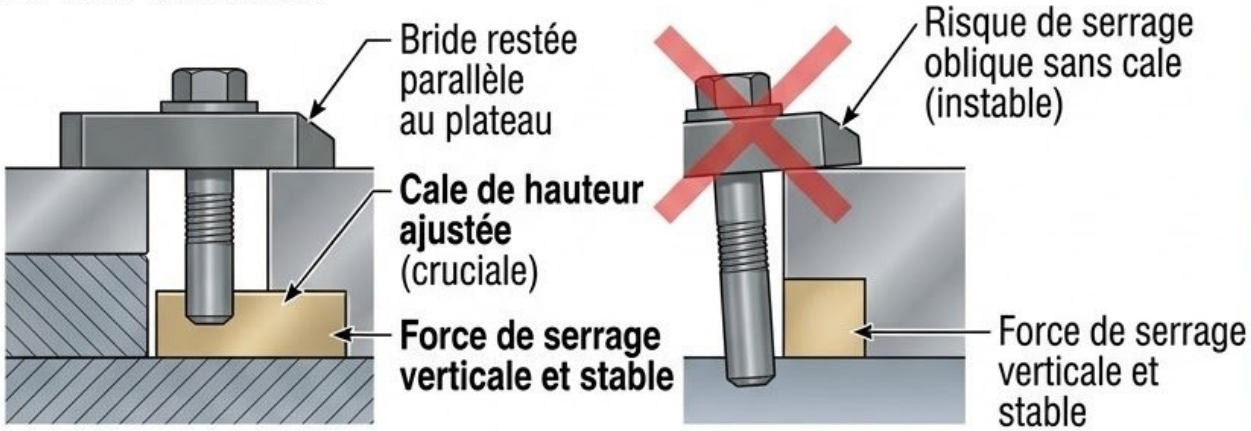
Figure 1 : Réf. IMG (1216-3066-2796)

Schéma de bridage d'une pièce cubique sur plateau avec équilibrage

a Le bridage asymétrique



b Le rôle des cales



c La contre-masse d'équilibrage

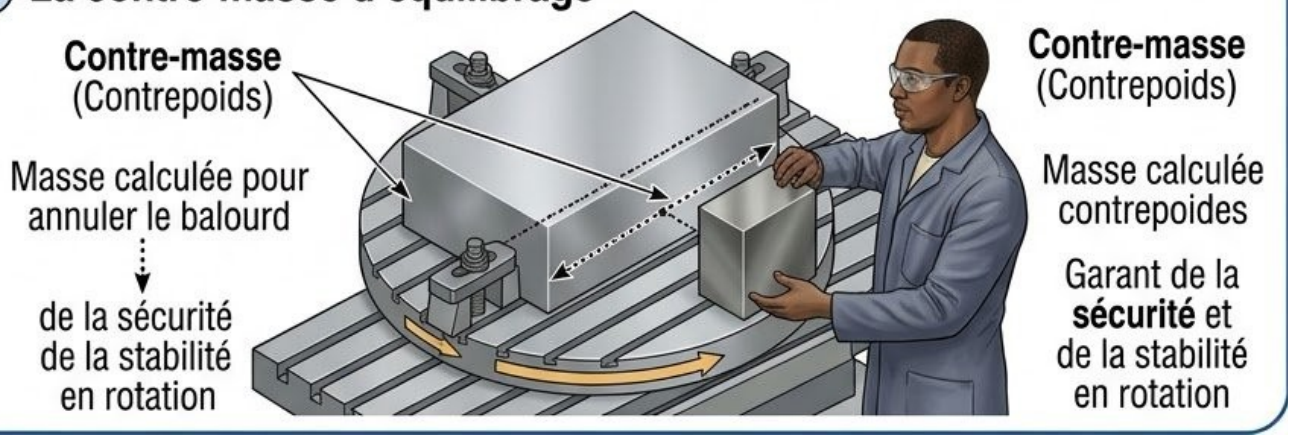


Figure 1 : Réf. IMG (1216-3066-2796)

Schéma de bridage d'une pièce cubique sur plateau avec équilibrage

a. Le bridage asymétrique

L'image illustre une pièce rectangulaire fixée sur le plateau. Les quatre brides sont positionnées stratégiquement pour maintenir la pièce fermement. Chaque bride est associée à un boulon en T inséré dans une rainure radiale. Cette disposition asymétrique est typique des pièces non cylindriques, où la force de serrage doit être répartie intelligemment pour contrer les efforts de coupe et la force centrifuge. On remarque que la pièce n'est pas au centre géométrique du plateau.

b. Le rôle des cales

Sous chaque bride, du côté opposé à la pièce, une cale est visible. Ces cales sont cruciales. Elles garantissent que les brides restent parallèles à la surface du plateau lors du serrage. Sans elles, la force de serrage serait oblique, instable et pourrait endommager la pièce ou la bride elle-même. La hauteur de la cale doit être légèrement supérieure à la hauteur du point de contact sur la pièce.

c. La contre-masse d'équilibrage

La masse la plus importante sur ce schéma, après la pièce elle-même, est la contre-masse. C'est le bloc de métal fixé diamétralement à l'opposé du centre de gravité de la pièce à usiner. Sa position et sa masse sont calculées pour annuler le balourd créé par la pièce excentrée. Ce contrepoids est le garant de la sécurité et de la stabilité de l'ensemble du montage pendant la rotation.

L'anecdote de l'oncle mécanicien

Dans l'atelier de mon oncle à Isiro, en Province Orientale, trônait un vieux tour parallèle allemand, lourd comme un buffle. Un jour, le support en fonte du seul groupe électrogène du quartier a cassé. La pièce était un bloc informe avec une face d'appui qui devait être parfaitement plane. Impossible de la mettre dans un mandrin. Mon oncle a souri et a sorti son grand plateau, poussiéreux

mais impeccable. Il a passé une heure à positionner la pièce, à ajuster ses brides, ses cales taillées sur mesure. Le plus fascinant fut l'équilibrage. Il a fixé deux vieux pignons de boîte de vitesses à l'opposé, les déplaçant au millimètre près, faisant tourner le plateau à la main jusqu'à ce qu'il s'arrête sans "tomber" d'un côté. "Le tour ne doit pas boiter", disait-il. "Sinon, il te crache la pièce à la figure." La réparation a été parfaite.

Exercice 1 : Le Support de Pompe à Mbandaka

Énoncé : Maman Hélène, qui dirige une petite unité de traitement d'huile de palme à Mbandaka, a un problème. Le support en fonte de son moteur de pompe, un bloc rectangulaire de 15 kg, a une face d'appui déformée et doit être surfacée. Le technicien local, Ba Papy, doit le fixer sur le plateau de son tour. Décrivez les étapes clés du bridage et de l'équilibrage.

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Préparation du matériel** Ba Papy nettoie les rainures en T du plateau. Il sélectionne quatre brides robustes, quatre boulons à tête en T de longueur adéquate, et quatre cales métalliques d'une hauteur légèrement supérieure à celle du support à brider.

2. **Étape 2 : Positionnement et bridage** Il pose le bloc de fonte sur le plateau, la face à usiner vers l'extérieur. Il positionne les quatre brides en diagonale sur les coins du bloc, en s'assurant que l'appui se fait sur une partie solide. Il place les cales sous l'extrémité des brides et visse modérément les boulons.

3. **Étape 3 : Équilibrage du montage** Le bloc de 15 kg crée un balourd important. Ba Papy estime la position du centre de gravité et fixe une masselotte d'équilibrage (un vieux contrepoids de roue de camion) diamétralement à l'opposé. Il fait tourner lentement le plateau à la main. Il ajuste la position de la masselotte jusqu'à ce que le plateau puisse s'arrêter dans n'importe quelle position sans être entraîné par le poids.

4. **Étape 4 : Serrage final et usinage** Une fois l'équilibre atteint, il serre fermement les quatre brides. Il démarre le tour à la plus petite vitesse pour un dernier contrôle visuel et auditif. Il procède ensuite au surfaçage de la pièce avec précaution.

Exercice 2 : L'excentrique du Concasseur au Kasaï

Énoncé : Dans une coopérative minière près de Mbuji-Mayi, le petit concasseur est en panne. La pièce défectueuse est une came excentrique : un disque de 100 mm de diamètre dont l'axe de rotation est décalé de 15 mm par rapport à son centre géométrique. Jean-Pierre, technicien, doit en usiner une nouvelle à partir d'un disque plein de 110 mm de diamètre. Expliquez comment il doit procéder pour le montage sur plateau.

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Traçage de la pièce** Jean-Pierre trace le centre géométrique du disque brut. À partir de ce centre, il mesure et marque avec un pointeau un second point décalé de 15 mm. Ce nouveau point sera le futur centre de rotation pour l'usinage de l'excentrique.
2. **Étape 2 : Centrage décalé sur le tour** Il monte le plateau sur le tour. Il place le disque brut sur le plateau. Il avance la pointe de la contre-poupée du tour et la fait coïncider précisément avec le point marqué à 15 mm du centre. Le disque est maintenant positionné de manière excentrique par rapport à l'axe du tour.
3. **Étape 3 : Bridage et équilibrage** Il utilise au moins trois brides pour fixer fermement le disque dans cette position excentrée. Le décalage de 15 mm sur une pièce de cette taille crée un balourd très important. Il doit obligatoirement installer une contre-masse significative à l'opposé pour équilibrer l'ensemble.
4. **Étape 4 : Usinage de l'excentricité** Après avoir vérifié l'équilibre, il démarre le tour à basse vitesse. Il usine le diamètre extérieur du disque jusqu'à atteindre la cote finale de 100 mm. La surface obtenue est parfaitement cylindrique, mais son axe est bien décalé de 15 mm par rapport au centre géométrique du disque d'origine, créant ainsi la came excentrique.

1.2. Le Montage sur Équerre pour Usinages Excentrés

a. L'ingéniosité face à la contrainte

Pendant la grande époque des chantiers navals de Boma, au Kongo Central, les techniciens devaient souvent réparer des vilebrequins de moteurs marins. Ces

pièces maîtresses possèdent des manetons, des axes désaxés par rapport à l'axe principal. Leur usinage semblait impossible sur un tour conventionnel, conçu pour la symétrie parfaite.

Cette contrainte a forcé l'ingéniosité. Plutôt que de changer de machine, les mécaniciens ont changé la manière de fixer la pièce. L'idée était de créer un désaxage contrôlé, une "excentricité". C'est là que le montage sur équerre, une technique aussi simple que brillante, a montré toute sa puissance.

A. Principe du montage excentré

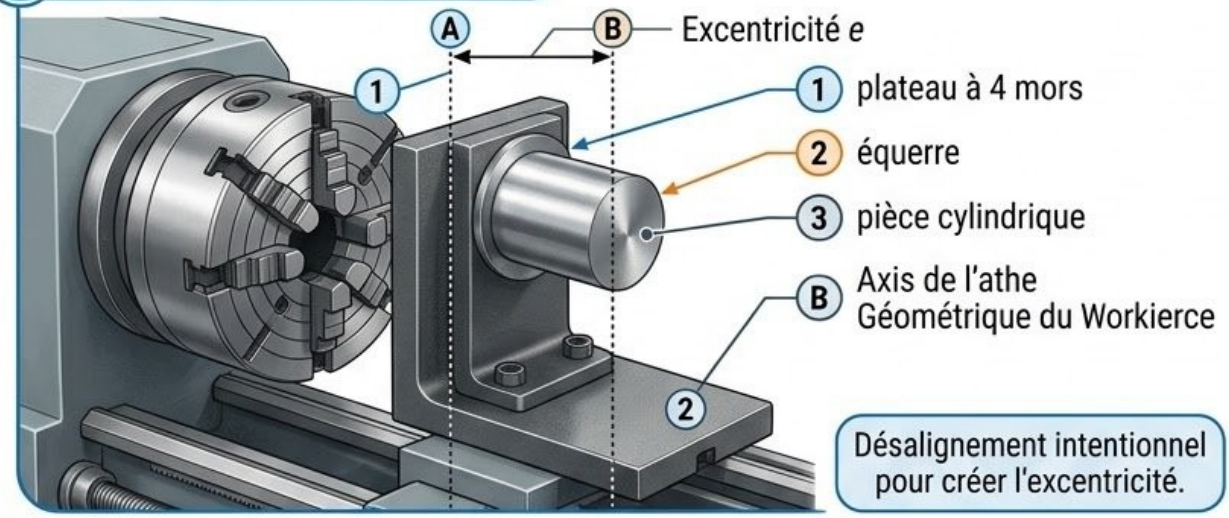
Un usinage est dit "excentré" lorsque l'axe de la surface usinée n'est pas confondu avec l'axe de rotation de la broche de la machine. Pour réaliser une telle opération sur un tour, la pièce n'est pas serrée directement dans le mandrin. Elle est d'abord fixée sur un montage intermédiaire : l'équerre.

L'équerre est elle-même solidement bridée sur un plateau à 4 mors indépendants. C'est ce plateau qui permet le réglage fin. L'opérateur peut ainsi décaler la pièce par rapport à l'axe du tour d'une valeur précise, nommée excentricité et notée e. La rotation du plateau entraîne alors la pièce dans un mouvement de révolution autour de l'axe du tour, et non autour de son propre centre géométrique.

Figure 2 : Réf. IMG (8052-3041-6271)

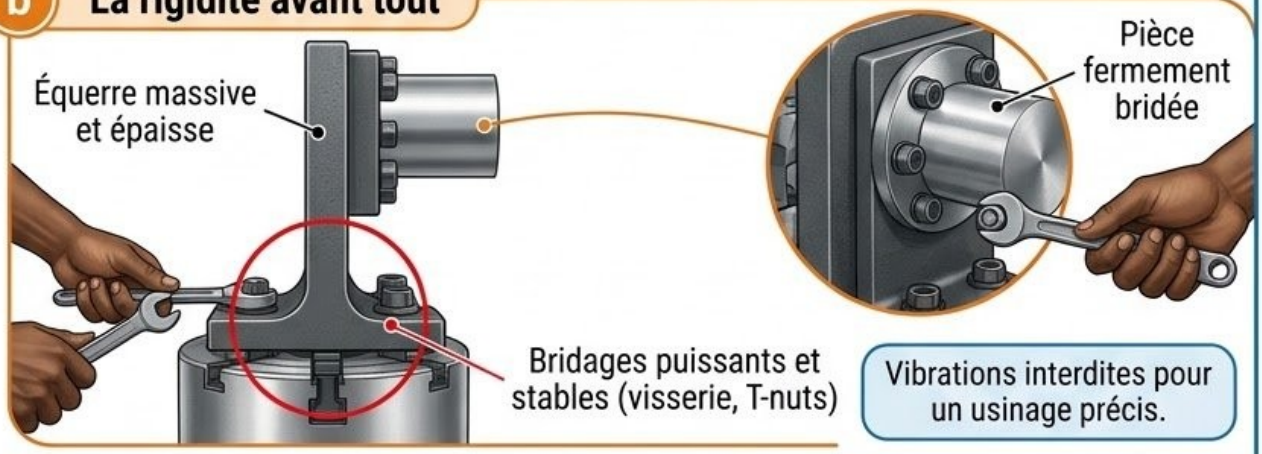
Vue schématique d'un montage sur équerre pour usinage excentré

a Composition du montage



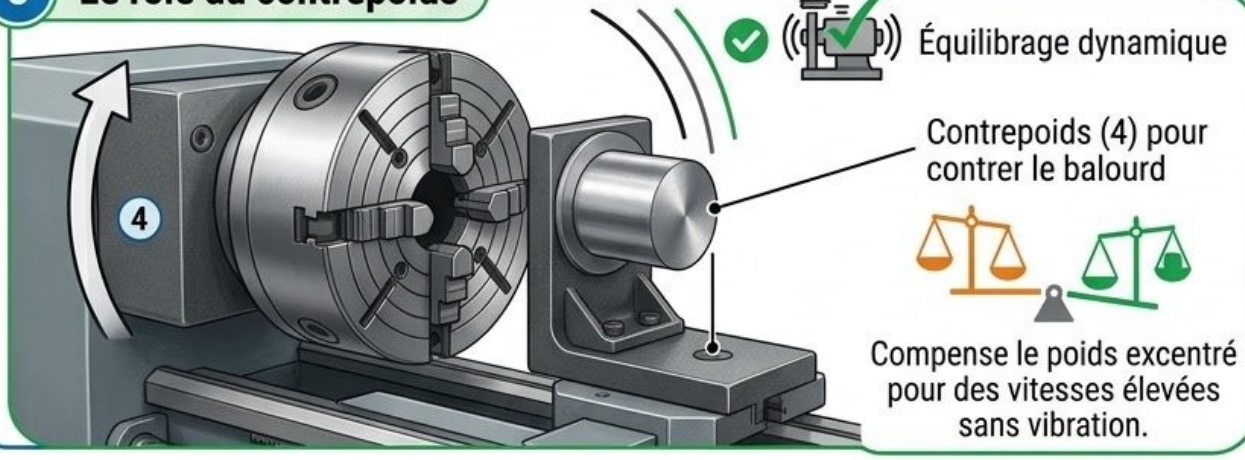
Désalignement intentionnel pour créer l'excentricité.

b La rigidité avant tout



Vibrations interdites pour un usinage précis.

c Le rôle du contrepoids



Compense le poids excentré pour des vitesses élevées sans vibration.

Figure 2 : Réf. IMG (8052-3041-6271)

Vue schématique d'un montage sur équerre pour usinage excentré

a. Composition du montage

L'illustration montre les éléments essentiels. Le plateau à 4 mors (1) est monté sur la broche du tour. L'équerre (2), une pièce massive en forme de L, y est fixée. La pièce cylindrique à usiner (3) est bridée sur la face verticale de l'équerre. On observe clairement le décalage entre l'axe du tour (A) et l'axe géométrique de la pièce (B). Cette distance est l'excentricité e.

b. La rigidité avant tout

La réussite de l'usinage dépend de la rigidité absolue du montage. Toute vibration entraînerait des défauts de forme et de dimensions. L'équerre doit être épaisse et de bonne qualité. Les bridages, que ce soit celui de l'équerre sur le plateau ou celui de la pièce sur l'équerre, doivent être puissants et stables.

c. Le rôle du contrepoids

Un tel montage crée un balourd important. Le poids de la pièce et de l'équerre n'est plus réparti symétriquement. Pour des vitesses de rotation élevées, ce déséquilibre génère des vibrations dangereuses. Il est souvent nécessaire de fixer un contrepoids (4) sur le plateau, à l'opposé de la pièce, pour équilibrer l'ensemble.

B. Réglage et contrôle de l'excentricité

Obtenir la valeur e exacte est l'étape la plus critique. La méthode la plus fiable utilise un instrument de mesure de précision : le comparateur.

Le réglage se fait en plusieurs temps : 1. **Pré-positionnement :** La pièce est fixée sur l'équerre, elle-même sur le plateau. On déplace l'ensemble à l'aide des mors indépendants pour approcher le réglage voulu. 2. **Mise en place du comparateur :** Le palpeur du comparateur est mis en contact avec une surface de référence sur la pièce. 3. **Rotation manuelle :** L'opérateur tourne lentement le plateau à la main. Le comparateur indique la variation de position de la surface. 4. **Ajustement :** En se basant sur la lecture du comparateur, l'opérateur ajuste la position de la pièce à l'aide des

mors jusqu'à ce que le décalage mesuré corresponde exactement à l'excentricité e désirée. Le centre de la surface à usiner doit alors être parfaitement aligné sur l'axe du tour.

Scénarios et Exercices

Papa Mawesi, un vieux mécanicien respecté à Kisangani, près des chutes Wagenia, reçoit une pompe à eau en panne. Le problème vient d'un petit axe excentré qui est cassé net. La pièce de rechange est introuvable, même en commandant à Kinshasa. Pour Mawesi, ce n'est pas un obstacle, mais une opportunité de montrer son savoir-faire. Son tour est simple, mais il possède un plateau à 4 mors et une solide équerre en fonte qu'il a fabriquée lui-même. Il prend les mesures sur l'ancienne pièce, calcule l'excentricité e nécessaire avec son pied à coulisse, et prépare son montage. C'est sa maîtrise de cette technique qui lui permet de sauver la pompe et d'assurer l'approvisionnement en eau du quartier. Son jeune apprenti observe, fasciné par la transformation d'un simple cylindre en une pièce mécanique complexe.

Exercice 1 : Comprendre l'excentricité

Énoncé : Maman Hélène, mécanicienne à la Gécamines de Lubumbashi, doit fabriquer un maneton de remplacement. Le plan indique que le diamètre du maneton est de 30 mm et que l'excentricité par rapport à l'axe principal du vilebrequin est de $e = 22$ mm. Quelle distance doit-elle régler entre l'axe de rotation du tour et le centre géométrique du cylindre brut qu'elle usine ?

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Analyser la question** La question demande la distance entre l'axe du tour et le centre géométrique de la pièce.
2. **Étape 2 : Appliquer la définition de l'excentricité** Par définition, l'excentricité e est précisément la distance qui sépare l'axe de rotation de la machine de l'axe géométrique de la pièce lors d'un montage excentré. Les autres informations (diamètre) ne sont pas utiles pour cette question précise.
3. **Étape 3 : Conclure** La distance à régler est donc directement la valeur de l'excentricité.

$$Distance = e = 22\,\text{mm}$$

Exercice 2 : Préparation d'un montage de came

Énoncé : Jean-Pierre, technicien au port de Matadi, doit usiner un lobe de came à partir d'un cylindre brut de Ø50 mm. Le rayon maximal de la came finie est de 35 mm. Le rayon de base est de 20 mm. Déterminez l'excentricité e à régler sur le tour.

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Comprendre la géométrie de la came** Le lobe de la came est une surface circulaire usinée de manière excentrée. L'excentricité e est la distance entre le centre de rotation de la came (centre du cercle de base) et le centre du cercle qui forme le lobe.
2. **Étape 2 : Calculer l'excentricité** L'excentricité est la différence entre le rayon maximal et le rayon de base de la came.

$$e = R_{\text{max}} - R_{\text{base}}$$

3. **Étape 3 : Appliquer les valeurs numériques** On remplace les rayons par leurs valeurs données dans l'énoncé.

$$e = 35\,\text{mm} - 20\,\text{mm} = 15\,\text{mm}$$

Jean-Pierre devra donc régler une excentricité de 15 mm sur son montage.

1.3. Techniques de Précision : Mors Doux et Contrôle de Position

a. La précision, une obsession du mécanicien

Même si le mandrin universel à trois mors semble être la solution à tout, il montre vite ses limites. Serrer une pièce déjà usinée, fragile ou de forme complexe avec des mors durs standards, c'est un peu comme essayer d'attraper un œuf de pintade avec une pince de forgeron. Le risque de marquage, de déformation ou d'un mauvais centrage est immense. La pièce perd alors toute sa valeur technique.

La mécanique de précision exige une approche différente. Elle demande des outils qui s'adaptent à la pièce, et non l'inverse. C'est ici que la maîtrise des mors doux et des techniques de contrôle de position devient une compétence

non négociable. Elle distingue le technicien accompli du simple opérateur de machine.

A. Les Mors Doux : L'Art de Serrer sans Blesser

Les mors doux sont des outils de serrage sacrificiels. Leur matière, souvent de l'aluminium, du laiton ou un acier non traité, préserve la surface des pièces finies. Contrairement aux mors durs standards, ils sont "tendres" et n'abîment pas les états de surface soignés.

Leur véritable puissance vient de leur personnalisation. Un technicien averti n'utilise pas des mors doux bruts. Il les usine directement sur le tour pour qu'ils épousent parfaitement la forme de la pièce à serrer. Cette opération, appelée "alésage des mors", consiste à créer une portée cylindrique au diamètre exact de la pièce. La concentricité obtenue est alors quasi parfaite, chose impossible avec un mandrin standard.