

TECHNO MÉCANIQUE

1ère Année

Option Mécanique Générale

CONFORME AU PROGRAMME NATIONAL

EDITION 2025



TABLE DES MATIÈRES

PRÉLIMINAIRES **1**

1. Objectifs Généraux du Cours 1
   - 1.1. Maîtrise du vocabulaire et des concepts fondamentaux 1
   - 1.2. Compréhension des fonctions et des principes de fonctionnement 1
   - 1.3. Acquisition des langages de représentation technique 1
   - 1.4. Intégration des normes de sécurité et de la démarche professionnelle 1

2. Compétences Visées 2
   - 2.1. Maîtrise des savoirs fondamentaux 2
   - 2.2. Acquisition des savoir-faire procéduraux 2
   - 2.3. Développement des savoir-être professionnels 2

3. Approche Pédagogique 2
   - 3.1. Du Conceptuel au Concret 2
   - 3.2. La Pédagogie de la Problématisation 3
   - 3.3. L'Ancrage Technologique par l'Observation 3

4. Matériel Didactique Requis 3
   - 4.1. Supports Pédagogiques Fondamentaux 3
   - 4.2. Équipements d'Atelier et de Mesure 4
   - 4.3. Matériels Consommables et de Sécurité 4

PARTIE I. PANORAMA DES PROCÉDÉS DE FABRICATION MÉCANIQUE **5**

De la matière brute à l'objet fini 5

Trois grandes familles de procédés 5

Le choix juste pour le besoin juste 5

Une carte pour explorer la fabrication 5

CHAPITRE 1. INTRODUCTION AUX GRANDES FAMILLES DE FABRICATION **6**

1.1. Classification des procédés : fonderie, déformation, usinage 6
   - a. Le point de départ : la matière brute 6
   - A. La Fonderie : L'Art de Donner Forme au Liquide 6
   - B. La Déformation Plastique : Forger la Matière 6

FIGURE 1 : RÉF. IMG (2625-6851-9126) **8**

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

Les trois voies de la fabrication : ajouter, transformer et soustraire la mat....8
- C. L'Usinage : Sculpter par Enlèvement de Matière....8

1.2. Principe de l'obtention de forme par solidification....10
- a. Du liquide au solide : une idée ancestrale....10
- A. Le principe de la coulée et du moulage....10
- B. Les trois éléments clés du procédé....11

FIGURE 2 : RÉF. IMG (5175-5196-9732)....13

Schéma simplifié d'un moule de fonderie avec ses éléments principaux....13
- L'anecdote de l'artisan de Kananga....13

1.3. Principe de l'obtention de forme par déformation plastique....15
- a. Une propriété surprenante du métal....15
- A. Définition et domaines de la déformation plastique....15
- B. L'écrouissage : durcissement par déformation....15

FIGURE 3 : RÉF. IMG (0996-9576-8603)....18

Schéma illustrant la déformation des grains métalliques pendant l'écrouissage....18
- b. L'art du forgeron de Gemena....18

CHAPITRE 2. L'OBTENTION DES PIÈCES PAR MOULAGE ET FONDERIE....20

2.1. Le moulage en sable : principe et domaine d'application....20
- a. Du sable à l'acier : une transformation millénaire....20
- A. Principe fondamental du moulage en sable....20

FIGURE 4 : RÉF. IMG (4986-9296-0132)....23

Schéma des étapes clés du moulage en sable : du modèle au démoulage....23
- B. Domaines d'application et limites....23

2.2. Étapes de fabrication : du modèle à la pièce brute....25
- a. Du grain de sable au lingot....25
- A. La création du modèle et du noyau....26

FIGURE 5 : RÉF. IMG (9770-4066-1560)....28

Représentation schématique d'un modèle, de son moule et du noyau....28
- B. La préparation du moule et la coulée....28

FIGURE 6 : RÉF. IMG (1825-7957-5852)....30

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

Coupe d'un moule en sable complet avant la coulée du métal.....30
- C. Le décochage et la finition.....30

2.3. Opérations de parachèvement : démoulage, ébarbage, contrôle.....32
- a. La promesse de la pièce brute.....32
- A. Démoulage : La libération de la pièce.....33
- B. Ébarbage et Finition : La suppression des surplus.....33

FIGURE 7 : RÉF. IMG (4204-8830-2198).....35

Pièce brute de fonderie avant et après les opérations d'ébarbage.....35
- C. Le contrôle : La validation finale.....35

CHAPITRE 3. LA MISE EN FORME PAR DÉFORMATION : FORGEAGE ET AUTRES PROCÉDÉS.....39

3.1. Le forgeage libre et ses applications.....39
- a. Une science de la déformation.....39
- A. Principe du Forgeage Libre.....39
- B. Les Opérations Fondamentales.....39

FIGURE 8 : RÉF. IMG (7422-5076-2727).....42

Les trois opérations principales du forgeage libre sur un lopin métallique.....42
- C. Avantages et Applications Industrielles.....42
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....43

3.2. Le matriçage : forgeage en moule fermé.....44
- a. La précision née de la contrainte.....44
- A. Le principe fondamental.....45

FIGURE 9 : RÉF. IMG (1937-9940-9020).....47

Schéma du principe du matriçage avant et après la frappe.....47
- B. Les phases du matriçage et le rôle de la bavure.....47

FIGURE 10 : RÉF. IMG (6915-4448-2932).....50

Les phases de matriçage d'une bielle et la bavure finale.....50
- b. Scénarios et Exercices.....50

3.3. Introduction au laminage et à l'emboutissage.....52
- a. Deux transformations, une même loi : la déformation plastique.....52
- A. Le Laminage : Écraser pour Allonger.....52

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

FIGURE 11 : RÉF. IMG (7077-9487-3416) **54**

Schéma de principe du laminage à chaud d'une plaque d'acier 54

- B. L'Emboutissage : Pousser pour Creuser 54

FIGURE 12 : RÉF. IMG (4808-6878-2008) **56**

Principe de l'emboutissage d'une pièce cylindrique à partir d'un flan 56

- SCÉNARIOS ET EXERCICES 56

CHAPITRE 4. L'USINAGE PAR ENLÈVEMENT DE COPEAUX : PRINCIPES ET MACHINES **59**

4.1. Mouvements de coupe et d'avance 59

- a. L'art de sculpter le métal 59
- A. Le Mouvement de Coupe (MC) 59

FIGURE 13 : RÉF. IMG (6612-6419-7331) **61**

Un tour parallèle usinant une pièce cylindrique en acier 61

- B. Le Mouvement d'Avance (Ma) 61

FIGURE 14 : RÉF. IMG (0390-5671-2397) **63**

Une fraiseuse en bout surfacant une plaque métallique 63

- Scénarios et Exercices 63
- Une leçon apprise à l'atelier de Boma 63

4.2. Le tour : génération des surfaces de révolution 65

- a. Le principe du potier transposé à l'acier 65
- A. Principe fondamental du tournage 65
- B. Les deux mouvements générateurs 65

FIGURE 15 : RÉF. IMG (0895-1679-1360) **68**

Schéma des mouvements de coupe et d'avance sur un tour parallèle 68

- C. Les opérations de base 68

4.3. La fraiseuse et la raboteuse : génération des surfaces planes 70

- a. Deux philosophies pour une même mission : la planéité 70
- A. La fraiseuse : l'outil qui tourne 71
- B. La raboteuse : l'outil qui avance en ligne droite 71

4.4. La perceuse : génération des alésages 73

- a. Le trou, une science cachée 73
- A. Principe de coupe et mouvements fondamentaux 73

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- B. Organes principaux de la machine et de l'outil.....74

FIGURE 16 : RÉF. IMG (7609-2058-6219).....76

Les deux mouvements fondamentaux de coupe et d'avance lors du perçage.....76

- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....76

CHAPITRE 5. LES MÉTHODES D'ASSEMBLAGE PERMANENT ET DÉMONTABLE.....79

5.1. Assemblages permanents : soudage et rivetage.....79

- a. La chaise cassée et l'union éternelle.....79
- A. Le soudage : fusionner la matière.....79

FIGURE 17 : RÉF. IMG (4681-7697-5273).....81

Schéma simplifié d'un cordon de soudure liant deux tôles d'acier.....81

- B. Le rivetage : l'ancêtre robuste.....81

FIGURE 18 : RÉF. IMG (9504-4323-0574).....84

Phases de la pose d'un rivet à tête ronde à chaud.....84

- Anecdote du Pont Maréchal.....84

5.2. Assemblages démontables par éléments filetés : vis et boulons.....86

- a. L'hélice qui connecte le monde.....86
- A. La distinction fondamentale : vis et boulon.....86

FIGURE 19 : RÉF. IMG (5937-6163-2976).....88

Distinction structurelle entre un assemblage par vis et par boulon-écrou.....88

- B. L'anatomie d'un système boulonné.....88

FIGURE 20 : RÉF. IMG (8651-6455-7344).....90

Vue éclatée des composants d'un assemblage classique par boulon.....90

- Anecdote : Le boulon qui sauva la mission.....90

5.3. Assemblages démontables par obstacles : clavettes et goupilles.....92

- a. L'obstacle comme solution d'assemblage.....92
- A. La Clavette : un obstacle pour la rotation.....92
- B. La Goupille : un verrou de position.....93

FIGURE 21 : RÉF. IMG (9769-5172-5206).....95

Clavette et goupille en situation d'assemblage sur un arbre mécanique.....95

- Scénarios et Exercices.....95

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

PARTIE II. L'ATELIER D'AJUSTAGE : OUTILS ET TECHNIQUES MANUELLES.....98

L'artisan de la précision.....98

Le sanctuaire des outils.....98

Le geste juste et la posture.....98

L'objectif : la cote fonctionnelle.....98

CHAPITRE 6. L'ENVIRONNEMENT DE L'AJUSTEUR ET L'OUTILLAGE À MAIN.....99

6.1. Organisation du poste de travail : établi et étau.....99

- a. L'ordre avant la force.....99
- A. L'établi : la fondation du travail.....99
- B. L'étau : la main de fer de l'ajusteur.....99

6.2. Instruments de mesure et de contrôle.....101

- a. L'obsession de la précision.....101
- A. La distinction fondamentale : Mesure et Contrôle.....102

FIGURE 22 : RÉF. IMG (5376-9093-4505).....104

Le pied à coulisse universel et ses différentes parties fonctionnelles.....104

- B. Le contrôle de la géométrie : l'équerre.....104

FIGURE 23 : RÉF. IMG (3793-4054-7621).....107

L'équerre de mécanicien pour le contrôle parfait de l'angle droit.....107

- Anecdote : L'œil du vieux Bafula à l'atelier de l'ONATRA.....107

6.3. Outils de traçage, de frappe et de serrage.....109

- a. La genèse de la précision mécanique.....109
- A. Les outils de traçage : L'art de la précision.....109
- B. Les outils de frappe : La force maîtrisée.....109

FIGURE 24 : RÉF. IMG (6723-6374-3578).....112

Assortiment d'outils de frappe et de traçage sur un établi.....112

- C. Les outils de serrage : La garantie de la stabilité.....112

CHAPITRE 7. LES OPÉRATIONS DE TRAÇAGE, DÉBIT ET LIMAGE.....115

7.1. Le traçage plan : techniques et outils.....115

- a. L'importance du premier trait.....115
- A. La Préparation de la Surface : Le Fondement de la Précision.....115

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

FIGURE 25 : RÉF. IMG (4119-0320-7605)..... 117

Outils essentiels pour le traçage plan sur un marbre d'atelier..... 117

- B. Les Outils Principaux et leur Utilisation..... 117
- C. SCÉNARIOS ET EXERCICES..... 118

7.2. Le débit manuel : utilisation de la scie à métaux..... 120

- a. La scie : un outil, deux mouvements..... 120
- A. Composants et choix de la lame..... 120
- B. Technique de sciage correcte..... 121
- SCÉNARIOS ET EXERCICES..... 122

7.3. Le limage : techniques pour la finition et l'ajustement..... 123

- a. L'héritage du forgeron..... 123
- A. Les types de limage..... 124

FIGURE 26 : RÉF. IMG (8463-6853-7233)..... 125

Les deux techniques fondamentales de limage manuel en atelier mécanique..... 125

- B. La tenue de la lime et le contrôle de la planéité..... 125

FIGURE 27 : RÉF. IMG (4025-3879-9252)..... 128

Posture correcte et méthode de vérification de la planéité..... 128

- b. Scénarios et Exercices..... 128

CHAPITRE 8. LE PERÇAGE : MACHINES, OUTILS ET TECHNIQUES OPÉRATOIRES..... 131

8.1. La perceuse sensitive : description et réglages..... 131

- a. La main de l'ajusteur..... 131
- A. Anatomie d'une perceuse sensitive d'établi..... 131

FIGURE 28 : RÉF. IMG (3976-8098-1085)..... 133

Vue éclatée des composants principaux d'une perceuse sensitive d'établi..... 133

- B. Fonctionnement et réglages de base..... 133

8.2. Le foret hélicoïdal : géométrie, angles et matériaux..... 136

- a. Le paradoxe de l'outil qui ne coupe pas..... 136
- A. Anatomie d'un outil de coupe..... 136
- B. La science des angles : efficacité et précision..... 136
- C. Les matériaux : de l'acier rapide au carbure..... 137

8.3. Opérations de perçage, lamage et chanfreinage..... 140

- a. La précision au-delà du simple trou..... 140

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- A. Le Perçage Débouchant et le Perçage Borgne....140
- B. Le Lamage : Créer une surface d'appui....140

FIGURE 29 : RÉF. IMG (0566-8679-1214)....143

Schéma comparatif d'un trou percé, lamé et chanfreiné sur une pièce....143

- C. Le Chanfreinage : Casser l'angle et guider....143

CHAPITRE 9. LE TARAUDAGE ET LE FILETAGE MANUELS....146

9.1. Le taraudage (filetage intérieur) : jeu de tarauds et méthode....146

- a. Une vis sans écrou ?....146
- A. Le jeu de tarauds : une équipe de trois outils....146

FIGURE 30 : RÉF. IMG (0532-8579-9348)....148

Le jeu de trois tarauds et le tourne-à-gauche....148

- B. La méthode de taraudage en 4 temps....148

9.2. Le filetage (filetage extérieur) : utilisation de la filière....151

- a. Du boulon à la vis : une histoire de spirale....151
- A. La filière et son porte-filière....151

FIGURE 31 : RÉF. IMG (7072-9292-8437)....153

Anatomie d'une filière et de son porte-filière en action....153

- B. La procédure de filetage manuel....153

9.3. Calcul du diamètre de perçage avant taraudage....155

- a. Le trou juste, ni trop grand, ni trop petit....155
- A. La formule fondamentale du perçage....156

FIGURE 32 : RÉF. IMG (4357-2565-8925)....158

Schéma d'un trou de perçage avant et après taraudage....158

- B. Comprendre le pas métrique....158

FIGURE 33 : RÉF. IMG (5933-2230-0932)....160

Lecture d'une désignation de vis métrique M10x1.5....160

- L'anecdote de Papa Kabasele à Mbuji-Mayi....160

CHAPITRE 10. L'ALÉSAGE MANUEL ET LA FINITION DE PRÉCISION....162

10.1. L'alésoir à main : principe et méthode d'utilisation....162

- a. Du trou brut au calibre parfait....162

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- A. L'alésoir : anatomie d'un outil de finition.....162

FIGURE 34 : RÉF. IMG (2352-8561-9224).....164

Anatomie détaillée d'un alésoir à main et ses parties essentielles.....164

- B. La méthode d'alésage : les gestes qui ne pardonnent pas.....164
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....165

10.2. Obtention de la précision dimensionnelle et géométrique.....166

- a. Le défi de la perfection.....166
- A. La Précision Dimensionnelle : Le Diamètre Maîtrisé.....167

FIGURE 35 : RÉF. IMG (2539-6281-7237).....169

Contrôle dimensionnel d'un alésage avec un calibre tampon "passe / ne passe p.....169

- B. La Précision Géométrique : La Forme Parfaite.....169

10.3. Introduction à la notion d'ajustement.....172

- a. Le principe fondamental.....172
- A. Arbre et Alésage : Le couple de base.....172
- B. Les trois familles d'ajustements.....173

FIGURE 36 : RÉF. IMG (6908-0319-4493).....175

Comparaison visuelle des trois types d'ajustements : jeu, serrage, et incertain.....175

- C. Calcul du jeu et du serrage.....175
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....176

PARTIE III. INTRODUCTION AUX MACHINES-OUTILS CONVENTIONNELLES.....178

Le principe : enlever la matière.....178

Les trois reines de l'atelier.....178

L'art de l'opérateur.....178

De la précision naît la fonction.....178

CHAPITRE 11. LE RABOTAGE ET L'ÉTAU-LIMEUR : GÉNÉRATION DE SURFACES PLANES 179

11.1. Principe cinématique du rabotage.....179

- a. La quête de la surface plane.....179
- A. Les deux mouvements fondamentaux.....179
- B. Raboteuse contre Étau-limeur : une question de cinématique.....179
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....180

11.2. L'étau-limeur : description et composants principaux.....181

- a. Le principe de base....181
- A. Principe de fonctionnement....182
- B. Les composants majeurs....182

11.3. Réglage des paramètres de coupe....184
- a. L'art de la vitesse et de la précision....184
- A. La Vitesse de Coupe ()....184
- B. L'Avance ()....185

FIGURE 37 : RÉF. IMG (6703-2908-6340)....187

Schéma des trois paramètres de coupe sur un étau-limeur....187
- C. La Profondeur de Passe ()....187

11.4. Opérations de surfaçage, dressage et rainurage....189
- a. De la pierre à l'acier : l'art de la surface plane....189
- A. Le Surfaçage : Créer la base....190
- B. Le Dressage : Usiner les flancs....190
- C. Le Rainurage : Creuser avec précision....190

FIGURE 38 : RÉF. IMG (5836-3996-8727)....192

Outil de rabotage réalisant un surfaçage, un dressage et un rainurage....192
- b. Scénarios et Exercices....192

CHAPITRE 12. LE MEULAGE ET L'AFFÛTAGE DES OUTILS DE COUPE....194

12.1. Le touret à meuler : description et règles de sécurité....194
- a. L'étincelle de la précision....194
- A. Anatomie du touret à meuler....194
- B. Règles de sécurité fondamentales....195

12.2. Opérations d'ébarbage et de mise en forme simple....196
- a. Le geste du forgeron, la précision de la machine....196
- A. L'ébarbage : Nettoyer la pièce brute....197

FIGURE 39 : RÉF. IMG (1696-7678-6177)....199

Pièce métallique brute avant et après l'opération d'ébarbage au touret....199
- B. La mise en forme simple : Donner les premiers contours....199

FIGURE 40 : RÉF. IMG (3691-6366-3032)....201

Création d'un chanfrein et d'un arrondi sur une pièce métallique....201

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- L'anecdote de Papa Kanku, soudeur à Lubumbashi.....201

12.3. Technique d'affûtage manuel des forets hélicoïdaux.....203

- a. L'autonomie du mécanicien.....203
- A. Anatomie de la pointe d'un foret.....203

FIGURE 41 : RÉF. IMG (0388-6348-4899).....206

Géométrie de la pointe d'un foret hélicoïdal et ses angles clés.....206

- B. Le geste technique sur le touret à meuler.....206

FIGURE 42 : RÉF. IMG (1393-2549-3053).....208

Séquence du mouvement de la main pour affûter un foret au touret.....208

- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....208

12.4. Technique d'affûtage des outils de rabotage.....210

- a. Le tranchant, secret du bon ouvrier.....210
- A. Les angles de coupe : le trio fondamental.....210

FIGURE 43 : RÉF. IMG (0590-3408-9382).....212

Schéma des angles fondamentaux d'un outil de rabot.....212

- B. Procédure d'affûtage sur touret.....212

FIGURE 44 : RÉF. IMG (3151-3202-4056).....214

Positionnement correct de l'outil sur le support du touret à meuler.....214

- Anecdote : La leçon de Papa Kanku à l'atelier de la GECAMINES.....214

CHAPITRE 13. SÉCURITÉ, MAINTENANCE ET ORGANISATION EN ATELIER.....217

13.1. Règles de sécurité individuelles et collectives.....217

- a. L'atelier, un territoire de respect.....217
- A. La Sécurité Individuelle : Le premier rempart.....217
- B. La Sécurité Collective : Penser pour le groupe.....217

13.2. Maintenance de premier niveau des machines.....219

- a. L'art de la prévention.....219
- A. Nettoyage et Contrôle Visuel : L'Œil de l'Opérateur.....219
- B. Graissage et Lubrification : Le Sang de la Machine.....220
- C. Vérifications et Petits Réglages.....220

13.3. Organisation et propreté du poste de travail.....222

- a. Le désordre, un ennemi silencieux.....222

- A. La méthode des 5S : une discipline japonaise pour nos ateliers.....223
- B. Les bénéfices directs d'un poste de travail organisé.....223
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....223

ANNEXES.....**226**

Tableaux de référence et aide-mémoire technique.....226

- A. Désignation et propriétés des aciers.....226
- B. Ajustements et tolérances dimensionnelles (Système ISO).....227
- C. Filetages et visserie.....228
- D. États de surface.....229

PRÉLIMINAIRES

1. Objectifs Généraux du Cours

1.1. Maîtrise du vocabulaire et des concepts fondamentaux

L'objectif premier est l'acquisition par l'élève d'un lexique technique rigoureux et unifié. Il doit pouvoir nommer sans ambiguïté les éléments constitutifs d'un mécanisme, les matériaux usuels et les outils fondamentaux de l'atelier. Cette maîtrise terminologique constitue le socle indispensable à toute communication technique future, qu'elle soit écrite ou orale.

1.2. Compréhension des fonctions et des principes de fonctionnement

Progressivement, la simple identification des pièces cède la place à l'analyse fonctionnelle. L'élève doit être capable d'expliquer le rôle d'un composant au sein de son ensemble. Il décrit les principes physiques régissant les transformations de mouvement (rotation-translation) et les transmissions de puissance. La finalité est la construction d'un raisonnement causal et fonctionnel.

1.3. Acquisition des langages de représentation technique

Ce cours vise à rendre l'élève apte à lire et interpréter un plan de définition simple. Le décodage des vues normalisées (face, dessus, gauche), des coupes simples et de la cotation fonctionnelle est un savoir-faire central. En parallèle, l'élève s'initie à la réalisation de croquis à main levée pour représenter des formes simples.

1.4. Intégration des normes de sécurité et de la démarche professionnelle

L'atelier est un environnement à risques maîtrisés. L'élève doit intégrer les règles de sécurité individuelles et collectives comme une seconde nature. Il apprend les gestes corrects et une posture professionnelle. Toute intervention, du montage au démontage, doit suivre une démarche ordonnée, réfléchie et documentée.

2. Compétences Visées

L'enseignement de la technologie mécanique en première année vise à doter l'élève d'un socle de compétences techniques et méthodologiques indispensable à la poursuite de sa formation. Cet apprentissage est structuré autour de trois axes complémentaires et indissociables.

2.1. Maîtrise des savoirs fondamentaux

L'apprenant acquiert une connaissance rigoureuse des matériaux métalliques, principalement les aciers et les fontes. Il apprend à identifier leurs désignations normalisées, leurs propriétés mécaniques fondamentales ainsi que les traitements thermiques qui modifient leur structure. Cet axe inclut la compréhension des grands procédés d'obtention des pièces brutes : fonderie, forgeage, laminage. La finalité est de permettre à l'élève de justifier le choix d'un matériau pour une application donnée.

2.2. Acquisition des savoir-faire procéduraux

Cette compétence concerne la traduction des connaissances théoriques en gestes techniques. L'élève devient capable de lire et d'interpréter un dessin de définition simple, en identifiant les formes, les dimensions et les tolérances. Progressivement, il exécute des opérations d'usinage élémentaires sur des machines-outils conventionnelles, telles que le tournage de cylindres ou le surfaçage. La maîtrise des instruments de mesure et de contrôle dimensionnel (pied à coulisse, micromètre) est une aptitude centrale.

2.3. Développement des savoir-être professionnels

Au-delà de la technique, l'élève intègre une culture professionnelle. L'intégration des règles d'hygiène et de sécurité en atelier est une priorité absolue. Il apprend à organiser méthodiquement son poste de travail et à entretenir son outillage. Le développement de la rigueur, de la précision et de l'autonomie dans l'exécution d'une tâche simple constitue un objectif transversal, préparant l'élève aux exigences du milieu industriel.

---

3. Approche Pédagogique

3.1. Du Conceptuel au Concret

Chaque concept théorique trouve une application matérielle immédiate. La méthode part du principe scientifique abstrait, comme la transmission de

puissance ou la résistance des matériaux. Elle le matérialise ensuite à travers l'étude d'un mécanisme ou d'un composant réel. Cette démarche vise la construction d'une intelligence technique solide. L'élève associe un principe physique à une fonction mécanique visible, observable sur un objet de son quotidien ou de l'atelier.

3.2. La Pédagogie de la Problématisation

L'enseignement s'organise autour de situations-problèmes concrètes. Un défi technique est posé en amont de la leçon théorique. Par exemple, comment assurer l'étanchéité entre deux pièces en mouvement ? La théorie sur les joints ou les ajustements devient alors l'outil nécessaire pour résoudre ce problème initial. La connaissance n'est plus une fin en soi. Elle est un moyen de surmonter un obstacle technologique. L'apprentissage est ainsi orienté vers l'action et la recherche de solutions.

3.3. L'Ancrage Technologique par l'Observation

La progression pédagogique encourage l'analyse de systèmes techniques environnants. L'étude d'un moteur de moto à Kananga, d'une pompe à eau à l'Équateur ou d'un mécanisme de broyeur au Kongo Central sert de support au cours. L'objectif est de développer une capacité d'observation et de décodage du réel. La technologie mécanique quitte le champ abstrait du dessin industriel pour devenir une réalité tangible et analysable par l'élève.

---

4. Matériel Didactique Requis

4.1. Supports Pédagogiques Fondamentaux

Une maîtrise effective des concepts requiert l'utilisation de supports pédagogiques normalisés. La mise en œuvre du programme de technologie mécanique s'articule autour de plusieurs outils essentiels pour la théorie et la représentation.

- Le présent manuel constitue le référentiel principal de la matière.
- Le matériel complet de dessin technique est indispensable pour chaque élève (té, équerres, compas, normographes).
- Des documents techniques authentiques (catalogues de fournisseurs, extraits de normes) enrichissent la contextualisation des leçons.

4.2. Équipements d'Atelier et de Mesure

L'acquisition des gestes techniques et des compétences en métrologie dimensionnelle dépend d'un accès direct à un outillage approprié et fonctionnel. L'enseignant veillera à la disponibilité et au bon état de ces équipements.

- **Instruments de mesure :** pied à coulisse au 1/50 mm, micromètre d'extérieur au 1/100 mm, comparateur à cadran et son support.
- **Outillage à main :** limes (plate, demi-ronde, ronde), scies à métaux, pointeaux, marteaux, clés plates et un étau d'établi par poste de travail.

4.3. Matériels Consommables et de Sécurité

Toute activité pratique en atelier impose la disponibilité de consommables et le port systématique d'équipements de protection individuelle (EPI). La sécurité n'est pas une option.

- **Matière d'œuvre :** Des lots de profilés métalliques variés (plats en acier doux, ronds) sont nécessaires pour les exercices de traçage, sciage et limage.
- **Équipements de Protection :** lunettes de sécurité, gants de protection anti-coupure et chaussures de sécurité constituent le minimum obligatoire pour l'accès à l'atelier.

Partie I. Panorama des Procédés de Fabrication Mécanique

De la matière brute à l'objet fini

Toute pièce mécanique commence sa vie comme une matière brute. Le lingot de métal, le bloc de plastique ou la poudre minérale attendent une transformation. Les procédés de fabrication sont l'ensemble des techniques qui donnent une forme, une fonction et une vie à cette matière. Un forgeron de Mbandaka, dans la province de l'Équateur, transformant le fer pour créer un outil est un exemple ancestral de ce génie humain.

Trois grandes familles de procédés

Pour organiser ce vaste univers, une classification simple existe. Certains procédés ajoutent de la matière, comme le fondeur qui coule du bronze dans un moule à Lubumbashi. D'autres enlèvent de la matière pour sculpter la pièce finale, à l'image du tourneur-fraiseur qui usine un bloc d'acier. Enfin, une troisième famille déforme la matière sans perte, par pliage, emboutissage ou forgeage.

Le choix juste pour le besoin juste

Chaque procédé possède ses propres avantages et ses contraintes. Fabriquer une seule pièce unique pour réparer un moteur de bateau à Boma ne demande pas la même méthode que produire en grande série des milliers de boulons pour le marché de Kinshasa. Le matériau, la précision exigée, la quantité à produire et le coût final orientent toujours la décision du technicien avisé.

Une carte pour explorer la fabrication

Cette première partie du cours dresse une cartographie générale. Son objectif est de fournir une vision d'ensemble avant d'analyser chaque technique en détail dans les chapitres suivants. C'est une base solide, un vocabulaire commun indispensable pour tous les futurs techniciens en mécanique, de Kisangani dans la Tshopo jusqu'à Mbuji-Mayi au Kasaï-Oriental. Une fondation pour bâtir une expertise concrète.

Chapitre 1. Introduction aux Grandes Familles de Fabrication

1.1. Classification des procédés : fonderie, déformation, usinage

a. Le point de départ : la matière brute

Pendant des siècles, l'artisan du Kwilu comme celui de la Tshopo a transformé la matière avec des gestes ancestraux. Le forgeron, par exemple, utilisait le feu et le marteau pour donner vie au métal. Cette intelligence du geste est la racine de toute la technologie mécanique moderne.

Aujourd'hui, ces techniques sont devenues des procédés industriels précis. Chaque objet métallique, de la simple vis au bloc moteur d'un camion FUSO, naît d'une méthode de fabrication spécifique. Comprendre ces grandes familles de procédés est la base du métier de mécanicien.

A. La Fonderie : L'Art de Donner Forme au Liquide

La fonderie consiste à chauffer un métal jusqu'à ce qu'il devienne liquide. Ce métal en fusion est ensuite versé dans un moule ayant la forme de la pièce désirée. Après refroidissement, le métal solidifié est démoulé. On obtient ainsi une pièce brute, appelée "pièce de fonderie".

Cette méthode permet de créer des formes très complexes, qu'il serait difficile ou impossible d'obtenir autrement. Les blocs-moteurs des véhicules ou les grosses cloches d'église sont souvent fabriqués par fonderie.

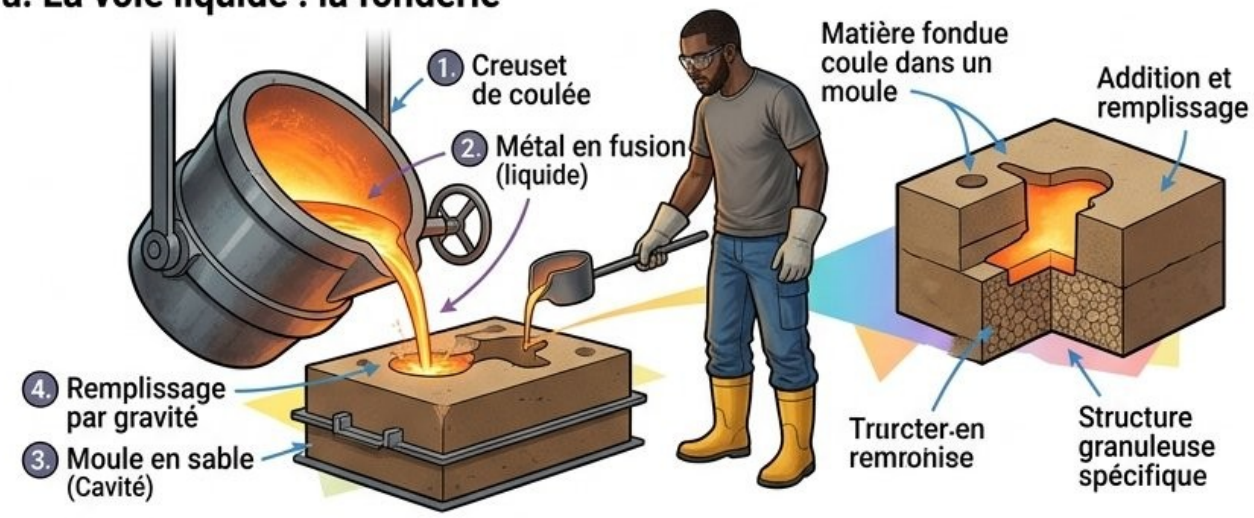
B. La Déformation Plastique : Forger la Matière

La déformation plastique modifie la forme d'un bloc de métal solide sans enlever de matière. Le métal est chauffé pour le rendre plus malléable, puis il est martelé, pressé ou étiré pour lui donner sa forme finale. Le travail du forgeron qui fabrique une machette est un exemple parfait de déformation.

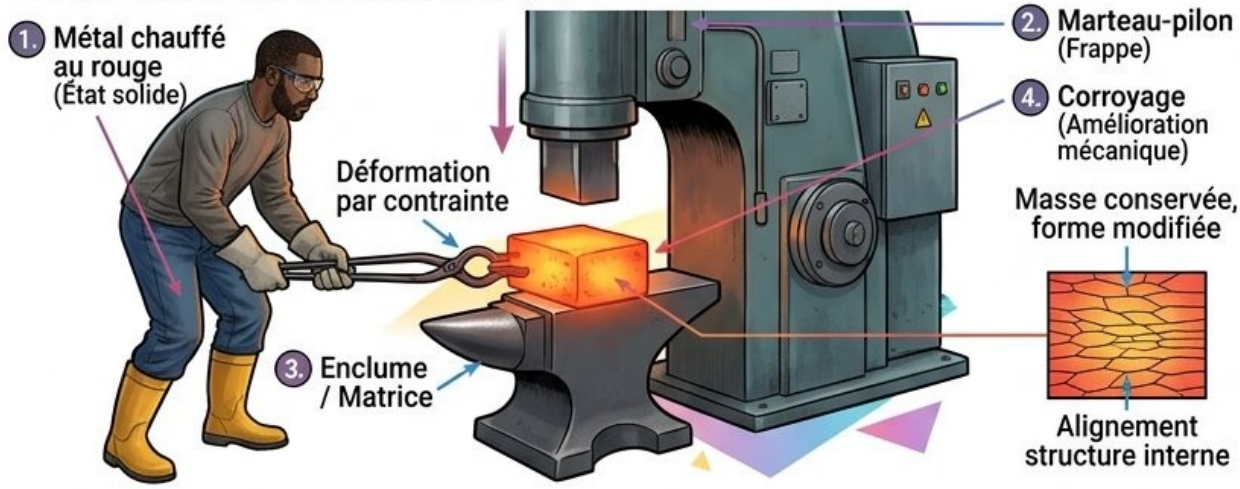
Industriellement, des presses gigantesques appliquent des forces colossales pour former les tôles des portières de voiture (emboutissage) ou pour fabriquer des barres de métal (laminage). La matière est simplement déplacée.

Figure 1 : Réf. IMG (2625-6851-9126) Les trois voies de la fabrication : **ajouter, transformer et soustraire la matière**

a. La voie liquide : la fonderie



b. La voie solide : la déformation



c. La voie du copeau : l'usinage

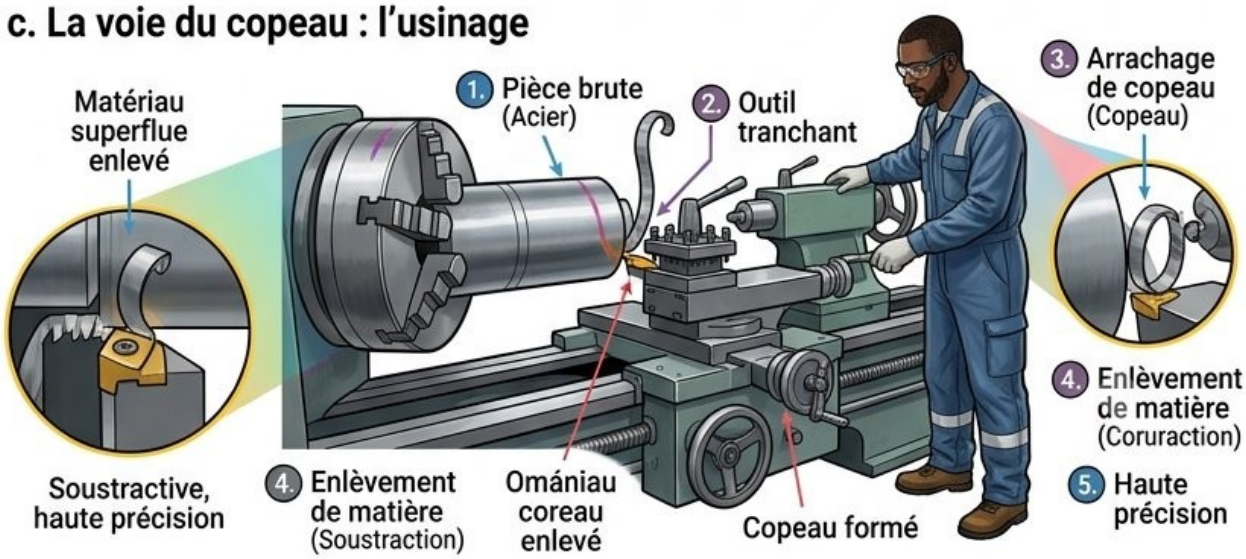


Figure 1 : Réf. IMG (2625-6851-9126)

Les trois voies de la fabrication : ajouter, transformer et soustraire la matière

a. La voie liquide : la fonderie

Cette image représente un creuset versant du métal en fusion dans un moule. C'est l'essence de la fonderie. La matière première, solide, est transformée en liquide pour épouser une nouvelle forme. C'est une méthode par addition et remplissage. La complexité de la pièce finale dépend uniquement de la complexité du moule. Les pièces obtenues ont une structure granuleuse spécifique due au refroidissement.

b. La voie solide : la déformation

Ici, un bloc de métal chauffé au rouge est frappé par un marteau-pilon. La matière ne perd pas de masse, elle est seulement contrainte à s'étaler et à changer de forme. Cette méthode améliore les caractéristiques mécaniques du métal en alignant sa structure interne, ce qu'on appelle le corroyage.

c. La voie du copeau : l'usinage

Un outil tranchant arrache un petit ruban de métal, le copeau. C'est le principe de l'usinage. On part d'un bloc de matière plus grand que la pièce finale (le "brut") et on enlève tout ce qui est en trop. C'est une méthode par soustraction de matière, garantissant une très grande précision.

C. L'Usinage : Sculpter par Enlèvement de Matière

L'usinage est un procédé de fabrication par enlèvement de copeaux. On part d'un bloc de métal (souvent une pièce brute de fonderie ou de déformation) et on utilise une machine-outil (tour, fraiseuse, perceuse) pour enlever de la matière sous forme de copeaux.

Le but est d'obtenir une pièce avec des dimensions et des surfaces très précises. Le filetage d'une vis, le perçage d'un trou ou la surface parfaitement plane d'une culasse sont des opérations d'usinage. C'est la méthode de finition par excellence.

L'anecdote de la marmite de Maman Ngalula

Maman Ngalula, du quartier Matonge à Kinshasa, est fière de sa nouvelle marmite en aluminium. Elle est légère et chauffe très vite. Son voisin, Papa Mbuyi, qui a travaillé à la fonderie de Maluku, examine l'objet. Il lui explique que sa marmite a probablement été fabriquée par fonderie : de l'aluminium liquide a été coulé dans un moule en sable. C'est une méthode rapide et peu coûteuse pour ce type de pièce. Il lui montre ensuite une autre casserole, en inox, beaucoup plus lisse et brillante. "Celle-ci," dit-il, "a été faite par déformation. Une feuille de métal a été pressée très fort par une machine pour lui donner cette forme. C'est ce qu'on appelle l'emboutissage. La finition est meilleure, mais c'est un autre procédé." En une simple conversation de cuisine, les deux grandes familles de mise en forme venaient d'être illustrées.

Exercice 1 : Le bras de suspension de la jeep de Bunia

Énoncé : Un mécanicien à Bunia, en Ituri, reçoit une pièce de rechange pour une vieille jeep : un bras de suspension. La pièce est lourde, sa surface est granuleuse et un peu rugueuse au toucher. On voit une légère ligne de jointure sur le côté, comme si deux moitiés avaient été assemblées. Quel procédé de fabrication a probablement été utilisé pour créer cette pièce brute ?

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Analyse des indices visuels et tactiles** La description mentionne une surface "granuleuse et rugueuse". Cette texture est typique d'une pièce métallique qui s'est solidifiée dans un moule, souvent en sable.
2. **Étape 2 : Analyse de l'indice structurel** La "ligne de jointure" est un indice clé. Elle correspond au plan de joint du moule, là où les deux parties du moule se sont rejointes. C'est une caractéristique quasi systématique des pièces de fonderie.
3. **Étape 3 : Conclusion par élimination** L'usinage produit des surfaces lisses et précises, pas granuleuses. La déformation (forgeage) laisserait des marques de frappe ou une surface étirée, mais rarement une ligne de jointure nette. La fonderie est donc le procédé le plus probable.

Exercice 2 : La fabrication des fers à béton à Lubumbashi

Énoncé : Une usine sidérurgique près de Lubumbashi produit des milliers de barres de fer pour la construction (les "fers à béton"). Le processus part de

gros blocs d'acier chauffés au rouge. Ces blocs passent ensuite dans une série de cylindres rotatifs qui les écrasent et les allongent progressivement jusqu'à obtenir de longues barres de diamètre précis. De la matière est-elle enlevée ? Quel est le nom de cette famille de procédé ?

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Analyse du flux de matière** L'énoncé précise que les blocs sont "écrasés et allongés". Le volume de métal reste le même ; seule sa forme change. Il n'y a pas d'enlèvement de matière sous forme de copeaux.
2. **Étape 2 : Identification de l'action mécanique** L'action principale est une pression exercée par des cylindres. Le métal est contraint de s'étirer. Cette action correspond à la définition de la déformation.
3. **Étape 3 : Qualification du procédé** Puisque la forme est obtenue en modifiant un solide sans perte de masse, il s'agit de la famille de la **déformation plastique**. Le procédé spécifique décrit ici est le **laminage**.

1.2. Principe de l'obtention de forme par solidification

a. Du liquide au solide : une idée ancestrale

Même si la fabrication additive semble être une révolution, le principe de donner une forme à une matière liquide est aussi ancien que le travail des métaux. Les forgerons de l'âge du bronze, bien avant notre ère, versaient déjà du métal en fusion dans des moules en pierre ou en terre pour créer des outils et des armes.

Cette transformation, du désordre liquide à l'ordre solide, est la clé. Elle permet de remplir une empreinte, un moule, pour que la matière, en refroidissant, adopte la forme désirée. C'est le même principe qui transforme l'eau en glaçons dans un bac à congélateur. La forme finale est une copie exacte du vide qui l'a contenue.

A. Le principe de la coulée et du moulage

Obtenir une pièce par solidification repose sur un processus simple en quatre temps. La matière première, initialement à l'état solide, est chauffée jusqu'à sa température de fusion. Elle devient liquide. Ce liquide est ensuite versé, ou

"coulé", dans une cavité qui possède la forme en négatif de la pièce souhaitée. Cette cavité se nomme un moule.

Après la coulée, le matériau liquide refroidit au contact des parois du moule. En perdant sa chaleur, il passe de l'état liquide à l'état solide. Cette étape se nomme la solidification. Une fois la pièce entièrement solide et suffisamment refroidie, le moule est ouvert ou cassé pour libérer la pièce brute.

B. Les trois éléments clés du procédé

Trois éléments sont indispensables pour réussir une opération de moulage. L'absence d'un seul rend l'opération impossible.

- **Le matériau apte à la fusion**. Le matériau de base doit pouvoir fondre à une température atteignable et se solidifier de manière homogène. Les métaux (fonte, aluminium, bronze, zinc) et de nombreux polymères (plastiques) sont d'excellents candidats.
- **Le moule (l'empreinte)**. C'est le cœur du procédé. Il contient la forme en creux. On distingue principalement deux grandes familles de moules : les moules permanents (souvent métalliques, réutilisables des milliers de fois) et les moules non-permanents (en sable ou en plâtre, détruits après chaque usage).
- **L'énergie thermique**. Il faut une source de chaleur (un four) pour faire fondre le matériau. Le contrôle du refroidissement est tout aussi crucial. Un refroidissement trop rapide peut créer des défauts dans la pièce, tandis qu'un refroidissement trop lent peut nuire à la productivité.

Figure 2 : Réf. IMG (5175-5196-9732)

Schéma simplifié d'un moule de fonderie avec ses éléments principaux

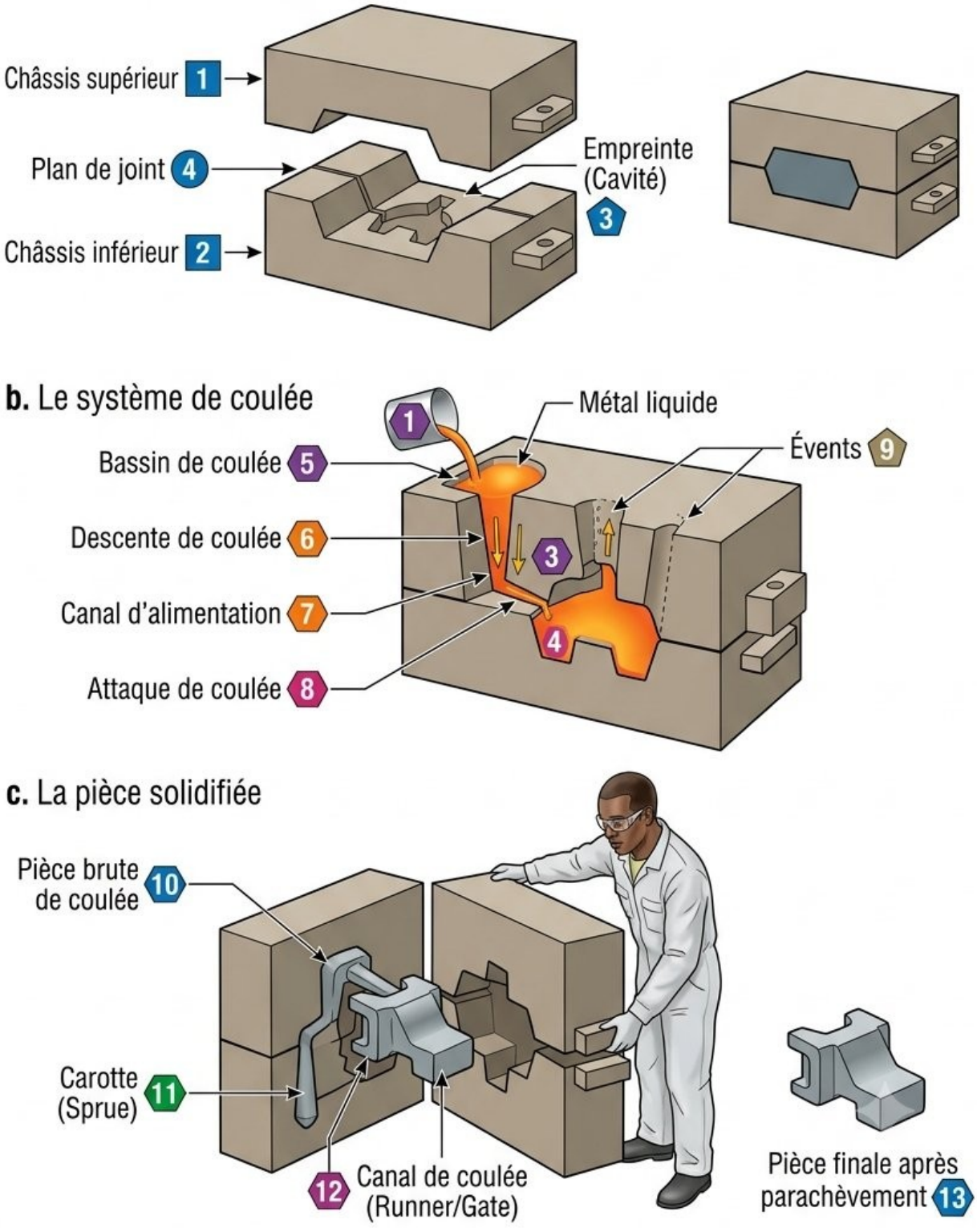


Figure 2 : Réf. IMG (5175-5196-9732)

Schéma simplifié d'un moule de fonderie avec ses éléments principaux

a. Le moule en deux parties

Un moule est souvent constitué d'un châssis supérieur et d'un châssis inférieur. L'assemblage des deux crée une cavité fermée au centre. C'est cette cavité, appelée empreinte, qui sera remplie par le métal liquide. La ligne où les deux parties se rejoignent est le plan de joint.

b. Le système de coulée

Le métal liquide n'est pas versé directement dans l'empreinte. Il suit un parcours précis : il entre par un trou (jet de coulée), descend dans des canaux et atteint l'empreinte par des ouvertures spécifiques appelées attaques de coulée. Ce système garantit un remplissage calme et complet.

c. La pièce solidifiée

Après refroidissement, le métal a pris la forme exacte de l'empreinte et des canaux de coulée. La pièce obtenue est donc attachée à ce système de remplissage. Une étape ultérieure, le parachèvement, consiste à couper ces surplus et à nettoyer la pièce.

L'anecdote de l'artisan de Kananga

Dans un petit atelier poussiéreux de Kananga, au Kasaï-Central, le vieux Papa Tshibangu est un maître dans l'art de la fonderie à la cire perdue. Pour créer ses célèbres statuettes en bronze, il ne sculpte pas le métal, mais la cire d'abeille. Il modèle d'abord une figurine parfaite en cire. Ensuite, il l'enrobe délicatement d'une épaisse couche d'argile, en laissant une petite ouverture.

Une fois l'argile sèche, il chauffe le tout. La cire fond et s'écoule par l'ouverture, laissant une empreinte creuse parfaite à l'intérieur de la coque d'argile. C'est un moule non-permanent. Il verse alors du bronze en fusion dans ce moule. Après refroidissement complet, il casse la coque d'argile pour révéler la statuette en bronze, une copie fidèle de son modèle en cire.

Exercice 1 : La fabrication des marmites à Lubumbashi

Énoncé : Maman Hélène veut lancer une petite unité de production de marmites en aluminium à Lubumbashi. L'artisan qu'elle consulte lui explique qu'il utilisera un moule métallique permanent. Listez les quatre grandes étapes chronologiques qu'il devra suivre pour produire une seule marmite.

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : La fusion de la matière** L'artisan prend des lingots ou des déchets d'aluminium et les place dans un four (un creuset) jusqu'à ce que le métal devienne complètement liquide, à plus de 660 °C.
2. **Étape 2 : La coulée dans le moule** Il verse avec précaution l'aluminium liquide dans le moule métallique permanent, préalablement assemblé et chauffé pour éviter un choc thermique.
3. **Étape 3 : La solidification** Il attend que l'aluminium transfère sa chaleur au moule et se refroidisse. Le métal liquide redevient solide, prenant la forme exacte de la marmite.
4. **Étape 4 : Le démoulage et la finition** Une fois la pièce solidifiée, il ouvre le moule pour extraire la marmite brute. Il coupe ensuite les restes de métal du système de coulée et polit la surface.

Exercice 2 : Le problème du mécanicien de Boma

Énoncé : À Boma, dans le Kongo Central, un engrenage en plastique d'une vieille machine à coudre est cassé. Le mécanicien, Papa Landu, ne trouve pas de pièce de rechange. Il décide d'en fabriquer une copie en faisant fondre du plastique de récupération. Il utilise les deux moitiés de l'engrenage cassé pour créer une empreinte dans du plâtre. Identifiez le matériau, le type de moule et l'énergie nécessaire.

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Identification du matériau** Le matériau à mettre en œuvre est du plastique. C'est un polymère thermoplastique, ce qui signifie qu'il peut être fondu par la chaleur et se solidifiera en refroidissant.
2. **Étape 2 : Identification du type de moule** Le moule est fabriqué en plâtre. C'est un moule non-permanent (ou "perdu"). Pour récupérer le nouvel engrenage en plastique sans le casser, Papa Landu devra certainement casser le moule en plâtre.

3. **Étape 3 : Identification de l'énergie** L'énergie requise est l'énergie thermique. Papa Landu a besoin d'une source de chaleur contrôlée pour faire fondre les morceaux de plastique sans les brûler, avant de les verser dans son moule en plâtre.

1.3. Principe de l'obtention de forme par déformation plastique

a. Une propriété surprenante du métal

Lorsque l'on plie une cuillère en métal avec force, elle ne reprend pas sa forme initiale. Ce métal a subi une transformation permanente. Sa mémoire de forme a été effacée par l'action mécanique.

Cette capacité du métal à changer de forme sans se rompre est la base de la déformation plastique. C'est un principe fondamental utilisé depuis des siècles, du forgeron de Mbandaka à l'usine moderne de Maluku. Il s'agit de sculpter la matière, non de l'enlever.

A. Définition et domaines de la déformation plastique

Un matériau subit une déformation élastique quand il retrouve sa forme d'origine après l'arrêt de la contrainte. C'est l'effet d'un ressort.

À l'inverse, une déformation devient plastique lorsque la contrainte dépasse une limite, appelée limite d'élasticité (R_e). La pièce conserve alors sa nouvelle forme de manière définitive. Le métal est "modelé". Cette opération s'effectue de deux manières principales :

- **À chaud :** Le métal est chauffé pour devenir plus malléable. Le forgeage est l'exemple le plus courant. La haute température facilite le mouvement des atomes.
- **À froid :** L'opération se fait à température ambiante. L'emboutissage d'une casserole en est une application directe. La pièce se durcit en même temps qu'elle se forme.

B. L'écrouissage : durcissement par déformation

Déformer un métal à froid ne le change pas seulement de forme. Cela modifie sa structure interne. Les grains du métal s'allongent et se resserrent. Ce phénomène est l'écrouissage.

Le résultat est un durcissement du matériau. Sa résistance mécanique augmente. Attention, une pièce trop écrouie devient cassante. La déformation à froid offre donc un compromis : la pièce est mise en forme et ses caractéristiques mécaniques sont améliorées simultanément.

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590