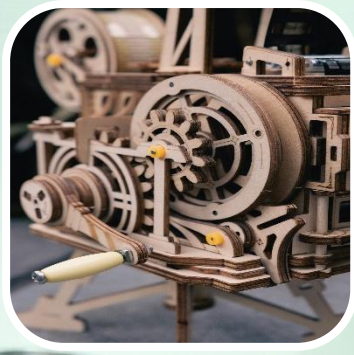






Construction Mécanique

CONFORME AU PROGRAMME NATIONAL

4è Année

EDITION 2025

Option Mécanique Générale

TABLE DES MATIÈRES

PRÉLIMINAIRES **1**

Objectifs Pédagogiques du Cours 1

- 1.1. Consolidation des Normes de Représentation 1
- 1.2. Développement de l'Analyse Fonctionnelle 1
- 2.1. Acquisition de la Rigueur Méthodologique 1
- 2.2. Préparation à l'Examen d'État 1

Approche Didactique et Méthodologique 1

- 1. Postulat Pédagogique Fondamental 2
- 2. Démarche Didactique Progressive 2
- 3. Finalité : L'autonomie Normative 2

Contexte Industriel et Évaluation 2

- 1. Positionnement de la discipline dans le tissu industriel 2
- 2. Grille d'évaluation et compétences visées 3

PARTIE I : MÉTHODOLOGIE DU PROJET EN CONSTRUCTION MÉCANIQUE **4**

a. De l'idée à l'objet 4

b. Le plan : la carte du projet 4

c. Le dessin : le langage universel du technicien 4

d. La méthode : une chaîne logique d'actions 4

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION AU BUREAU D'ÉTUDES : DE L'IDÉE AU PLAN **5**

1.1. Le Rôle du Technicien Concepteur et les Phases d'un Projet 5

- a. De l'idée à la matière 5
- A. Le Technicien Concepteur : Le Cerveau du Projet 5

FIGURE 1 : RÉF. IMG (2285-5739-7708) **7**

Le poste de travail du technicien concepteur au bureau d'études 7

- B. Les 5 Phases Clés d'un Projet Mécanique 7

FIGURE 2 : RÉF. IMG (5437-9966-8785) **10**

Schéma simplifié des cinq phases d'un projet de construction mécanique 10

- Scénarios et Exercices 10

1.2. Les Outils du Concepteur : Normes, Catalogues et Logiciels 12

- a. Le point de départ indispensable 12
- A. La Normalisation : Le Langage Universel de la Mécanique 12

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- B. Catalogues Fournisseurs et Logiciels : La Boîte à Outils Moderne.....13

FIGURE 3 : RÉF. IMG (0710-6336-0612).....15

Flux de travail du concepteur: norme, catalogue et modèle 3D.....15

- C. Le Lien Indissociable entre les Outils.....15

1.3. L'Importance de la Veille Technologique.....18

- a. L'avertissement du fleuve Congo.....18
- A. Définition et Objectifs.....18
- B. Les Sources d'Information.....18

CHAPITRE 2 : LE CAHIER DES CHARGES FONCTIONNEL (CDCF).....21

2.1. Objectif et Structure du Cahier des Charges.....21

- a. La carte avant le voyage.....21
- A. L'Objectif Central : Traduire un Besoin.....21
- B. Les Fonctions : Le Cœur du CDCF.....21

FIGURE 4 : RÉF. IMG (4395-8453-4951).....24

Analyse fonctionnelle d'un presse-mangues pour le marché de Mbandaka.....24

- Scénarios et Exercices.....24
- Une machine trop parfaite à Lubumbashi.....24

2.2. Analyse Fonctionnelle : Identification et Caractérisation des Fonctions.....26

- a. Le regard du technicien.....26
- A. La Distinction Fondamentale : Fonctions de Service.....26
- B. L'Expression des Fonctions : Outils Normalisés.....27

FIGURE 5 : RÉF. IMG (0327-2121-4239).....29

Diagramme pieuvre d'une pompe à vélo pour analyse fonctionnelle.....29

- C. Caractérisation d'une fonction.....29

2.3. Hiérarchisation des Contraintes (Techniques, Économiques, Sécuritaires).....31

- a. L'art du choix et du compromis.....31
- A. Les Contraintes Techniques.....32
- B. Les Contraintes Économiques.....32
- C. Les Contraintes de Sécurité et Normatives.....32

CHAPITRE 3 : RECHERCHE ET ANALYSE DE SOLUTIONS CONSTRUCTIVES.....35

3.1. Méthodes de Créativité et Analyse de l'Existant.....35

- a. L'étincelle avant le plan.....35
- A. Les Méthodes de Créativité.....35

FIGURE 6 : RÉF. IMG (7824-5024-4573).....37

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

Schéma simplifié d'une session de brainstorming pour un projet mécanique....37
- B. L'Analyse de l'Existant....37

FIGURE 7 : RÉF. IMG (8128-2852-0848)....40

Processus de rétro-conception sur une pompe à eau manuelle simple....40
- b. L'anecdote de Papa Fiston à Kisangani....40

3.2. Évaluation et Comparaison des Solutions de Principe....42
- a. L'erreur du choix "au sentiment"....42
- A. Les critères de choix : les juges de la compétition....43
- B. La grille de comparaison : le verdict chiffré....43

3.3. Choix et Justification de la Solution Optimale....45
- a. Le dilemme du meilleur choix....45
- A. La Matrice de Décision : L'Outil du Choix Rationnel....46

FIGURE 8 : RÉF. IMG (6252-8239-3241)....48

Matrice de décision pour choisir un système de transmission de puissance....48
- B. Le Calcul Pondéré : Quantifier la Performance....48
- C. L'Argumentaire Technique : Justifier, c'est Convaincre....49

PARTIE II : OUTILS D'ANALYSE ET DE CALCUL POUR LE CONCEPTEUR....52

Au-delà du trait de crayon....52

L'équilibre des forces....52

La parole est au matériau....52

Concevoir juste : ni trop, ni trop peu....52

CHAPITRE 4 : APPLICATION DE LA RDM AU PRÉDIMENSIONNEMENT....53

4.1. Modélisation Statique et Identification des Pièces Sollicitées....53
- a. L'intuition du constructeur....53
- A. La Modélisation : De la Réalité au Schéma....53
- B. Le Principe d'Isolement et le Bilan des Actions....53

FIGURE 9 : RÉF. IMG (9134-9230-8966)....54

Modélisation statique d'une poutre simple sur deux appuis A et B....54
- SCÉNARIOS ET EXERCICES....54

4.2. Calculs Simplifiés de Prédimensionnement (Traction, Flexion, Torsion)....56
- a. L'intuition du concepteur....56
- A. La Traction Simple : L'Épreuve de la Corde....56
- B. La Flexion : La Poutre qui Plie....57
- C. La Torsion : L'Arbre de Transmission....57

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

FIGURE 10 : RÉF. IMG (6572-5457-9891) **59**

Visualisation des trois contraintes mécaniques principales sur des solides si 59

- b. Anecdote : Le pont de lianes du Kwilu 59

4.3. Validation des Sections et des Formes Initiales 61

- a. Le verdict de la matière 61
- A. Le Principe de Validation : La Condition de Résistance 62

FIGURE 11 : RÉF. IMG (3716-2529-1807) **64**

Comparaison de la résistance de sections pour une même quantité de matière 64

- B. L'Optimisation : Quand la Forme Dépasse la Taille 64

FIGURE 12 : RÉF. IMG (0764-3603-5355) **67**

Visualisation de la contrainte maximale dans une poutre en flexion simple 67

- Scénarios et Exercices 67
- b. L'anecdote de Papa Kanku et l'étagère de la discorde 67

CHAPITRE 5 : CHOIX DES MATÉRIAUX ET DES TRAITEMENTS THERMIQUES **71**

5.1. La Relation Matériau-Procédé-Propriété 71

- a. Le secret du forgeron de Mbanza-Ngungu 71
- A. Le triangle Matériau-Procédé-Propriété 71
- B. L'importance de l'interdépendance 72

5.2. Critères de Sélection des Matériaux et Spécification des Traitements The 74

- a. L'analogie du forgeron 74
- A. Les Critères de Sélection : Le Dialogue avec la Pièce 74
- B. La Spécification des Traitements Thermiques : Donner du Caractère au Métal 75

FIGURE 13 : RÉF. IMG (0911-6506-5057) **77**

Diagramme de sélection d'un acier pour un arbre de transmission 77

- C. SCÉNARIOS ET EXERCICES 77

5.3. Application : Justification des Choix pour un Arbre de Transmission 79

- a. Le cœur de la machine 79
- A. Analyse des Contraintes et Choix du Matériau 80

FIGURE 14 : RÉF. IMG (0917-5232-7141) **82**

Schéma des contraintes sur un arbre de transmission en rotation 82

- B. Justification des Traitements Thermiques 82

FIGURE 15 : RÉF. IMG (7555-4309-7834) **85**

Diagramme simplifié du cycle de traitement thermique pour un arbre 85

- b. L'anecdote de l'atelier de Papa Zola 85

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

CHAPITRE 6 : INTÉGRATION DES ACTIONNEURS ET DE LA COMMANDE 88

6.1. Sélection et Intégration Dimensionnelle d'un Actionneur (Moteur, Vérin) 88

- a. Du muscle pour les machines 88
- A. Le Critère de Sélection Fondamental : Le Travail à Fournir 88

FIGURE 16 : RÉF. IMG (0022-2456-6260) 90

Comparaison schématique entre un vérin pneumatique et un moteur électrique 90

- B. L'Encombrement et l'Intégration Physique 90

FIGURE 17 : RÉF. IMG (2475-4370-8848) 93

Extrait d'un catalogue technique montrant les cotes d'encombrement d'un moteur 93

- Scénarios et Exercices 93

6.2. Conception des Organes de Transmission de Puissance 95

- a. Le secret des horloges anciennes 95
- A. Les deux grandes familles de transmission 95

FIGURE 18 : RÉF. IMG (5316-7690-8676) 98

Schéma de principe d'un engrenage simple à deux roues dentées 98

- B. Calculer pour maîtriser : le rapport de transmission 98

6.3. Schématisation du Circuit de Commande 101

- a. Le langage universel des machines 101
- A. Les familles de composants et leurs symboles 101

FIGURE 19 : RÉF. IMG (6904-8182-1400) 103

Symboles normalisés pour la schématisation de circuits de commande pneumatique 103

- B. La logique de construction du schéma 103

FIGURE 20 : RÉF. IMG (2855-9809-5819) 105

Schéma d'un circuit de commande pneumatique pour un vérin simple effet 105

- Scénarios et Exercices 105
- Une panne à la minoterie de Mbuji-Mayi 105

PARTIE III : CONCEPTION DÉTAILLÉE ET DOSSIER TECHNIQUE 108

De l'esquisse à la précision 108

Le langage des mesures : cotation et tolérances 108

L'art d'assembler : dessins d'ensemble et nomenclature 108

Le passeport de l'objet : le dossier technique 108

CHAPITRE 7 : CONCEPTION POUR LA FABRICATION (DESIGN FOR MANUFACTURING) 109

7.1. Influence du Procédé d'Obtention sur la Forme de la Pièce....109
- a. Le secret du forgeron de Mbandaka....109
- A. Procédés par Enlèvement de Matière (Usinage)....109

FIGURE 21 : RÉF. IMG (9349-4785-8692)....111

Comparaison visuelle entre une pièce usinée et une pièce moulée....111
- B. Procédés par Formage de Matière (Moulage et Forgeage)....111

FIGURE 22 : RÉF. IMG (1225-4417-7588)....114

Le forgeage : déformation de la matière pour une résistance accrue....114
- b. L'anecdote de la pompe du Katanga....114

7.2. Simplification des Formes pour Faciliter l'Usinage Local....116
- a. Le paradoxe de la complexité....116
- A. Principes fondamentaux de la simplification....116

FIGURE 23 : RÉF. IMG (0660-7277-8226)....119

Comparaison entre une pièce complexe et sa version simplifiée pour l'usinage....119
- B. L'impact des formes sur les opérations d'usinage....119

7.3. Optimisation de l'Utilisation de la Matière Première....121
- a. La sagesse du tailleur et de l'ingénieur....121
- A. La Lutte contre le Copeau : Le Principe de l'Économie de Matière....122
- B. L'Imbrication Intelligente : Penser la Découpe....122

CHAPITRE 8 : CONCEPTION POUR L'ASSEMBLAGE (DESIGN FOR ASSEMBLY)....125

8.1. Réduction du Nombre de Pièces et Standardisation des Composants....125
- a. L'intelligence de la simplicité....125
- A. Le Principe de la Réduction du Nombre de Pièces....125
- B. L'Art de la Standardisation des Composants....126

FIGURE 24 : RÉF. IMG (5615-9052-6942)....128

Assemblage simplifié par intégration de fonctions en une seule pièce....128
- #### Anecdote de l'atelier de Maman Hélène à Kananga....128

8.2. Conception pour Faciliter la Manipulation et l'Insertion....130
- a. L'économie du geste....130
- A. Symétrie et Orientation....130
- B. Géométries d'Aide à l'Insertion....130

FIGURE 25 : RÉF. IMG (1527-0359-7119)....133

Comparaison entre une insertion difficile et une insertion facilitée par chan....133
- SCÉNARIOS ET EXERCICES....133

8.3. Prévision des Accessibilités pour le Montage et la Maintenance.....135
- a. La main qui ne passe pas.....135
- A. Définir les Zones d'Accès.....136

FIGURE 26 : RÉF. IMG (4175-8657-0107).....138

Analyse des zones d'accès sur un bloc moteur complexe.....138
- B. La Hiérarchie des Démontages.....138

CHAPITRE 9 : LE DESSIN DE DÉFINITION FINAL ET SES SPÉCIFICATIONS.....141

9.1. Finalisation de la Cotation Fonctionnelle.....141
- a. L'erreur du débutant et la sagesse de l'atelier.....141
- A. Le Principe de Non-Surcotation.....141

FIGURE 27 : RÉF. IMG (2765-9053-8268).....143

Comparaison entre une cotation correcte et une surcotation évidente.....143
- B. La Chaîne de Cotes et la Vérification Finale.....143

FIGURE 28 : RÉF. IMG (1168-2653-3542).....146

Schéma d'une chaîne de cotes simple pour un assemblage.....146
- b. L'anecdote de la pompe à eau de Mbandaka.....146

9.2. Spécifications Géométriques Critiques et États de Surface.....149
- a. La précision au-delà des dimensions.....149
- A. Tolérancement Géométrique : La Forme et la Position.....149
- B. États de Surface : La Signature de la Finition.....150

FIGURE 29 : RÉF. IMG (1257-6072-8070).....152

Symbole de rugosité Ra et sa signification sur un dessin technique.....152
- c. Anecdote : La leçon du pignon de Kolwezi.....152
- d. Scénarios et Exercices.....153

9.3. Finalisation des Indications de Matériaux et Traitements.....154
- a. L'âme de la pièce.....154
- A. L'Indication Normalisée des Matériaux.....154

FIGURE 30 : RÉF. IMG (1979-6064-6695).....157

Exemple de désignation normalisée d'un acier dans un cartouche de dessin.....157
- B. La Spécification des Traitements.....157

FIGURE 31 : RÉF. IMG (0587-4309-2713).....160

Indication d'un traitement de surface sur un dessin de définition d'arbre.....160
- b. Scénarios et Exercices.....160

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

CHAPITRE 10 : CONSTITUTION DU DOSSIER DE PLANS ET DE LA NOMENCLATURE.....163

10.1. Le Plan d'Ensemble Final et sa Nomenclature Détaillée.....163

- a. Le plan comme une recette de cuisine.....163
- A. Le Plan d'Ensemble : La Carte d'Identité du Mécanisme.....163

FIGURE 32 : RÉF. IMG (0148-0618-0920).....165

Exemple de Plan d'Ensemble d'un Étau de Mécano.....165

- B. La Nomenclature : L'Inventaire Précis des Composants.....165

FIGURE 33 : RÉF. IMG (2968-5808-5481).....168

Nomenclature Associée au Plan d'Ensemble de l'Étau.....168

- b. L'anecdote de Papa Mbiya à Lubumbashi.....168

10.2. Les Dessins de Définition de Chaque Pièce Spécifique.....170

- a. Le contrat de fabrication.....170
- A. La Carte d'Identité Technique.....170
- B. Les Informations Indispensables.....170

FIGURE 34 : RÉF. IMG (9898-3077-5358).....172

Anatomie d'un dessin de définition pour une bague d'épaulement.....172

- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....172

10.3. Organisation, Gestion et Indexation des Plans.....174

- a. Le chaos organisé.....174
- A. Le Principe de l'Indexation.....174
- B. Le Cartouche : Carte d'Identité du Plan.....175

FIGURE 35 : RÉF. IMG (6346-5595-4727).....177

Anatomie d'un cartouche de plan industriel bien indexé.....177

- C. La Codification : Le Langage Secret de l'Entreprise.....177

FIGURE 36 : RÉF. IMG (2017-2495-4199).....180

Arborescence d'un dossier de plans pour un projet de pompe hydraulique.....180

- Scénarios et Exercices.....180

PARTIE IV : MISE EN ŒUVRE DU PROJET DE FIN D'ÉTUDES.....183

De la planche à dessin à l'établi.....183

L'art de la planification : la gamme d'usinage.....183

La sécurité : premier outil de l'atelier.....183

Le rapport de projet : la mémoire de l'œuvre.....183

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

CHAPITRE 11 : LE PROJET DE MODIFICATION OU D'AMÉLIORATION.....184

11.1. Analyse Critique de l'Existant et Identification des Axes d'Amélioration.....184

- a. L'œil de l'ingénieur.....184
- A. La Démarche d'Analyse Fonctionnelle de l'Existant.....184

FIGURE 37 : RÉF. IMG (3095-1503-4595).....186

Analyse critique d'une pompe à eau manuelle pour l'améliorer.....186

- B. L'Identification des Points Faibles et des Opportunités.....186

11.2. Conception et Dessin de la Solution Modifiée.....189

- a. L'idée prend forme.....189
- A. La Conception : Du Brainstorming au Croquis Coté.....189

FIGURE 38 : RÉF. IMG (8467-0488-8211).....191

Du croquis à main levée au dessin de définition normé.....191

- B. Le Dessin de Définition : Le Langage Universel du Mécanicien.....191

FIGURE 39 : RÉF. IMG (9695-8998-4006).....194

Vue éclatée montrant l'intégration de la nouvelle pièce modifiée.....194

- a. L'anecdote de l'ingéniosité du Kwilu.....194

11.3. Rédaction d'une Note Justificative des Modifications.....196

- a. Le poids des mots et des choix techniques.....196
- A. Le Triptyque : Identifier, Argumenter, Évaluer.....196

FIGURE 40 : RÉF. IMG (9271-1139-1295).....199

Vue éclatée d'un réducteur avec une pièce modifiée en surbrillance.....199

- B. Le Formalisme de la Note.....199

FIGURE 41 : RÉF. IMG (4553-5800-3740).....201

Modèle de structure d'une note de justification des modifications.....201

- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....201

CHAPITRE 12 : LE PROJET DE CONCEPTION COMPLÈTE.....204

12.1. Interprétation du Cahier des Charges et Recherche de Concepts.....204

- a. La naissance d'une idée technique.....204
- A. La dissection du Cahier des Charges Fonctionnel (CdCF).....204
- B. La recherche de solutions techniques.....204

FIGURE 42 : RÉF. IMG (1176-8600-7007).....207

Diagramme FAST : de la fonction de service à la solution technique.....207

- C. La validation du concept.....207

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

12.2. Phase de Conception Détaillée et Calculs Justificatifs....209
- a. La précision comme seul langage....209
- A. La Conception Détaillée : Donner corps au projet....210

FIGURE 43 : RÉF. IMG (6909-3520-0324)....212

De l'esquisse à la pièce finie : le parcours de la précision....212
- B. Les Calculs Justificatifs : Prouver que ça va tenir....212

12.3. Réalisation du Dossier Technique Complet....215
- a. L'importance capitale du dossier technique....215
- A. Les Piliers du Dossier Technique....215
- B. Le Dessin d'Ensemble : La Vision Globale....215

FIGURE 44 : RÉF. IMG (2962-9214-2497)....217

Exemple de dessin d'ensemble d'un système poulie-courroie....217
- C. Le Dessin de Définition : L'ADN de la Pièce....217

FIGURE 45 : RÉF. IMG (0972-1865-9025)....219

Exemple de dessin de définition pour l'axe de la poulie....219
- SCÉNARIOS ET EXERCICES....219

CHAPITRE 13 : PRÉPARATION DE LA SOUTENANCE DU PROJET....222

13.1. Structuration de la Présentation Orale....222
- a. L'art de convaincre....222
- A. L'Introduction : La Capture d'Attention (Les 2 premières minutes)....222
- B. Le Développement : La Démonstration Technique....222

FIGURE 46 : RÉF. IMG (7341-5532-6224)....224

Structure schématique d'une présentation orale de projet technique....224

FIGURE 47 : RÉF. IMG (7129-0473-6334)....226

Exemple de diapositive efficace pour une présentation de projet mécanique....226
- C. La Conclusion : La Synthèse et l'Ouverture....226

13.2. Préparation des Supports Visuels (Plans, Schémas, 3D)....229
- a. L'importance de la communication visuelle....229
- A. La hiérarchie des supports visuels....229
- B. Les règles d'or de la lisibilité....230

FIGURE 48 : RÉF. IMG (1915-3353-6383)....231

Vue éclatée d'un réducteur à engrenages avec nomenclature claire....231
- SCÉNARIOS ET EXERCICES....231

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

13.3. Anticipation des Questions Techniques du Jury....233
- a. Préparer ses réponses....233
- A. Les Questions sur la Conception (Le "Quoi" et le "Pourquoi")....233
- B. Les Questions sur la Réalisation et la Faisabilité (Le "Comment")....234

FIGURE 49 : RÉF. IMG (3554-2191-6883)....236

Anatomie d'un arbre de transmission questionné par le jury....236
- C. Les Questions sur l'Optimisation (Le "Et si ?")....236

13.4. Techniques de Communication pour Justifier ses Choix....238
- a. La force tranquille du savoir....238
- A. La méthode C.A.C. : Contexte, Avantage, Conclusion....239
- B. Anticiper les objections du jury....239

ANNEXES....242

Canevas de Cahier des Charges Fonctionnel....242
- A. Présentation Générale du Projet....242
- B. Analyse Fonctionnelle du Besoin (Méthode APTE)....242
- C. Caractérisation des Fonctions....243
- D. Expression des Contraintes Non Fonctionnelles....244

Guide de Rédaction du Rapport de Projet....245
- A. Structure Canonique du Rapport de Projet....245
- B. Contenu Détaillé des Sections Clés....246
- C. Normes de Présentation et de Référencement....248

Check-list de Vérification des Plans....249
- A. Conformité Générale et Cartouche....249
- B. Géométrie et Représentation des Vues....249
- C. Cotation (Dimensionnelle et Géométrique)....250
- D. Spécifications et Tolérancement....251
- E. Nomenclature (pour les dessins d'ensemble)....252

PRÉLIMINAIRES

Objectifs Pédagogiques du Cours

1.1. Consolidation des Normes de Représentation

La maîtrise complète des conventions du dessin technique constitue l'objectif premier. L'enseignement assure l'application rigoureuse des normes internationales (ISO), notamment pour la représentation des coupes, des sections, des filetages et des tolérances géométriques. L'autonomie dans la lecture de plans d'ensemble complexes, comme ceux d'un réducteur de vitesse assemblé à l'usine de Maluku, est la compétence attendue.

1.2. Développement de l'Analyse Fonctionnelle

Le programme cultive la capacité d'analyse systémique des mécanismes. L'élève doit pouvoir identifier les liaisons cinématiques, interpréter les chaînes de cotes fonctionnelles et justifier les choix technologiques d'un constructeur. Cette compétence est essentielle à la conception comme à la maintenance préventive sur un site minier du Katanga.

2.1. Acquisition de la Rigueur Méthodologique

Le dessin industriel impose une discipline intellectuelle et opératoire. La précision du trait, le respect scrupuleux des échelles et la propreté des documents graphiques sont des compétences fondamentales évaluées. Cette rigueur prépare l'élève aux exigences de la documentation technique en milieu professionnel.

2.2. Préparation à l'Examen d'État

Un objectif pragmatique est la préparation ciblée aux épreuves de l'Examen d'État (EXETAT). La structure du cours et la typologie des exercices sont alignées sur le programme national. La résolution de problèmes de synthèse, calqués sur le format des épreuves antérieures, garantit une préparation optimale. La réussite de l'élève est la finalité de cet enseignement.

Approche Didactique et Méthodologique

Cet ouvrage adopte une approche résolument pragmatique, alignée sur les réalités du métier de technicien. La compétence en dessin industriel ne se

résume pas à une simple maîtrise des outils graphiques. Elle est avant tout une capacité à traduire une fonction mécanique en une représentation normalisée, non ambiguë et universellement compréhensible.

1. Postulat Pédagogique Fondamental

La structure de l'ouvrage s'articule autour d'une pédagogie par problème. Chaque concept théorique est introduit par une situation mécanique concrète, un défi technique simple. Cette méthode ancre l'apprentissage dans le réel et stimule la réflexion de l'élève. L'abstraction des normes et des conventions graphiques devient alors la solution à un problème tangible, non une contrainte arbitraire.

2. Démarche Didactique Progressive

Le parcours pédagogique suit une séquence logique en trois temps : observation, analyse, représentation. L'élève observe d'abord une pièce ou un mécanisme simple. Ensuite, il en analyse la fonction, les formes et les contraintes. Enfin, il produit la représentation graphique normalisée correspondante. Cette démarche itérative, de la pièce finie au plan, inverse le processus de fabrication pour mieux en assimiler la logique de conception.

3. Finalité : L'autonomie Normative

L'objectif ultime est de développer chez l'élève une autonomie complète face aux standards du dessin technique. La maîtrise des normes ISO n'est pas une fin en soi ; elle est l'outil qui garantit la fabricabilité et l'interchangeabilité des pièces, de Matadi à Bunia. Les exercices préparent l'élève à lire, interpréter et créer des plans conformes, une compétence essentielle pour la réussite à l'Examen d'État et pour son intégration professionnelle.

Contexte Industriel et Évaluation

1. Positionnement de la discipline dans le tissu industriel

La finalité du cours de Projet de Construction Mécanique dépasse le cadre de la simple exécution graphique. L'objectif est de former des techniciens capables de répondre aux sollicitations concrètes du secteur industriel congolais, qu'il soit minier au Katanga, agro-industriel au Kongo Central ou manufacturier à Kinshasa. Chaque projet doit être appréhendé comme une réponse à un cahier des charges fonctionnel, intégrant des contraintes de fabrication, de matériaux et de coûts.

Cette approche pragmatique impose de relier systématiquement les concepts théoriques aux réalités de l'atelier. La conception d'une pièce n'a de valeur que si sa réalisation est techniquement et économiquement viable. L'enseignement doit donc insister sur la faisabilité des solutions proposées par l'élève, le préparant ainsi à devenir un collaborateur efficace et non un simple dessinateur.

2. Grille d'évaluation et compétences visées

L'évaluation des travaux doit refléter cette orientation professionnelle. Elle ne peut se limiter à la conformité du dessin aux normes de représentation. Une grille d'évaluation pertinente doit pondérer plusieurs compétences clés. Premièrement, la capacité d'analyse du problème technique posé. Deuxièmement, la pertinence de la solution mécanique imaginée. Troisièmement, la maîtrise du langage graphique normalisé (ISO) pour communiquer sans ambiguïté la solution.

L'enseignant évaluera donc l'aptitude de l'élève à justifier ses choix de conception, à anticiper les procédés d'usinage et à estimer l'impact de ses décisions sur le coût final. La note sanctionne un projet dans sa globalité : de l'intelligence de la conception à la rigueur de sa formalisation graphique.

Partie I : Méthodologie du Projet en Construction Mécanique

a. De l'idée à l'objet

Un projet de construction mécanique commence toujours par une idée simple. Quelqu'un, quelque part, a un besoin. Transformer ce besoin en un objet fonctionnel est le but du technicien. Cette transformation n'est pas magique. Elle suit une méthode, une série d'étapes logiques et rigoureuses. De la pompe à eau pour un champ à Mbandaka à la nouvelle charrue pour un cultivateur du Kasaï, le processus est le même.

b. Le plan : la carte du projet

Avant de tracer la moindre ligne, le technicien doit comprendre la demande. Cette demande est formalisée dans un document essentiel : le cahier des charges fonctionnel. Il agit comme un contrat entre le client et le concepteur. Ce document décrit précisément ce que la pièce doit faire, ses contraintes et ses performances attendues. Sans lui, le projet navigue à vue, comme une pirogue sans pagaie sur le fleuve Congo.

c. Le dessin : le langage universel du technicien

Les idées et les calculs prennent forme grâce au dessin technique. Ce n'est pas un simple croquis artistique. C'est un langage codifié, précis, compris par tous les techniciens du monde, de Lubumbashi à Tokyo. Chaque trait, chaque cotation, chaque symbole a une signification unique. Il communique sans ambiguïté les formes, les dimensions et les tolérances de la pièce à fabriquer pour l'atelier.

d. La méthode : une chaîne logique d'actions

Un projet réussi est le fruit d'une méthode structurée. Cette méthode organise le travail en phases claires : l'analyse du besoin, la conception, la définition du produit, et enfin sa réalisation. Chaque phase produit des documents qui permettent de passer à la suivante. De l'étude de faisabilité à la validation du prototype à Boma, chaque étape est un maillon essentiel de la chaîne de construction.

Chapitre 1 : Introduction au Bureau d'Études : De l'Idée au Plan

1.1. Le Rôle du Technicien Concepteur et les Phases d'un Projet

a. De l'idée à la matière

Un des faits les plus impressionnants en ingénierie est la matérialisation d'une idée. Un pont reliant deux rives à Mbandaka, une nouvelle machine pour décortiquer le maïs à Mbuji-Mayi : tout commence par un besoin, une vision dans l'esprit d'un technicien.

Ce passage du concept abstrait à l'objet physique n'est pas magique. Il suit un chemin rigoureux, une méthode précise orchestrée au sein d'un bureau d'études. Le technicien concepteur est le maître d'œuvre de cette transformation.

A. Le Technicien Concepteur : Le Cerveau du Projet

Le technicien concepteur est le traducteur technique des besoins. Sa mission principale est de transformer une demande, souvent floue, en un ensemble de solutions techniques réalisables. Il est le pont entre le client et l'atelier de fabrication.

Ses responsabilités fondamentales sont :

- Analyser le besoin client, formalisé dans un document appelé "cahier des charges fonctionnel" (CdCF).
- Proposer une ou plusieurs solutions techniques répondant à ce besoin.
- Modéliser la solution retenue en utilisant des logiciels de Conception Assistée par Ordinateur (CAO).
- Choisir les matériaux, les procédés de fabrication et les composants standards (vis, roulements…).
- Produire les plans techniques (plan d'ensemble, plans de définition) nécessaires à la fabrication.

Figure 1 : Réf. IMG (2285-5739-7708)

Le poste de travail du technicien concepteur au bureau d'études.

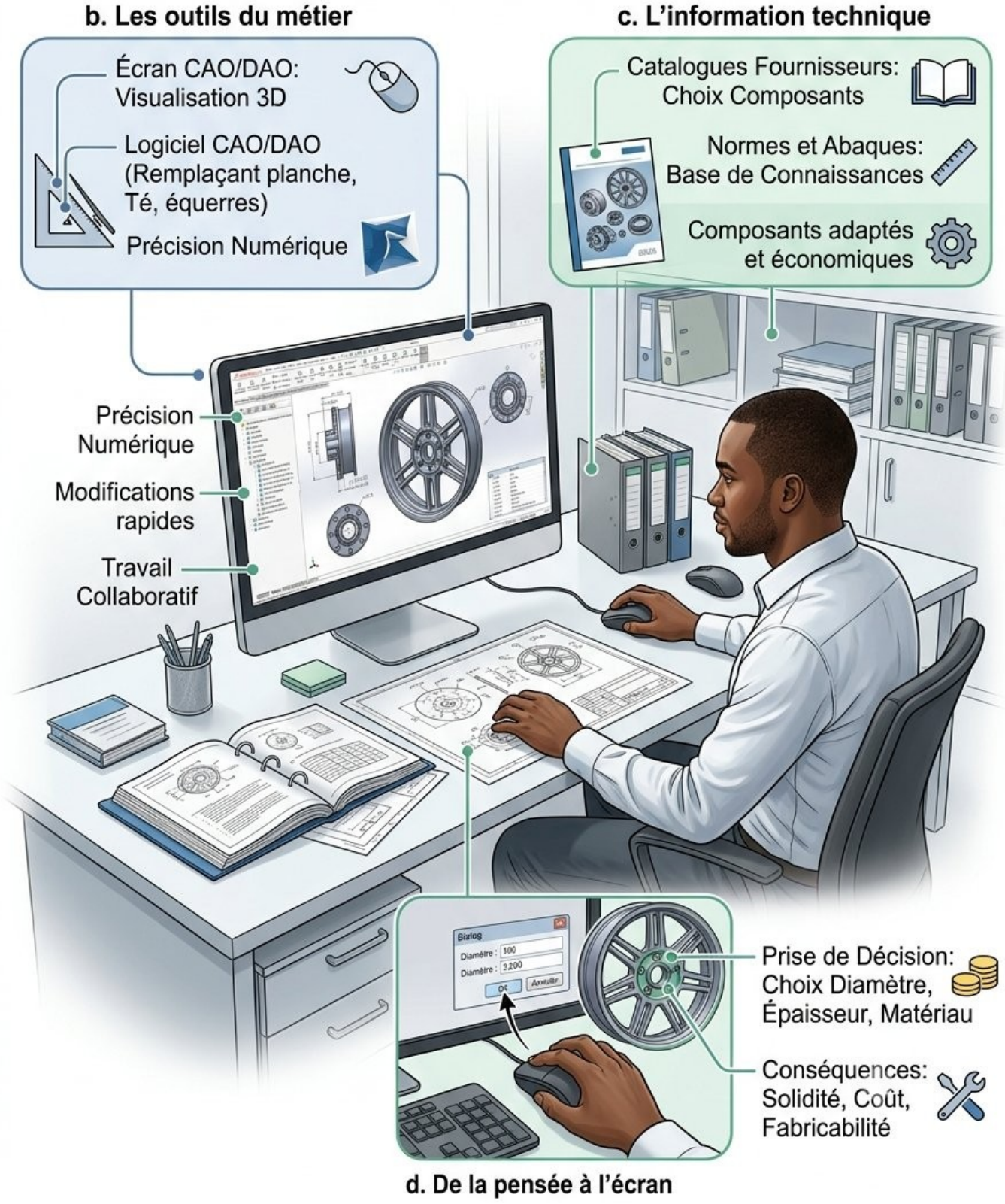


Figure 1 : Réf. IMG (2285-5739-7708)

Le poste de travail du technicien concepteur au bureau d'études.

a. Le centre de contrôle

L'écran d'ordinateur est sa fenêtre principale. Il affiche une pièce mécanique en 3D, permettant de la visualiser sous tous les angles avant même sa fabrication. À côté, des plans 2D et des documents techniques sont consultés.

b. Les outils du métier

Le logiciel de CAO/DAO (Dessin Assisté par Ordinateur) est son outil majeur. Il remplace la planche à dessin traditionnelle, le Té et les équerres. La précision devient numérique, le travail collaboratif est simplifié et les modifications sont rapides.

c. L'information technique

Autour de lui se trouvent des catalogues de fournisseurs, des normes et des abaques. Le technicien ne réinvente pas tout. Il s'appuie sur une immense base de connaissances pour choisir les composants les plus adaptés et économiques.

d. De la pensée à l'écran

Chaque clic, chaque ligne tracée sur l'écran est une décision. Le choix d'un diamètre, d'une épaisseur ou d'un matériau a des conséquences directes sur la solidité, le coût et la fabricabilité de la pièce.

B. Les 5 Phases Clés d'un Projet Mécanique

Un projet ne se déroule pas au hasard. Il suit une séquence logique pour minimiser les erreurs, maîtriser les coûts et garantir le résultat.

1. **L'Avant-Projet Sommaire (APS)** : C'est la phase de "débroussaillage". Le technicien explore plusieurs concepts, réalise des schémas de principe et évalue la faisabilité générale de chaque solution. L'objectif est de répondre à la question : "Est-ce possible et à quel prix approximatif ?".

2. **L'Avant-Projet Détaillé (APD)** : Une solution de l'APS est choisie. Le technicien la développe. Il dimensionne les éléments principaux, choisit les technologies majeures et réalise des dessins plus précis. Le projet prend forme.

3. **Le Projet (PRO)** : C'est la phase finale de la conception. Tous les détails sont fixés. Le technicien produit le "dossier de fabrication" complet. Ce dossier contient tous les plans de définition de chaque pièce et le plan d'ensemble montrant l'assemblage.

4. **La Réalisation (REA)** : Le dossier passe de la conception (bureau d'études) à la production (atelier). Les pièces sont fabriquées, assemblées et montées selon les plans fournis par le technicien.

5. **La Validation et la Vie Série** : Le premier exemplaire fabriqué (prototype) est testé. Si les tests sont concluants, la production en série peut commencer. Le rôle du technicien peut continuer pour optimiser le produit au fil du temps.

Figure 2 : Réf. IMG (5437-9966-8785)

Schéma simplifié des cinq phases d'un projet de construction mécanique

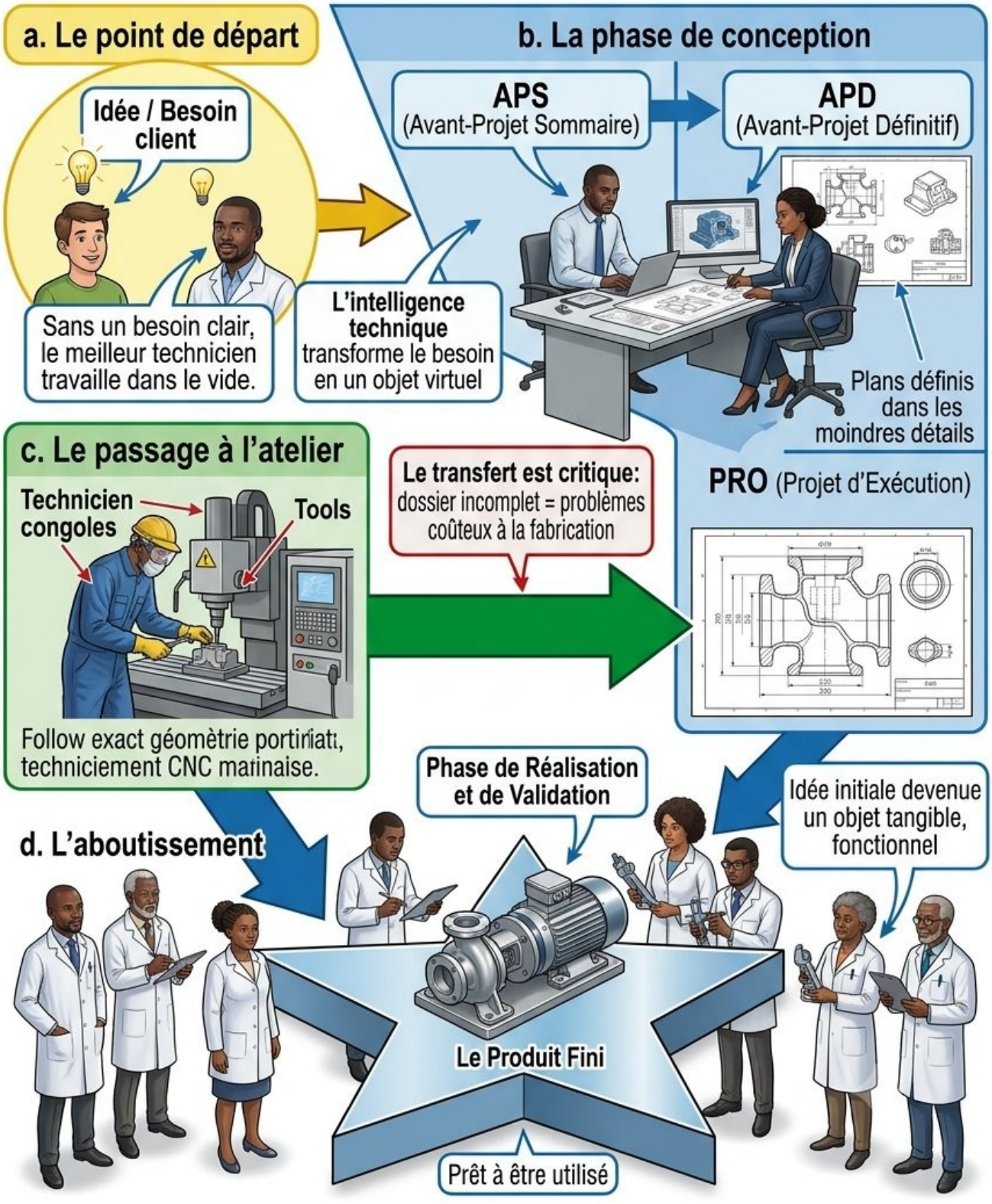


Figure 2 : Réf. IMG (5437-9966-8785)

Schéma simplifié des cinq phases d'un projet de construction mécanique.

a. Le point de départ

Tout projet naît d'une "Idée" ou d'un "Besoin" client. Cette étincelle initiale est le carburant de tout le processus. Sans un besoin clair, le meilleur technicien travaille dans le vide.

b. La phase de conception

Les étapes APS, APD et PRO constituent le cœur du travail au bureau d'études. C'est ici que l'intelligence technique transforme le besoin en un objet virtuel, défini dans les moindres détails sur les plans.

c. Le passage à l'atelier

Une flèche claire relie la phase PRO à la phase REA (Réalisation). Ce "transfert" est critique. Un dossier de plans incomplet ou erroné entraîne inévitablement des problèmes coûteux lors de la fabrication à l'atelier.

d. L'aboutissement

La phase de Réalisation et de Validation donne naissance au "Produit Fini". C'est la concrétisation de tout le travail de conception. L'idée initiale est devenue un objet tangible, fonctionnel et prêt à être utilisé.

■ ■ ■

Scénarios et Exercices

L'oncle de Masika, qui tient un petit atelier de menuiserie à Kananga, se plaint tout le temps. Sa vieille scie circulaire est imprécise et dangereuse. Il a économisé un peu d'argent pour en construire une nouvelle, plus moderne. Il a une idée générale de ce qu'il veut : une table plus grande, un guide de coupe rigide et un système pour aspirer la sciure. Il a fait quelques croquis sur un bout de carton et veut commencer à souder des profilés dès le week-end prochain. Masika, qui étudie la mécanique, lui explique que son enthousiasme est bon, mais que se lancer sans un vrai plan est la recette pour le désastre. Un bon projet, même petit, a besoin de phases, comme un voyage bien préparé.

Exercice 1 : La nouvelle pompe à eau pour le village de Lisala

Énoncé : Le chef du village de Lisala, dans la province de la Mongala, vous contacte. La pompe à eau manuelle actuelle, installée il y a dix ans, tombe constamment en panne. Il veut une nouvelle pompe, plus robuste et facile à entretenir par les villageois. En tant que technicien concepteur, quelles sont les deux toutes premières actions que vous menez ?

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Analyser le besoin (Cahier des Charges)** La première action est de rencontrer le chef et les utilisateurs pour définir précisément le besoin. Il faut poser des questions : Quelle est la profondeur du puits ? Quel débit d'eau est souhaité ? Quelles sont les pannes les plus fréquentes sur l'ancienne pompe ? Quels outils de réparation sont disponibles au village ? Ces informations constituent la base du cahier des charges.

2. **Étape 2 : Lancer l'Avant-Projet Sommaire (APS)** Avec les informations du cahier des charges, l'étape suivante consiste à esquisser plusieurs solutions possibles (une pompe à piston, une pompe à corde, une pompe à membrane…). Pour chaque solution, on réalise un schéma simple et une estimation très grossière du coût et de la complexité. Cela permet de présenter plusieurs options au chef du village.

Exercice 2 : Le support de moteur pour la génératrice de l'hôpital de Goma

Énoncé : Un technicien a terminé la conception d'un nouveau support anti-vibrations pour la grosse génératrice de l'hôpital de Goma. Son projet est arrivé à la fin de la phase "PRO". Il doit maintenant transmettre le dossier au chef d'atelier pour que la fabrication commence. Quels sont les 3 documents techniques essentiels qu'il doit absolument fournir ?

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Identifier les livrables de la phase PRO** La phase "Projet" (PRO) se conclut par la livraison du dossier de fabrication complet. Ce dossier doit permettre à l'atelier de construire la pièce sans avoir à poser de questions au concepteur.

2. **Étape 2 : Lister les documents du dossier de fabrication** Les trois documents indispensables sont :

- Le **plan d'ensemble**, qui montre comment toutes les pièces du support s'assemblent entre elles et comment le moteur se fixe dessus.
- Les **plans de définition** de chaque pièce à fabriquer. Chaque plan détaille une seule pièce avec toutes ses cotes, tolérances et spécifications de matériau.
- La **nomenclature**, qui est la liste complète de toutes les pièces du projet (celles à fabriquer et celles à acheter comme les vis, les écrous, les silentblocs).

1.2. Les Outils du Concepteur : Normes, Catalogues et Logiciels

a. Le point de départ indispensable

Pendant la construction du chemin de fer Matadi-Kinshasa, les ingénieurs ont fait face à un défi majeur. Les rails, les boulons et les traverses venaient de différents fournisseurs et devaient s'assembler parfaitement au millimètre près. Sans un langage technique commun, le projet aurait été un échec coûteux.

Ce "langage commun" est le fruit de la normalisation. Elle garantit que la vis fabriquée à Boma s'ajuste parfaitement dans le trou taraudé d'une pièce usinée à Goma. C'est le fondement de la mécanique industrielle moderne, assurant l'interchangeabilité et la qualité.

A. La Normalisation : Le Langage Universel de la Mécanique

Une norme est un document technique de référence. Il définit des spécifications précises pour un produit, un procédé ou un service. L'Organisation Internationale de Normalisation (ISO) est l'entité la plus connue qui publie ces standards mondiaux.

Respecter une norme assure la compatibilité, la sécurité et la performance des composants. Un dessin technique qui suit la norme ISO est ainsi lisible et compréhensible par un technicien à Mbandaka comme par un ingénieur à Mbuji-Mayi. Les normes couvrent tout : les dimensions des vis, la qualité des aciers, les symboles de tolérances géométriques ou la représentation des soudures.

B. Catalogues Fournisseurs et Logiciels : La Boîte à Outils Moderne

Rarement, un concepteur réinvente chaque pièce. Il utilise des composants standards disponibles sur le marché. Les catalogues fournisseurs sont des recueils de ces composants. Un bureau d'études y choisit des roulements, des moteurs, des vérins ou de la visserie déjà fabriqués. Cela permet un gain de temps énorme et une réduction des coûts de production.

Parallèlement, les logiciels de Conception et de Dessin Assistés par Ordinateur (CAO/DAO) sont les outils de création. Des programmes comme AutoCAD, SolidWorks ou CATIA permettent de dessiner des plans en 2D et de modéliser des objets en 3D avec une précision absolue. Ils simulent aussi le fonctionnement des mécanismes avant même leur fabrication.

Figure 3 : Réf. IMG (0710-6336-0612)

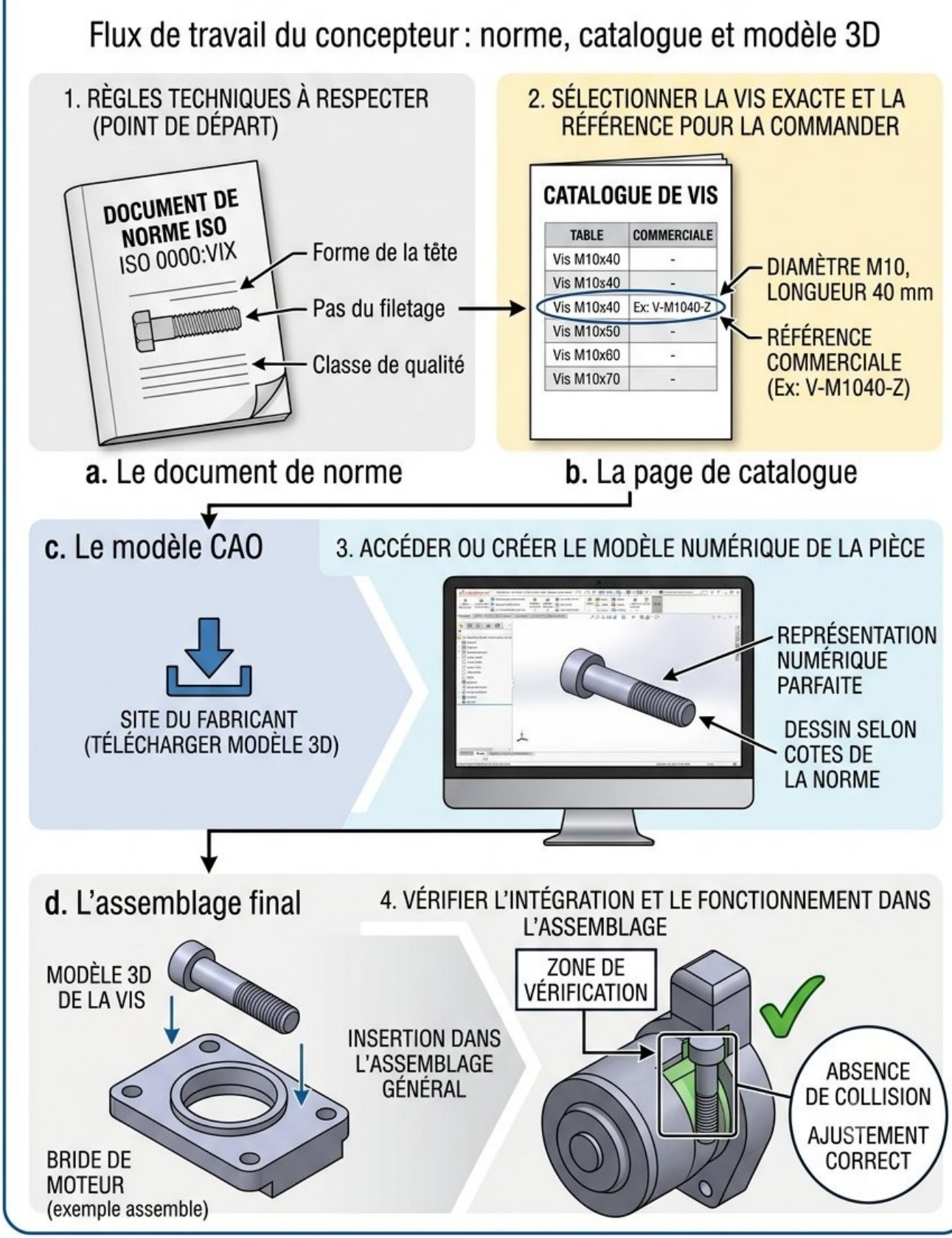


Figure 3 : Réf. IMG (0710-6336-0612)

Flux de travail du concepteur: norme, catalogue et modèle 3D

a. Le document de norme

Ce document (ici, une norme ISO fictive pour une vis) est le point de départ. Il contient toutes les règles : la forme de la tête, le pas du filetage, la classe de qualité du matériau. C'est la loi technique à respecter.

b. La page de catalogue

Le fabricant de vis crée un catalogue basé sur cette norme. Le concepteur y trouve la vis exacte dont il a besoin, avec ses dimensions (diamètre M10, longueur 40 mm) et sa référence commerciale pour la commander.

c. Le modèle CAO

Avec la référence, le concepteur télécharge le modèle 3D de la vis depuis le site du fabricant. Il peut aussi le dessiner lui-même dans son logiciel en suivant les cotes de la norme. Ce modèle est une représentation numérique parfaite de la pièce réelle.

d. L'assemblage final

Le modèle 3D de la vis est inséré dans l'assemblage général (par exemple, une bride de moteur). Le logiciel vérifie que la vis s'intègre correctement, sans collision avec les autres pièces.

C. Le Lien Indissociable entre les Outils

Ces trois outils fonctionnent en synergie. La norme définit la règle. Le catalogue propose des solutions conformes à cette règle. Le logiciel de CAO permet d'intégrer ces solutions dans un projet numérique. Un bon concepteur ne maîtrise pas seulement le dessin, mais il sait naviguer avec aisance entre ces trois ressources. Sa performance dépend de sa capacité à trouver rapidement la bonne information et le bon composant.

Scénarios et Exercices

a. L'anecdote de l'atelier de Mbutu à Kananga

Mbutu, un excellent soudeur et ajusteur de Kananga au Kasaï, avait obtenu un contrat pour réparer un concasseur de la cimenterie locale. Une dizaine de gros boulons étaient cisaillés. Fier de son savoir-faire, il décida de les refabriquer lui-même à l'identique dans son tour. Deux jours plus tard, il livra des pièces magnifiques. La machine redémarra, mais après une heure, les nouveaux boulons cédèrent brutalement. Le client était furieux.

Un vieil ingénieur de l'usine lui expliqua son erreur. Les boulons d'origine n'étaient pas juste des cylindres filetés. Ils suivaient une norme (ISO 898-1) qui imposait une "classe de qualité" 10.9, un acier traité thermiquement pour résister à d'énormes efforts. Les boulons de Mbutu, faits en acier doux ordinaire, ne pouvaient pas supporter la charge. Mbutu comprit ce jour-là qu'une norme n'est pas une contrainte, mais une garantie de sécurité et de performance.

Exercice 1 : Le choix de la vis de Fiston

Énoncé : Fiston, élève en 4ème Mécanique à Bukavu, travaille sur le plan d'un bâti de machine. Le plan indique qu'il doit fixer une plaque avec une vis définie par la désignation : **Vis H, M8-60 - ISO 4017 - 8.8**. Il doit trouver la référence exacte dans le catalogue d'un fournisseur.

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Décoder la désignation normalisée** Le code fournit toutes les informations nécessaires.
   - **Vis H :** Vis à tête hexagonale.
   - **M8 :** Filetage métrique de diamètre nominal 8 mm.
   - **60 :** Longueur sous tête de 60 mm.
   - **ISO 4017 :** Norme internationale qui définit les caractéristiques géométriques de cette vis.
   - **8.8 :** Classe de qualité de l'acier, indiquant une haute résistance.
2. **Étape 2 : Consulter le catalogue fournisseur** Fiston ouvre le catalogue (papier ou en ligne) et cherche la section correspondant aux vis à tête hexagonale conformes à la norme ISO 4017.

3. **Étape 3 : Sélectionner la bonne référence** Dans le tableau, il cherche la ligne correspondant au diamètre **M8**. Ensuite, il se déplace sur cette ligne jusqu'à la colonne pour la longueur **60 mm**. Il vérifie que la classe de qualité **8.8** est disponible pour cette dimension. Il note alors la référence article unique du fournisseur pour passer commande.

Exercice 2 : La conception du support de Bibiche

Énoncé : Bibiche, étudiante à Gbadolite, doit modéliser un support métallique simple en forme de "L" sur un logiciel de CAO. Le support doit avoir une épaisseur de 5 mm.

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Créer une nouvelle pièce et une esquisse 2D** Elle lance le logiciel de CAO et crée un nouveau fichier "Pièce". Elle sélectionne un plan de face (par exemple, le plan XY) et ouvre l'outil "Esquisse".
2. **Étape 2 : Dessiner le profil et le coter** Avec l'outil "Ligne", elle dessine la forme d'un "L". Ensuite, avec l'outil "Cotation intelligente", elle applique les dimensions requises : par exemple, 80 mm pour la hauteur et 50 mm pour la largeur de la base. L'esquisse est maintenant entièrement contrainte.
3. **Étape 3 : Extruder pour créer le volume** Elle quitte l'esquisse et sélectionne la fonction "Base/Bossage extrudé". Dans les options, elle entre une épaisseur de **5 mm**. Le logiciel transforme instantanément son profil 2D en un objet 3D solide.
4. **Étape 4 : Ajouter des détails fonctionnels** Pour finir, elle utilise la fonction "Assistant pour le perçage" pour créer des trous. Elle choisit un type de trou normalisé (par exemple, un trou lisse pour une vis M6) et le positionne précisément sur les faces de son support. La pièce est prête à être enregistrée.

1.3. L'Importance de la Veille Technologique

a. L'avertissement du fleuve Congo

Même si le meilleur mécanicien de Mbandaka connaît par cœur les moteurs des années 90, sa réputation est en danger. Un jour, un nouveau modèle de véhicule, importé depuis Matadi, arrive avec une technologie qu'il n'a jamais vue. Son savoir-faire, autrefois une force, devient instantanément une faiblesse.

Cette situation illustre parfaitement la veille technologique. C'est l'art de rester informé, de surveiller les innovations pour ne pas être dépassé par les événements. Pour un technicien, ignorer l'évolution, c'est comme construire sa pirogue en sachant que le fleuve va bientôt changer de cours.

A. Définition et Objectifs

La veille technologique est un processus continu de surveillance. Elle consiste à collecter, analyser et diffuser des informations sur les innovations techniques et scientifiques. L'objectif principal est d'anticiper les évolutions pour rester compétitif et performant. Un bureau d'études utilise la veille pour prendre les bonnes décisions.

Les buts principaux de cette surveillance sont clairs :

- **Anticiper les menaces :** Une nouvelle machine moins chère ou un nouveau procédé plus efficace peut rendre une technologie existante obsolète.
- **Saisir les opportunités :** Un nouveau matériau découvert peut améliorer radicalement la qualité ou réduire le coût d'un produit.
- **Innover :** Connaître ce que font les autres entreprises stimule la créativité et permet de développer des solutions originales.
- **Éviter les erreurs :** Apprendre des échecs technologiques des concurrents permet de gagner du temps et de l'argent.

B. Les Sources d'Information

Une veille efficace repose sur la diversification des sources. Se limiter à une seule source d'information est une erreur stratégique. Un technicien concepteur à Kisangani ou à Mbuji-Mayi doit combiner plusieurs canaux pour obtenir une vision complète du paysage technologique.

Les sources d'information les plus courantes sont :