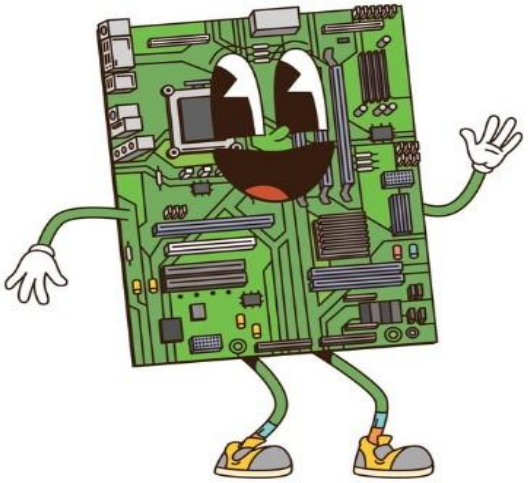
Dessin électronique

3è Année

Option

ÉLECTRONIQUE



CONFORME AU PROGRAMME NATIONAL

EDITION 2025



TABLE DES MATIÈRES

PRÉLIMINAIRES **1**

1. Objectifs Généraux du Cours 1
   - 1.1. Maîtrise des conventions graphiques 1
   - 1.2. Traduction fonctionnelle et structurelle 1
   - 1.3. Analyse et conception de systèmes complexes 1

2. Compétences Visées 1
   - 2.1. Maîtrise des normes et de l'interprétation schématique 1
   - 2.2. Capacité de conception et de documentation 2
   - 2.3. Compétence en conception de circuits imprimés (PCB) 2

3. Approche Pédagogique 2
   - 3.1. Du Concept à la Symbolisation 2
   - 3.2. Structuration par Blocs Logiques 2
   - 3.3. Finalité Opérationnelle et Évaluation 3

PREMIÈRE PARTIE : MÉTHODOLOGIE DU DESSIN D'AMPLIFICATION AUDIOFRÉQUENCE (BF) **4**

Du signal faible au son puissant 4

Le transistor, chef d'orchestre de l'amplification 4

La polarisation, un réglage de précision 4

Du schéma à la pratique : les classes d'amplification 4

CHAPITRE 1 : DOSSIER TECHNIQUE D'UN PRÉAMPLIFICATEUR DE TENSION **5**

1.1. Le schéma de principe détaillé 5
   - a. Le langage universel de l'électronicien 5
   - A. Définition et Rôle du Schéma de Principe 5
   - B. Les Éléments Indispensables 5

FIGURE 1 : RÉF. IMG (5640-0928-7281) **8**

Schéma de principe d'un préamplificateur à transistor bipolaire en émetteur c 8

FIGURE 2 : RÉF. IMG (0620-9197-2134) **10**

Schéma de préamplificateur non-inverseur à amplificateur opérationnel (AOP) 10

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- C. Du Schéma de Principe au Schéma d'Implantation.....10

1.2. Le plan d'implantation des composants.....12

- a. La carte au trésor de l'électronicien.....12
- A. Définition et Utilité du Plan.....13

FIGURE 3 : RÉF. IMG (3942-7275-3754).....15

Comparaison entre un plan d'implantation clair et un plan surchargé.....15

- B. Les Éléments Clés d'un Plan d'Implantation.....15

FIGURE 4 : RÉF. IMG (0159-4123-6004).....17

Zoom sur le marquage de polarité et d'orientation des composants.....17

- b. L'anecdote de Papa Mboma.....17

1.3. Le calcul et la détermination des éléments.....19

- a. L'art du dimensionnement.....19
- A. La polarisation du transistor : Le Point de Repos (Q).....19

FIGURE 5 : RÉF. IMG (6000-7193-5282).....20

Schéma de polarisation d'un transistor NPN en émetteur commun.....20

- B. Le calcul du gain et des condensateurs.....20

1.4. L'établissement de la nomenclature.....23

- a. La liste de courses du technicien.....23
- A. Définition et Rôle.....23

FIGURE 6 : RÉF. IMG (8045-9036-3368).....24

Exemple d'une nomenclature incomplète et source d'erreurs de montage.....24

- B. Les colonnes indispensables d'une nomenclature.....24

FIGURE 7 : RÉF. IMG (0071-1619-8015).....27

Nomenclature standardisée pour un préamplificateur BF simple et efficace.....27

- C. Méthodologie de création.....27

CHAPITRE 2 : REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DES DROITES DE CHARGE.....30

2.1. Rappel sur le réseau de caractéristiques.....30

- a. La carte d'identité du transistor.....30
- A. Le réseau de caractéristiques d'entrée.....30

FIGURE 8 : RÉF. IMG (2723-9003-2974).....32

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

Réseau de caractéristiques d'entrée d'un transistor bipolaire NPN.....32
- B. Le réseau de caractéristiques de sortie.....32

FIGURE 9 : RÉF. IMG (5241-4207-6243).....34

Réseau de caractéristiques de sortie d'un transistor bipolaire NPN.....34
- Anecdote : Le dépannage à Lubumbashi.....34

2.2. Traçage des droites de charge statique (DC) et dynamique (AC).....36
- a. L'empreinte digitale du fonctionnement.....36
- A. La droite de charge statique (DC) : le point de repos.....36
- B. La droite de charge dynamique (AC) : le transistor en action.....37

FIGURE 10 : RÉF. IMG (0348-8582-3088).....38

Comparaison graphique des droites de charge statique et dynamique d'un transi.....38
- Scénario : Le dépannage de l'ampli de la paroisse à Mbandaka.....38

2.3. Visualisation de l'excursion du signal et de la distorsion.....40
- Une histoire de volume et de clarté.....40
- A. L'excursion du point de fonctionnement (Point Q).....40

FIGURE 11 : RÉF. IMG (5917-4692-4228).....42

Représentation d'une excursion de signal idéale sans distorsion sur la droite.....42
- B. L'apparition de la distorsion.....42

FIGURE 12 : RÉF. IMG (4076-1928-3399).....43

Visualisation de la distorsion par écrêtage sur un signal de sortie amplifié.....43
- L'amplificateur de la paroisse de Mbandaka.....43

CHAPITRE 3 : SCHÉMATISATION DES AMPLIFICATEURS DE PUISSANCE CLASSE A.....46

3.1. Schéma de principe et analyse graphique d'un étage Classe A.....46
- a. L'obsession de la pureté sonore.....46
- A. Principe de fonctionnement et polarisation.....46

FIGURE 13 : RÉF. IMG (2235-6135-1073).....48

Schéma de principe d'un amplificateur Classe A en émetteur commun.....48
- B. Analyse par la droite de charge.....48

FIGURE 14 : RÉF. IMG (6536-5175-3925).....49

Droite de charge et excursion du signal pour un étage Classe A.....49

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- Le son pur du Kasaï..... 49

3.2. Schéma avec charge couplée par transformateur..... 51

- a. L'héritage des postes de radio de nos aînés..... 51
- A. Principe et structure du montage..... 52
- B. Analyse du fonctionnement et droite de charge..... 52

FIGURE 15 : RÉF. IMG (5234-1356-1134)..... 53

Schéma d'un amplificateur Classe A avec charge couplée par transformateur..... 53

- SCÉNARIOS ET EXERCICES..... 53

3.3. Dossier technique d'un amplificateur Classe A de synthèse..... 55

- a. L'ordre avant l'action..... 55
- A. Les Piliers du Dossier Technique..... 55
- B. Le Flux de Conception Logique..... 57

CHAPITRE 4 : SCHÉMATISATION DES AMPLIFICATEURS DE PUISSANCE PUSH-PULL..... 59

4.1. Schéma de l'étage de sortie Push-Pull complémentaire (Classe AB)..... 59

- a. Le besoin de puissance et d'efficacité..... 59
- A. Principe de fonctionnement complémentaire..... 59

FIGURE 16 : RÉF. IMG (3728-3609-2408)..... 61

Schéma de principe d'un étage push-pull complémentaire classe AB..... 61

- B. La distorsion de croisement et la solution de la Classe AB..... 61

FIGURE 17 : RÉF. IMG (1183-3041-9136)..... 64

Signal de sortie avec et sans distorsion de croisement..... 64

- Scénarios et Exercices..... 64

4.2. Schéma de l'étage déphaseur (« driver »)..... 66

- a. Le chef d'orchestre du signal..... 66
- A. Déphasage par transformateur..... 66

FIGURE 18 : RÉF. IMG (6862-1864-5608)..... 69

Schéma d'un étage déphaseur à transformateur pour amplificateur push-pull..... 69

- B. Déphasage par transistors ("Concertina" ou "de Schmitt")..... 69

FIGURE 19 : RÉF. IMG (5745-7724-8294)..... 71

Circuit déphaseur à un transistor de type "concertina" ou "Schmitt"..... 71

- Scénarios et Exercices.....71

4.3. Le dossier technique complet de l'amplificateur de puissance.....73

- a. L'anatomie d'un projet réussi.....73
- A. Le Schéma de Principe et la Nomenclature.....73
- B. Le Typon du Circuit Imprimé (PCB).....74
- C. Les Spécifications Techniques et de Test.....74
- Scénarios et Exercices.....74

4.4. Plan d'implantation et considérations thermiques.....76

- L'art invisible du refroidissement.....76
- A. Topologie du circuit et placement des composants.....76

FIGURE 20 : RÉF. IMG (7333-7717-9216).....79

Exemple de plan d'implantation optimisé pour un amplificateur push-pull.....79

- B. Dissipation thermique et utilisation des radiateurs.....79

FIGURE 21 : RÉF. IMG (3969-2799-2065).....82

Montage correct d'un transistor de puissance sur un radiateur thermique.....82

- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....82

DEUXIÈME PARTIE : REPRÉSENTATION DES SIGNAUX ET DES CIRCUITS D'OSCILLATION.....85

a. L'information invisible.....85

b. Le langage des formes d'onde.....85

c. Le rythme : le principe de l'oscillation.....85

d. La partition du circuit : le schéma de l'oscillateur.....85

CHAPITRE 5 : L'OSCILLOSCOPE ET LA REPRÉSENTATION TEMPORELLE DES SIGNAUX....86

5.1. Le principe de l'oscilloscope analogique.....86

- a. L'œil de l'électronicien.....86
- A. Le Tube à Rayons Cathodiques (TRC) : Le Cœur du Système.....86
- B. Le Principe de Déviation et de Balayage.....86

FIGURE 22 : RÉF. IMG (0367-5908-2385).....88

Structure interne d'un tube à rayons cathodiques d'oscilloscope analogique.....88

- Scénarios et Exercices.....88

5.2. Schématisation d'un relevé d'oscillogramme.....90

- a. De l'image brute à la donnée scientifique.....90
- A. Les Conventions de la Représentation Normalisée.....90

FIGURE 23 : RÉF. IMG (7937-3351-2270).....93

Comparaison entre un croquis simple et un oscillogramme normalisé.....93
- B. Méthodologie du Relevé.....93

5.3. Mesure de grandeurs à partir d'un croquis.....96
- a. De la représentation à l'information.....96
- A. Mesure de la tension (Amplitude).....97
- B. Mesure du temps (Période et Fréquence).....97

5.4. Représentation graphique du déphasage.....100
- a. La notion de décalage dans le temps.....100
- A. Définition et mesure du déphasage.....100
- B. Cas particuliers de déphasage.....100
- C. Le signe du déphasage.....101
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....101

CHAPITRE 6 : SCHÉMATISATION DES OSCILLATEURS BASSE FRÉQUENCE (RC).....104

6.1. Le schéma de l'oscillateur à réseau déphaseur.....104
- a. Le paradoxe de la création d'un signal.....104
- A. Principe et structure du montage.....104
- B. Conditions d'oscillation et fréquence.....105

FIGURE 24 : RÉF. IMG (8659-1507-7235).....106

Diagramme de Bode illustrant le déphasage d'un réseau RC en cascade.....106
- C. Scénarios et Exercices.....106

6.2. Le schéma de l'oscillateur à pont de Wien.....108
- a. L'invention d'un futur Nobel.....108
- A. Principe et structure fondamentale.....108

FIGURE 25 : RÉF. IMG (9258-3110-1554).....111

Structure de base d'un oscillateur à pont de Wien avec AOP.....111
- B. Conditions d'oscillation et fréquence.....111

FIGURE 26 : RÉF. IMG (5128-1864-8466).....113

Comportement en fréquence et en phase du pont de Wien.....113

- Scénarios et Exercices....113

6.3. Calcul des éléments et applications des oscillateurs BF....115
- a. Du tam-tam au signal carré....115
- A. Détermination des composants pour un oscillateur à pont de Wien....115
- B. Applications des oscillateurs Basse Fréquence (BF)....116

6.4. Étude de cas : Générateur de signaux pour radio scolaire....118
- a. L'indispensable "bip" de calibrage....118
- A. Cahier des charges et synoptique....118

FIGURE 27 : RÉF. IMG (4481-4725-8104)....119

Synoptique de la chaîne de test audio pour une radio scolaire....119
- B. Proposition d'un schéma : l'oscillateur à pont de Wien....119

FIGURE 28 : RÉF. IMG (4566-5611-0404)....122

Schéma de principe d'un oscillateur à pont de Wien avec AOP....122
- b. Anecdote : Le dépannage de Radio Umoja à Goma....122

CHAPITRE 7 : SCHÉMATISATION DES OSCILLATEURS HAUTE FRÉQUENCE (LC)....125

7.1. Schémas des oscillateurs LC : Colpitts et Hartley....125
- a. L'onde et sa source....125
- A. Le principe du circuit LC (ou circuit bouchon)....125
- B. L'oscillateur Hartley : le diviseur inductif....125

FIGURE 29 : RÉF. IMG (7564-7556-6350)....128

Schéma de principe d'un oscillateur Hartley à transistor NPN....128
- C. L'oscillateur Colpitts : le diviseur capacitif....128

FIGURE 30 : RÉF. IMG (5980-8470-4469)....129

Schéma de principe d'un oscillateur Colpitts à transistor NPN....129
- Scénarios et Exercices....129

7.2. Le schéma de l'oscillateur à quartz pour la haute stabilité....131
- a. La précision du temps....131
- A. Principe et symbole normalisé du quartz....131

FIGURE 31 : RÉF. IMG (9443-5920-4372)....133

Symbole normalisé du quartz et son circuit équivalent de Butterworth-Van Dyke....133

- B. L'oscillateur de Pierce : une structure de référence.....133

7.3. Dossier technique d'un oscillateur HF de synthèse.....136

- a. L'ordre derrière le signal.....136
- A. Les Piliers du Dossier Technique.....136
- B. L'Articulation entre Schéma, Typon et Nomenclature.....137

FIGURE 32 : RÉF. IMG (5403-7660-2028).....139

Correspondance entre schéma, typon et circuit assemblé.....139

- Scénarios et Exercices.....139

TROISIÈME PARTIE : CONCEPTION DES SCHÉMAS D'ALIMENTATION ET DE RÉGULATION.....142

De la prise murale au composant.....142

Le processus en quatre temps.....142

Le cœur invisible du système.....142

Le schéma : la grammaire de l'électronicien.....142

CHAPITRE 8 : DOSSIER TECHNIQUE D'UNE ALIMENTATION STABILISÉE À TRANSISTORS.....143

8.1. Schémas comparés des régulations « série » et « parallèle ».....143

- a. Le principe du robinet et du trop-plein.....143
- A. La régulation « série » : Le contrôleur de débit.....143
- B. La régulation « parallèle » (shunt) : Le dérivateur de courant.....143

FIGURE 33 : RÉF. IMG (8860-4513-7950).....146

Schémas de principe des régulations série et parallèle à transistors.....146

- Anecdote : La panne du groupe électrogène à Mbandaka.....146

8.2. Calcul et dimensionnement des composants du régulateur.....148

- a. Le régulateur, ce gardien silencieux.....148
- A. Le duo Zener-Transistor : Le Cerveau et le Muscle.....149

FIGURE 34 : RÉF. IMG (6781-0350-8805).....151

Schéma de principe d'un régulateur série à transistor et diode Zener.....151

- B. Dimensionnement de la Résistance de Polarisation Zener ().....151
- C. Choix du Transistor de Puissance (Transistor Ballast).....152

FIGURE 35 : RÉF. IMG (7480-8802-7822)....154

Courbe caractéristique courant-tension (I-V) d'une diode Zener typique....154

- b. L'atelier de Papa Kalala à Matadi....154

8.3. Réalisation du dossier technique d'une alimentation de laboratoire....156

- a. Le plan avant l'action....156
- A. Les composantes du dossier technique....157

FIGURE 36 : RÉF. IMG (5338-8561-8788)....159

Exemple de nomenclature pour une alimentation de laboratoire simple....159

- B. Le processus de création du dossier....159

FIGURE 37 : RÉF. IMG (7376-4867-9470)....162

Flux de travail pour la création d'un dossier technique complet....162

- C. Scénarios et Exercices....162

CHAPITRE 9 : SCHÉMAS DES CIRCUITS DE PROTECTION D'ALIMENTATION....165

9.1. Protection contre les courts-circuits : limitation simple et « foldback »....165

- a. Le gardien silencieux de nos appareils....165
- A. La limitation de courant simple (Constant Current)....165

FIGURE 38 : RÉF. IMG (2485-8138-5986)....167

Schéma de principe d'un circuit de limitation de courant simple....167

- B. La limitation par repliement de courant (« Foldback »)....167

FIGURE 39 : RÉF. IMG (3895-1293-0189)....168

Courbes comparatives des protections par limitation simple et par repliement....168

- Scénarios et Exercices....168
- Une surchauffe suspecte à l'atelier de Kisangani....168

9.2. Protection contre les surtensions (OVP) : le circuit « Crowbar »....170

- a. L'analogie du pied-de-biche....170
- A. Principe de fonctionnement....170
- B. Structure et composants typiques....171

9.3. Intégration des protections dans le schéma principal....173

- a. Le gardien silencieux du circuit....173
- A. Positionnement stratégique : La première ligne de défense....173

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

FIGURE 40 : RÉF. IMG (2545-5444-4227)....176

Schéma montrant un fusible protégeant le primaire d'un transformateur....176

- B. Symboles et annotations : Le langage universel de la sécurité....176

FIGURE 41 : RÉF. IMG (0259-2742-8225)....178

Intégration d'un varistor et d'un fusible pour une double protection....178

- b. Scénarios et Exercices....178

10.1. Principe et schéma bloc d'un régulateur intégré....180

- L'analogie du gardien de barrage....180
- A. Le régulateur de tension : un système asservi....180

FIGURE 42 : RÉF. IMG (5286-0422-0307)....183

Schéma bloc fonctionnel d'un régulateur de tension série typique....183

- B. Symbolisation et brochage des régulateurs fixes (Série 78xx)....183

10.2. Schémas d'application des régulateurs fixes (séries 78xx/79xx)....186

- a. La révolution des trois pattes....186
- A. Le régulateur de tension positive (série 78xx)....186

FIGURE 43 : RÉF. IMG (6039-4193-9678)....188

Schéma d'application typique d'un régulateur de tension positive série 78xx....188

- B. Le régulateur de tension négative (série 79xx)....188

10.3. Schémas d'application des régulateurs ajustables (LM317/LM337)....190

- a. Un besoin constant de flexibilité....190
- A. Le LM317 : Le régulateur positif ajustable....191

FIGURE 44 : RÉF. IMG (6022-3004-1435)....192

Schéma de principe d'un régulateur de tension avec le LM317....192

- B. Le LM337 : Le complément négatif....192

FIGURE 45 : RÉF. IMG (1960-0307-5323)....195

Montage typique d'un régulateur de tension négative avec le LM337....195

- C. Scénarios et Exercices....195

10.4. Conception d'une alimentation double symétrique....197

- a. Du simple au double : une question d'équilibre....197
- A. Principe et composants clés....197
- B. Le rôle des régulateurs 78xx et 79xx....197

FIGURE 46 : RÉF. IMG (8114-5775-4938) **199**

Schéma de principe d'une alimentation double symétrique +/-12V 199

FIGURE 47 : RÉF. IMG (8887-2714-6557) **201**

Brochage et montage typique des régulateurs de tension 78xx et 79xx 201

- Scénarios et Exercices 201
- Une réparation nocturne à Kisangani 201

ANNEXES **204**

1. Mémento des Blocs Fonctionnels Électroniques 204
   - A. Les Blocs d'Amplification 204
   - B. Les Blocs de Filtrage 204
   - C. Les Blocs d'Oscillation 205
   - D. Les Blocs de Logique Combinatoire 206
   - E. Les Blocs de Logique Séquentielle 206
2. Guide d'Analyse de Schémas Complexes 207
   - A. Approche Systémique et Décomposition Structurelle 207
   - B. Identification des Blocs Fonctionnels 208
   - C. Analyse des Flux et des Interconnexions 209
3. Catalogue de Brochages de Composants Courants 210
   - A. Diodes et Redresseurs 210
   - B. Transistors Bipolaires (BJT) 211
   - C. Régulateurs de Tension Intégrés 212
   - D. Circuits Intégrés Analogiques et Logiques 212
4. Introduction au Logiciel de Simulation de Circuits 214
   - A. Définition et Objectifs 214
   - B. Le Moteur de Simulation : SPICE 214
   - C. Anatomie d'un Logiciel de Simulation 215
   - D. Types d'Analyses Fondamentales 216
   - E. Exemples de Logiciels de Simulation 216

PRÉLIMINAIRES

1. Objectifs Généraux du Cours

1.1. Maîtrise des conventions graphiques

La finalité de ce cours est de doter l'élève finaliste d'une compétence irréprochable dans l'application des normes et conventions du dessin électronique. Cette maîtrise technique garantit la production de schémas univoques, lisibles et interprétables par tout technicien, indépendamment du contexte de réalisation. L'accent est mis sur la précision du tracé, la symbologie standardisée et la clarté de la documentation associée au schéma.

1.2. Traduction fonctionnelle et structurelle

Au-delà de la simple représentation, l'enseignement consolide la capacité de l'élève à traduire un cahier des charges ou un schéma-bloc fonctionnel en un schéma électronique détaillé et complet. Réciproquement, il développe l'aptitude à extraire la structure fonctionnelle et le principe de fonctionnement d'un circuit à partir de son schéma structurel. Cette compétence de "lecture-écriture" est fondamentale pour le dépannage et la maintenance.

1.3. Analyse et conception de systèmes complexes

La démarche pédagogique vise à confronter l'élève à l'analyse et à la conception de schémas de systèmes électroniques d'une complexité croissante. Ceci inclut la gestion de schémas multi-feuillets, l'interconnexion de sous-ensembles fonctionnels et la représentation des alimentations et des masses. Cette montée en complexité structure la pensée logique et prépare méthodiquement l'élève aux exigences de l'Examen d'État (EXETAT) et à l'insertion professionnelle future.

---

2. Compétences Visées

2.1. Maîtrise des normes et de l'interprétation schématique

Au terme de ce programme, l'élève décode avec rigueur tout schéma électronique, qu'il soit analogique, numérique ou de puissance. Cette compétence inclut l'identification exhaustive des symboles normalisés (IEC, ANSI) et la compréhension des architectures fonctionnelles complexes.

L'analyse logique d'un montage, depuis l'étage d'alimentation jusqu'aux sorties, devient une démarche acquise à partir de son seul plan. L'élève distingue les masses, les plans d'alimentation et les bus de données.

2.2. Capacité de conception et de documentation

Dépassant la simple lecture, l'élève acquiert l'autonomie nécessaire pour formaliser un cahier des charges technique en un schéma structurel complet et normé. Il apprend à utiliser un logiciel de Conception Assistée par Ordinateur (CAO) pour produire des documents clairs, hiérarchisés et professionnels. La génération d'une nomenclature de composants (Bill of Materials - BOM) et des plans d'interconnexion pour le câblage fait partie intégrante de cette aptitude.

2.3. Compétence en conception de circuits imprimés (PCB)

La compétence finale est la matérialisation du schéma abstrait en un typon de circuit imprimé (PCB). L'élève est capable de placer les composants de manière optimale et de réaliser le routage des pistes en respectant les contraintes électriques (largeur, isolement) et mécaniques (encombrement). Il produit les fichiers de fabrication (fichiers Gerber) directement exploitables par un service de production industrielle, que celui-ci se trouve à Matadi ou à l'international.

---

3. Approche Pédagogique

3.1. Du Concept à la Symbolisation

La démarche pédagogique privilégie une articulation systématique entre la fonction électronique d'un composant et sa représentation normalisée. Chaque symbole est introduit non comme un dessin abstrait, mais comme la traduction graphique d'un principe physique ou d'une opération logique. Cette méthode ancre la mémorisation du symbole dans la compréhension de son rôle au sein d'un circuit. L'élève apprend ainsi à décoder le "langage" des schémas avant de simplement les dessiner.

3.2. Structuration par Blocs Logiques

L'apprentissage est séquencé de manière incrémentale. L'élève maîtrise d'abord le dessin des composants isolés. Il assemble ensuite ces composants en sous-ensembles fonctionnels, tels qu'un étage d'amplification, un oscillateur ou un filtre. Finalement, ces blocs sont intégrés pour former des schémas complets, reflétant la méthodologie de conception et de dépannage

professionnelle. Cette progression du simple au complexe structure la pensée analytique de l'élève.

3.3. Finalité Opérationnelle et Évaluation

L'objectif terminal est de former un technicien capable de lire, d'interpréter et de produire un schéma électronique de manière autonome. La compétence visée est double : la lecture analytique pour le dépannage et la création synthétique pour la conception simple. Cette approche prépare directement l'élève aux épreuves pratiques de l'Examen d'État (EXETAT) et aux exigences techniques du monde professionnel, de l'atelier de réparation à Matadi au bureau d'études de Lubumbashi.

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

PREMIÈRE PARTIE : MÉTHODOLOGIE DU DESSIN D'AMPLIFICATION AUDIOFRÉQUENCE (BF)

Du signal faible au son puissant

L'amplification audiofréquence (BF) augmente la puissance d'un signal électrique audible. Ce signal provient d'une source, comme un microphone à la RTNC ou la sortie audio d'un téléphone. Sa tension est trop faible pour activer un haut-parleur. Le but du dessin d'amplification est de concevoir un circuit qui élève cette tension, la rendant capable de produire un son clair et fort, couvrant la plage de l'audition humaine (20 Hz à 20 kHz).

Le transistor, chef d'orchestre de l'amplification

Au cœur de presque tout amplificateur se trouve un composant actif : le transistor. Bipolaire (NPN/PNP) ou à effet de champ (MOSFET), il fonctionne comme une vanne contrôlée. Un très faible courant ou une très faible tension sur son entrée (base ou grille) pilote un courant beaucoup plus important à travers sa sortie (collecteur-émetteur ou drain-source). C'est ce gain en courant ou en tension qui constitue le principe même de l'amplification.

La polarisation, un réglage de précision

Correctement dessiner un amplificateur impose de fixer son "point de repos" ou sa polarisation. C'est un réglage crucial des tensions et courants continus (DC) sur le transistor, même sans signal d'entrée. Une mauvaise polarisation, c'est comme accorder une guitare au hasard. Le son sera soit déformé, soit absent. La polarisation garantit que le transistor travaille dans sa zone de fonctionnement la plus linéaire et la plus efficace.

Du schéma à la pratique : les classes d'amplification

En pratique, le dessin d'un amplificateur BF consiste à choisir une architecture ou "classe" (Classe A, B, AB…). Chaque classe offre un compromis différent entre la qualité du son (linéarité) et le rendement énergétique. Un amplificateur de Classe A, très fidèle, chauffe beaucoup. Un de Classe B, plus efficace, peut introduire des distorsions. Le dessinateur choisit la classe selon l'application : la haute-fidélité pour un studio à Goma ou l'efficacité pour un mégaphone de marché à Mbandaka.

CHAPITRE 1 : DOSSIER TECHNIQUE D'UN PRÉAMPLIFICATEUR DE TENSION

1.1. Le schéma de principe détaillé

a. Le langage universel de l'électronicien

Un des faits les plus paradoxaux du dessin technique est sa double nature. Un schéma rempli de symboles peut sembler indéchiffrable à un non-initié de Mbandaka. Pourtant, sa véritable fonction est la clarté absolue. Il est conçu pour éliminer toute ambiguïté.

Ce plan détaillé, ou schéma de principe, est la langue universelle des électroniciens, de Matadi à Bunia. Il traduit une idée abstraite en instructions concrètes et réalisables. Maîtriser sa lecture et sa création est la première étape vers l'autonomie technique pour tout futur finaliste de l'option électronique.

A. Définition et Rôle du Schéma de Principe

Le schéma de principe détaillé est la représentation graphique et fonctionnelle d'un circuit électronique. Il montre la totalité des composants et l'ensemble de leurs interconnexions électriques. Son but est de décrire le *comment* du fonctionnement, sans se préoccuper de l'emplacement physique réel des composants.

Fondamentalement, il répond à trois questions : - Quels composants sont utilisés ? (Transistors, résistances, condensateurs, circuits intégrés) - Quelles sont leurs valeurs et caractéristiques ? (10 kΩ, 100 µF, BC547B) - Comment sont-ils connectés entre eux pour réaliser la fonction désirée ? (Amplification, filtrage, oscillation)

B. Les Éléments Indispensables

Chaque élément graphique sur un schéma de principe a une signification précise. L'omission d'un seul détail peut rendre le circuit inopérant ou difficile à dépanner. Un schéma professionnel et complet inclut toujours :

- **Les symboles normalisés** : Chaque composant est dessiné selon une norme (CEI, ANSI) pour une reconnaissance immédiate.
- **Les repères** : Chaque composant reçoit un identifiant unique (R1, R2, C1, T1) pour le référencer sans erreur.

- **Les valeurs** : La valeur de chaque composant passif (résistance, capacité) et la référence du composant actif (2N2222, LM741) sont indiquées.
- **Les points de connexion** : Les bornes d'alimentation (Vcc, GND), les entrées (IN) et les sorties (OUT) sont clairement identifiées.
- **Le cartouche** : Une zone d'information contenant le titre du montage, le nom du dessinateur, la date et l'indice de révision.

Figure 1 : Réf. IMG (5640-0928-7281)

Schéma de principe d'un préamplificateur à transistor bipolaire en émetteur commun

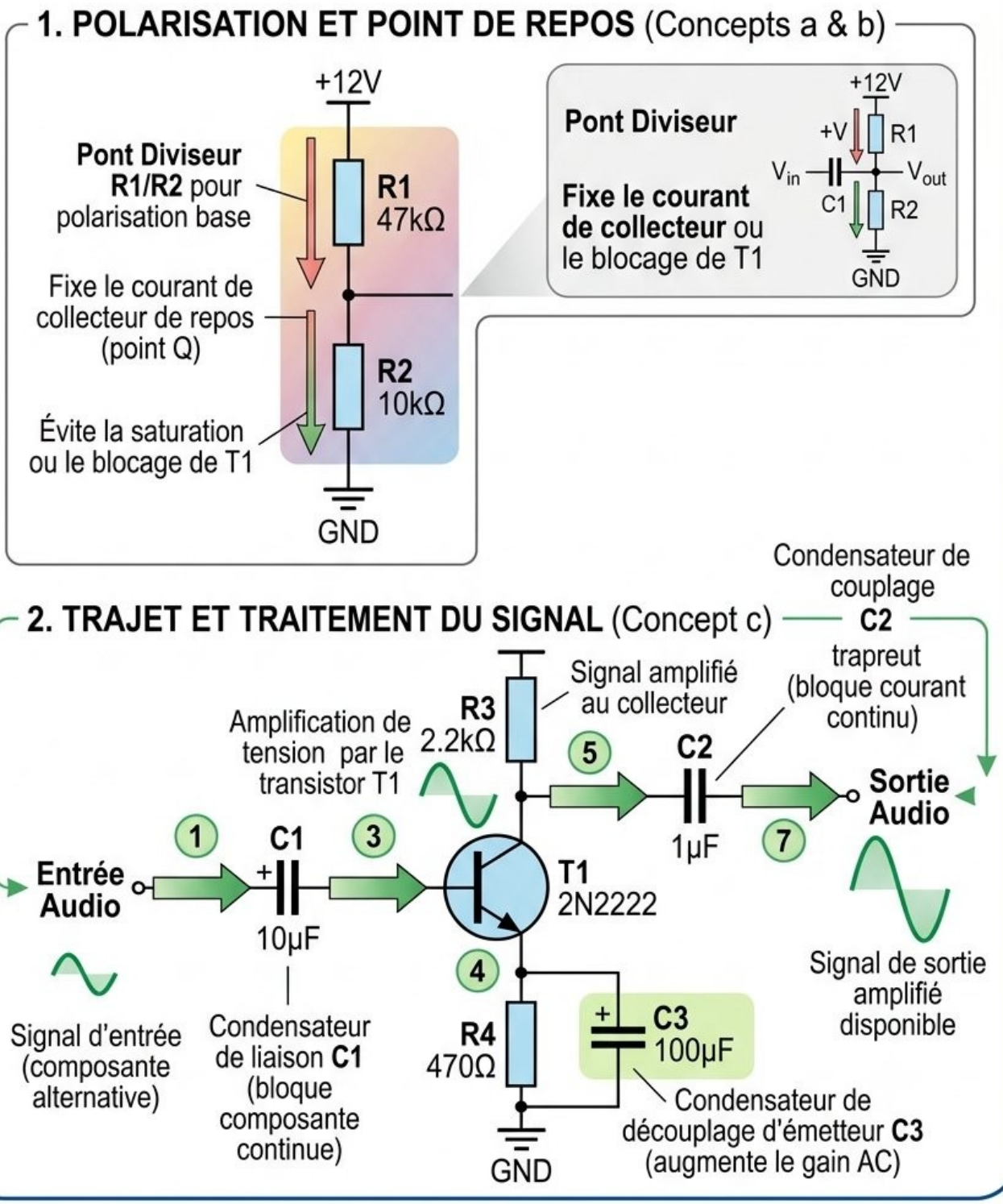


Figure 1 : Réf. IMG (5640-0928-7281)

Schéma de principe d'un préamplificateur à transistor bipolaire en émetteur commun

a. Analyse des symboles et repères

Le circuit utilise un transistor NPN repéré T1. Les résistances R1 et R2 forment un pont diviseur pour polariser la base de T1. C1 est le condensateur de liaison d'entrée, C2 est celui de sortie. R3 est la résistance de collecteur et R4 celle d'émetteur. C3 est le condensateur de découplage de l'émetteur. Chaque symbole est clair et associé à un repère unique, comme l'exige la norme. L'absence d'un seul repère rendrait la communication technique difficile.

b. Lecture des valeurs

À côté de chaque repère se trouve la valeur. Par exemple, R1 pourrait valoir 47 kΩ et R2, 10 kΩ. Ces valeurs ne sont pas choisies au hasard. Elles fixent le point de repos du transistor, garantissant une amplification du signal sans distorsion. Une valeur incorrecte pour R1, par exemple, pourrait saturer ou bloquer le transistor T1.

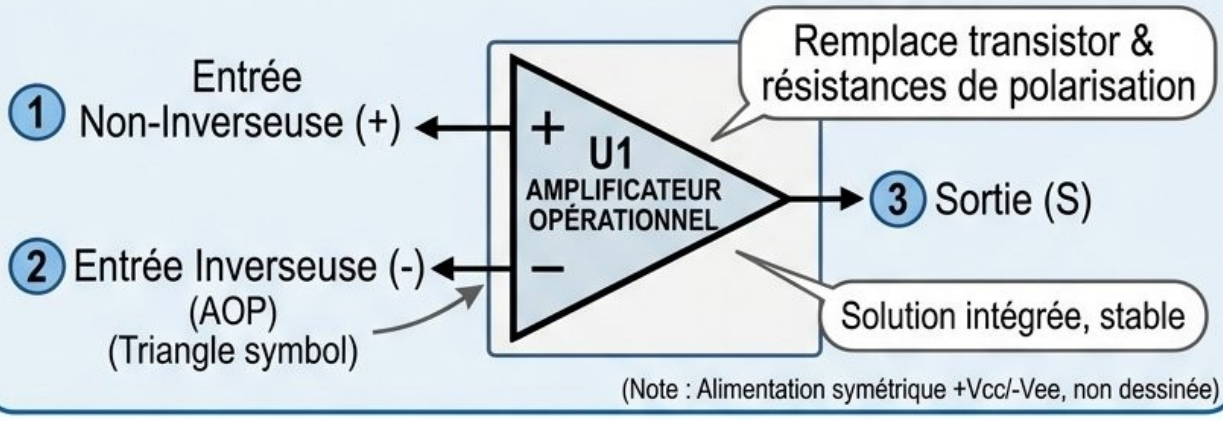
c. Identification des flux

Le signal audio entre par la borne "Entrée", traverse le condensateur C1 qui bloque la composante continue, et est appliqué à la base de T1. Le transistor amplifie ce signal. Le signal amplifié est récupéré sur le collecteur, traverse C2 et est disponible à la borne "Sortie". Les bornes "+12V" et "GND" indiquent où connecter l'alimentation.

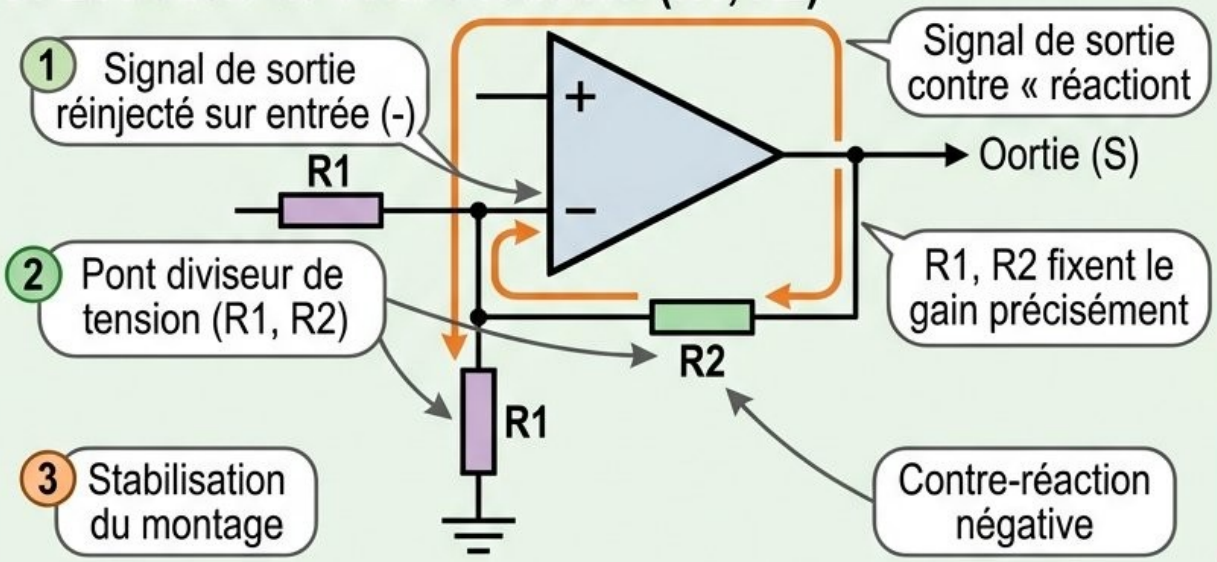
Figure 2 : Réf. IMG (0620-9197-2134)

Schéma de préamplificateur non-inverseur à amplificateur opérationnel (AOP)

a. Identification du composant actif central (U1)



b. La boucle de contre-réaction (R1, R2)



c. Le calcul du gain G (formule G=1+R2/R1)

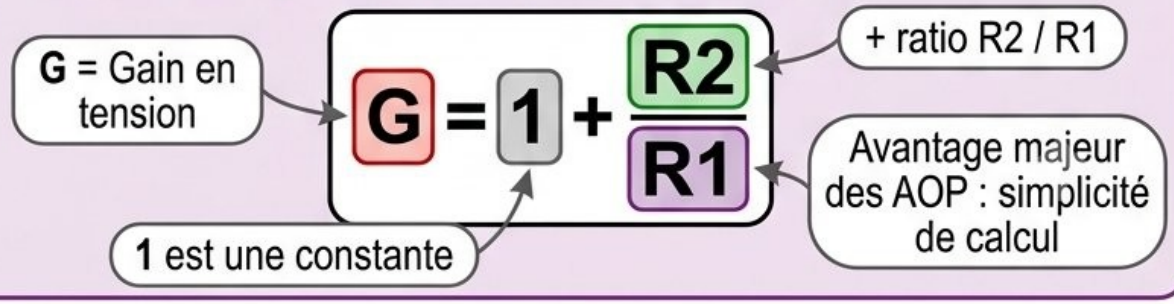


Figure 2 : Réf. IMG (0620-9197-2134)

Schéma de préamplificateur non-inverseur à amplificateur opérationnel (AOP)

a. Le composant actif central

Ici, le composant principal est un Amplificateur Opérationnel (AOP), repéré U1. Son symbole est un triangle. Il possède une entrée non-inverseuse (+), une entrée inverseuse (-) et une sortie (S). L'alimentation est souvent symétrique (+Vcc et -Vee), bien que non dessinée ici pour simplifier. Cet AOP remplace le transistor et ses résistances de polarisation, offrant une solution plus intégrée et stable pour l'amplification.

b. La boucle de contre-réaction

Le fonctionnement de ce montage est déterminé par les résistances R1 et R2. Elles forment une boucle de contre-réaction. Une partie du signal de sortie est réinjectée sur l'entrée inverseuse (-) via ce pont diviseur. Cette technique stabilise le montage et permet de fixer précisément le gain en tension du préamplificateur.

c. Le calcul du gain

Pour ce montage non-inverseur, le gain en tension G est très simple à calculer. Il dépend uniquement des valeurs de R1 et R2. La formule est :

$$G = 1 + \frac{R2}{R1}$$

Cette simplicité est un avantage majeur des montages à AOP. Il suffit de choisir deux résistances pour obtenir l'amplification voulue.

C. Du Schéma de Principe au Schéma d'Implantation

Le schéma de principe est une carte logique. Il ne dit rien de la taille des composants ni de leur disposition sur la plaquette de circuit imprimé (PCB). Cette deuxième étape est le rôle du schéma d'implantation, ou typon. Passer de l'un à l'autre est une compétence clé du technicien. Le schéma de principe est le "cerveau" ; le typon est le "corps". Un bon schéma de principe rend la création du typon plus facile et logique.

Scénarios et Exercices

L'épreuve de la radio de Bukavu

Papa Augustin, un réparateur de radios très respecté dans son quartier de Kadutu à Bukavu, reçoit un amplificateur hi-fi en panne. À l'intérieur, c'est une forêt de fils et de composants. Sans le schéma de principe, il passe deux jours à tester les composants un par un, à suivre les pistes à l'œil nu, en vain. Frustré, il est sur le point d'abandonner. Par chance, un jeune stagiaire du Kwilu, de passage, retrouve le modèle de l'ampli sur internet et télécharge son schéma de principe. En moins de 30 minutes, grâce au plan, Augustin identifie un condensateur de liaison défectueux (C14) sur l'étage de préamplification. La réparation devient alors évidente. Il comprend ce jour-là qu'un bon schéma vaut de l'or.

Exercice 1 : Le défi de Merveille à Goma

Énoncé : Merveille, élève en 3ème année Électronique à Goma, reçoit de son enseignant le schéma de principe d'un petit préamplificateur audio. Son enseignant lui précise que le schéma est volontairement incomplet. Merveille doit identifier les informations manquantes pour que le schéma soit considéré comme professionnel et utilisable pour une fabrication.

(Le schéma montre un transistor avec ses résistances de polarisation, des condensateurs, mais certains repères et valeurs sont absents.)

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Analyse systématique des composants** Merveille inspecte chaque symbole sur le schéma. Elle voit un transistor, quatre résistances et trois condensateurs.
2. **Étape 2 : Vérification des repères et valeurs** Elle remarque que la résistance de collecteur n'a pas de repère (elle devrait être R3 ou R4). De plus, le condensateur de liaison d'entrée, bien que repéré C1, n'a pas de valeur indiquée (par exemple, 1 µF). Enfin, la tension d'alimentation n'est pas précisée aux bornes Vcc et GND.
3. **Étape 3 : Liste des informations manquantes** Merveille dresse la liste finale des oublis :
   - Le repère de la résistance de collecteur.
   - La valeur en Farads du condensateur C1.
   - La valeur en Volts de la tension d'alimentation Vcc.

- L'absence d'un cartouche avec le titre du montage.

Exercice 2 : Le calcul de Jonathan à Kananga

Énoncé : Jonathan, passionné d'électronique au Kasaï-Central, analyse le schéma d'un préamplificateur non-inverseur à AOP (similaire à la deuxième illustration). Le schéma indique les valeurs suivantes pour les résistances de la boucle de contre-réaction : $R1 = 1\,\text{k}\Omega$ et $R2 = 47\,\text{k}\Omega$. On lui demande de calculer le gain en tension de ce montage.

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Identification de la formule correcte** Jonathan reconnaît la configuration d'un amplificateur non-inverseur. Il se souvient de la formule du gain en tension pour ce montage :

$$G = 1 + \frac{R2}{R1}$$

2. **Étape 2 : Substitution des valeurs numériques** Il remplace les variables par les valeurs données dans l'énoncé. Il fait attention à utiliser les mêmes unités (kΩ dans ce cas, qui s'annuleront).

$$G = 1 + \frac{47\,\text{k}\Omega}{1\,\text{k}\Omega}$$

3. **Étape 3 : Calcul final** Il effectue l'opération mathématique.

$$G = 1 + 47$$

$$G = 48$$

Jonathan conclut que le gain en tension du préamplificateur est de 48. Cela signifie qu'un signal d'entrée de 10 mV sera amplifié en un signal de sortie de 480 mV.

1.2. Le plan d'implantation des composants

a. La carte au trésor de l'électronicien

Pendant qu'un touriste se perd dans les rues de Kisangani sans carte, un technicien risque de griller son circuit sans plan d'implantation. La carte indique le chemin, les monuments, les points d'eau. Le plan d'implantation, lui, indique la place exacte de chaque résistance, de chaque condensateur.

C’est une carte au trésor pour l’électronicien. Le trésor est un circuit qui fonctionne parfaitement, sans fumée ni mauvaise surprise. Ce document transforme le chaos des composants en un montage ordonné et fonctionnel.

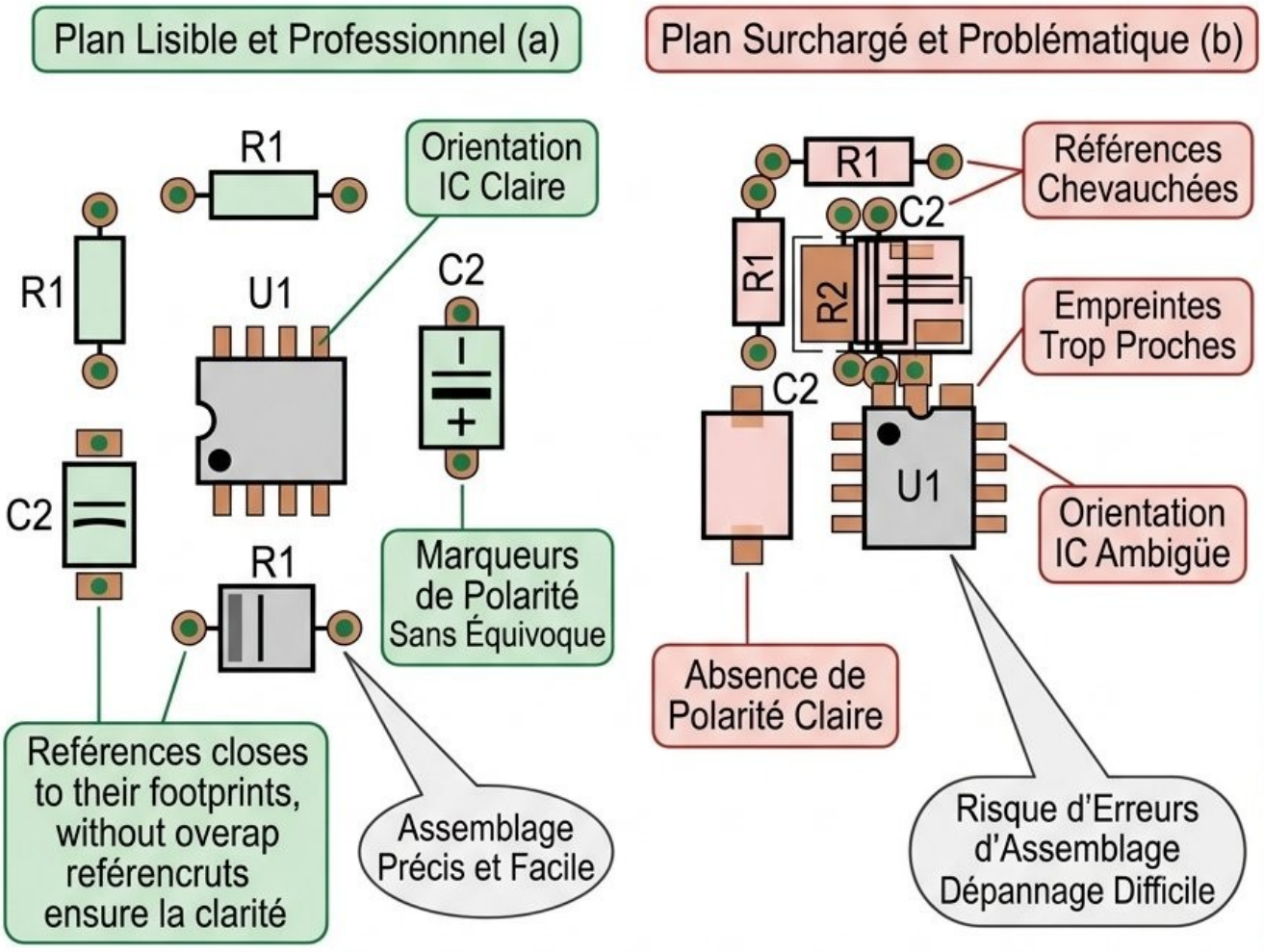
A. Définition et Utilité du Plan

Un plan d’implantation est la représentation graphique de la position physique des composants sur un circuit imprimé (PCB). Il traduit le schéma de principe, qui est abstrait, en une réalité tangible et assemblable. Ce plan est donc le pont entre la théorie et la pratique.

Son utilité est directe et multiple. Il guide le montage, évite les erreurs de placement, facilite la soudure et simplifie le dépannage futur. Son absence transforme une simple soudure en un jeu de devinettes coûteux, surtout si des composants se ressemblent. Un bon plan garantit la reproductibilité et la maintenance du circuit.

Figure 3 : Réf. IMG (3942-7275-3754)

Comparaison entre un plan d'implantation clair et un plan surchargé



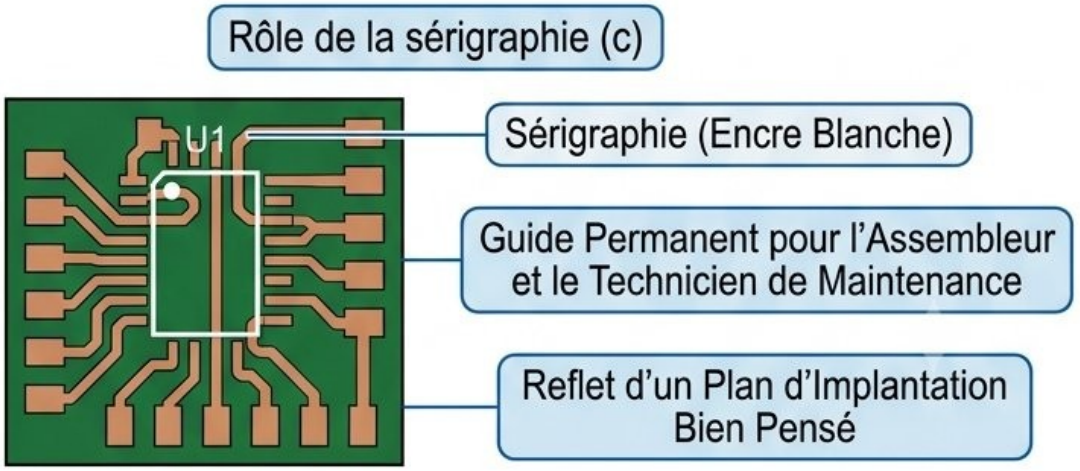


Figure 3 : Réf. IMG (3942-7275-3754)

Comparaison entre un plan d'implantation clair et un plan surchargé

a. Le plan lisible

Un plan d'implantation de qualité professionnelle est aéré et logique. Les références des composants (R1, C2, U1) sont clairement visibles à côté de leur empreinte respective. L'espacement est suffisant pour ne créer aucune ambiguïté lors de l'assemblage. Les marqueurs de polarité et d'orientation sont dessinés sans équivoque, ce qui prévient les erreurs critiques, comme le montage inversé d'un condensateur électrochimique.

b. Le plan illisible

À l'inverse, un plan surchargé est une source de problèmes. Les références se chevauchent, les empreintes sont trop proches les unes des autres. L'absence de marqueurs clairs pour l'orientation des circuits intégrés ou la polarité des diodes transforme l'assemblage en une opération risquée. Un tel plan ralentit la production et augmente le taux de défauts, rendant le dépannage quasi impossible.

c. Le rôle de la sérigraphie

Le plan d'implantation est physiquement imprimé sur la carte de circuit imprimé. Cette couche d'encre, généralement blanche, s'appelle la sérigraphie (silkscreen). Elle sert de guide permanent pour l'assembleur et le technicien de maintenance. Une sérigraphie bien conçue est le reflet d'un plan d'implantation bien pensé.

■ ■ ■

B. Les Éléments Clés d'un Plan d'Implantation

Correctement dessiné, un plan d'implantation contient des informations visuelles non négociables. Il ne s'agit pas d'un simple dessin, mais d'un guide d'assemblage précis pour le technicien.

Les informations suivantes sont indispensables :

- **L'empreinte (footprint) :** C'est la silhouette du composant avec ses points de soudure. Elle doit correspondre parfaitement aux dimensions physiques du composant.

- **La référence :** Le nom du composant (R1, C1, U1) y est inscrit à proximité.
- **La valeur :** Parfois, la valeur (10kΩ, 100µF) est ajoutée pour plus de clarté.
- **L'orientation et la polarité :** Des marqueurs (+) indiquent le sens pour les diodes, les condensateurs polarisés ou la broche 1 des circuits intégrés (via un point ou un cran).

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

Figure 4 : Réf. IMG (0159-4123-6004)

Zoom sur le marquage de polarité et d'orientation des composants

a. Le condensateur polarisé

L'empreinte d'un condensateur électrochimique ou tantale doit impérativement montrer un signe "+". Inverser la polarité de ce type de composant lors de la soudure peut entraîner sa destruction, voire une petite explosion, lors de la mise sous tension. Le plan d'implantation est donc une sécurité. Le dessin montre clairement la borne positive, éliminant toute hésitation.

b. Le circuit intégré (CI)

Pour un circuit intégré, le repérage de la broche numéro 1 est vital. Le plan d'implantation utilise un point, un petit "1" ou une encoche sur l'empreinte. Cette marque doit être alignée avec le repère physique (point gravé ou encoche) présent sur le boîtier du circuit intégré. Une erreur d'orientation de 180 degrés connectera les mauvaises broches, causant une panne immédiate et souvent irréversible.

c. La diode

L'empreinte d'une diode ou d'une diode Zener est marquée par une ligne qui représente la cathode (la bague sur le corps de la diode). Ce marquage assure que la diode sera placée dans le bon sens pour laisser passer le courant comme prévu par le schéma. Un montage inversé bloquerait le courant ou ne remplirait pas la fonction de régulation attendue.

b. L'anecdote de Papa Mboma

Papa Mboma, réparateur de radios bien connu sur l'avenue des Huileries à Kinshasa, reçoit un amplificateur qui grésille. En l'ouvrant, il maudit le fabricant : l'humidité ambiante a effacé une partie de la sérigraphie sur le circuit imprimé. Les inscriptions R12, C8, Q3… ne sont plus que des fantômes de peinture blanche. Il n'a pas le plan d'implantation d'origine, car c'est un modèle "copier-coller" assemblé dans un petit atelier. Il passe alors trois heures, non pas à réparer, mais à redessiner le schéma à partir des pistes pour deviner quel composant va où. Une heure de travail transformée en une journée de galère,