DESSINS ET SCHEMAS ÉLECTRIQUES

2ème Année

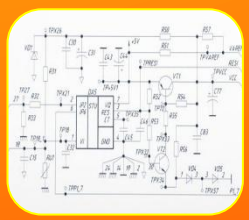
Option

ÉLECTRONIQUE

CONFORME AU PROGRAMME NATIONAL

EDITION 2025





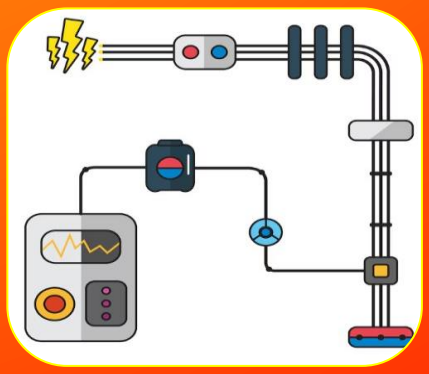




TABLE DES MATIÈRES

PRÉLIMINAIRES **1**

1. Objectifs Généraux du Cours 1
   - 1.1. Maîtrise du Langage Normalisé 1
   - 1.2. Développement des Compétences Analytiques 1
   - 1.3. Acquisition des Compétences Pratiques 1

2. Compétences Visées 1
   - 2.1. Compétence d'Analyse et d'Interprétation 1
   - 2.2. Compétence de Conception et de Normalisation 2
   - 2.3. Compétence de Diagnostic et de Dépannage 2

3. Approche Pédagogique 2
   - 3.1. Pédagogie de la Maîtrise Progressive 2
   - 3.2. Du Concept à l'Application Systémique 2
   - 3.3. Développement de la Compétence Analytique 3

PARTIE 1. NORMES AVANCÉES ET MÉTHODOLOGIE DU SCHÉMA ÉLECTRONIQUE **4**

De la représentation à la communication 4

La grammaire du schéma : les standards internationaux 4

L'architecture du document : flux et lisibilité 4

Du schéma au produit : l'objectif de la fiabilité 4

CHAPITRE 1. CLASSIFICATION ET RÔLE DES SCHÉMAS ÉLECTRONIQUES **5**

1.1. Le schéma structurel (synoptique) et le schéma de principe (théorique) 5
   - a. Le schéma, une langue universelle 5
   - A. Le schéma structurel (synoptique) 5

FIGURE 1 : RÉF. IMG (7378-6022-1396) **7**

Schéma synoptique d'un récepteur radio simple : vision globale des fonctions 7
   - B. Le schéma de principe (théorique) 7

FIGURE 2 : RÉF. IMG (3043-4596-2705) **9**

Schéma de principe d'un amplificateur audio : la recette détaillée 9
   - C. Synthèse et complémentarité 9

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

1.2. Le schéma de câblage.....11
- a. L'artisan et le plan.....11
- A. Définition et Finalité.....12
- B. Les Éléments d'un Schéma de Câblage.....12
- C. Illustration : Lecture d'un Faisceau de Câblage.....12

FIGURE 3 : RÉF. IMG (2386-6339-8143).....13

Représentation d'un faisceau de câbles connectant une carte mère et ses périp.....13
- Scénarios et Exercices.....13
- a. L'amplificateur de la paroisse.....13

1.3. Le schéma d'implantation pour circuit imprimé.....15
- a. De l'idée à l'objet.....15
- A. Définition et finalité du plan d'implantation.....15

FIGURE 4 : RÉF. IMG (2994-4348-5431).....17

Vue de dessus d'un schéma d'implantation simple avec ses composants.....17
- B. Composants graphiques et conventions.....17

CHAPITRE 2. RÈGLES DE REPRÉSENTATION ET ORGANISATION D'UN SCHÉMA.....21

2.1. Disposition des éléments et flux du signal.....21
- a. Le sens de la rivière et le sens du courant.....21
- A. Le sens de lecture conventionnel.....21
- B. L'organisation par blocs fonctionnels.....22

FIGURE 5 : RÉF. IMG (5165-0740-2042).....24

Schéma simplifié montrant l'organisation d'un circuit en blocs fonctionnels.....24
- b. L'anecdote du dépanneur de Mbuji-Mayi.....24

2.2. Conventions de tracé : croisements, connexions et renvois de liaison.....26
- a. Le langage silencieux du schéma.....26
- A. Croisements et Connexions : La règle du point.....26

FIGURE 6 : RÉF. IMG (7105-0468-2601).....29

Distinction fondamentale entre un croisement et une connexion électrique.....29
- B. Le Renvoi de Liaison : Voyager sur le schéma.....29

FIGURE 7 : RÉF. IMG (9173-9549-4275).....31

Exemples de renvois de liaison pour simplifier un schéma complexe.....31

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- Anecdote : La panne silencieuse de la radio communautaire de Mbandaka.....31

2.3. Représentation normalisée des masses et alimentations.....33

- a. Le point de départ et le point de retour.....33
- A. La Masse, Potentiel de Référence Universel.....33

FIGURE 8 : RÉF. IMG (0624-6364-6055).....36

Symboles normalisés pour les différentes masses électroniques.....36

- B. Les Alimentations, Énergies Simplifiées.....36

FIGURE 9 : RÉF. IMG (0874-9956-0478).....38

Représentation des points d'alimentation sur un schéma électronique.....38

- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....38

CHAPITRE 3. NOMENCLATURE, REPÉRAGE ET DOCUMENTATION TECHNIQUE.....41

3.1. Repérage des composants et établissement de la nomenclature (BOM).....41

- a. L'ordre dans le chaos électronique.....41
- A. Le Repérage : La carte d'identité du composant.....41
- B. La Nomenclature (BOM) : La liste de courses de l'électronicien.....41

FIGURE 10 : RÉF. IMG (6975-0208-1769).....44

Exemple de repérage sur schéma et sa nomenclature (BOM) associée.....44

- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....44
- L'anecdote du technicien pressé.....44

3.2. Annotations, commentaires et points de test.....46

- a. Le schéma qui parle.....46
- A. L'art de l'annotation et du commentaire.....46

FIGURE 11 : RÉF. IMG (0943-9718-9835).....49

Schéma électronique enrichi de commentaires et d'annotations textuelles claires.....49

- B. Les points de test : les yeux du dépanneur.....49

FIGURE 12 : RÉF. IMG (4861-0666-9411).....51

Symbole normalisé d'un point de test sur un schéma électrique.....51

- a. L'anecdote du dépanneur de Bukavu.....51

3.3. Gestion des versions et indices de modification.....53

- a. L'ordre contre le chaos.....53

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- A. Les indices de modification : la mémoire du schéma.....53
- B. La gestion des versions : une discipline d'équipe.....54

PARTIE 2. SCHÉMATISATION DES CIRCUITS D'ALIMENTATION LINÉAIRE.....57

a. Le cœur de tout appareil électronique.....57

b. La chaîne de traitement en quatre étapes.....57

c. Le schéma : une carte pour le technicien.....57

d. Objectifs de schématisation dans cette partie.....57

CHAPITRE 4. SCHÉMAS DES CIRCUITS DE REDRESSEMENT.....58

4.1. Redressement simple et double alternance (transformateur à point milieu).....58
- a. L'énigme du courant continu.....58
- A. Schéma du redressement simple alternance.....58

FIGURE 13 : RÉF. IMG (6658-1832-5268).....60

Schéma du redressement simple alternance et ses formes d'onde.....60
- B. Schéma du redressement double alternance à point milieu.....60

FIGURE 14 : RÉF. IMG (3772-2963-7812).....62

Schéma du redressement double alternance et ses formes d'onde.....62
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....62

4.2. Le redressement double alternance en pont de Graetz.....64
- a. Dompter le courant alternatif.....64
- A. Principe de fonctionnement.....64

FIGURE 15 : RÉF. IMG (2555-6071-0785).....67

Schéma du pont de Graetz durant l'alternance positive du signal d'entrée.....67

FIGURE 16 : RÉF. IMG (2927-5331-0100).....69

Schéma du pont de Graetz durant l'alternance négative du signal d'entrée.....69
- B. Caractéristiques électriques et schématisation.....69

4.3. Identification et choix des diodes de redressement.....71
- a. Plus qu'une simple bague argentée.....71
- A. Le code d'identification : La carte d'identité de la diode.....72
- B. Critères de sélection pour un circuit de redressement.....72

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

CHAPITRE 5. SCHÉMAS DES CIRCUITS DE FILTRAGE.....75

5.1. Filtrage capacitif et représentation de l'ondulation résiduelle.....75

- a. Du courant alternatif au courant presque continu.....75
- A. Principe du filtrage par condensateur.....75

FIGURE 17 : RÉF. IMG (4765-8533-3241).....77

Schéma d'un filtre capacitif après un pont redresseur à diodes.....77

- B. L'ondulation résiduelle ().....77

FIGURE 18 : RÉF. IMG (2500-9160-5538).....80

Représentation graphique de la tension filtrée et de l'ondulation résiduelle.....80

- Scénarios et Exercices.....80
- Une panne de courant créative à Mbandaka.....80

5.2. Le filtrage inductif et capacitif (LC).....82

- a. Le tamisage du courant électrique.....82
- A. L'association stratégique de la bobine et du condensateur.....82
- B. Le principe de fonctionnement du filtre LC en T.....83

FIGURE 19 : RÉF. IMG (9325-7129-5223).....85

Schéma d'un filtre passe-bas LC en T pour alimentation redressée.....85

- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....85

5.3. Le filtrage en « Pi » (CLC) pour haute performance.....87

- a. Le défi de la perfection électrique.....87
- A. Architecture et Principe du Filtre CLC.....87

FIGURE 20 : RÉF. IMG (5647-6554-0688).....90

Schéma de principe du filtre en Pi de type CLC.....90

- B. Avantages et Limites du Filtrage en Pi.....90

FIGURE 21 : RÉF. IMG (6509-6012-2480).....92

Comparaison des signaux avant et après un filtrage CLC efficace.....92

- b. L'anecdote de l'amplificateur de Mbandaka.....92

CHAPITRE 6. SCHÉMAS DES CIRCUITS DE STABILISATION À DIODE ZENER.....95

6.1. Principe et schéma du régulateur Zener « Shunt ».....95

- a. Le défi de la tension constante.....95

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- A. Le principe de la régulation « Shunt »....95
- B. Le schéma de principe et ses acteurs....95

FIGURE 22 : RÉF. IMG (4420-0772-7708)....97

Schéma du régulateur Zener shunt avec ses courants et tensions....97

- C. Les équations fondamentales....97
- SCÉNARIOS ET EXERCICES....98

6.2. Calcul, annotation des éléments et limites de fonctionnement....100

- a. Le gardien de la tension fixe....100
- A. Calcul de la résistance de limitation....100
- B. Détermination des limites de fonctionnement....101

FIGURE 23 : RÉF. IMG (3793-9944-0874)....103

Schéma d'un régulateur Zener avec ses courants et tensions....103

- C. Annotation correcte sur un schéma....103

6.3. Schéma complet d'une alimentation régulée par diode Zener....106

- a. Le principe du barrage hydraulique transposé à l'électronique....106
- A. Architecture d'ensemble : Les quatre blocs fonctionnels....106

FIGURE 24 : RÉF. IMG (2017-0404-8030)....108

Schéma synoptique d'une alimentation stabilisée par diode Zener....108

- B. Analyse des formes d'onde....108

CHAPITRE 7. SCHÉMAS DES CIRCUITS MULTIPLICATEURS DE TENSION....112

7.1. Les doubleurs de tension (Latour et Schenkel)....112

- a. L'ingéniosité face à la contrainte....112
- A. Le principe du multiplicateur de tension....112
- B. Le doubleur de Latour (demi-onde)....112
- C. Le doubleur de Schenkel (onde entière)....113

7.2. Les tripleurs et quadrupleurs de tension en cascade....115

- a. Le besoin d'élever la tension sans transformateur....115
- A. Le tripleur de tension....115
- B. Le quadrupleur de tension et la généralisation....116

FIGURE 25 : RÉF. IMG (8566-1134-2382)....119

Schéma d'un quadrupleur de tension, extension logique du tripleur....119

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- C. Considérations pratiques.....119

7.3. Applications pratiques et limitations.....121

- a. Le paradoxe de la puissance.....121
- A. Domaines d'application typiques.....122

FIGURE 26 : RÉF. IMG (3580-2757-1919).....124

Schéma de principe d'une raquette anti-moustiques utilisant un multiplicateur.....124

- B. Limitations fondamentales.....124

FIGURE 27 : RÉF. IMG (9019-1062-8647).....127

Graphique illustrant la chute de tension en fonction du courant de charge.....127

- Anecdote : Le dépannage nocturne de Maman Hélène à Bunia.....127

PARTIE 3. REPRÉSENTATION DES CIRCUITS D'AMPLIFICATION À TRANSISTORS.....130

a. Du signal faible au son puissant.....130

b. La double vie du transistor : polarisation et amplification.....130

c. Le concept de schéma équivalent petit signal.....130

d. Modèles hybrides et simplification des calculs.....130

CHAPITRE 8. SCHÉMAS DE POLARISATION DES TRANSISTORS BIPOLAIRES.....131

8.1. Nécessité de la polarisation et montage de base instable.....131

- a. Le transistor, une vanne électrique ?.....131
- A. Le Point de Repos (Point Q).....131

FIGURE 28 : RÉF. IMG (5512-4450-7642).....133

Caractéristique d'un transistor avec sa droite de charge et son point de repos.....133

- B. Le Montage de Polarisation par la Base : simple mais instable.....133

FIGURE 29 : RÉF. IMG (5735-5941-2076).....135

Schéma du montage de polarisation par résistance de base simple et instable.....135

- Anecdote : Le dépannage radio à Mbandaka.....135

8.2. Le montage de polarisation stable par pont diviseur.....137

- a. La stabilité avant tout.....137
- A. Principe du pont diviseur de tension.....138

FIGURE 30 : RÉF. IMG (7309-6034-0197).....140

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

Schéma de polarisation d'un transistor bipolaire par pont diviseur de tension.....140
- B. Analyse et Calcul du Point de Repos.....140
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....141

8.3. Calcul et dimensionnement des éléments de polarisation.....143
- a. L'art de fixer le point de repos.....143
- A. Le montage par pont diviseur de tension : la référence.....143

FIGURE 31 : RÉF. IMG (9274-2095-3965).....145

Schéma du circuit de polarisation par pont diviseur de tension.....145
- B. La démarche de calcul : une méthode rigoureuse.....145

CHAPITRE 9. DROITES DE CHARGE STATIQUE ET DYNAMIQUE.....149

9.1. Droite de charge statique et détermination graphique du point de repos.....149
- a. Le piège du tout ou rien.....149
- A. L'équation de la droite de charge statique.....149
- B. Le point de repos (Q) : carrefour graphique.....150

9.2. La droite de charge dynamique (AC).....152
- a. Le signal qui change les règles.....152
- A. Définition et Tracé.....153

FIGURE 32 : RÉF. IMG (2241-8084-9219).....155

Comparaison entre droite de charge statique et droite de charge dynamique.....155
- B. Calcul de la Résistance de Charge AC ().....155

FIGURE 33 : RÉF. IMG (2341-3386-5431).....158

Schéma équivalent en régime alternatif pour le calcul de la charge.....158
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....158

9.3. Analyse graphique de l'excursion maximale et de la distorsion.....160
- a. Quand le son "sature" à la FIKIN.....160
- A. Excursion maximale du signal de sortie.....160

FIGURE 34 : RÉF. IMG (6350-0595-1027).....163

Visualisation de l'excursion maximale du signal sur la droite de charge.....163
- B. Distorsion par écrêtage (Clipping).....163

CHAPITRE 10. SCHÉMATISATION D'UN ÉTAGE PRÉAMPLIFICATEUR DE TENSION.....167

10.1. Structure complète d'un amplificateur à émetteur commun.....167
- a. L'art d'augmenter la voix du courant.....167
- A. Le réseau de polarisation (Le squelette du montage).....167
- B. Les condensateurs de liaison et de découplage (Les aiguilleurs du signal).....168

FIGURE 35 : RÉF. IMG (0628-8221-8141).....170

Rôle des condensateurs dans le traitement des signaux AC et DC.....170
- C. Le chemin du signal.....170
- Scénarios et Exercices.....171

10.2. Rôle et représentation des condensateurs de liaison et de découplage.....172
- a. La double vie du courant.....172
- A. Le condensateur de liaison : le passeur de signal.....173

FIGURE 36 : RÉF. IMG (3808-2064-9935).....175

Schéma d'un étage amplificateur avec condensateurs de liaison et de découplage.....175
- B. Le condensateur de découplage : le court-circuit sélectif.....175
- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....176

10.3. Identification des entrées, sorties et bornes d'alimentation.....177
- a. Les trois points cardinaux d'un schéma.....177
- A. L'Entrée (Input) : La Porte du Signal Faible.....178
- B. La Sortie (Output) : Le Signal Amplifié.....178

FIGURE 37 : RÉF. IMG (8175-7316-0130).....180

Schéma type d'un préamplificateur à transistor NPN en émetteur commun.....180
- C. Les Bornes d'Alimentation : L'Énergie du Circuit.....180

FIGURE 38 : RÉF. IMG (3917-3578-3535).....182

Représentation schématique des points d'alimentation et de la référence de masse.....182
- Scénarios et Exercices.....182
- Une leçon de dépannage à Bukavu.....182

CHAPITRE 11. ANALYSE ET LECTURE DE SCHÉMAS D'AMPLIFICATEURS SIMPLES.....185

11.1. Méthodologie de lecture d'un schéma électronique.....185
- a. Le schéma comme une carte routière.....185
- A. Identification des Blocs Fonctionnels : La Vue d'Ensemble.....185
- B. Le Chemin du Signal et la Polarisation.....185

FIGURE 39 : RÉF. IMG (6716-6932-3550) **188**

Schéma d'un amplificateur simple à émetteur commun et ses blocs 188

- C. Analyse Statique (DC) et Dynamique (AC) 188

11.2. Cas pratique : lecture d'un préamplificateur à un étage 190

- a. Le plan avant l'action 190
- A. La Polarisation du Transistor : Le Socle de Stabilité 191
- B. Le Trajet du Signal : Les Portes d'Entrée et de Sortie 191

FIGURE 40 : RÉF. IMG (5634-0556-6166) **193**

Anatomie d'un préamplificateur à transistor en émetteur commun 193

- C. L'Amplification : La Création du Gain 193

11.3. Cas pratique : lecture d'un amplificateur à deux étages 195

- a. L'union fait la force, même pour les transistors 195
- A. Identification des étages et de leur liaison 196
- B. Analyse du chemin du signal et de l'alimentation 196

FIGURE 41 : RÉF. IMG (6367-8206-2355) **198**

Schéma d'un amplificateur à deux étages avec couplage par condensateur 198

- SCÉNARIOS ET EXERCICES 198

11.4. Exercice de synthèse : établissement de la nomenclature d'un préamplifi 200

- a. De l'inventaire manuscrit à la nomenclature électronique 200
- A. Définition et Utilité de la Nomenclature 200
- B. Méthode d'Établissement 201

FIGURE 42 : RÉF. IMG (3277-0810-3208) **203**

Schéma d'un préamplificateur à transistor NPN pour l'établissement de la nome 203

- C. Le tableau de nomenclature finalisé 203

ANNEXES **206**

1. Mémento des Configurations d'Amplificateurs à Transistor 206

- A. Configuration Émetteur Commun (EC) 206
- B. Configuration Collecteur Commun (CC) 207
- C. Configuration Base Commune (BC) 208

2. Réseaux de Caractéristiques de Transistors Courants 210

- A. Transistor Bipolaire à Jonction (TBJ) - Montage Émetteur Commun 210
- B. Transistor à Effet de Champ à Jonction (JFET) 211

- C. Transistor à Effet de Champ à Grille Isolée (MOSFET).....212

3. Guide de Câblage sur Platine d'Essai (Breadboard).....214
   - A. Architecture Interne et Principe de Connexion.....214
   - B. Règles Fondamentales de Câblage.....215
   - C. Techniques Avancées et Problèmes Courants.....216

4. Dépannage Basé sur le Schéma.....217
   - A. Principes Fondamentaux du Dépannage sur Schéma.....217
   - B. Méthodologie Systématique de Diagnostic.....218
   - C. Exploitation Détaillée des Informations du Schéma.....219
   - D. Pièges Courants et Bonnes Pratiques.....220

PRÉLIMINAIRES

1. Objectifs Généraux du Cours

1.1. Maîtrise du Langage Normalisé

L'objectif premier vise l'acquisition d'un vocabulaire graphique rigoureux. Cet enseignement assure la maîtrise des symboles graphiques normalisés pour chaque composant électronique, actif comme passif. Il établit une compétence fondamentale dans l'identification et la représentation univoque des éléments d'un circuit. L'intégration des conventions de tracé, des règles de nomenclature et de la structuration logique d'un schéma représente une finalité centrale.

1.2. Développement des Compétences Analytiques

Au-delà de la simple reconnaissance, le cours développe la capacité à interpréter la fonction d'un montage électronique depuis sa représentation schématique. L'analyse d'un schéma fonctionnel, structurel ou d'implantation devient un outil de diagnostic et de compréhension. L'apprenant déduit le comportement d'un circuit, identifie ses blocs fonctionnels et anticipe les interactions entre ses différentes parties. La lecture de schémas complexes est ainsi systématisée.

1.3. Acquisition des Compétences Pratiques

La finalité opératoire consiste à rendre l'élève capable de produire des schémas électroniques clairs, conformes aux standards et exploitables. Cette compétence s'étend à la traduction d'un cahier des charges simple en un schéma fonctionnel. Finalement, l'utilisation du schéma comme support au dépannage, à la modification ou au câblage d'un circuit représente l'aboutissement pragmatique de la formation.

---

2. Compétences Visées

2.1. Compétence d'Analyse et d'Interprétation

La première compétence fondamentale est l'analyse systémique d'un schéma électronique. L'élève doit pouvoir identifier sans ambiguïté chaque composant, suivre le trajet des signaux et décoder l'organisation fonctionnelle des différents étages (alimentation, amplification, filtrage, logique). Cette lecture

dépasse la simple reconnaissance des symboles pour atteindre la compréhension de l'architecture globale et de l'intention du concepteur. L'objectif est de transformer une représentation graphique en un modèle mental fonctionnel du circuit.

2.2. Compétence de Conception et de Normalisation

La compétence s'étend à la conception et à la formalisation de schémas. Partant d'un cahier des charges fonctionnel simple, l'élève apprend à traduire une solution technique en une représentation graphique normalisée. Cela inclut le choix pertinent des symboles, le respect des normes de représentation (épaisseur des traits, nomenclature, référencement des composants) et la structuration claire du document. La finalité est de produire des schémas professionnels, lisibles et exploitables pour la simulation, la fabrication ou la maintenance.

2.3. Compétence de Diagnostic et de Dépannage

La compétence ultime est l'application pratique du schéma comme outil de diagnostic. Face à un circuit défaillant, l'élève utilise le schéma pour formuler des hypothèses de panne de manière logique. Il est capable de localiser les points de mesure pertinents (tensions, signaux) et de comparer les valeurs relevées aux valeurs théoriques implicites du schéma. Cette démarche méthodique transforme le schéma d'un simple dessin en un instrument de travail indispensable au technicien de maintenance.

---

3. Approche Pédagogique

3.1. Pédagogie de la Maîtrise Progressive

La progression didactique suit un axe de complexité croissante. Partant des conventions graphiques fondamentales et des symboles normalisés isolés, l'apprentissage évolue méthodiquement vers l'analyse de schémas fonctionnels et de plans de câblage complets. Chaque nouvelle notion s'appuie sur des acquis consolidés, garantissant ainsi une construction du savoir sans rupture conceptuelle. Cette stratification permet de maîtriser d'abord l'alphabet graphique avant d'aborder la syntaxe des circuits complexes.

3.2. Du Concept à l'Application Systémique

Au-delà de la simple mémorisation des symboles, la méthode privilégie la contextualisation immédiate. Chaque norme, chaque composant est

instantanément intégré dans un schéma d'application minimal mais fonctionnel. Cette démarche inductive ancre la théorie dans une réalité pratique tangible. L'élève passe ainsi du décodage (lecture et interprétation) à l'encodage (création et modification) de schémas, développant une véritable intelligence de la représentation technique.

3.3. Développement de la Compétence Analytique

Finalement, l'objectif terminal est le développement d'une compétence d'analyse et de diagnostic. Les exercices et scénarios proposés dépassent la simple reproduction. Ils exigent une lecture critique des documents techniques pour identifier des fonctions, prévoir des comportements de circuits ou localiser des erreurs de conception. Cette approche prépare directement aux exigences des épreuves certificatives (TENASOSP/EXETAT) et aux réalités du dépannage professionnel.

Partie 1. Normes Avancées et Méthodologie du Schéma Électronique

De la représentation à la communication

Dessiner un circuit électronique dépasse la simple représentation des composants. Il s'agit de communiquer une intention technique de manière universelle et sans ambiguïté. Un schéma correct est un document qui garantit la reproductibilité et la maintenance d'un système. Sans une grammaire commune, un montage conçu à Goma deviendrait indéchiffrable pour un technicien à Mbuji-Mayi, paralysant toute tentative de réparation ou de modification.

La grammaire du schéma : les standards internationaux

Pour assurer cette universalité, des organismes internationaux ont défini des règles strictes. Ces standards, notamment les normes IEC (Commission Électrotechnique Internationale) et ANSI (American National Standards Institute), dictent la forme des symboles, la numérotation des composants et la manière de représenter les connexions. Maîtriser ces conventions transforme un simple dessin en un document professionnel lisible par tous les experts du globe, de Kisangani à l'étranger.

L'architecture du document : flux et lisibilité

Au-delà des symboles, la structure du document lui-même suit une logique rigoureuse. Une bonne méthodologie de dessin impose une organisation spatiale claire : les signaux d'entrée à gauche, les sorties à droite, les alimentations en haut et les masses en bas. Cette organisation facilite la lecture du flux logique et le diagnostic rapide des pannes. Elle optimise le travail de conception et de dépannage.

Du schéma au produit : l'objectif de la fiabilité

Finalement, un schéma électronique n'est pas une œuvre d'art, mais un outil fonctionnel. Sa qualité détermine directement la facilité de fabrication, de test et de réparation d'un appareil. Un schéma bien structuré, avec des annotations précises et des références claires, est la première étape vers un produit fiable. C'est le plan qui permettra à une usine d'assemblage, par exemple dans le Kongo Central, de produire en série sans erreur.

Chapitre 1. Classification et Rôle des Schémas Électroniques

1.1. Le schéma structurel (synoptique) et le schéma de principe (théorique)

a. Le schéma, une langue universelle

Un des faits les plus surprenants en électronique est sa ressemblance avec la préparation d'un plat. Un bon circuit, comme un bon pondu, exige une recette claire et des étapes bien définies. Sans plan, le meilleur technicien de Matadi est aussi perdu que le cuisinier de Kisangani sans sa fiche recette.

Le schéma est cette recette. Il est le langage universel qui permet à un ingénieur du Kasaï de comprendre le travail d'un autre au Kwilu. Il transforme une idée abstraite en un objet fonctionnel. Deux types de schémas sont fondamentaux pour débuter : le structurel et le principe.

A. Le schéma structurel (synoptique)

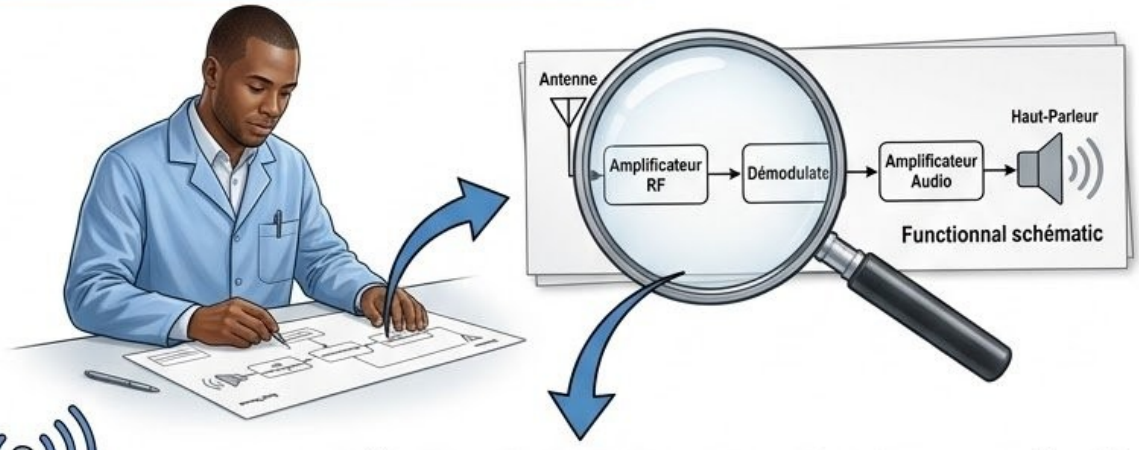
Essentiellement, le schéma structurel offre une vue d'ensemble. Il se compare à la carte d'un pays qui montre les grandes villes et les routes principales, sans détailler les rues de chaque ville. Ce type de schéma utilise des blocs (rectangles) pour représenter les grandes fonctions d'un système électronique. Des flèches indiquent le sens de circulation des signaux ou de l'énergie entre ces blocs.

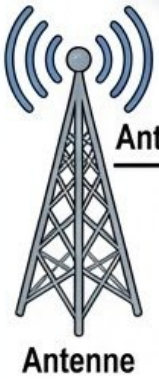
Son but premier est de faciliter la compréhension globale du fonctionnement. Il est l'outil idéal pour une première analyse ou pour expliquer un circuit à une personne non spécialiste. Il ne montre aucun composant individuel (résistance, condensateur).

Figure 1 : Réf. IMG (7378-6022-1396)

Schéma synoptique d'un récepteur radio simple : vision globale des fonctions.

a. Le plan d'architecte : vision globale



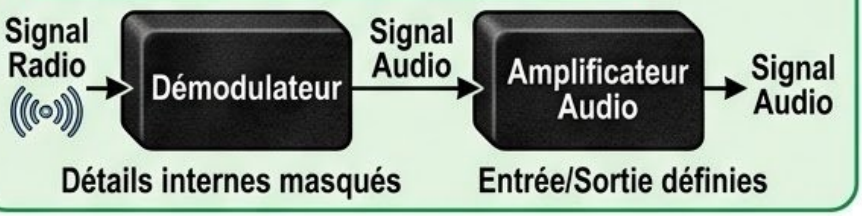


REPRÉSENTATION FONCTIONNELLE (QUOI)

Antenne → Amplificateur RF → Démodulateur → Amplificateur Audio → Haut-Parleur

Antenne

b. La logique des blocs : boîte noire



c. L'information, pas les composants

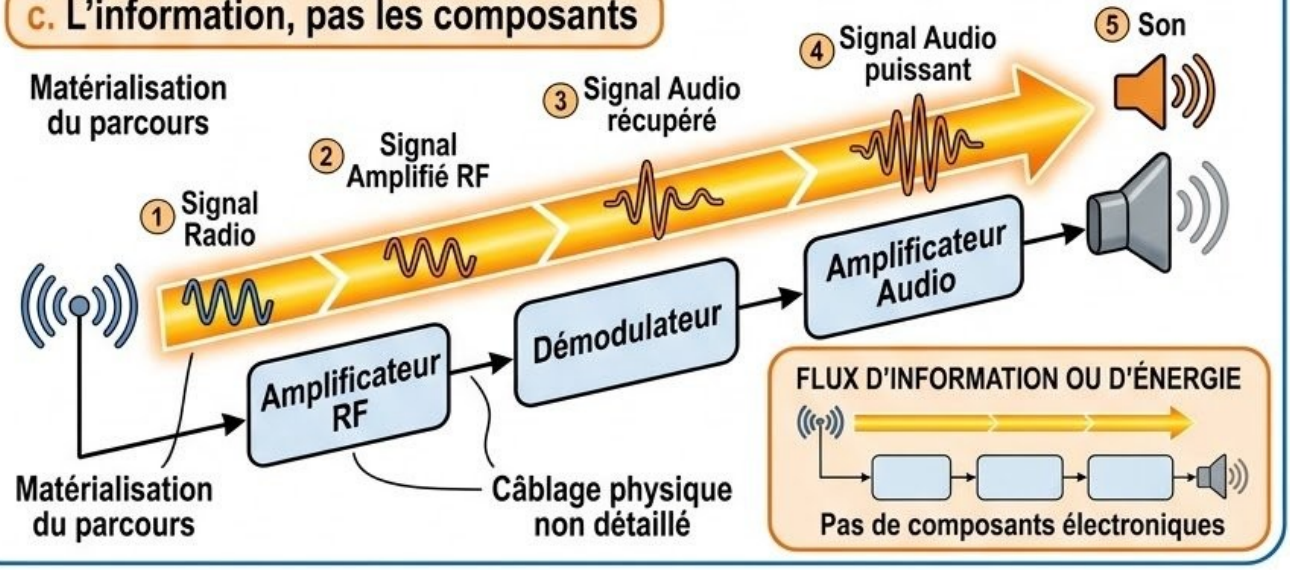


Figure 1 : Réf. IMG (7378-6022-1396)

Schéma synoptique d'un récepteur radio simple : vision globale des fonctions.

a. Le plan d'architecte

L'illustration présente un schéma synoptique typique. Des blocs nommés "Antenne", "Amplificateur RF", "Démodulateur", "Amplificateur Audio" et "Haut-Parleur" sont connectés par des flèches. Cette représentation est purement fonctionnelle. Elle décrit "quoi" fait le circuit, mais pas "comment" il le fait en détail. C'est le premier niveau de lecture d'un appareil électronique complexe.

b. La logique des blocs

Chaque rectangle est une "boîte noire". Nous savons ce qui entre et ce qui doit en sortir, mais les détails internes sont volontairement masqués. Par exemple, le bloc "Démodulateur" a pour seule fonction de récupérer l'information audio du signal radio. La complexité de cette opération est mise de côté.

c. L'information, pas les composants

Les flèches sont cruciales. Elles matérialisent le parcours du signal, depuis sa capture par l'antenne jusqu'à sa transformation en son par le haut-parleur. L'accent est mis sur le flux d'information ou d'énergie, et non sur le câblage physique ou les composants électroniques spécifiques.

B. Le schéma de principe (théorique)

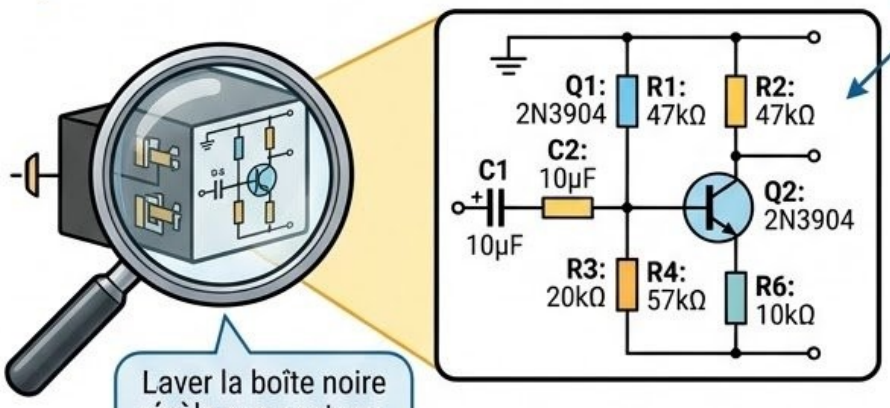
À l'opposé du synoptique, le schéma de principe est la recette détaillée. Il représente la totalité des composants électroniques d'un circuit et l'ensemble de leurs interconnexions. Chaque composant est dessiné avec son symbole normalisé (norme IEC ou ANSI). Les valeurs de ces composants (ex: 10 kΩ pour une résistance, 100 µF pour un condensateur) sont indiquées.

Ce schéma est indispensable pour le montage, le dépannage et la simulation d'un circuit. Il contient toutes les informations nécessaires pour construire ou réparer l'appareil.

Figure 2 : Réf. IMG (3043-4596-2705)

Schéma de principe d'un amplificateur audio : la recette détaillée

a. Le microscope sur la fonction

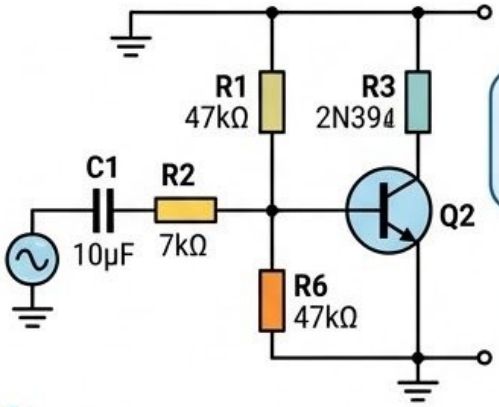


Laver la boîte noire révèle son contenu.

Observe la boîte noire révèle son contenu.



b. a. L'inventaire des composants



Le schéma de principe est un véritable inventaire.

À côté de R1, la valeur "47k"

	Id	Valeur	
1	R1	47 kΩ	
2	C2	220 µF	
3	Q1	2N3904	
4	R2	47 kΩ	
5	C3	220 µF	
6	R4	50 kΩ	
	2. Point de jonction (Q1 Collector, Q2 Base)		
7	R5	1/4 kΩ	
8	C3	220 µF	
9	R6	120 µF	

c. a. La connectivité absolue

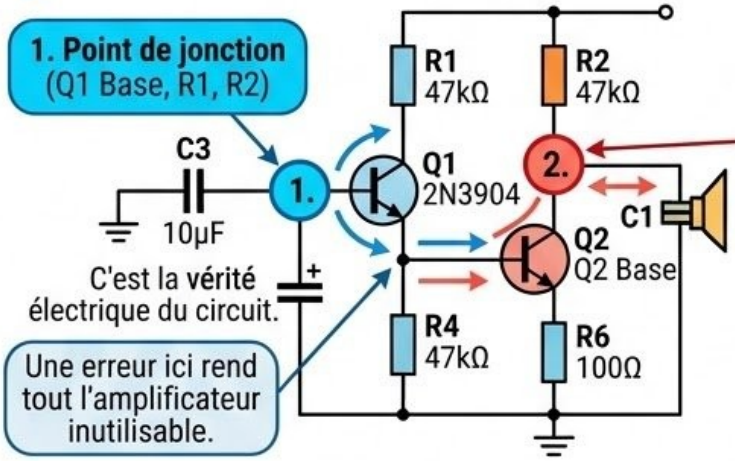


Figure 2 : Réf. IMG (3043-4596-2705)

Schéma de principe d'un amplificateur audio : la recette détaillée.

a. Le microscope sur la fonction

Ce second schéma est un zoom sur un des blocs du schéma synoptique, par exemple "l'Amplificateur Audio". Soudainement, la boîte noire révèle son contenu. Nous voyons des transistors (Q1, Q2), des résistances (R1 à R6) et des condensateurs (C1 à C3), chacun avec son identifiant unique.

b. L'inventaire des composants

Le schéma de principe est un véritable inventaire. Il liste chaque pièce nécessaire à la construction. À côté de R1, la valeur "47k" pourrait être inscrite, signifiant 47 kΩ. Cette précision est absolue et non négociable pour que le circuit fonctionne comme prévu.

c. La connectivité absolue

Chaque ligne du schéma représente une connexion électrique exacte. Le point de jonction entre la base de Q1, R1 et R2 est une information fondamentale. Une erreur de connexion ici rendrait tout l'amplificateur inutilisable. C'est la vérité électrique du circuit.

■ ■ ■

C. Synthèse et complémentarité

Les deux types de schémas ne s'opposent pas. Ils sont complémentaires et utilisés à des étapes différentes du cycle de vie d'un produit.

- **Le schéma structurel (synoptique) :** pour la conception initiale, la documentation générale et la formation. Il répond à la question "Que fait le système ?".
- **Le schéma de principe (théorique) :** pour le développement, la fabrication et la maintenance. Il répond à la question "Comment le système le fait-il ?".

Un bon technicien doit maîtriser la lecture des deux pour passer de la vue d'ensemble au détail, et inversement.

Anecdote : Le dépanneur de Bukavu et la radio communautaire

Papa Élie, un technicien radio respecté à Bukavu, dans le Sud-Kivu, fut un jour appelé d'urgence. L'émetteur de la radio communautaire "Voix du Lac" était tombé en panne en pleine diffusion d'un avis important. Le manuel d'origine, un vieux document allemand, était illisible. Heureusement, deux feuilles volantes avaient survécu : un schéma avec de gros rectangles et des flèches, et un autre rempli de symboles complexes.

Avec sagesse, Papa Élie a d'abord regardé le schéma à rectangles (le synoptique). Il a suivi le chemin du signal et a rapidement diagnostiqué que le problème se situait dans le bloc "ETAGE DE PUISSANCE RF". Ensuite, il a pris le second schéma (le principe), a trouvé la section correspondante à cet étage, et a identifié un transistor spécifique, le Q501, comme coupable probable. En se concentrant sur ce seul composant grâce au plan détaillé, il l'a testé, remplacé, et la radio est revenue à l'antenne en moins d'une heure.

Exercice 1 : Le chargeur de Maman Hélène

Énoncé : Maman Hélène, qui vend des jus de fruits au marché de la Gombe, constate que son chargeur de téléphone ne fonctionne plus. Son neveu, élève en électronique, veut comprendre comment il est fait. Le chargeur transforme le 220V du secteur en 5V continus pour le téléphone. Il doit dessiner le schéma synoptique du chargeur. Quels sont les 4 blocs fonctionnels principaux à dessiner ?

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Identification des fonctions de base** Le processus passe de 220V alternatifs à 5V continus. Il faut donc abaisser la tension, la rendre unidirectionnelle, la lisser, puis la stabiliser.
2. **Étape 2 : Nomination des blocs fonctionnels**
   - Pour abaisser la tension : bloc **Transformation**.
   - Pour convertir l'alternatif en continu : bloc **Redressement**.
   - Pour lisser les ondulations restantes : bloc **Filtrage**.
   - Pour garantir une sortie stable à 5V : bloc **Régulation**.
3. **Étape 3 : Représentation synoptique** Le schéma structurel montre quatre rectangles en série, reliés par des flèches allant de gauche à droite : [Transformation] → [Redressement] → [Filtrage] → [Régulation].

Exercice 2 : L'amplificateur de DJ Papy

Énoncé : DJ Papy, une star des soirées de Boma dans le Kongo Central, a un problème avec son petit amplificateur de contrôle. Le son est devenu très faible. Il possède le schéma de principe de l'appareil, qui indique clairement une résistance nommée R12 avec une valeur de 4.7 kΩ. Comment le schéma de principe l'aide-t-il à localiser et vérifier ce composant sur la carte électronique ?

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Localisation sur le schéma de principe** DJ Papy examine le schéma de principe. Il repère le symbole de la résistance portant l'identifiant unique "R12". Il note également les composants auxquels elle est connectée (par exemple, la base d'un transistor Q4 et le collecteur d'un transistor Q3).
2. **Étape 2 : Repérage sur la carte de circuit imprimé (PCB)** Il ouvre le boîtier de l'amplificateur. Sur la carte verte, il cherche l'inscription "R12" imprimée en blanc à côté d'un composant physique. Cette inscription correspond directement à celle du schéma.
3. **Étape 3 : Vérification du composant** Grâce au schéma, il sait que R12 doit valoir 4.7 kΩ. Il peut soit lire le code couleur sur la résistance physique pour confirmer sa valeur, soit utiliser un multimètre en mode ohmmètre pour la mesurer directement et voir si elle est coupée ou a dérivé.

1.2. Le schéma de câblage

a. L'artisan et le plan

Pendant des siècles, les artisans du royaume Kuba utilisaient des motifs complexes pour tisser le raphia. Chaque fil avait une place précise, un chemin défini pour créer un ensemble cohérent et fonctionnel. Un fil mal placé, et tout le motif était compromis, perdant sa beauté et sa signification.

Le schéma de câblage obéit à la même logique implacable. Il est la carte routière des connexions physiques, le plan de l'artisan électricien. Il ne s'intéresse pas à la théorie du circuit, mais à la réalité matérielle de sa construction. Son but est de guider la main qui assemble, qui répare ou qui vérifie.

A. Définition et Finalité

Un schéma de câblage est la représentation fidèle de la filerie et des connexions physiques d'un appareil ou d'une installation. Sa vocation est pratique. Il sert principalement à trois choses : la fabrication en usine, l'installation sur site et le dépannage par un technicien. Il montre le "comment" physique, là où le schéma de principe illustre le "pourquoi" logique. Pour le technicien de la SNEL à Matadi qui doit reconnecter une armoire de commande, ce schéma est son seul guide fiable. Il indique quel fil, de quelle couleur et de quelle section, va de tel point à tel autre.

B. Les Éléments d'un Schéma de Câblage

Ce type de schéma utilise des conventions précises pour représenter la réalité physique. On y trouve systématiquement des informations claires sur :

- **Les conducteurs** : Ils sont représentés individuellement. Leur couleur, leur section (diamètre) et parfois un numéro d'identification sont indiqués.
- **Les connecteurs** : Ils sont dessinés de manière réaliste, avec une numérotation claire de leurs broches (pins).
- **Les borniers et points de connexion** : Chaque vis ou point de raccordement est repéré. Le schéma indique exactement quel fil s'y connecte.
- **La disposition géographique** : Les composants sont placés sur le schéma d'une manière qui reflète leur emplacement réel dans le boîtier ou sur le châssis.

C. Illustration : Lecture d'un Faisceau de Câblage

Figure 3 : Réf. IMG (2386-6339-8143)

Représentation d'un faisceau de câbles connectant une carte mère et ses périphériques.

a. Identification des conducteurs

Chaque fil est désigné par un code couleur (ex: RGE pour rouge, NR pour noir) et parfois par un numéro. Ce code est normalisé. Il permet au technicien de suivre un signal ou une alimentation d'un point A à un point B sans erreur, que ce soit à Mbandaka ou à Goma. Il garantit l'interchangeabilité et la maintenance.

b. Repérage des connecteurs

Les connecteurs (J1, P2…) sont dessinés avec leur forme physique. Les broches (pins) sont numérotées selon une convention standard (souvent indiquée sur le connecteur lui-même). Le schéma indique précisément quel fil se connecte à quelle broche. Une erreur ici peut causer un court-circuit destructeur.

c. Le cheminement physique

Contrairement au schéma de principe, la disposition des composants est proche de la réalité. Le dessin montre comment les fils doivent être groupés en faisceaux (harnesses), leur cheminement dans le châssis et leurs points d'attache. C'est un guide indispensable pour l'assembleur qui doit monter des dizaines d'appareils à la chaîne.

Scénarios et Exercices

a. L'amplificateur de la paroisse

Papa Mbuta, diacre à la paroisse de Bumba dans la Mongala, était désespéré. Le nouvel amplificateur de sonorisation, fraîchement arrivé de Kinshasa, refusait de fonctionner avec les anciens haut-parleurs. L'électricien local parlait de tout remplacer. Heureusement, sa nièce, étudiante en électronique à l'ISP de Kisangani, est arrivée pour les vacances. Avec un simple multimètre et le schéma de câblage collé à l'arrière de l'ampli, elle a tout de suite vu le problème. Le schéma indiquait une sortie "symétrique" avec les bornes "+", "-" et "Masse". L'ancien câblage reliait simplement deux fils. En suivant le plan,

elle a correctement raccordé les trois bornes. Le son puissant des cantiques a enfin rempli l'église, sauvant la messe et la réputation de Papa Mbuta.

Exercice 1 : Le dépannage de la pompe à Kikwit

Énoncé : Ne-Kongo, technicien de maintenance dans une usine de traitement d'eau à Kikwit (Kwilu), fait face à une pompe qui ne démarre pas. Le schéma de câblage de l'armoire de commande indique que le fil bleu "BL-0.75" doit alimenter la bobine du contacteur KM1 depuis le terminal 3 du connecteur C1. Une mesure au voltmètre sur la bobine indique 0V.

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Vérification de la connexion physique** Le premier réflexe est de consulter le schéma et de vérifier physiquement. Ne-Kongo contrôle si le fil "BL-0.75" est bien serré sur la borne de la bobine de KM1 et sur le terminal 3 de C1.
2. **Étape 2 : Contrôle de la continuité du conducteur** L'alimentation étant coupée et consignée, Ne-Kongo utilise un multimètre en mode ohmmètre. Il place une pointe de touche sur le terminal 3 de C1 (côté départ) et l'autre sur la borne de la bobine KM1. L'appareil affiche "O.L" (Over Limit), indiquant une coupure.
3. **Étape 3 : Identification de la panne** La coupure est confirmée. Le schéma de câblage lui a permis d'isoler le problème à un seul fil. Il suit le chemin du faisceau et découvre que le fil a été sectionné par frottement contre une arête métallique du châssis. Le remplacement du fil résout la panne.

Exercice 2 : L'installation solaire de Maman Tshiela

Énoncé : Maman Tshiela, à Kananga (Kasaï-Central), reçoit un kit solaire pour alimenter sa petite boutique. Le schéma de câblage fourni avec le régulateur de charge est très clair. Il montre un pictogramme de batterie et deux bornes : "BAT+" avec un fil rouge, et "BAT-" avec un fil noir. Son fils, un peu trop pressé, connecte les fils sans regarder. L'onduleur refuse de démarrer.

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Analyse de la situation** Le système est neuf. L'onduleur ne démarre pas. La première cause probable dans une nouvelle installation est une erreur de câblage. Le symptôme pointe vers un problème d'alimentation de l'onduleur depuis la batterie.

2. **Étape 2 : Consultation rigoureuse du schéma** Le fils de Maman Tshiela est invité à regarder attentivement le schéma de câblage. Il constate que le dessin n'est pas juste décoratif. Le fil ROUGE doit impérativement aller sur la borne PLUS (+) de la batterie, et le NOIR sur la borne MOINS (-). C'est une instruction physique, pas une suggestion.
3. **Étape 3 : Correction du câblage** Après avoir déconnecté le panneau solaire pour la sécurité, il inverse les connexions sur la batterie pour respecter le plan. Le fil rouge est branché sur la borne "+", le noir sur la borne "-". Il rebranche le panneau. L'onduleur s'allume immédiatement, et la lumière fut dans la boutique.

1.3. Le schéma d'implantation pour circuit imprimé

a. De l'idée à l'objet

Même si un schéma de principe montre parfaitement la logique d'un circuit, il ne dit rien sur l'organisation physique des composants. Ce schéma abstrait est une idée pure, une recette sans la cuisine ni les ingrédients disposés sur le plan de travail.

Le schéma d'implantation, lui, est le plan de cette cuisine. Il traduit le concept en une réalité tangible, une carte géographique précise pour placer chaque résistance, chaque condensateur sur la plaque de circuit imprimé (PCB - Printed Circuit Board).

A. Définition et finalité du plan d'implantation

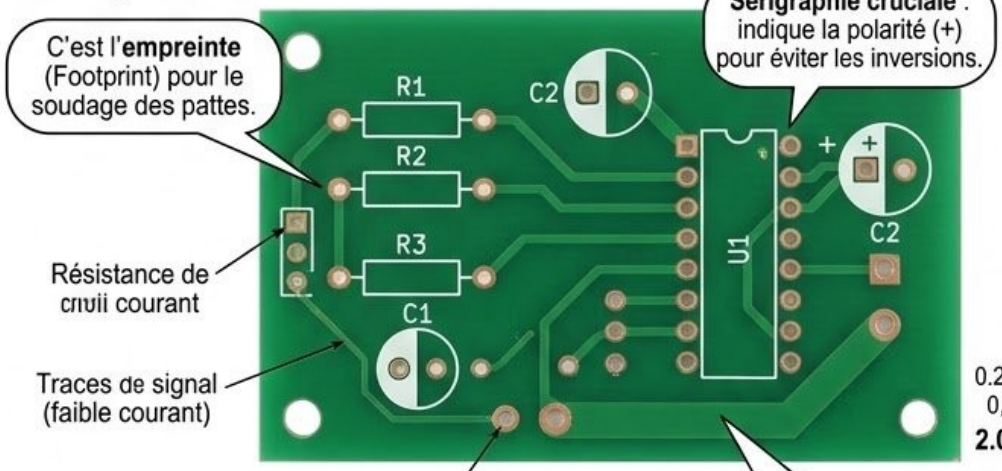
Un schéma d'implantation est la représentation à l'échelle 1:1 de la disposition physique des composants électroniques sur un circuit imprimé. Sa fonction première est de servir de guide infaillible pour l'assemblage, le perçage et le soudage des pièces.

Contrairement au schéma de principe qui se concentre sur le "comment ça fonctionne", le schéma d'implantation répond à la question "où ça se place". Il montre l'emplacement exact de chaque composant, l'orientation des puces, la polarité des condensateurs électrochimiques et le tracé des pistes en cuivre. C'est un document de fabrication essentiel, non un document de conception logique.

Vue de dessus d'un schéma d'implantation simple avec ses composants

Figure 4 : Réf. IMG (2994-4348-5431)

a. Analyse visuelle





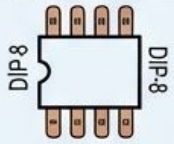


Rôle des pistes (Traces) : Autoroutes du courant électrique. Piste large (Alimentation) > Piste fine (Signal).

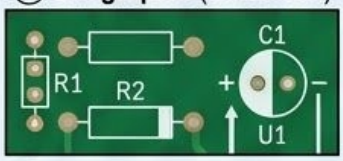
Junior from Matadi

B. Composants graphiques et conventions

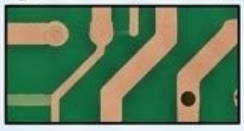
① **Empreinte** (Footprint)



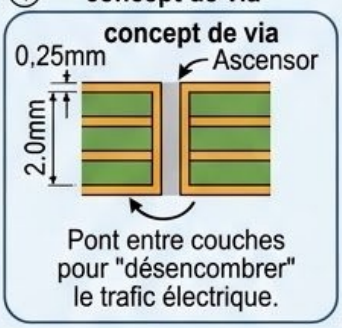
⑤ **Sérigraphie** (Silkscreen)



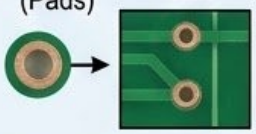
② **Pistes** (Traces)



④ **concept de via**



③ **Pastilles** (Pads) **Vias**



Exercice 1 : Défi de l'étudiante de Goma



Étape 1 : résolution :
Vérification de la polarité de la LED (D1).
→ Trouver le marceur sur le frootprintle.
→ Chéfier l'orientation aoucum l'orientation.

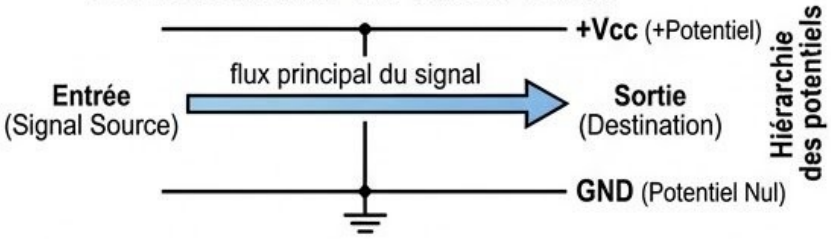
Étape 2 :
Vérification du brochage du transistor (Q1, e.g., BC547).
→ Consult le datasheet.
→ Vérifiez contre les tracks au plattes de schéma.

Chapitre 2. Règles de Représentation et Organisation d'un Schéma

2.1. Disposition des éléments et flux du signal

A. Le sens de lecture conventionnel

Le sens de la rivière et le sens du courant



a. Le flux principal du signal
Trajete logique Cause vers Effet.
Évite les croisements inutiles.

b. La hiérarchie des potentiels
Verticalité Sépare Puissance de Signal.
Facilite dépannage.

c. L'ensemble, une grille logique
Structure ordonnée Universelle pour diagnostic et maintenance.

Figure 4 : Réf. IMG (2994-4348-5431)

Vue de dessus d'un schéma d'implantation simple avec ses composants.

a. Analyse visuelle

Cette vue montre un circuit imprimé vert, la couleur typique du vernis épargne (solder mask). On distingue clairement les empreintes des composants, comme les rectangles pour les résistances et les cercles pour les condensateurs. Les pistes en cuivre clair relient les différentes pastilles. La sérigraphie blanche indique les références (R1, C1) et les contours, facilitant grandement le positionnement manuel des pièces avant la soudure. C'est la carte routière du monteur.

b. Rôle des pistes

Les pistes fines sont les autoroutes du courant électrique. Leur tracé est optimisé lors de la conception pour éviter les interférences électromagnétiques, garantir des connexions courtes et supporter l'intensité requise. Une piste d'alimentation sera plus large qu'une piste de signal.

c. Importance de la sérigraphie

Sans la sérigraphie, l'assemblage deviendrait un jeu de devinettes hasardeux. Un technicien à Mbuji-Mayi ou à Mbandaka doit pouvoir assembler le circuit sans consulter le schéma de principe à chaque instant. La sérigraphie est un guide visuel indispensable à la production.

B. Composants graphiques et conventions

Plusieurs éléments graphiques normalisés composent ce type de schéma pour garantir sa lisibilité universelle.

- **L'empreinte (Footprint) :** C'est le dessin des pastilles (pads) où les pattes d'un composant seront soudées. Chaque composant (résistance, circuit intégré DIP ou CMS) possède sa propre empreinte standardisée.
- **Les pistes (Traces) :** Elles représentent les fils de cuivre qui connectent les composants entre eux. Leur largeur dépend du courant qu'elles doivent supporter.
- **Les pastilles (Pads) :** Zones métalliques nues où sont soudées les pattes des composants. Elles peuvent être traversantes (pour les composants "through-hole") ou en surface (pour les CMS).