

**REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT PRIMAIRE,  
SECONDAIRE ET PROFESSIONNEL**



## **SECRETARIAT GENERAL**

**DIRECTION DES PROGRAMMES SCOLAIRES  
ET MATERIEL DIDACTIQUE**

\* \*  
\*

# **ELECTRICITE**

**(CYCLE LONG)**

**Enseignement Secondaire**

**SECTIONS TECHNIQUES  
INDUSTRIELLES**

# EDIDEPS 2007

ENSEIGNEMENT SECONDAIRE

-oOOo-

SECTIONS TECHNIQUES INDUSTRIELLES

ELECTRICITE

(cycle long)

## INDICATIONS GNERALES

### LES HUMANITES TECHNIQUES INDUSTRIELLES

L'enseignement technique industriel sera limité à quatre sections : Mécanique, Electricité, Construction et Chimie Industrielle. Chacune de ces sections correspond à un cycle long de quatre ans près le cycle d'orientation et donne accès soit aux études supérieures ou universitaires, soit à l'emploi (bureaux d'études, bureaux d'entreprises, chantiers, industries, bureaux de préparation du travail, ateliers, laboratoires, etc...)

Pour répondre aux exigences de l'emploi, les élèves qui ne poursuivront pas des études supérieures feront une période d'entraînement et de spécialisation dans des centres qui constitueront un pont entre l'enseignement et l'industrie, sous l'égide d'une Institution appropriée.

### COURS GENERAUX

Les Humanités techniques industrielles assurant la formation générale requise pour l'accès à l'enseignement supérieur, les disciplines non spécialisées sont identiques à celles des autres sections de l'enseignement secondaire. Sauf avis contraire, les programmes des cours généraux sont ceux des humanités scientifiques. Il appartient toutefois au professeur de limiter ses cours aux points essentiels lorsqu'il dispos d'un horaire réduit et de tenir compte, dans certaines disciplines, comme la chimie ou la mathématique, par exemple, des besoins spécifiques de la section. Dès la troisième année, le cours de mathématique devra inclure en particulier les premiers éléments de trigonométrie.

### COURS TECHNIQUES ET COURS SPECIAUX.

Les cours techniques donnent aux élèves la formation de base qui leur ouvre la porte de différentes spécialisations et leur assure la compétence particulière exigée par les divers secteurs de l'industrie et les services publics ou privés. Le programme de physique, propre aux sections techniques industrielles, est joint à celui des cours techniques.

## GRILLE HORAIRE DES QUATRE ANNEES DE COURS GENRAUX

	3 <sup>e</sup> année	4 <sup>e</sup> année	5 <sup>e</sup> année	6 <sup>e</sup> année
Religion ou Morale	1 +	1 +	1 +	1 +
Histoire	1	1	1	1
Géographie	1	1	1	1
Français	6	5	4	3
Anglais	4	2	2	2
Sociologie	1	1	-	-
Education Physique	1	1	-	-
Mathématique	6	6	7	8
Chimie	1	1	1	-

+ Les écoles qui le désirent sont autorisées à ajouter une heure de religion ou de morale.

## SECTION ELECTRICITE

### TROISIEME ANNEE

#### COURS SPECIAUX

Physique	1 heure
Mécanique	2 heures
Electricité	2 heures
Technologie	3 heures
Dessin	4 heures
Laboratoire (travaux pratiques)	6 heures

#### I. OBJECTIFS

Les tâches qui peuvent être confiées au technicien par les industriels du groupe « Electricité » soit à la fin des Humanités Techniques, soit le plus souvent après quelques années de spécialisation, peuvent être ainsi définies :

- a) Au bureau d'études, le technicien exerce le métier de dessinateur constructeur de machines ou d'outillage.
- b) Au bureau de préparation du travail, il se voit confier tous les travaux divers dont les plus importants sont : détermination des opérations de fabrication, commande des matières, prévision des outillages, planning des fabrications, fabrication des opérations.
- c) A l'atelier, il est chargé : de l'amélioration des procédés de fabrication en collaboration, d'une part, avec les ingénieurs d'étude ou d'exécution, d'autre part, avec certains ouvriers qualifiés ; du contrôle quantitatif de la production ; de la distribution rationnelle du travail ; de la conduite d'une section d'atelier après un certain nombre d'années de pratique.

- d) Au laboratoire industriel, il assure l'exécution d'opérations déterminées de contrôle ou de recherche.
- e) Au bureau de normalisation, il dépouille des enquêtes et exécute des tableaux standards.
- f) Il conduit un atelier de réparations et d'entretiens.
- g) Il conduit les services d'approvisionnement ou de distribution.

La liste des matières inscrites aux programmes a été établie sur ces considérations.

## II. OBSERVATIONS METHODOLOGIQUES

### a) Cours de mécanique

Les cours de mécanique est pratiquement le même pour les sections mécanique et électrique. Il a pour but de donner les connaissances théoriques suffisantes en vue des applications ultérieures. Dans la section électricité, on insistera particulièrement sur la cinématique et la dynamique.

#### Mécanique appliquée

Ce cours doit permettre aux élèves une bonne compréhension des machines motrices : turbines, moteurs à essence et diesel. Le professeur d'électricité industrielle doit pouvoir s'appuyer sur ces données lors de l'étude des groupes électrogènes et des centrales électriques.

On ne négligera pas l'étude du frottement et de la lubrification.

### b) Cours d'électricité

Le cours d'électricité comporte deux parties distinctes :

1°) La partie théoriques : CC : 3<sup>ème</sup> année et 4<sup>ème</sup> années.  
CA : 5<sup>ème</sup> année.

2°) Electricité industrielle : éclairage et machines CC en 5<sup>ème</sup> année.

Machines à CA, production et transport du courant en 6<sup>ème</sup> année,  
ainsi que quelques autres applications.

On veillera particulièrement à ne pas séparer artificiellement la théorie de ses applications.

Le technicien électricien doit être à même de comprendre les réalisations courantes dans le domaine électrotechnique. Il est bien entendu que dans ce domaine les réalisations sont souvent à ce point complexes qu'il n'est pas possible de donner au cours d'un seul cycle d'études une formation suffisante.

Aussi est-il prévu, aussi bien pour les électriciens que pour les mécaniciens, une période complémentaire de spécialisation devant faire suite au cycle normal d'études.

Le cours d'électricité et d'électrotechnique doit pourtant poser des bases solides et aussi complètes que possible pour permettre cette spécialisation ultérieure.

c) Cours d'électronique

Une section spéciale d'électronique n'ayant pas été retenue pour le moment, le cours d'électronique vise à donner les éléments indispensables pour une spécialisation ultérieure.

d) Technologie

Le technicien électricien doit posséder quelques notions élémentaires du travail mécanique. Ces notions devront être acquises en 3<sup>ème</sup> année.

On veillera particulièrement à ce que le cours de technologie électrique ne se borne pas à une simple étude des prescriptions.

L'étude approfondie des appareils BT et HT est indispensable :

Etude technologique de l'appareil.

Etude du montage et des raccordements.

Etude des réglages et mises au point, et...

Dans cet ordre d'idées, le chapitre sur les relais revêt une importance spéciale.

e) Travaux pratiques

La formation pratique du technicien électricien requiert une attention particulière, car elle constitue un aspect non négligeable, pour ne pas dire primordial, de la formation générale.

Cette formation se situe entre celle de l'ouvrier qualifié et celle de l'ingénieur et doit allier la pratique et la théorie.

Il est impossible de tout apprendre dans le laps de temps très court réservé à la pratique. Or, le programme est vaste et ne peut envisager une spécialisation totale : le technicien peut être destiné en effet à des emplois très différents, par exemple à un bureau, une centrale, un laboratoire, etc... Il faut donc lui procurer une formation générale de base destinée à préparer son avenir. Par conséquent, l'élève n'effectuera probablement qu'une seule fois à l'école et peut-être même dans sa vie la plupart des travaux.

Dans la poursuite de cette formation, l'école utilise naturellement des moyens didactiques essentiellement progressifs.

D'autre part, le technicien doit avoir exécuté lui-même certains travaux afin d'en apprécier les particularités et difficultés. Il pourra ainsi, lorsqu'il commandera, le faire en connaissance de cause, apprécier, sentir les conditions nécessaires à sa réalisation, ce qui garantira la qualité du travail.



Pour assurer une formation pratique efficace, il serait très souhaitable que les travaux, le cours de technologie et les prescriptions électriques, constituent un tout ordonné, et de préférence donné par un seul professeur dans la même année d'études. Il y a en effet une différence entre le travail proprement dit et la description et le fonctionnement du matériel.

Les cours de dessin, d'électricité et de mesures trouveront leur application dans les séances de travaux pratiques.

Enfin, l'élève aura déjà été préparé aux travaux élémentaires de mécanique.

Pour pallier le peu de temps réservé aux travaux pratiques, le programme de la période de spécialisation et d'adaptation à l'industrie prévu en fin de cycle devra accorder un temps largement suffisant aux exécutions.

f) Mesures et essais.

Une attention toute spéciale sera accordée aux laboratoires des mesures électriques et d'essais des machines.

Compte tenu du matériel disponible (qui devra être largement suffisant vu l'importance du cours pour les futurs techniciens), on organisera les séances de laboratoires, de telle manière que chaque groupe ait l'occasion d'effectuer plusieurs fois les mesures et essais principaux.

On veillera à ce que le nombre d'élèves pour chaque séance ne dépasse pas celui qu'un professeur peut normalement diriger.

Il appartient à la Direction scolaire d'élaborer son horaire en conséquence.

EXEMPLE

En 5<sup>ème</sup> année, on dispose de 8 heures.

Diviser la classe en quatre groupes A, B, C,

	(A.B. Atelier	(4h.)	
LUNDI	( C. Mesures	(2h.)	permuter après 2 heures
	( D. Electroniques	(2h.)	

	(C.D. Atelier	(4h.)	
JEUDI	( A. Mesures	(2h.)	permuter après 2 heures
	( B. Electronique	(2h.)	

On pourrait aussi alterner les séances de laboratoire tous les quinze jours.

(1<sup>er</sup> SEMAINE)

	(A.B. Atelier	(4h.)
LUNDI	( C. Mesures	(4h.)
	( D. Electronique	(4h.)

	(C.D. Atelier	(4h.)
JEUDI	( A. Mesures	(4h.)
	( B. Electronique	(4h.)

(2<sup>ème</sup> SEMAINE)

	(A.B. Atelier	(4h.)
LUNDI	( D. Mesures	(4h.)
	( C. Electronique	(4h.)

	(C.D. Atelier	(4h.)
JEUDI	( B. Mesures	(4h.)
	( A. Electronique	(4h.)

Il peut se faire qu'il n'y ait pas de laboratoire d'électronique pendant le premier semestre. Il serait, dans ce cas, remplacé par du laboratoire de mesures.

g) Dessin

Le dessin étant le « langage » des techniciens, ce cours revêt une importance particulière.

Le dessin fait en quelque sorte la synthèse des notions théoriques reçues aux différents cours.

Il permet à l'élève de préciser certaines notions et de s'assurer de sa compréhension exacte.

La formation dans ce domaine doit permettre :

1) La lecture facile des plans et schémas d'installations ;

2) La réalisation d'ensembles, de câblages, de schémas, etc...

3) La connaissance des symboles et notations habituellement utilisés.

En 3<sup>ème</sup> année, on s'attachera aux éléments du dessin technique en général. Ce travail sera complété en 4<sup>ème</sup>. On passera ensuite progressivement aux schémas d'installations électriques, sans toutefois négliger le dessin mécanique.

En 5<sup>ème</sup> année, et en application des notions étudiées, les élèves auront à faire le relevé de quelques installations existantes.

La 6<sup>ème</sup> année sera, en grande partie, consacrée à l'élaboration d'un projet. Celui-ci doit être choisi de manière à provoquer une « recherche » et devra impliquer quelques-unes au moins des connaissances acquises dans les différentes branches techniques.

### III. PROGRAMME DE TROISIEME ANNEE.

#### PHYSIQUE (1 h/s)

##### Généralités et fluides.

Révision des notions sur les dimensions et unités – Pression : définition, mesure, unités, principe – Principe de Pascal : liquides et gaz ; application : presse hydraulique, élévateur d'autre – Principe d'Archimède : expérience, énoncé, formule, démonstrations mathématiques. Applications. Exemple du baroscope – Equilibre des liquides : vases communicants à un t plusieurs liquides : Pression sur le fond, pression sur les parois. Les barrages – Corps flottants : expériences, formule, équilibre latéral. Applications – Densimétrie : méthodes élémentaires, pycnomètre, balance de Mohr ; aéromètres : Nicholson, Fahrenheit, acidimètre, etc... - Tension superficielle et capillarité – Diffusion et osmose – Pression atmosphérique : notion, existence, mesure, influence de l'altitude. Préviation du temps. Divers types de baromètres – Hydrodynamique : Loi de Bernoulli, Ventury-Pompes à gaz – Notions de vacuométrie – Aérodynamique : Loi de Ventury – Traînée – Pertance – Vol de l'avion – Phénomènes transsoniques.

## MECANIQUE (2 h/s)

But du cours : donner un aperçu général de la mécanique.

Méthode expérimentale.

### A. Etude sommaire des principaux mécanismes.

- 1°) Courroie.
- 2°) Roues de friction.
- 3°) Engrenages cylindriques droits.
- 4°) Réducteur de vitesse et boîtes de vitesse.
- 5°) Harnais d'engrenage.
- 6°) Pignon et crémaillère.
- 7°) Bielle à manivelle.
- 8°) Excentrique à collier.
- 9°) Balancier à coulisse.
- 10°) Cames.

### B. Statique

- 1°) Forces : notion, éléments, mesure.  
Théorème de Varignon.  
Action et réaction, applications.  
Déformations et contraintes.  
Composition de forces : recherche du centre de gravité.
- 2°) Forces et mouvements.
- 3°) Forces et poids.
- 4°) Forces centripète et centrifuge.
- 5°) Couples : définition. Effet dynamique, moment d'inertie.

### C. Cinématique

- 1°) Généralités sur le mouvement.
- 2°) Mouvement linéaire uniforme.
- 3°) Mouvement circulaire uniforme  
Vitesse angulaire – Vitesse circonférentielle.
- 4°) Mouvement uniformément accéléré.

NOTE : Il serait utile de faire cette étude avant d'aborder le B.2.

D. Dynamique

- 1°) Travail : définition  
Travail d'une force  
Travail d'un couple
- 2°) Puissance : définition  
- formule  
- mouvement circulaire.
- 3°) Energie cinétique  
Energie potentielle.
- 4°) Machines simples : leviers – balances – poulies – palans.

E. Notions sur les unités et les changements d'unités.

Equations aux dimensions dans les systèmes  $c - g - s$  et  $m - k - s$   
Longueur, surface, volume, vitesse, accélération, force, couple, travail, puissance.

ELECTRICITE (2 h/s)

Electrostatique :

Notions de charge – lois de coulomb.

Courant continu :

- 1°) Courant électrique – effets – circuit – sens.
- 2°) Quantité d'électricité – intensité – tension – résistances.
- 3°) Loi d'ohm – expériences et applications – (résistance morte).
- 4°) Loi de Pouillet – résistivité et applications.
- 5°) Association de résistances – série – parallèle – exercices.
- 6°) Magnétisme – notions sur les aimants – Loi de Coulomb – champ et flux magnétiques.
- 7°) Electromagnétisme.

a) Champ magnétique des courants

Expérience avec conducteur rectiligne – spire et bobine.  
Applications aux appareils de mesure.  
Principe du moteur à courant continu.

- b) Induction électromagnétique  
Expériences sur la loi de Lenz.  
Principe des dynamos.

8°) Effets chimiques du courant

- a) Electrolyse – principe – lois qualitatives – applications (métallurgie).  
b) Piles – principes – grandeurs caractéristiques – types fém. tension – débit – association de piles.  
c) Accumulateurs – étude expérimentale.

9°) Effets calorifiques du courant.

Loi de Joule – notions de puissance – résistance électrique – exercices.

TECHNOLOGIE (3 h/s)

1. Introduction

Aperçu des différents procédés d'usinage.  
Choix du procédé d'usinage : nature des surfaces.  
Facteurs influant sur le choix du procédé.

2. Ajustage

Etude de la lime : classification, formes et remarques.  
Etude de l'étau : sortes, entretien, emploi et remarques.  
Les burins : taille, fabrication et trempe.  
Instruments de mesure et de contrôle : Vernier, comparateur et pied de profondeur.  
Le traçage en l'air : plans de référence et remarques.  
Machines à percer : Chignole – portative électrique- sensitive – multibroches radiales.

Le perçage : caractéristiques, formules et vitesse.

Alésage à main : caractéristiques, types et pratiques.

Détermination du diamètre de perçage : système WW et SI.

Taraudage : les tarauds, fabrication – caractéristiques – système WW et SI, taraudage mécanique.

Filotage : système – type – travaux pratiques.

Combrage : développement sur fibres – outils et formules.

Rivetage : outils – pratique et accessoires.

Etamage et soudure à l'étain – composition et pratique.

### 3. Quelques opérations spéciales

Rabotage : courses, outils, porte-outils, machines à raboter, étaux-limeurs, dispositifs intérieurs, commandes d'avance, travail de l'outil.

Pratique du rabotage, réglage de l'outil, travaux de finissage.

Raboteuse, organes, commande et vitesse.

Meulage : but, étude de l'outil, caractéristiques, vitesse de rotation, débit, fini.

Matriçage : réalisation, mode d'action, forces, poinçonnage, découpage.

Fixation des pièces : ablocage et principes, serrage sur table, équerre, plateau magnétique, mandrin à mors – entre pointes.

### 4. Tournage (les différentes opérations seulement de la section mécanique)

1°) Description.

2°) Cinématique du tour : moteur, broche, tringle, vis, mère- trainard et chariots.

3°) Outils de tour : angle de coupe, affûtage.

4°) Vitesse de coupe : étude élémentaire, diagrammes, calcul des temps.





ATELIER (6 h/s)

- 1°) Conserver un plan.
- 2°) Conserver deux plans parallèles.
- 3°) Réalisation d'un angle de 90°.
- 4°) Ajustage des six faces d'un parallélépipède rectangle, parallèles deux à deux.
- 5°) Traçage en l'air en vue d'un exercice de bédanage et de burinage.
- 6°) Burinage et bédanage : plat, parallèle, d'équerre et à mesure.
- 7°) Sciage : droit, parallèle, oblique, à mesure.
- 8°) Suivant un schéma déterminé : traçage combiné des arcs de cercle pour la préparation du forage.
- 9°) Perçage : de part en part – borgne – oblique.
- 10°) Limage d'un parallélépipède rectangle à dimensions données.
- 11°) Exercices de rivetage.
- 12°) Exercices de chanfreinage à 45°.
- 13°) Exercice de taraudage.
- 14°) Exercices de filetage.
- 15°) Exercices de pliage et de débosselage.
- 16°) Exercices de forgeage.
- 17°) Exercices de soudage et d'étamage (étain).
- 18°) Exercices de montage et de démontage.
- 19°) Ajustage d'un ensemble (2 pièces)
- 20°) Ajustage d'un ensemble (avec les exercices combinés).
- 21°) Ajustage précis – examen de fin d'année.
- 22°) Exercices simples de tournage –
- 23°) Traçage sur tôle.  
Exercices de démontage, remontage, remise en état ou remplacement de pièces mécaniques (flasques, roulements, coussinets, etc...).

## SECTION ELECTRICITE

### QUATRIEME ANNEE

#### COURS SPECIAUX

Physique	2 heures
Mécanique	2 heures
Electricité	4 heures
Technologie	2 heures
Dessin	4 heures
Laboratoire	2 heures
Travaux pratiques	5 heures

#### I. OBJECTIFS

Les objectifs et méthodes définis par les programmes de troisième année restent valables en quatrième année. Mais il n'est pas superflu de rappeler ici l'importance d'une formation générale qui devra, d'une part, favoriser l'assimilation des données techniques et permettre, d'autre part, l'accès aux études supérieures. Cette formation doit donner aux futurs techniciens toutes les qualifications qu'exigent des postes de responsabilité aussi bien dans le domaine des rapports sociaux et humains que dans celui de la compétence technique proprement dite.

Le programme des cours généraux est, comme en troisième année, celui des Humanités scientifiques, compte tenu des adaptations imposées par un horaire réduit ou par la pré-formation nécessaire aux cours techniques et pratiques.

#### II. OBSERVATIONS METHODOLOGIQUES

Voir les observations méthodologiques de la Troisième année.

#### III. PROGRAMME DE QUATRIEME ANNEE

##### PHYSIQUE (2 h/s)

##### Chaleur et thermodynamique

Lois de Boyle Mariotte : expérience, énoncé, formule, applications, les manomètres, les aérostats, loi de Dalton.

Thermométrie : Définition de température, phénomènes de dilatation, différents types de thermomètres, graduation d'un thermomètre, échelles thermométriques.

Dilatation : Les solides, dilatation linéaire, superficielle et cubique ; les liquides, dilatation apparente et absolue ; détermination du coefficient de dilatation du mercure, les gaz, lois de Gay-Lussac, loi générale des gaz parfaits ; détermination de la constants R.

Colorimétrie : Notion de chaleur, calorie, valeur en eau, chaleur spécifique ; détermination de valeurs en eau et de chaleurs spécifiques.

Vaporisation et liquéfaction : Température d'ébullition et de liquéfaction, chaleur de vaporisation, chaleur de liquéfaction, influence de la pression, obtention des basses températures.

Fusion et solidification : Température de fusion et de solidification, chaleurs de fusion et de solidification, maximum de densité de l'eau, phénomène de surfusion, influence de la pression.

Etude des vapeurs : Vapeurs sèches et vapeurs saturants, évaporation et ébullition, tension de vapeur, hygrométrie.

Thermodynamique : Principe, état initial et final, transformations isotherme et adiabatique ; cycle de Carnot, variation d'entropie.

Applications : vapeur saturée, surchauffée ; détente de la vapeur, écoulement des vapeurs : th. De Bernouilli – Venturi.

Chauffage : combustion, combustibles, contrôle de la combustion.

## MECANIQUE (2 h/s)

### Cinématique :

- Le mouvement : généralités et définition – Mouvement rectiligne uniforme : lois mathématiques, représentations graphiques et application – Mouvement rectiligne uniformément accéléré : vitesse moyenne, étude expérimentale, lois mathématiques, représentation graphique.
- Mouvement rectiligne uniformément retardé : lois mathématiques, représentations graphiques :
- Lois de la chute des corps : étude expérimentale, relations mathématiques ;
- Mouvement circulaire uniforme : lois mathématiques, représentations graphiques ;
- Mouvement rectiligne périodique (à loi des espaces sinusoïdale) : descriptions ; relations mathématiques, représentation graphique ;
- Mouvement quelconque d'un point : lois, représentations graphiques ;
- Hodographe d'un mouvement uniformément varié : définition, étude sommaire ;
- Hodographe d'un mouvement quelconque : composante normale, tangentielle (de l'accélération), application ;
- Composition de deux mouvements rectilignes uniformes ;
- Composition de deux mouvements quelconques - Mouvement hélicoïdal ;
- Cinématique des solides : translation, rotation, mouvement hélicoïdal.

### Statique :

- Les forces : notion, éléments, représentation vectorielle, équilibre de deux forces, action et réaction, mesure des forces et décomposition.

- Composition des forces : deux forces concourantes, plusieurs forces concourantes, deux forces parallèles de même sens, deux forces parallèles de sens contraire, plusieurs forces parallèles. Centre des forces parallèles.
- Couples : moment d'un couple, représentation vectorielle, moment d'une force par rapport à un point, théorème de Varignon, moment d'une force par rapport à un axe ou un plan, composition des couples.
- Réduction des forces appliquées à un solide.

## ELECTRICITE (4 h/s)

### Généralités

- L'électricité et la matière : Principe expérimental, molécule, atome, structure de l'atome.
- Electrostatique : Phénomènes fondamentaux – Influence électrostatique – machine électrostatique.
- Energie – Travail mécanique, puissance mécanique, formes et conservation de l'énergie.

### Courant continu

- Courant électrique, propriétés générales
- Quantité d'électricité – Intensité d'un courant – Mesure.
- Actions calorifiques du courant : Différence de potentiel – Tension – Mesure – Energie et puissance, mesure – Lois de Joule – Résistance électrique – Conséquences de l'effet Joule.
- Lois d'Ohm pour une résistance morte – Applications mesure de résistance.
- Résistance d'un fil conducteur – Lois de Pouillet, résistivité, facteurs – Lois de Mathiessen.
- Association de résistances – Série, applications, Parallèle, applications. Série-parallèle, applications.

- Actions chimiques du courant :

- a) Electrolyse : Principe – Lois qualitatives et quantitatives – Formule de Faraday – Applications industrielles.
- b) Piles : Principe – Grandeurs caractéristiques – Sortes de piles – F.é.m. – Tension – Débit- Association de piles, en série, parallèle, mixte.
- c) Accumulateurs : Principe - F.é.m.- Accumulateurs au plomb – Accumulateurs alcalins – Batteries d’accumulateurs – Rendement (pertes, en quantité, en énergie)

Généralisation de la loi d’Ohm.

Circuit fermé avec un générateur et une résistance pure.

- Circuit fermé avec un générateur et, en série, un récepteur électrolytique, une résistance pure.
- Circuit fermé avec plusieurs générateurs, récepteurs avec F.c.é.m. et des résistances pures (le tout en série).
- Lois de Kirchhoff – Règle des noeuds – Règle des mailles.
- Mesure de résistance au pont de Wheatstone.

Magnétisme

- Les aimants : Existence – Aimants naturels et artificiels – Formes d’aimants – Propriétés magnétiques.
- Lois de Coulomb : Formule de Coulomb – Masse magnétique – Moment magnétique – Intensité d’aimantation.
- Cham magnétique : Définition – Intensité du champ – Lignes de force – Champ magnétique uniforme – Flux magnétique – Champ magnétique terrestre.

## Electromagnétisme

- Champ magnétique des courants : Expérience d'Oersted – Courant rectiligne – Courant circulaire – Solénoïde – Enroulement torique.
- Aimantation par influence : Temporaire – Permanente – Perméabilité magnétique et coefficient.
- Induction magnétique : Vecteur d'induction – Unités – Lignes d'induction.

Flux d'induction magnétique : Définition – Mesure – Loi de conservation.

Courbes d'aimantation du fer : Mesure de perméabilité des corps magnétiques.

Hystérésis (cycles et pertes)

Circuit magnétique : Résistance – Force magnétomotrice – Coefficient d'Hopkinson.

Electro - aimants : Description – Formes – Force portante.

## Actions électromagnétiques

- Champ magnétique uniforme sur un courant rectiligne :  
Expérience – Direction et sens de la force électromagnétique – Formule de Laplace -  
Conducteurs parallèles.
- Travail des forces électromagnétiques : sur un élément de courant, sur un circuit fermé – Loi  
du flux maximum. Principe du moteur électrique.

Phénomènes d'induction : Existence des courants induits F.e.m. induite dans un élément conducteur par déplacement relatif – F.e.m. induite dans un circuit quelconque. Formule du flux coupé. Self-induction. Courants de Foucault.

Condensateurs statiques : Révision des notions d'électrostatique – Principe – Circuits avec condensateurs – Types de condensateurs – Association de condensateurs en série, en parallèle – Usages.

TECHNOLOGIE (2 h/s)

La lampe de soudeur – Pratique du soudage à l'étain.

Soudure oxyacétylénique : manomètres, sécurité, travaux pratiques, oxygène, acétylène.

Soudure électrique : Principe, mode opératoire, pratiques, électrodes – Accessoires.

Brasage : But, composition, pratique.

Technologie de l'outillage de l'électricien

Matériaux utilisés en électricité : Conducteurs métalliques – Conducteurs liquides – Isolants solides, Liquides et gazeux.

Utilité de l'établissement des normes techniques.

Normes belges et équivalences étrangères d'application au Congo.

Description et prescriptions : Fils et câbles nus sur la base des normes applicables au Congo – Fils et câbles isolés au caoutchouc (même remarque) – Fils et câbles isolés aux matières thermo-plastiques (idem).

Description – Construction – Prescriptions et Schémas de principe du petit appareillage B.T.

- Boîte de dérivation – Bouton de sonnerie, interrupteurs, commutateurs – Douilles (sockets), prises de courant, fiches – Coupe-circuits et fusibles – Sonnerie – Lampes à incandescence – Lampes baladeuses – Appareils ménagers, fer à repasser, à couder, bouilloire, réchauds, chauffe-eau, radiateurs, fours, cuisinières – Piles et accumulateurs.



## DESSIN (4 h/s)

Rappel des notions générales du dessin technique et principes pour l'exécution correcte croquis.

Croquis et mise au net, au crayon, puis à l'encre sur papier dessin, de pièces d'équipement d'appareillage électrique.

L'élève consultera la documentation des catalogues mise à sa disposition afin de constater comment les fabricants représentent cet appareillage sous forme simplifiée tout en cotant l'essentiel.

A côté de chaque appareil figurera sa représentation conventionnelle. On commencera avec des pièces simples, familières à l'atelier d'électricité.

En corrélation avec les cours techniques, reproduction des schémas de montages simples : lumière, sonnerie et téléphonie. En fin d'année, l'élève sera familiarisé avec les appareils électriques d'usage courant ; il sera capable de les représenter sous les formes conventionnelles et pratiques.

### Détails.

Représentation des symboles graphiques pour les schémas électriques : Nature des courants – Mode de connexion – Organes électriques – Canalisations électriques – Appareils de transformation et de production d'énergie électrique – Appareillages – Interrupteurs.

Schémas d'installation d'éclairage : simple allumage, double allumage, va et vient, cage d'escalier, minuterie, chambre d'hôtel, lampe avec interrupteur bipolaire.

### Epissures

Sonneries : Dessin d'une sonnerie – 1 sonnerie et 1 bouton – 2 sonneries et 1 bouton – Plusieurs sonneries actionnées par 1 bouton et 1 commutateur – Sonnerie avec tableau indicateur.

Dessin d'un interrupteur, d'une boîte de dérivation, d'une prise de courant, d'une douille (socket).  
Dessin de charpentes simples (logettes, etc...)

## MESURES ELECTRIQUES (2 h/s)

Expériences à faire en groupe sous la direction du professeur. Les leçons consacrées à ces expériences et mesures sont organisées en tenant compte de la progression du cours d'électricité théorique.

Ces séances seront de préférence conduites par le professeur de cours théorique.

Expériences d'électrostatique : Charge, champ électrique, tube de Braun – Action calorifique du courant : fusible, échauffement – Vérification de la loi d'Ohm pour divers circuits – Calcul – Vérification expérimentale – Vérification de la loi de Pouillet, de la loi de Mathiessen – Chute de tension le long d'un conducteur – Circuit diviseur de tension – Electrolyse – Réalisation expérimentale d'une pile – Association de générateurs – Mesure de résistance interne – F.c.e.m. – Loi des nœuds et des mailles : expérience, calculs – Expérience du passage du courant dans le gaz – Expérience sur le magnétisme – Expérience sur l'électro-magnétisme - Phénomène d'induction électro-magnétique – Expérience sur les condensateurs.

Les notions théoriques sur les mesures seront données au début du second trimestre. Les mesures faites par les élèves commencent après l'exposé de ces notions.

Vérification de la loi d'Ohm – Variation de I en fonction de V – Variation de I en fonction de R – Variation de V en fonction de I – Vérification de la loi de Joule – Mesure de la chaleur dégagée – Mesure d'un travail mécanique effectué – Vérification qualitative de la loi de Faraday – Variation de la résistance avec la température – Vérification des lois de Kirchoff – Circuit série – Circuit parallèle – Circuit mixte – Mesure d'une résistivité spécifique – Mesure d'une résistance interne.

## ATELIER ( 5 h/s)

Soudage : sur fer à souder (étain), au chalumeau (acétylène et oxygène), à l'arc (électrodes).

## Construction

Formation de base : Emploi de l'outillage de l'électricien – Travail au fer à souder.

Préparation des matériaux : Connexions volantes : monopolaires, bipolaires, tripolaires et tétrapolaires – Cordons, allonges, lampe témoin, baladeuse – Résistances fixes et additionnelles, shunt – Fer à souder – Façonnage – Redressement, pliage – Terminaison (dénudage, étamage, œillets) de fil nu et résistant, souple et isolé.

Construction proprement dite : Bobinage de résistances (réchaud, fer à souder, fer à repasser) – Ampèremètre thermique – Disjoncteur thermique simple.

## Installations

Préparation : Etablissement du schéma du circuit – Traçage et perçage sur mur et sur bois – Emploi du fil à plomb, du niveau, du cordeau – Tamponnage et chevilles divers.

## Placement :

1 appareil + 1 commande = simple allumage  
1 appareil + 2 commandes = va et vient  
1 appareil + 3 commandes = cage d'escalier  
1 appareil + plusieurs commandes = alarme  
2 appareils + 2 commandes = Chambre d'hôtel  
2 appareils + plusieurs commandes = sonnerie et tableau ; réchauds, cuisinières, etc...

Appareils de fixation : attache fil, rosace.

Appareils de commande : interrupteur, commutateur, inverseur.

Appareils d'utilisation : douilles, sonnerie.

Appareils de liaison : boîte de dérivation

Appareils de connexion : prise de courant.

Raccordements : Conducteurs et appareils – Jonctions et dérivations.

## Essai

Appareils et matériel : utilisation normale et limitée.

Installation : mise sous tension d'installations lumineuses et sonores.

Mise au point : calibrage de fil fusible, section des conducteurs.

Calculs : intensités, densité de courant, fusible.

#### Exploitation

Dépannage d'une lampe, d'un fusible.

Réparation : contacteur, inverseur, commutateur, interrupteur ; fer à souder, fer à repasser, réchaud, résistances fixes et variables.

#### Surveillance

Batteries stationnaires ou non, alcalines ou acides.

- Entretien, état des plaques, niveau et densité de l'électrolyte.

Vérifications : (anomalies possibles) – Température à la normale – Porte de courant – Calibre inexact des fusibles – Présence de court-circuit accidentel ou intermittent – Points chauds ou non-isolés.

# **SECTION ELECTRIQUE**

## **CINQUIEME ANNEE**

### **COURS SPECIAUX**

Physique	1 heure
Mécanique	2 heures
Electricité	2 heures
Electricité industrielle (mach. Electriques)	3 heures
Electronique	2 heures
Technologie	2 heures
Dessin	3 heures
Labo. (mesures électriques)	2 heures
Laboratoire électronique	2 heures
Atelier	4 heures

#### **I. OBJECTIFS.**

Rappelons que la formation générale continue à préparer l'élève pour l'accès aux études supérieures. Dans le cas contraire, cette même formation permettra au technicien industriel de l'électricité de faire son apprentissage à des postes de commande dans l'industrie.

Le programme des humanités techniques de 5<sup>ème</sup> année, comme les précédents, esquisse la matière à développer, laisse au Professeur une certaine initiative en ce qui concerne l'organisation et la préparation des cours.

Sans vouloir revenir sur les objectifs déjà établis, on notera que, conformément à la règle de toute éducation, il faut, du même coup, informer les jeunes esprits et les former selon des méthodes qui requièrent l'association du gestion et du savoir.

Distribuer les connaissances expérimentales et développer une habitude de réflexion propre au technique, voilà les deux facteurs qui contribuent à donner aux élèves la véritable maturité d'esprit nécessaire aux techniciens.

Les professeurs des cours généraux continueront à suivre de très près les programmes de la section scientifique de l'Enseignement Secondaire. On devra cependant insister sur tout ce qui peut tenir lieu d'une préformation dans le domaine technique, notamment en mathématique et en chimie dont l'organisation du cours est prévue dans le fascicule ADM4, page 5.

## II. OBSERVATIONS METHODOLOGIQUES

Voir les observations méthodologiques de la Troisième année. Dès la 5<sup>ème</sup> année le cours d'électronique se propose de poser les bases pour une spécialisation ultérieure dans ce domaine.

## III. PROGRAMME DE CINQUIEME ANNEE

### PHYSIQUE (1 h/s)

#### Optique et phénomènes périodiques

L'étude graphique et mathématique des phénomènes sera plus approfondie.

Sources de lumières – nature de la lumière.

Rayons et faisceaux lumineux. Trajectoires – accidents vitesses – image.

Miroirs plans : lois de la réflexion – nature de l'image – Les miroirs angulaires – Etude du sextant – étude du comparateur d'angles – Défauts des miroirs.

Réfraction de la lumière : Etude expérimentale du passage : air – eau – verre. Détermination de l'indice de réfraction – Réflexion totale et angle limite.

Surfaces de séparation planes : Faces planes – détermination de la déviation – Prisme – détermination de la déviation. – Recherche de l'angle minimum de déviation. Remarque sur la décomposition de la lumière.

Les milieux à faces courbes : Les lentilles – Lois – Construction des images et étude mathématique de celles-ci - Défauts des lentilles et corrections.

Etude des quelques appareils optiques : La loupe, le microscope, le télescope. – La lunette, les jumelles, le télémètre. – Le périscopie.

Notions de photométrie et des unités employées.

Phénomènes périodiques :

Généralités, période, fréquence, amplitude, vitesse, longueur d'onde.

Mécanique : vibrations transversales et longitudinales, cordes vibrantes, ondes stationnaires, barres vibrantes ;

Composition d'ondes parallèles : même fréquence, fréquences différentes, battement –  
Composition d'ondes : figures de Lissajous ;

Notions d'acoustique : intensité, hauteur, timbre, vitesse du son ; instrument de musique, la gamme, mesure d'une longueur d'onde ;

Les phénomènes d'interférences en mécanique, en acoustique, en optique. – Expérience, études graphiques et mathématiques ;

La polarisation des ondes (premières notions).

MECANIQUE (2 h/s)

Dynamique : Principe d'inertie, loi fondamentale de la dynamique, moment d'inertie, travail mécanique, travail d'un couple, puissance mécanique, puissance d'une force en mouvement de translation, puissance d'un couple, système d'unités C.G.S. – M.K.S., énergie cinétique d'un point matériel, énergie cinétique d'un corps en mouvement de translation, énergie cinétique d'un corps en mouvement de rotation, énergie cinétique d'un corps en mouvement hélicoïdal, P.D<sup>2</sup> d'un volant, théorème de la variation de l'énergie cinétique, conservation et transformation de l'énergie, théorème des travaux virtuels, force centrifuge, applications de la force centrifuge, équilibrage des corps tournants.

ELECTRICITE ( 2 h/s).

Courant alternatif

Propriétés générales : Définitions, période, fréquence ; effets du courant alternatif.

Courants alternatifs sinusoïdaux : Définition, représentation mathématique, déphasage de 2 courants de même fréquence, représentation vectorielle de tensions ou de courants, règle de Fresnel.

Valeurs efficaces : Intensité – Tension.

Circuits parcourus par un courant alternatif : Résistance pure, inductance pure, capacité pure, impédance, résistance inductive, résistance inductive et condensateur en série, résonance et condition, résistance inductive et condensateur en parallèle, circuit bouchon et résonance.

Puissance : Tension active et tension réactive, courant watté et déwatté, puissance active – réactive – apparente, unités de puissance, énergie active – énergie réactive, facteur de puissance (définition, influence, amélioration).

Courants polyphasés : Tensions triphasées, système diphasé, système hexaphasé, courants triphasés : montage étoile, montage triangle, comparaison entre les 2 montages – Mesure de la puissance absorbée par un récepteur triphasé : (distribution 4 fils, distribution 3 fils, méthode des 3 wattmètres).

## ELECTRICITE INDUSTRIELLE (3 h/s)

### Technique de l'éclairage

Généralité : Rayonnement visible – sensibilité de l'œil, grandeurs et unités photométriques, lois générales de l'éclairage, cellules photo-électriques, mesure des grandeurs photométriques, notions sur la vision.

Sources de lumière : Lampes à arcs, lampes à incandescence, lampes à décharge ; types de lampes à décharge : (à vapeur de sodium, à vapeur de mercure à moyenne pression, à vapeur de mercure à haute pression, lampes à lumière mixte, lampes au néon, lampes fluorescentes à cathodes chaudes, lampes fluorescentes à cathodes froides, lampes à rayons ultra-violets, lampes à rayons infra-rouges).



Appareils d'éclairage : Principe, types.

Projets d'éclairage : Eléments sur le calcul des installations, quelques exemples simples.

Electro-aimants : Calcul d'un électro-aimant, applications des électro-aimants : électros de levage, sonnerie à trembleur et annonceur téléphonique, relais, plateaux et mandrins magnétiques, disjoncteurs à minima de tension, disjoncteurs à minima d'intensité, frein électromagnétique.

Petits générateurs : Tension de contact, effets Peltier, transformation de chaleur en électricité : Thermo-couple et application ; transformation de l'énergie lumineuse en énergie électrique : cellules photo-voltaïques ; transformation de l'énergie mécanique en électricité et vice-versa : quartz piézoélectrique et application.

#### Machines à courant continu

Dynamos à courant continu : Dynamo-Shunt : Principe, caractéristiques à vide – en charge, usages.

Dynamo-série : Principe, caractéristiques à vide – en charge, usages,

Couplage en parallèle – Rendement : Expression – méthode directe, méthode des pertes séparées.

#### Moteurs à courant continu

Généralités : Couple-moteur, vitesse de rotation, sens – réglage, F.C.é.m. – valeur, courant absorbé par l'induit, rhéostat de démarrage, équations générales de fonctionnement.

Caractéristiques : Définition, frein de Prony – dynamo-frein.

Moteur shunt et moteur série : Principe – vitesse – couple – caractéristiques – emploi.

Moteur compound : Principe, compoundage additionnel, compoundage différentiel.

Rendement : Principe, pertes, mesure.

Note : Quelques séances sont consacrées à des expériences faites sous la direction du professeur pour illustrer le cours d'électricité générale :

Généralités sur le courant alternatif – Les impédances.

Résistance : valeur efficace du courant, déphasage. Self : valeur efficace et déphasage du courant.

Condensateur : valeur efficace et déphasage du courant. Les circuits résonnants et antirésonnants – Puissance active, réactive, apparente - Courants polyphasés – Essais de cellule et d'éléments photo-électriques.

On ne servira utilement pour la préparation de ces expériences du manuel Phywé.

### ELECTRONIQUE (2 h/s)

Emission électronique : Différents types d'émission électronique, travail de sortie, émission thermoïonique, comparaison des deux systèmes de chauffage, Cathode en tungstène pur, cathode en tungstène thorié, cathodes à oxydes, comparaison des divers types de cathodes, utilisation des divers types de cathodes.

Tubes à deux éléments : Fonctionnement d'une diode, diodes à gaz, caractéristiques d'une diode à vide, différents types de diodes.

Propriétés des différents types de triodes : Généralités sur les triodes, rôle de la grille, réparation du potentiel dans une triode, polarisation de la grille, potentiel de contrôle de la grille, courbes caractéristiques des triodes, caractéristiques statique et dynamique, coefficient en facteur d'amplification, pente en transconductance d'une triode, résistance interne, droite de charge.

Application des triodes : Montage des tubes triodes en amplificateurs, principe de l'amplification, la triode utilisée comme amplificatrice, amplificateurs de classe A, amplificateur de classe B (Montage en push-pull), amplificateur de classe AB, amplificateur de classe C (notions).

Triode fonctionnant comme oscillatrice, oscillations amorties, oscillations entretenues, oscillateur à grille accordée (Oscillateur Tickler), oscillateur Hartley, triode utilisée comme modulatrice, modulation de grill, modulation de plaque, modulation d'amplitude, modulation de fréquence.

Détection : Principe, détection par courbure de grille, détection plaque, détection modulation de fréquence : (discriminateur, détecteur de rapport).

## TECHNOLOGIE ( 2 h/s)

Description et prescriptions : Tubs et accessoires, manchons et souliers de câbles armés isolés, fils et câbles isolés pour lignes aériennes, isolateurs et supports isolants.

Description – Prescription – Construction – Matériel et Installation à base et moyenne tension. : Interrupteurs automatiques, disjoncteurs, rhéostats, potentiomètre, appareils d'éclairage luminescents, raccordement au réseau, répartition des circuits, montage des conducteurs à l'extérieur des bâtiments, prescriptions spéciales aux installations B.T. à C.A., danger de contact, d'échauffement, tension admise, isolement, prise de terre, entretien et sécurité.

Etude détaillée des relais :

Utilité ; commande à distance, mesure, protection, commande de circuits multiples à fort appel d'intensité, à haute tension et à temporisation.

Relais pour commande à distance : à commande directe, à fréquence superposées, thermique, mécanique, par induction.

Mesure – contrôle et alarme : de tension, d'intensité, de température.

Protection : ampérométrique, voltmétrique, mécanique ou thermique pour commande mécanique, électrique, pneumatique de mise hors service des appareils sous circuit, protection mécanique et automaticité de machines mécaniques.

Commande circuits multiples à forte intensité, à haute tension et à temporisation : circuits multiples de verrouillage, circuits multiples de téléphone et de signalisation – Commande indirecte de circuits à forte intensité (commande de relais de voiture automobile, contacteurs), commande indirecte de disjoncteurs et sectionneurs à haute tension ;

Temporisation : Prévoir des exemples de nécessité de ces relais dans ceux des types précédents et expliquer quelques systèmes de temporisation.

### DESSIN ( 3 h/s)

Exécution des schémas progressifs en rapport avec les cours théoriques : réseau, basse tension, haute tension, postes de transfo, etc.

Représentation de parties de moteurs électriques en partant du moteur complet ; étude des éléments d'un transfo, d'un appareil de manœuvre ou de coupure. Etablissements de schémas de montage de es appareils suivant des données situant l'appareil et le lieu e commande.

L'élève se familiarisera avec la lecture de plans d'habitation, d'après documentation existant à la salle dessin.

Relevé de quelques installations existantes à l'école ; représentation conventionnelle suivant normes du cours de techno. Electrique. Eventuellement signaler les anomalies trouvées, donner une solution pour y remédier (fusibles, sécurité, et...)

Suivant le plan d'un bâtiment, établir le réseau lumière et force motrices, établir le bordereau des fournitures et devis approximatif.

### Détails

Dessins : interrupteur et commutateurs à levier, interrupteur à maximum de courant, disjoncteur à minimum de tension, relais, coupe-circuits, boîte de jonction et de dérivation pour câbles armés, boîte terminale pour dito, tableaux à base tension.

Schémas : d'installations électriques d'intérieur (tableau, éclairage, appareils ménagers, cuisinières, chauffe-eau, etc...), lampes fluorescentes.

Symboles utilisés dans les graphiques de Force motrices, (machines motrices et réceptrices), appareils de commande et de réglage avec et sans télécommande.

Schémas et dessin des appareils de mesures – Plan de montage de divers appareils électriques.

### MESURES ELECTRIQUES (2 h/s).

Mesures : Définition, méthodes directes : (comparaison, opposition), indirectes par calcul, étalons scientifiques et pratiques : (sortes V, A, F ; définition unités, conditions d'utilisation) ; précision et erreurs.

Les appareils de mesures électriques en CC et CA :

Principe : magnétisme, électromagnétisme, induction électrostatique, effet thermique, lame vibrante, redresseur.

Sortes : Galvanomètre, logomètre, anthermique, Wm électrodynamique. – Dérivés : Vm, Am, m, Cos m, fm, - Accessoires : Radd, Shunt, Transfo U, I – Description, fonctionnement, emploi, étalonnage, vérification, symboles de ces appareils.

Mesures électriques :

- E en CC : méthode d'opposition – V et U : au Vm et KVm en T.H.T. – I : à Am et mAm en courant faible – R : méthode du Vm et Am, méthode des déviations comparées, méthode du pont de Wheastone, méthode du pont de Thomson, m à pile, m à magnéto – Z en CC et CA : par Vm et Am - W en CC : méthode de Vm et Am, méthode du Wm – W en CA : méthode du Wm (en CA triphasé avec ou sans neutre : méthode des 2 Wm si déséquilibré) – VAR en CA triphasé au Wm si équilibré, cos : phasemètre, f : méthode du Fm Am Vm en CA.

C : méthode par comparaison en CC, méthode oscillation relaxation, méthode pont de Sauty, méthode de Joubert, méthode de circuit oscillant.

Comptage : Définition, méthodes, le compteur étalon.

Les compteurs : Principes, moteur et champ tournant ;

Sortes : quantité et énergie, description, fonctionnement, emploi étalonnage, vérification, symboles.

Les comptage : en CC compteur O'K, en CA compteur A C T, monophasé, triphasé équilibré ou non, d'énergie réactive.

Les appareils électriques de mesure de grandeurs diverses : Principe général de la mesure : transformation d'énergie. Sortes : mesure de niveau avec Am, mesure de vitesse avec Vm, mesure thermoélectrique au couple thermique, mesure éclairément à la cellule photo-électrique.

Notions théoriques sur les mesures magnétiques et mesure d'un champ magnétique.

### LABORATOIRE D'ELECTRICITE (2 h/s).

Mesures en corrélation avec le cours d'électronique.

### ATELIER (4 h/s)

Construction : Travail à la lampe et au trempé, préparation des matériaux, façonnage des isolants à froid, cintrage des tubes, frettage.

Construction proprement dite ; bobinage de solénoïde, disjoncteur électromécanique, électro-aimant, contacteur + bobine (tension et intensité).

Installations (circuits combinés) moteur courant continu monophasé, moteur triphasé et interrupteur triphasé, moteur triphasé et inverseur, moteur à deux vitesses, démarrage étoile, triangle – La commande à distance : télécommande par relais magnétiques – La commande différée ; temporisation : relais thermiques et mécaniques (minuterie) la commande automatique : Automatisation – Thermostat, monostat, indicateur de niveau, contacteur automatique, rupteur automatique.

Travaux préparatoires : établissement du schéma, travail en tranche, encastrés : en conditions difficiles ;

Placement des appareils, scellement au plâtre, soufre, ciment de ferrures, supports et isolateurs ; blocs moteurs, alignement ou parallélisme arbres e groupe.

Montage de conducteurs : provisoires : pour doubler une ligne en vérification ; lignes et canalisations aériennes, intérieures (encastrées, protégées) ; tableau, armoires, coffrets ; pose des lignes souterraines : prise de terre ; raccordements conducteurs et appareils : jonctions et dérivations encastrées.

Essais : appareils et matériel, réception : (fils et câbles, machines : échauffement, surcharge), caractéristiques techniques, utilisation des catalogues.

Installation : (utilisations mécaniques et magnétiques) mise sous tension, mise au point : relais thermiques et magnétiques, mesures, isolements et terre, U.R.I.

Exploitation : Dépannage : remplacements de balais, contacts, bobines d'excitation de conjoncteurs et de relais thermiques.

Réparation : Démontage de conjoncteurs, disjoncteurs, chauffe-eau, cuisinière – Plan de montage petits moteurs (ventilateur, électro pompes) - L'entretien et la réparation de l'installation électrique sont confiés à cette classe (sauf la partie H.T.).

Surveillance : Entretien : collecteurs, bagues, balais, roulements, graissage, nivellement ; vérification : dérèglement des relais magnétiques et thermiques – Mise à la terre coupée.

# **SECTION ELECTRICITE**

## **SIXIEME ANNEE**

### **COURS SPECIAUX**

Métallurgie	1 heure
Electricité industrielle	6 heures
Electronique	2 heures
Mécanique appliquée	2 heures
Technologie	1 heure
Dessin	3 heures
Laboratoire (essai de machines)	2 heures
Laboratoire électronique	2 heures
Atelier	5 heures

#### **I. OBJECTIFS**

L'ensemble des connaissances acquises dans la section électricité, s'il ne mène pas directement aux études supérieures, sans complété pendant une période d'entraînement adéquat devant favoriser l'adaptation du technicien soit au bureau d'études, au bureau de préparation du travail, à l'atelier de fabrication ou d'entretien ou encore aux laboratoires industriels, etc.. .

Au cours des années précédentes, l'enseignement de l'électricité, a été, comme les sciences expérimentales, un enseignement formateur qui développe le sens de l'observation, cultive l'habitude de l'expérimentation réglée et du raisonnement rigoureux ; le programme de la sixième année, c'est-à-dire de l'année finale, doit-être le couronnement d'une telle formation.

Ce principe est d'autant plus rentable dans les conditions actuelles du Congo, où le marché de l'emploi n'est ni assuré ni prévisible, qu'il ouvre la porte à toutes les éventualités.



Il est certain qu'un nouveau problème d'orientation se posera à la fin des études. Mais il sera plus facile à ce niveau de déterminer avec justesse et exactitude quels sont les élèves qui devront poursuivre leurs études supérieures ou adopter l'une des spécialités de l'électricité.

Dans les deux cas, le diplôme délivré à la fin des études techniques sera égal en valeur, en dignité et en prestige à celui de l'Enseignement général avec l'avantage de répondre aux besoins sur le double plan national et social.

Les cours généraux ont été réduits en faveur de la partie technique. Néanmoins, les professeurs s'efforceront de voir même en résumé, les programmes complets de la section scientifique de l'enseignement secondaire afin de maintenir l'intégrité de la formation générale des élèves. Ces derniers pourront toujours approfondir les connaissances acquises par des lectures personnelles à la faveur des données de base bien comprises.

## II. OBSERVATIONS METHODOLOGIQUES

Voir les observations méthodologiques de la troisième année. Le cours d'électronique continue à donner les notions de base pour une spécialisation éventuelle dans ce domaine.

## III. PROGRAMME DE SICIEME ANNEE

### METALLURGIE (1 h/s)

#### I. Méthodes spéciales d'élaboration des métaux :

Métaux non-ferreux et alliages.

(Pour chacun des paragraphes ci-dessous : principe – appareille, opérations, marche et fonctionnement).

1. Fabrication du cuivre, étain, zinc, plomb, aluminium, magnésium (nickel, cobalt)
  - Aluminothermie (électrolyse) – La réduction du cuivre et du plomb au four à cuve.
  - La réduction du zinc au four à moufle. – La réduction de l'étain au four à réverbère.
  - La métallurgie du magnésium.
2. Le frittage : Notions générales – Fabrication des matières métalliques – Espèces de métaux frittés et propriétés – Définition des métaux durs, carbures et stellites – Fabrication des métaux durs par frittage – Propriétés des métaux durs.

3. Les céramiques métalliques (notions) : Généralités – Fabrication – Propriétés – Applications industrielles, outils de coupe.
4. Technique de zone fondue.

## II. Etude théorique des alliages et métaux

1. Les états de la matière et la notion de phase :
  - Gazeux : phase unique et miscibilité en toutes proportions.
  - Liquides : totalement et partiellement miscibles, non miscibles.
  - Solides : Amorphe ; solutions solides – Cristallisés :  
Notions de cristallographie géométrique, forme des cristaux, ici des angles, cristaux parfaits, mono et polymorphisme – Arrangement atomique – Défauts de l'état solide : fibres, dendrites, frontières cristallines, dislocations.
2. Les changements d'état :
  - Influence d'un solvant : Dissolution et cristallisation – Vitesse de croissance des cristaux (nature du solvant ; facteur temps ; température, influence chimique) – Anomalies : dislocations.
  - Influence de la chaleur : Fusion et solidification franche d'un corps pur – Vitesse de refroidissement (facteur temps et influence chimique) – Anomalies ; surfusion, ségrégation).
  - Influence des facteurs chimiques : Corrosion – Vitesse de corrosion : milieu naturel ou atmosphérique, milieu artificiel ou chimique – Théorie électrochimique : pile et oxydation – Protection passive et active.
3. Les états en équilibre ou systèmes :
  - A. Homogène
  - B. Hétérogènes : 2 phases identiques ou différentes.  
3 phases identiques ou différentes.

Le nombre de phases, les constituants (nombre et natures) les conditions d'équilibre ou fonction d'état, température, pression, concentration.

4. Les variations d'équilibre :

Les diagrammes : pression ou température en fonction de la composition – Influence des facteurs – Degré de liberté ou variance – Règle de Gibbs : systèmes in, mono, ou trivariant.

5. Etude générale des corps purs :

- Courbe de refroidissement du fer (Température en fonction du temps) – Courbe de dilation (allongement en fonction de la température).

- Formes allotropiques : l'eau, le soufre et l'étain - Interprétation atomique.

6. Etude des alliages binaires :

- Courbe de refroidissement – Diagramme de fusibilité.

Solidus, liquides – Cas d'un eutectique ; mélange défini (Etain, plomb) – Formation d'un composé défini (magnésium, zinc).

- Série continue de solutions solides (Cu, Ni) - Diagramme fer-carbone.

7. Note sur les alliages ternaires plurimétalliques. Complexité.

8. Corps purs et impuretés microdosées. Cas des semi-conducteurs.

### III. Traitements durcissants

1. Traitements thermiques :

- Recuit : d'adoucissement, de normalisation, de détente et de diffusion.

- Trempe : étude du mécanisme, influence de la vitesse de refroidissement, courbes en S et différents états du métal, influence de la température de trempe.

- Revenu : étude du mécanisme et facteurs.

2. Traitements thermochimiques :

Cémentation – principe et technique – Nitruration – cyanuration

### 3. Traitements des aciers alliés :

- Généralités.
- Traitement isotherme des aciers – Traitements thermiques classiques : action des éléments alliés sur les traitements thermiques ; aciers perlitiques, martensitiques, austénitiques, lédéburitiques ; durcissement par revenu : mécanisme, migration des atomes, précipitation, coalescence, facteurs du revenu, applications.

## ELECTRICITE ( 6 h/s)

### A. Machines électriques

#### I. Alternateurs

1. Généralités : Principe – circuit magnétique – refroidissement – vitesse d’entraînement.
2. Enroulement induit : Brins actifs – Un enroulement induit (flux – f.e.m. – couplage) – Trois enroulements induits (couplage – vitesse – tension et puissance).
3. f .e.m. : Expression – réglage.
4. Fonctionnement : à vide, en charge, chute de tension, à tension constante, réaction magnétique de l’induit, diagramme de fonctionnement, application du diagramme.
5. Couple résistant : Puissance.
6. Rendement : Pertes – Expression du rendement.
7. Couplage en parallèle : nécessité, conditions, pratique, répartition de la charge, stabilité de marche.

#### II. Transformateurs statiques

1. Principe et notion : But – Rapport de transformation – Courant magnétisant.

2. Transformateur parfait :  
Relation entre les tensions efficaces – Relation entre les intensités efficaces – Auto-régulation – Relation – entre les puissances – Diagramme de fonctionnement en charge – Circuit équivalent – Influence de la réductance.
3. Transformateur réel :  
Influence des chutes chimiques et inductives – Diagramme de Kapp – Détermination simplifiée de la chute de tension – Circuit équivalent.
4. Rendement :  
Définition – Pertes par effet – Joule - Pertes dans le fer – Mesures des pertes – Calcul du rendement – conditions de rendement maximum – Echauffement.
5. Couplage en parallèle :  
Nécessité – Conditions de couplage – Conditions de partage des puissances.
6. Sortes de transformateurs :  
Constructions à prise médiane – auto-transformateur - à secondaires multiples – à régulation continue de tension – de mesure.
7. Transformateurs triphasés :  
Transformateurs simples – transformateurs triphasés ; couplages.

### III. Convertisseurs statiques

1. Redresseurs secs : Résistance polarisée – Oxymétal – Sélénium.
2. Redresseurs à vapeur de mercure : A ampoule de verre – Bianodique pour charge d'accus – A enveloppe métallique – Avantages.

#### IV. Moteurs à courant alternatif.

1. Champs tournants : Stroboscopie – Existence – Principe des moteurs polyphasés – Théorie du champ tournant.
2. Moteurs synchrones :
  - Propriétés : Organisation du moteur triphasé, couple moteur, démarrage, vitesse de rotation, emploi.
  - Etude théorique : Circuit équivalent, Diagramme de fonctionnement, expression du couple, diagramme de Blondel, application de ce diagramme.
3. Moteurs asynchrones.
  - a) Moteur triphasé : - Organisation : Stator, production du champ tournant ; rotor, à bagues, à cage d'écureuil ; principe de fonctionnement ; glissement ; courant du démarrage.
    - Théorie du fonctionnement : Champs tournants du stator et du rotor ; bilan des puissances ; rendement en fonction du glissement ; couple moteurs ; caractéristique mécanique ; circuit équivalent, diagramme du courant.
    - Démarrage : Moteur à simple cage ; Démarrage étoile – Triangle ; démarrage par auto-transformateur ; démarrage par résistances statiques ; Moteur à double cage ; démarrage par résistances rotoriques ; réglage de la vitesse.
    - Rendement : Définition ; méthode directe ; par frein ; méthode par pertes séparées ; expression du rendement.
  - b) Moteur monophasé : Existence ; organisation, démarrage ; caractéristique mécanique.
  - c) Moteur à collecteur :
    - Moteur universel : Possibilité de fonctionnement, organisation ; caractéristiques et emploi ; diagramme de fonctionnement.
    - Moteur triphasé à collecteur : Principe ; réglage de la vitesse.

## V. Convertisseurs rotatifs

### - Groupes moteurs – générateurs

Commutatrices : construction, rapport des tensions, fonctionnement en charge, réglage de la tension continue, démarrage, commutatrice inversée, marche en parallèle.

## B. Applications électriques

1. Application de l'éclairage : Eclairage des voies publiques ;

2. Production de l'énergie électrique :

Généralités ; centrales thermiques à vapeur ; centrales thermiques à moteur à combustion interne ; centrales hydro-électriques ; centrales diesel.

NOTE : Les turbines et moteurs étant étudiés par ailleurs, on n'en parlera ici que pour mémoire, et en tant que parties d'un complexe.

3. Transport et distribution de l'énergie électrique :

Distribution en courant continu (pour mémoire). Distribution en courant alternatif ; poste de transformation ; réseau de distribution.

4. Protection des réseaux : Protection contre les sur intensités, protection contre les surtensions.

5. Traction électrique : Installation d'une usine génératrice de traction ; sous-station de traction ; chemins de fer électrique.

6. Soudure électrique : A l'arc électrique, étude de l'arc, électrodes, transformateurs rotatifs, transformateurs statiques ; soudure par résistance.

7. Fours électriques : à résistance ; à arc ; à base fréquence ; à haute fréquence.

## ELECTRONIQUE (2 h/s).

1.  Tubes à quatre éléments : Inconvénients des triodes – Lampes tétrodes ou lampes à grille-écran - L'oscillateur dynatron – Tétrodes à pente variable.

- II.  Tubes à cinq éléments  : Tubs à flux dirigé – Amplificateur Push Pull
- III.  Principe des récepteurs hétérodynes  :  
Etude du schéma – Différentes manières de changer la fréquence
- IV.  Tube à rayon cathodique  : Circuit de balayage – Oscillateur à relaxation – Oscilloscope à balayage déclenché – œil cathodique ou trèfle cathodique indicateur d'accord.
- V.  Multiplicateur d'électrons  : Eléments d'un récepteur de télévision.
- VI.  Tubes spéciaux  : Tubes à rayon x – Le Magnétron.
- VII.  Redresseurs  : Redresseur mécanique – Redresseur à vibreur – Redresseur électrolytique – Redresseur à oxyde de cuivre – Redresseur au Sélénium – Tubes et circuits redresseurs – Redresseur à cuve.
- VIII.  Circuits électroniques  : Applications sur l'ensemble du cours.

#### MECANIQUE APPLIQUEE (2 h/s)

- 1.  Résistance au glissement  : Résistance au glissement et coefficient de frottement – Frottement sec et applications – Energie perdue par le frottement, disque sur coussinet, tourillons sur coussinets, pivot sur grain – Effets du frottement, stabilité, entraînement par adhérence, freins, mesure de la puissance effective par freins de Prony.
- II.  Résistance au roulement  : Mécanisme – Couple – Condition de roulement – Travail absorbé – Application aux roues porteuses des véhicules.
- III.  Notions de choc  : Corps durs et élastiques – Corps mous.
- IV.  Etude sommaire des turbines hydrauliques  : Aménagement d'une chute – Roues hydrauliques – Hauteur brute, hauteur nette et puissance – Turbine Pelton, turbine Francis, turbine hélice, (description, fonctionnement, conditions d'emploi).



V. Etude sommaire des moteurs à explosion et combustion interne.

- A. Cycle à 4 temps : Analyse – Carburateurs – Allumage – Diagramme.
- B. Cycle à 2 temps : Analyse – Diagrammes – Consommation.
- C. Diesel 4 temps
- D. Diesel 2 temps

TECHNOLOGIE (1 h/s)

- 1. Bobinage : notions.
- 2. Description – Prescription – Construction – Matériel et Installation à base et moyenne tension (2<sup>e</sup> partie)

Tubes et accessoires – Interrupteurs, interrupteurs automatiques ; commutateur – Coupe circuit à fusibles – Appareils d'éclairage – Appareils de chauffage – Appareil mobiles et portatifs – Lampes baladeuses – Jouets électriques, soudures, appareils médicaux – Raccordement au réseau – Répartition des circuits – Montage des conducteurs à l'extérieur des bâtiments :

Conducteurs nus, lignes de contact ; conducteurs isolés ; lignes souterraines.

Montage de conducteurs à l'intérieur des bâtiments :

Prescriptions générales ; conducteurs nus ; conducteurs isolés sous-tubes, Entre plafond et plancher, fils parallèles sur isolateurs, cordons souples et de suspension, sous plomb, en câbles armés ;

jonctions ; croisements et parallélisme.

Prescriptions spéciales aux installations B.T. à C.A. dont la tension entre un conducteur de phase et la terre excède 150 W.

Définitions, danger de contact, danger d'échauffement. - Tension admise, isolement des installations. Matériel et appareils : générateurs, moteurs ; rhéostats ; transformateurs.

Installations spéciales :

Salles de spectacles ; chaudières et réservoirs métalliques ; locaux humides ; locaux avec vapeurs corrosives ; locaux avec matières inflammables ; locaux avec explosifs ; installations extérieures.

Dispositifs de protection, inscriptions.

Entretien des installations.

3. Installations de locaux du service électrique  
(y compris les appareils et installations à H.T.)

Définition – Dispositions générales : Danger de contact, danger d'isolement, isolement des installations.

Générateurs, moteurs – Transformateurs – Condensateurs, compensateurs et appareils similaires – Appareillage : Postes, tableaux de distribution, prises de courant, interrupteurs, coupe circuits à fusibles, compteurs.

Accumulateurs – Batteries industrielles – Matériel pour la pose des canalisations – Raccordement – Montage des conducteurs à l'extérieur des bâtiments – Installations spéciales – Dispositifs de protection.

DESSIN (3 h/s)

1. Etablissement, suivant données, d'un petit avant-projet d'installation de force motrice (ex. : commande d'un ascenseur, d'un pont roulant d'atelier).

Des revues techniques sont à la disposition des élèves ; elles renseignent sur des installations similaires. Les solutions adoptées seront justifiées sur cahier de notes et le dessin fait au crayon.

2. Mise sous forme définitive de l'avant-projet sur papier calque – Rédaction des notes (si possible dactylographiées) – Etude de la façon de présenter, de rendre le travail imposé.

## Détails

1. Schéma d'installation d force motrice (divers types de moteurs avec appareils d'enclenchement et de protection).
2. Dessin Transformateur moyenne et haute tension  
Disjoncteur à huile et à air comprimé  
Sectionneurs  
Parafoudres  
Isolateurs moyens et haute tension.
3. Schéma de sous-station de transformation (HT, Moyenne et B.T.)
4. Schéma de tableau de comptage
5. Schéma de raccordement industriel
6. Plan de montage des installations de traitement thermique et de chambre froide.

## ESSAI DE MACHINES (2 h/s)

### I. Machines génératrices à C.C. (Dynamos)

Excitation indépendante, shunt, série, compound.

- Caractéristiques à vide  
F.E.M. en fonction de I d'excitation ou de la vitesse.
- Caractéristiques en charge.  
Tension en fonction du courant débité – Courbe de réglage, rendement.

### II. Machines réceptrices à C.C.

Moteur shunt, série, compound.

- Caractéristiques à vide  
Vitesse en fonction du courant absorbé
- Caractéristiques en charge.  
Mécanique : ou couple en fonction de vitesse.

Electromécanique : couple en fonction du courant.

Couple au démarrage. Rendement.

### III. Machines à champs continus.

Alternateurs, moteur synchrone, commutatrice.

#### - Caractéristiques à vide

E.P.U. en fonction du courant excitation

#### - Caractéristiques en charge

Tension en fonction de l'intensité

Courbes de Mordey

Rendement.

### IV. Machines à champ alternatif

Transformateur, moteur asynchrone à cage, à bagues.

#### - Caractéristiques à vide

Rapport de transformation – Vitesse en fonction de la puissance – Tension secondaire en fonction de l'intensité primaire.

#### - Caractéristiques en charge

Courant absorbé en fonction de la puissance ou tension secondaire en fonction du courant secondaire – Couple en fonction de P mesuré ou calculé – Rendement en fonction de la puissance – Diagramme de Kapp.

### V. Redresseurs secs et à gaz.

## LABORATOIRE ELECTRONIQUE (2 h/s)

Mesures en corrélation avec le cours d'électronique.

## ATELIER (5 h/s).

### 1. Construction

Préparation des matériaux : travail des isolants à chaud – Façonnage des barres omnibus – Câbles nus aériens – Assemblage de compteurs – Bobinage des machines électriques Tropicalisation.

### 2. Installation. (Tous circuits, tous courants)

- Placement des appareils : Poste, stations, sous-stations, cabine de transformation et distribution.

- Montage des conducteurs tirage des lignes, (flèche)
- Canalisations souterraines : boîtes terminales, de jonction, de dérivation (y compris coulage d'isolants et compound).
- Le réglage automatique : la régulation (par ex. : stabilisation de tension des dynamos et alternateurs).

Régulateurs : mécaniques, magnétiques, électriques.

### 3. Essais :

- tenir compte des prescriptions et règlements électriques)
- installation (automatiques et groupes électrogènes)

Interconnexions, réseaux.

Mise au point : système régulateur de tension des dynamos

Couplage automatique des alternateurs – Mesure de pertes et défauts dans le lignes (coupées, normales ou en court-circuit).

Calculs de circuits, puissances et répartitions.

### 4. Exploitation

- a) Dépannage de toutes pièces mécaniques ou électriques existant en stock.
- b) Réparation : En fin d'études, le technicien doit savoir :
  - Localiser le ou les défauts d'un circuit en se servant de la documentation technique ou sans celle-ci.
  - Déterminer la gravité d'un défaut et proposer une solution de secours, effectuer la réparation ou recourir au service spécialisé.

Exemples : Réfrigérateur, conditionnement d'air, appareil de mesures, systèmes régulateurs, installations thermiques.

### 5. Surveillance.

Entretien des installations de force motrice de l'école. Vidange d'huile transfo et disjoncteurs. Vérification. Projet et exécution de modernisation. Mise à jour des plans et fiches techniques des installations et machines.

-----