

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique

Université Batna2

Faculté de technologie

Département d'électronique

Filière : Génie Biomédical

Master 1 : Instrumentation Biomédicale

Cours de la Matière :
Techniques de Maintenance
en Instrumentation Médicale

Proposition par Dr. AISSI Salim

Maitre de conférences Classe A

Semestre :

Unité d'enseignement : UED

Matière 5 : Techniques de maintenance en instrumentation médicale

VHS : 22h30 (Cours : 1h30)

Crédit : 1

Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement:

Faire immerger l'étudiant dans le domaine pratique de la maintenance électronique du matériel médical. Connaître les différents matériels médicaux existants (laboratoire d'analyse EFR, Dialyse IRM, Radiologie, Echographie, etc.), les différentes marques ainsi que les techniques d'intervention préventives et correctives sur un matériel médical.

Connaissances préalables recommandées :

Electronique générale, Electronique numérique, Maintenance assistée par ordinateur dispensées en licence sont suffisantes pour une bonne assimilation de cette matière.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Principe de base de la maintenance

- Présentation des principes de base de la maintenance du matériel médical.
- Mise en service d'un matériel médical (utilisation du guide de la maintenance).
- Montage, démontage, installation.

Chapitre 2 : Dispositifs médicaux existants et leurs marques

- Prise de connaissance des différents dispositifs médicaux existants, (caractéristiques, marques).
- Comparaison prix et qualité (donner des exemples).

Chapitre 3 : Techniques de maintenance et tests des composants électroniques dans un matériel médical

- Test des composants électroniques (diode Zener, transistor, triac, diac, transfo).
- Identification de l'ensemble des cartes électroniques dans un matériel médical (exemple : Radio, Dialyse).
- Création d'une base de données contenant les composants électroniques de type analogique et numérique, nappes de connexion, ports de communication et afficheurs (Illustrer ces concepts à travers un exemple pratique).

Chapitre 4 : Interventions sur l'alimentation électrique d'un matériel médical

- Description des alimentations à découpage existantes
- Pannes possibles et remèdes
- Modifications possibles

Mode d'évaluation :

Examen : 100 %

Références bibliographiques:

1. *E. Peltier Guide pratique : Maintenance des dispositifs médicaux, Ingénieur biomédical, CHU de Nancy, 2007.*
2. *Guide pratique : Maintenance des dispositifs médicaux obligations et recommandations, Direction régionale des affaires sanitaires et sociales de Midi-Pyrénées.*
3. *Recueil de Textes Réglementaires relatifs à la Gestion des Etablissements de Santé, Textes réunis et classés par Mohamed Ould-Kada, décembre 2010.*

Dans ce cours, vous aurez quelques notions de base de la maintenance du matériel électronique, spécialement le matériel médical. Pour cela nous avons divisé ce polycopié en trois chapitres :

- ✓ Le premier est destiné au : Principe de base de la maintenance
- ✓ Le deuxième est dédié au : Dispositifs médicaux existants et leurs marques
- ✓ Le troisième explique : le principe d'une alimentation à découpage

Les sources de Ces informations sont mentionnées au début des chapitres

Chapitre 1 : Principe de Base de la Maintenance

Dans ce chapitre nous allons voir quelques définitions de base concernant la maintenance, spécialement le matériel médical. (source : Bibliothèque de l'OMS Programme de maintenance des équipements médicaux : présentation générale. (Série technique de l'OMS sur les dispositifs médicaux)

1.1. Présentation des principes de base de la maintenance du matériel médical.

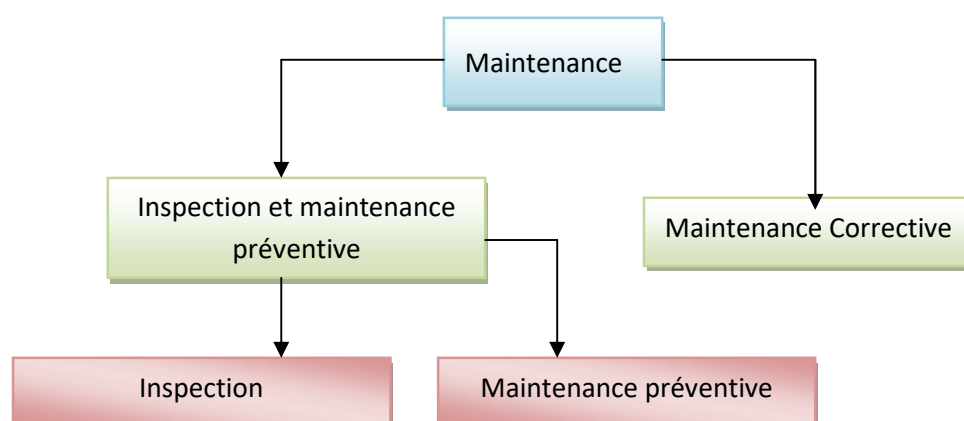
Dispositif médical : Tout article, instrument, appareil ou équipement utilisé pour prévenir, diagnostiquer ou traiter une affection ou une maladie, ou détecter, mesurer, rétablir, corriger ou modifier la structure ou la fonction de l'organisme à des fins de santé. En théorie, l'action d'un dispositif médical n'est pas obtenue par des moyens pharmacologiques ou immunologiques, ni par métabolisme

Équipement médical : Dispositifs médicaux nécessitant des activités d'étalonnage, maintenance préventive et corrective, de formation des utilisateurs. L'équipement médical est utilisé aux fins spécifiques du diagnostic et du traitement de maladies ou de traumatismes, ou de la réadaptation des patients.

La maintenance

La maintenance de l'équipement médical peut être divisée en deux grandes catégories :

- inspection et maintenance préventive (IPM) et
- maintenance corrective (CM)



Maintenance corrective (CM)

La restauration d'un matériel médical en récupérant son fonctionnement complet et ses performances suite à des pannes ou des défaillances. la « maintenance corrective » est une opération non-programmée en d'autres termes c'est la « réparation » ou la correction d'un dispositif médical.

Maintenance préventive (PM)

La maintenance préventive s'est des opérations de maintenance programmée ayant un but de prolonger la durée de vie d'un matériel médical en évitant sa défaillance.

La maintenance préventive est généralement établie selon des périodes régulières et comprend des techniques d'entretien comme le nettoyage la lubrification, changement des filtres ainsi des pièces possédant des durée de vie limités (roulements, tuyaux, tambour, clichés, courroies, flexibles) La programmation de cette maintenance préventive est planifiée selon des dates ainsi selon l'état de la pièce à changé

, Ce qui suit quelques notions de base de la maintenance.

Inspection

Comprend L'inspection de performance et l'inspection de sécurité d'un matériel médical pour assurer un bon fonctionnement. Elle est faite d'une manière organisé elle rentre dans les activités de la maintenance préventive.

Tests de réception

Lorsque un matériel médical est fournit à un établissement médical, une inspection initiale doit être effectuée avant sa mise en marche, le matériel médical doit répond aux conditions de la commande.

Étalonnage

L'Étalonnage se sont des procédures de réglage des paramètres physiques des dispositifs médicaux, en les ajustant à leurs valeurs conformes indiquées par le constructeur comme Radio a rayon X, IRM, Scanner, etc.

Les dispositifs de mesure (Electrocardiographes, équipements de laboratoire, appareils EFR).

Défaillance

Un mauvais fonctionnement d'un dispositif ou l'arrêt total d'un matériel médical en d'autre terme c'est la non- satisfaction d'un matériel médical face aux exigences définies à priori. Pour cela il nécessite une correction ou une réparation.

2.1 Mise en service d'un matériel médical

Dans tous matériel électronique ou industriel voire médical, des méthodes et techniques nécessaire doivent d'être appliquées dans le montage, installation, et démontage

Installation

Dans l'installation d'un nouveau matériel nous devons appliquer les instructions et les directives du constructeur: comme la température, la pression ainsi la tension d'alimentation, le premier démarrage, auto -test, les messages d'erreur du premier démarrage, etc. Tous cela nous devons faire un lecture approfondis du manuel d'utilisation afin d'avoir une bonne installation

- Montage- démontage

Avant et Après toute opération de maintenance nous passons sur le démontage de l'appareil ainsi son montage.

Le démontage : cette opération est primordiale pour avoir des bons résultats dans la maintenance corrective, la technique juste de démontage du cache extérieur de l'appareil médical ainsi, le retraitement des cartes électroniques, les capteurs, les afficheurs, nappes de connexions, dessoudage des fils soudé en mémorisant leurs emplacement dans les circuits imprimés.

Le montage :

Un bon démontage du matériel médical pour son maintenance facilite son montage après la maintenance en suivant un protocole de démontage-montage inscrit sur un carnet de maintenance.

Le protocole contient les étapes de démontage, nombre de vis enlevées, l'orientation des fiches de connexions, couleurs des fils contenant la masse et qui contenant l'alimentation VCC.

Chapitre 2 : Dispositifs Médicaux existants et leurs Marques

Dans le domaine du matériel médicale plusieurs types de ces dispositifs existant selon leurs utilisation et ses catégories.

Nous citons quelques exemples :

1. L'électrocardiographe(ECG), L'électromyographe(EMG), L'électroencéphalographes(EEG).
2. Fauteuil dentaire
3. l'échographie, radiologie utilisant les rayon X, Scanner, Gamma Caméra, Imagerie par résonance magnétique (IRM).
4. Matériel laboratoire d'analyse : PH mètre, Bain marie, Autoclave, centrifugeuse

Beaucoup de dispositifs médicaux sont présentés aux marchés, leurs choix se déterminent selon le report prix et qualités. Il faut noter que tout appareil médical acheté doit avoir un contrat de garantis ainsi sa maintenance corrective. Alors les pièces de rechanges ne doivent pas être en rupture. De plus des formations du personnel de l'établissement médical achetant ce matériel sont assurées par le fournisseur de ce matériel.

Le prix d'un matériel médical est fixé selon plusieurs critères sa qualité, robustesse, ainsi les contrats de maintenance et services après vente. donc avant l'achat il faut négocier tout les points en assurant un long fonctionnement de l'appareil.

2.1 Exemples d'appareillages et leurs marques

Source : mini-projets des étudiants soutenu (Kadjouj.R, Merzouki, Elbinani)

2.1.1 Autoclave

un appareil permettant de stériliser, par utilisation de la chaleur et de la vapeur d'eau sous pression, le matériel utilisé en milieu médical (chirurgie entre autres). Avant d'être utilisé en milieu médical

Principe de fonctionnement

L'autoclave permet de stériliser les Dispositifs médicaux-chirurgicaux sur hautes températures, et pression comme les instruments inox, caoutchouc, etc....) en agissant sur trois paramètres fondamentaux :

- la température : 134°C
- le temps : 18 minutes
- la pression : 2 bars

Il est considéré comme le moyen de stérilisation le plus fiable et le plus facile à contrôler.

Les opérations simultanée de la vapeur d'eau et de la



température (température supérieure à 120°C) induisent à l'extermination bactéries et les virus...).

FONCTIONNEMENT DE L'IRM

- L'IRM est une technique basée sur l'observation de la résonance magnétique nucléaire (RMN) des protons de l'eau. En effet, l'eau constitue environ 70% du corps humain et le proton $1H$ est naturellement abondant et très sensible en RMN. L'intensité du signal observé va donc dépendre de la concentration en eau, mais aussi du temps de relaxation
- Le principe consiste à mesurer l'aimantation des Tissus biologiques et à reconstruire une image à partir de ces aimantations. Cette dernière est induite Par l'hydrogène, qui s'y trouve en abondance dans le corps humain

LES TYPE D'IRM



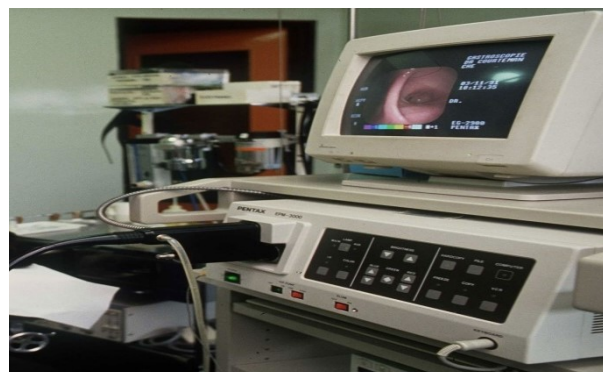
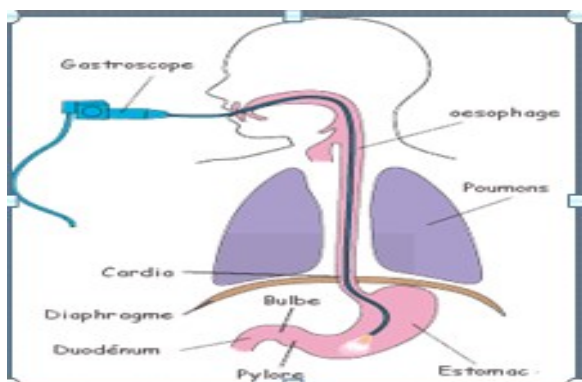
• IRM ouvert



IRM fermé

La fibroscopie

L'endoscope est un tube optique, très fin (2,2 mm, 3,6 mm ou 4,9 mm de diamètre), muni d'un système d'éclairage constitué de fibres optiques pour éclairer l'intérieur du corps et d'une caméra vidéo grâce à laquelle des images peuvent être transmises à un écran ; l'endoscope est en effet relié à un système de visualisation qui permet au médecin réalisant l'examen de suivre l'opération en direct et même de l'enregistrer



Echographie

Lorsqu'une onde ultrasonore rencontre une interface, elle est réfléchiée sans subir aucune modification de sa fréquence. L'énergie ainsi réfléchiée (écho) sera utilisée afin d'identifier, localiser et caractériser l'interface avec laquelle l'onde a frappé.

L'image échographique sera créée grâce à la captation des énergies réfléchiées par les différentes interfaces traversées.

L'échographe est constitué d'une sonde, du gel, d'un système informatique, d'une console de commande, d'un système de visualisation (moniteur) et d'un système d'enregistrement des données.



Quelques marques d'équipements d'imagerie

Systèmes de radiographie



Mammographie



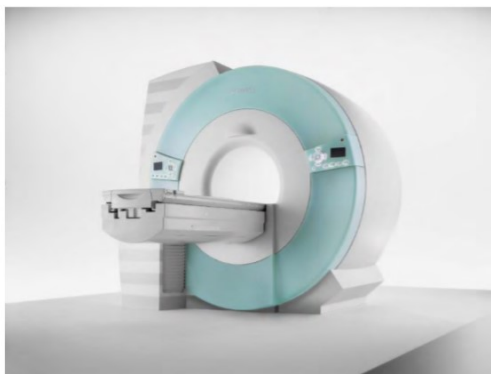
Systèmes de radiographie dentaire



Echographe sonde et gel



IRM : SIEMENS



MAGNETOM Espree

Chapitre 3 : Techniques de Maintenance et tests des Composants Electroniques dans un Matériel médical

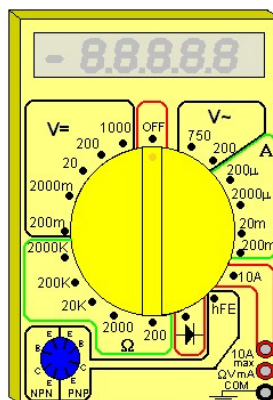
3.1. Test des composants électroniques (diode Zener, transistor, triac, diac, transfo).

Généralement la maintenance des appareils électroniques et compris le matériel médical passe obligatoirement par la connaissance du fonctionnement des tous les composants électronique, notamment les composants de base comme la diode, le transistor, les amplificateurs opérationnels, transformateurs, etc.

De plus nous devons avoir une très bonne connaissance sur les tests des composants électroniques à vide et en fonctionnement sur châssis (circuits imprimés). Pour cela nous présentons ci-dessous quelques composants et leurs tests.

Remarque

- Le test à vide est utilisé par le multi mètre dans l'option ohm-mètre. le fil rouge(borne +) et le fil noir (borne -) sont les éléments à brancher sur les pattes des composants électronique :
- Chaque composant contient minimum une jonctions P-N qui sera la base du test à multimètre



Multimètre digital [<https://www.technologuepro.com>]

3.1.1 La Diode

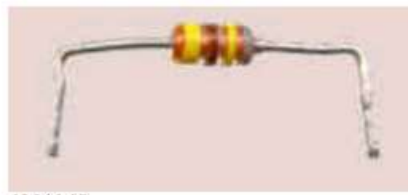
Les d'images sont présent de <http://www.abcelectronique.com>



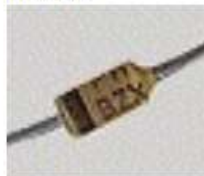
Plusieurs types de diodes existent comme diode de redressement, diode zener, photodiode, diode Varicap, diode électroluminescente, Diode Laser. Toutes ces diodes ont deux bornes anode et cathode mais avec des dopages différents comme indique la figure



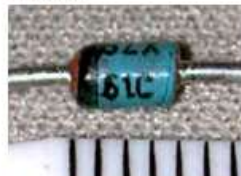
1N4001



1N4148



Diode Zener



BZX51C15V



Led infra-rouge



Diodes CMS



Leds

La diode par ses applications très répandues, nous la trouvons dans toutes les cartes électroniques son test à vide est comme suit :

- ✓ la borne (+) placée sur l'anode et la borne (-) placée sur la cathode, le multimètre donne un résultat

En inversant

- ✓ la borne (+) placée sur la cathode et la borne (-) placée sur l'anode, le multimètre ne donne pas un résultat.

Dans ce cas la diode est en bonne état, autres résultats la diode est défectueuse.

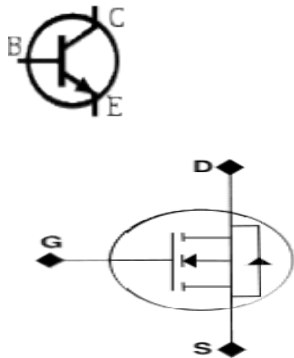
3.1.2. La Diode Zener

La diode Zener est testée à vide par la même manière d'une diode simple, mais ce n'est pas suffisant pour confirmer qu'elle est fonctionnelle, nous l'utilisée sous tension en confirmant qu'elle stabilise une tension fixe en inverse (*la tension à stabiliser est marquée sur le boitier*)



3.1.3 Transistor bipolaire

. Les sources d'images sont present de <http://www.abcelectronique.com>



Le transistor bipolaire est considéré comme deux diodes montées en inverse diode1 entre (base -émetteur) et diode2 (base-collecteur). Ce schéma équivalent est appliqué pour le type NPN et le PNP. Pour cela le test d'un transistor par multimètre est sera basé sur deux diodes.

Pour un NPN

Test Diode1(base-emetteur)

- ✓ la borne (+) placée sur la Base et la borne(-) placée sur l'émetteur, le multimètre donne un résultat

En inversant

- ✓ la borne (+) placée sur la l'émetteur et la borne(-) placée sur la Base, le multimètre ne donne pas un résultat.

Dans ce cas la diode1 est en bonne état, autres résultats la diode est défectueuse.

Test Diode 2 (base-collecteur)

- ✓ la borne (+) placée sur la Base et la borne(-) placée sur le collecteur le multimètre donne un résultat

En inversant

- ✓ la borne (+) placée sur le Collecteur et la borne(-) placée sur la Base, le multimètre ne donne pas un résultat.

Dans ce cas la diode2 est en bonne état, autres résultats la diode est défectueuse.

Test Collecteur –Emetteur

Le multimètre ne donne aucun résultat dans les deux sens

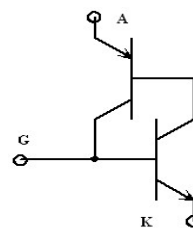
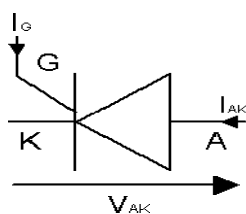
Ces trois tests sont nécessaires pour avoir un transistor en bon état

Pour un Transistor PNP

C'est le même test qu'un transistor NPN mais il faut inverser les sens des fils du multimètre, dans ce cas nous allons avoir des résultats dans le sens inverse pour un bon transistor PNP

3.1.3. Thyristor

Les d'images sont present de <http://www.abcelectronique.com>



Le thyristor est un interrupteur électronique utilisé dans les circuits de puissance, il est considéré comme une diode commandée sur sa gâchette. Alors le test de son fonctionnement est sous tension. En donnant $V_a > V_k$ plus une impulsion sur la gâchette s'il y a un résultat de conduction de l'anode vers la cathode le thyristor est en bon état.

Concernant le TRIAC et le DIAC leurs test sont de préférence sous tension pour bien confirmer leurs états.

3.1.4 LES RESISTANCES ET LES TRANSFORMATEURS

Les résistances ainsi les transformateurs sont défectueux lorsqu'une résistance infinie est affichée sur le multimètre, c'est-à-dire une coupure existe entre leurs bornes



Source d'image [<https://www.thierry-lequeu.fr/data/BRAULT1.pdf>]



Un transformateur est testé au niveau de bobinage primaire et secondaire s'il contient des coupures ou non.

3.1.5. Condensateur Chimique et céramique

Un condensateur Chimique ou céramique possèdent deux bornes leurs différences est dans leurs applications,

Le Condensateur Chimique

Sont utilisées dans les alimentations électrique comme des filtres en basse fréquence et nous devons respectés la polarité (+) et (-) dans leurs montage comme indique la figure.



Leurs tests à vide sont appliqués par

En Première étapes : un multimètre en ohmmètre, fil rouge dans la polarité (+) et le fil noir dans la polarité (-), dans ce cas si le condensateur est en bonne état il va être chargé par la pile du multimètre.

En deuxième étapes Pour confirmer le condensateur est bon, nous utilisons le multimètre en voltmètre et en mesurant la tension borne de la capa, si la tension au borne de la capa se diminue (décharge de la capa). Cela confirme que le condensateur est bon.

Le Condensateur Céramique

Elles sont utilisées comme des filtres dans les hautes fréquences, elles ne possèdent pas de polarité, leurs tests sont basée sur la continuité en ohmmètre



Chapitre 4 : Interventions sur l'alimentation électrique d'un matériel médical

Principe

Une alimentation à découpage est vraiment un circuit électronique primordiale dans n'importe quel appareil électronique y compris le matériel médical. Son rôle est d'assurer des tensions à des valeurs spécifiques bien régulées.

Elle utilise le principe d'un hacheur série par le biais des composants de puissance comme le transistor Bipolaire, MOSFET, IGBT pour atteindre à des tensions spécifiques. Ses tensions sont auto régulées via un système de control basé sur un microcontrôleur.

Le matériel médical est un dispositif très compliqué et contient plusieurs bloques électrique, capteur afficheurs nécessitant une alimentation de haute puissance. Celle-ci ne peut être qu'une alimentation à découpage. Par exemple les tensions de la THT dans une radio à rayon X.

Le schéma de principe est donné dans la figure ci-dessous (source : <https://www.epsic.ch/cours/electronique/techn99/elnthcircuit/cidectxt.html#ancre37015>)

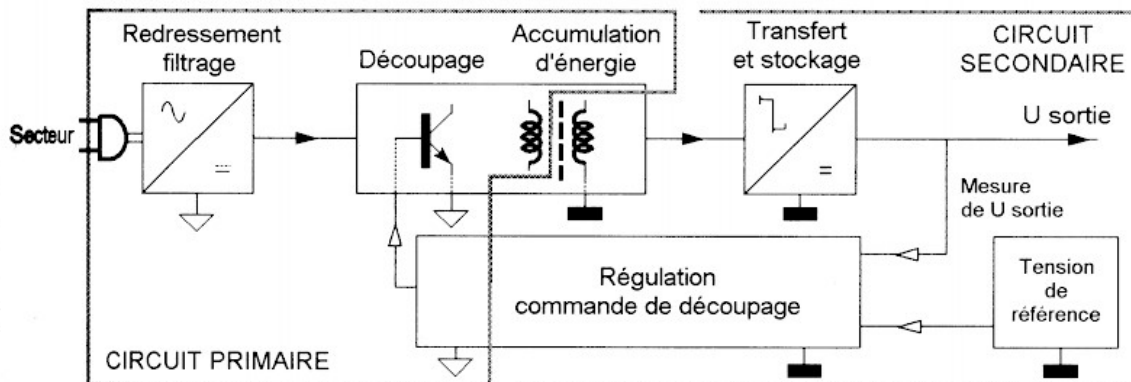
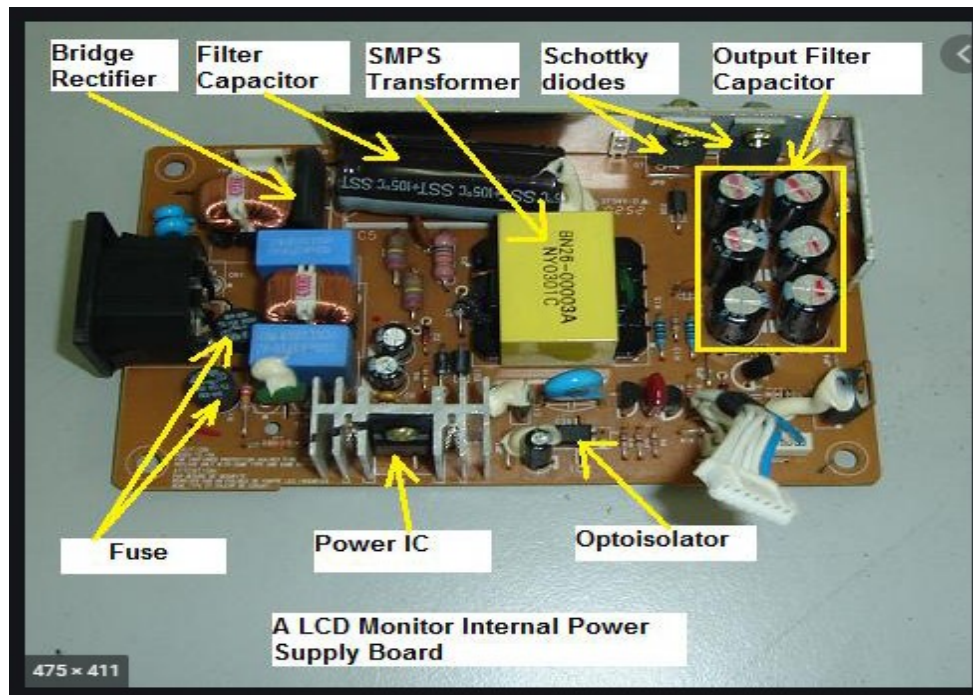


Schéma de principe du fonctionnement d'une alimentation à découpage.

Une alimentation à découpage diffère par rapport à une alimentation stabilisée dans les valeurs des tensions spéciale fournis, comme dans le cas de la télévision elle assure des tensions de sorties « 37 v » et de « 115v ».

La figure suivante donne une carte d'alimentation à découpage d'un écran LCD
(source <http://www.branche-technologie.com/electronique/ecran-plat-ordinateur.html>)



Éléments constituant une alimentation à découpage :

1. Connecteur d'alimentation secteur 220v.
2. Fusible de protection.
3. Pont de diodes.
4. Condensateur de filtrage, stocke l'énergie pour l'étage de découpage.
5. Transistor de découpage monté sur un radiateur.
6. Transformateur à haute fréquence appelé aussi transfo d'impulsion:
7. Condensateur de filtrage.
8. Bobine de filtrage.
9. Circuit de commande de l'optocoupleur.
10. Optocoupleur. Pour l'isolation entre la parties haute et basse tension.
11. Circuit intégré de commande du transistor de découpage.

Quelques pannes possibles d'une alimentation à découpage

Les pannes possibles dans une alimentation à découpage se manifestent lorsque aucune tension n'est fournie à la sortie, une des tensions de sortie est absente ou un court circuit sur la charge est provoqué

I. Aucune tension n'est fournie à la sortie : dans cette panne il est possible que :

1. le secteur ne fournit pas les 220V
2. fusible est en circuit ouvert
3. pont de diodes défectueux
4. transistor interrupteur MOSFET défectueux
5. régulateur de tension défectueux
6. l'Optocoupleur d'isolation galvanique est défectueux.

II. Une des tensions de sortie est absente : dans cette panne il est possible que :

Le régulateur de la tension est défectueux

III. Court circuit sur la charge : dans cette panne il est possible que

Un court circuit au niveau du transfo du secteur

Un court circuit au niveau du transfo d'impulsion

Un problème dans la boucle de retour dans l'asservissement de tension de sortie

Protocole de base pour la recherche d'une panne [<https://www.technologuepro.com>]

Dans cette section, nous donnons les étapes principales pour la recherche d'une panne dans une carte électronique

faites fonctionner l'appareil en analysant son fonctionnement en d'autre terme est ce qu'il y a un dysfonctionnement par rapport à l'état normal, si oui



Repérer et confirmer la partie ou la **carte électronique** qui provoque la défaillance,



Visualiser l'état de la carte électronique, son circuit imprimé, composant dessoudé ou grillé, des nappes ou fiches déconnectées, etc.



Selon le rôle de la carte en panne, et la première inspection de la carte, les tensions d'entrée et de sorties habituelles de l'état normal, nous pouvons décider l'étage ou le bloc causant la défaillance (en utilisant le matériel approprié)



faire des mesures sur l'étage responsable de la panne en vérifiant est ce qu'il y a un court-circuit, ou circuit ouvert en confirmant les composants coupable de la panne
Remplacer le *composant* défectueux et connecter la carte réparée à l'appareil.



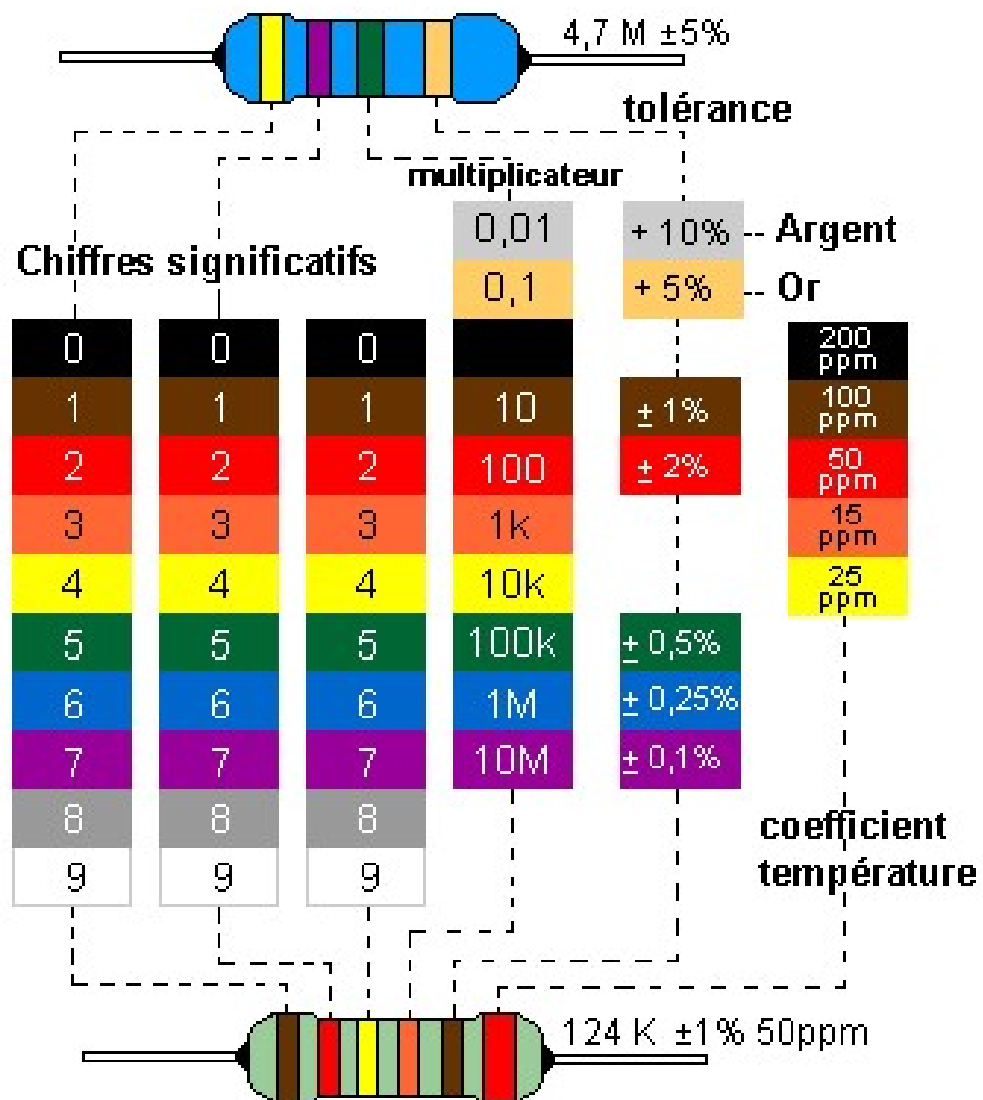
Faire tourner l'appareil après réparation et refaire un autre test pour confirmer le bon fonctionnement.

Conclusion

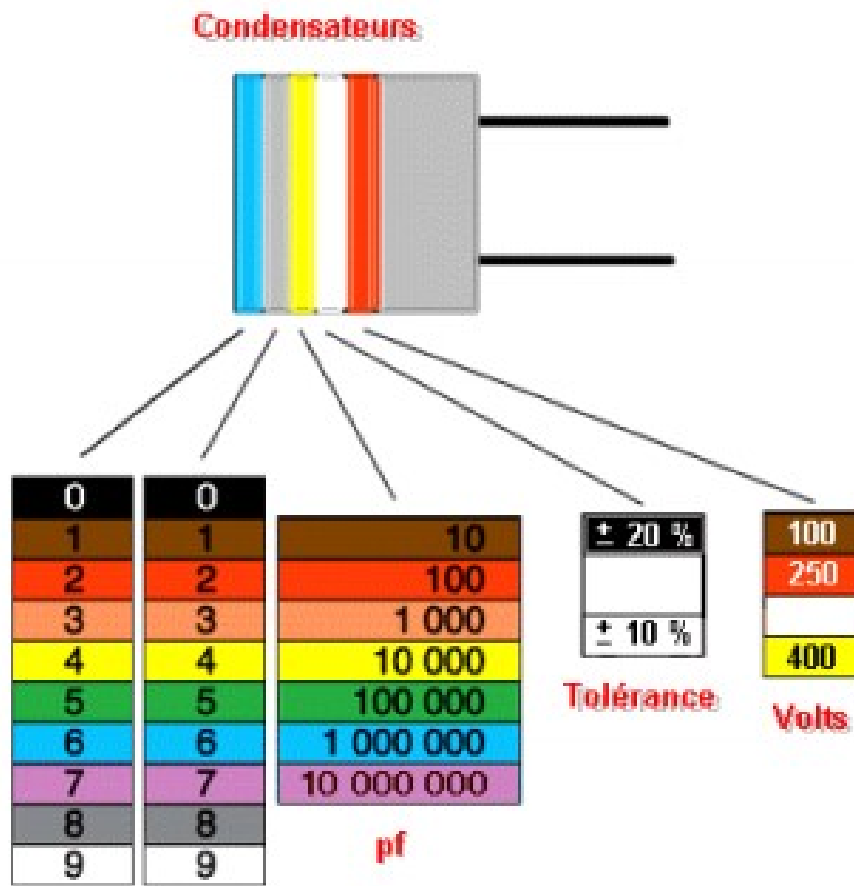
Dans ce cours nous avons entamé l'ensemble des techniques de maintenance il reste beaucoup de travail afin de l'enrichir en ajoutant d'autres informations et des exemples de maintenance.

Pour toutes propositions ou critiques contactez moi sur e-mail :
salim.aissi@gmail.com

ANNEXE 1 : Marquage des résistances[[https://www.technologuepro.com]]

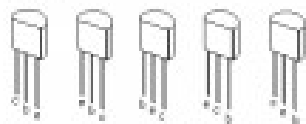


ANNEXE 2 : Marquage des condensateurs [cours technologies des composants discrets]

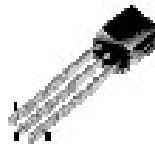


ANNEXE 3 : forme Boitier pour diode, thyristor, transistor

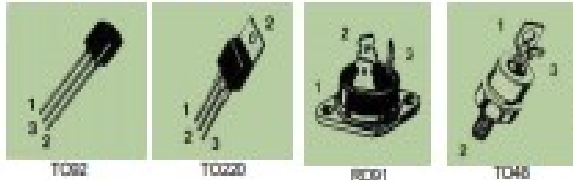
Boitier TO18



les différents brochages de transistors



les thyristors et triacs,

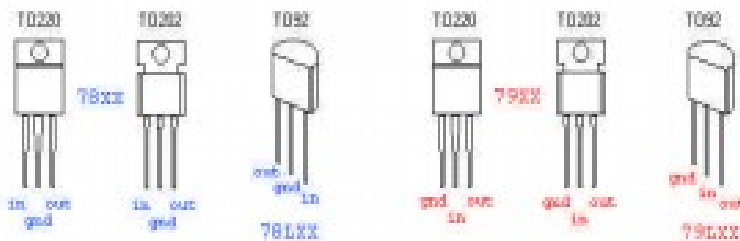


1 : K ou A1
2 : A ou A2
3 : G ou G

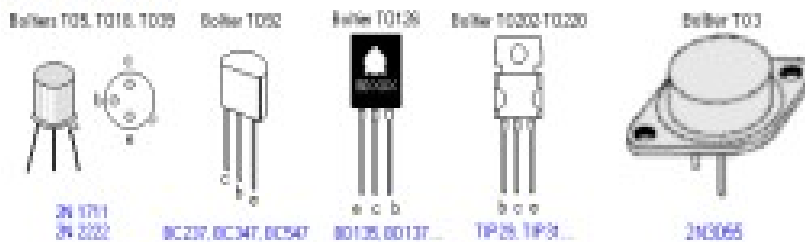
les régulateurs de tension,

REGULATEURS FIXES POSITIFS

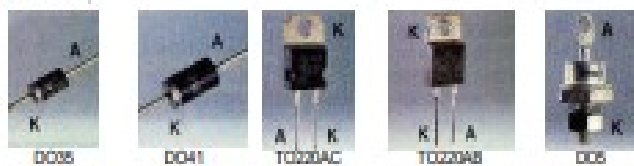
REGULATEURS FIXES NEGATIFS



les transistors,

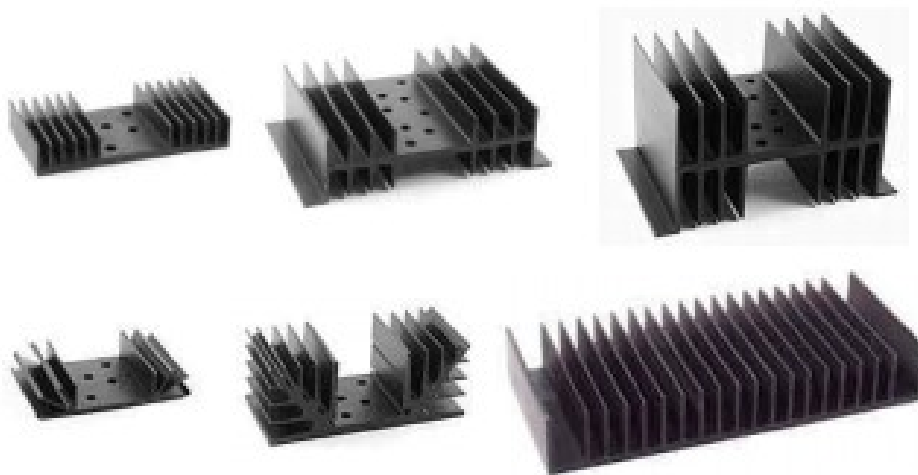


les diodes,



Source d'image [<https://www.thierry-lequeu.fr/data/BRAULT1.pdf>]

ANNEXE 4 : formes de Boitier Radiateur



Source d'image [<https://www.thierry-lequeu.fr/data/BRAULT1.pdf>]

