

OFPPT

ROYAUME DU MAROC

مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل

Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail

DIRECTION RECHERCHE ET INGENIERIE DE FORMATION

**RESUME THEORIQUE
&
GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES**

MODULE N°6 : ELECTRICITE DE BASE

SECTEUR : FROID ET GENIE THERMIQUE

SPECIALITE : MAINTENANCE HÔTELIERE

NIVEAU : TECHNICIEN

NOVEMBRE 2004

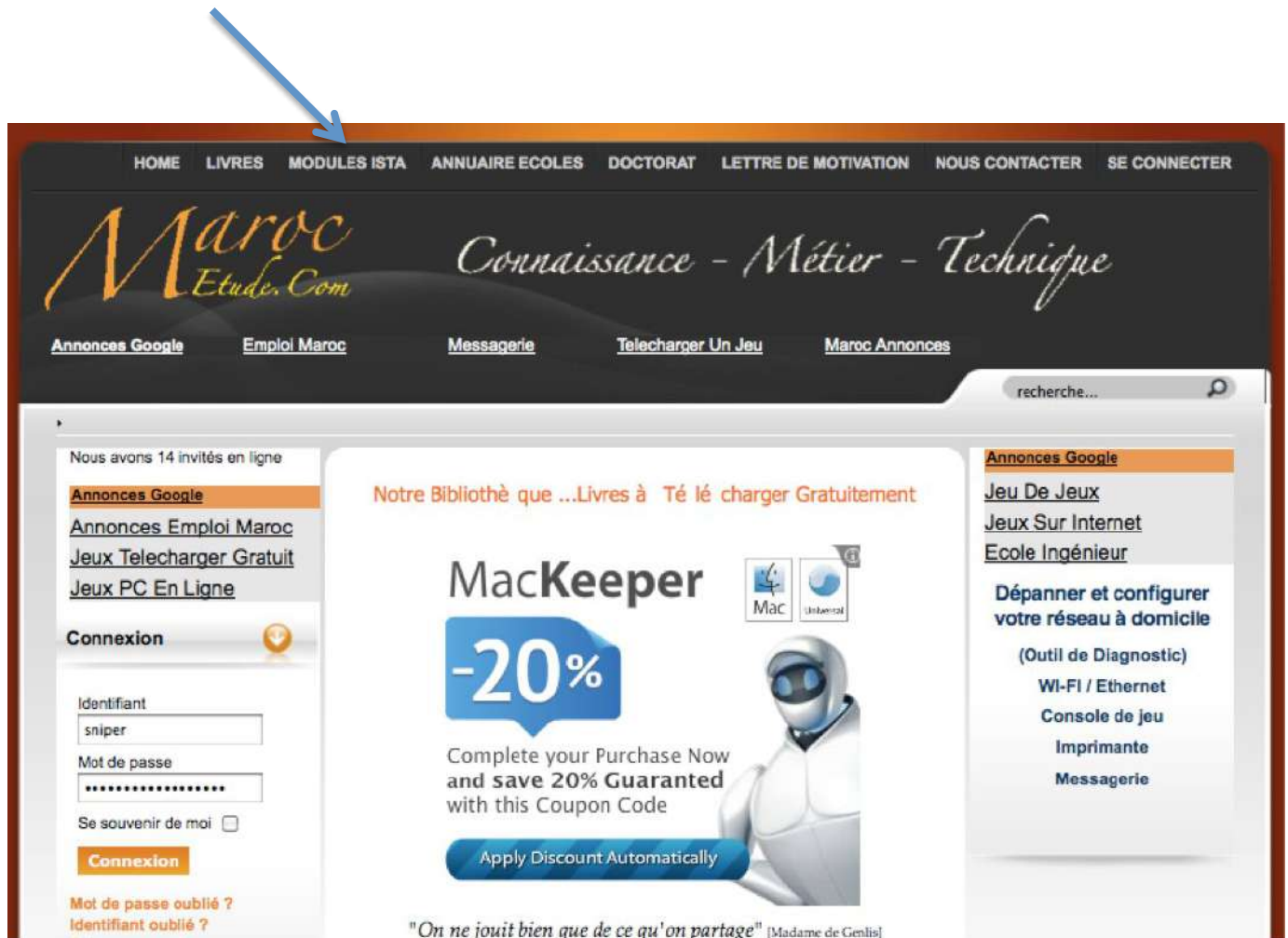
REMERCIEMENT

PORTAIL DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE AU MAROC

Télécharger tous les modules de toutes les filières de l'OFPPT sur le site dédié à la formation professionnelle au Maroc : www.marocetude.com

Pour cela visiter notre site www.marocetude.com et choisissez la rubrique :

[MODULES ISTA](#)



The screenshot shows the website's header with a navigation menu: HOME, LIVRES, **MODULES ISTA**, ANNUAIRE ECOLES, DOCTORAT, LETTRE DE MOTIVATION, NOUS CONTACTER, SE CONNECTER. The logo 'Maroc Etude.Com' is on the left, and the tagline 'Connaissance - Métier - Technique' is on the right. Below the header are links for 'Annonces Google', 'Emploi Maroc', 'Messagerie', 'Telecharger Un Jeu', and 'Maroc Annonces'. A search bar is on the right. The main content area features a central advertisement for MacKeeper with a '-20%' discount, a coupon code, and a 'Apply Discount Automatically' button. The ad includes icons for Mac and Universal and a quote: 'On ne jouit bien que de ce qu'on partage' [Madame de Genlis]. On the left, there is a login section with fields for 'Identifiant' (containing 'sniper') and 'Mot de passe', and a 'Connexion' button. On the right, there is a sidebar with 'Annonces Google' and a list of links: 'Jeu De Jeux', 'Jeux Sur Internet', 'Ecole Ingénieur', 'Dépanner et configurer votre réseau à domicile', '(Outil de Diagnostic)', 'Wi-Fi / Ethernet', 'Console de jeu', 'Imprimante', and 'Messagerie'.

**La DRIF remercie les personnes qui ont participé ou permis l'élaboration de ce module
(Appareils et régulateurs frigorifiques)**

Pour la supervision :

M : GHRAIRI RACHID : Directeur de secteur Electricité/Froid et Génie Thermique
M: BOUJNANE MOHAMED: Chef de Pôle Froid et Génie Thermique

Pour l'élaboration :

Mme Natova Bisserka Formateur Animateur CDC FGT

**Les utilisateurs de ce document sont invités à
communiquer à la DRIF toutes les remarques
et suggestions afin de les prendre en considération
pour l'enrichissement et l'amélioration de
ce programme**

Mr. Saïd SLAOUI

SOMMAIRE

	Page
Présentation du module	9
<u>Résumé théorique</u>	10

1 LES BASES DE L'ÉLECTRICITÉ	11
1.1 Introduction	11
1.2 Circuit électrique	11
1.3 Potentiel et courant	12
1.4 Éléments composant un circuit	13
1.5 Résistances	14
1.5.1 Résistances en série	14
1.5.2 Résistances en parallèles	15
1.5.3 Le code des couleurs	15
1.6 Condensateurs	16
1.6.1 Condensateurs en série	17
1.6.2 Condensateurs en parallèles	17
1.6.3 Energie stockée par un condensateur	18
1.7 Inductance et bobines	18
1.7.1 Bobines en série	19
1.7.2 Bobines en parallèles	20
1.7.3 Energie stockée par une bobine	21
1.8 Conducteur	21
1.9 Les lois de Kirchhoff	22
1.9.1 Loi des tensions de Kirchhoff	22
1.9.2 Loi des courants de Kirchhoff	22
1.10 La loi d'Ohm et la loi de Joule	22
1.10.1 La loi d'Ohm	22
1.10.2 Énergie et puissance	23
1.10.3 La loi de Joule	23
1.11 Circuits en courant alternatif (c.a.)	23
1.11.1 Types d'ondes	23
1.11.2 Amplitude, valeur moyenne et valeur efficace	24
1.11.3 L'onde sinusoïdale	25
1.12 Le réseau triphasé	26
1.12.1 Puissance en triphasé	28
1.12.2 Compensation de l'énergie réactive	28
1.12.3 Amélioration du facteur de puissance $\cos\varphi$	29
2.PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE	32
2.1 Centrale hydroélectrique	33
2.2 Centrale thermique	33
2.3 Centrale nucléaire	34
3 SYMBOLES NORMALISES	35
3.1 Exemples d'utilisation des symboles	37
3.1.1 Installation électrique d'un local	37

3.1.2 Schémas d'une installation complexe (masses reliées, neutre non distribuée	38
3.1.3 Schéma du circuit de démarrage d'un moteur électrique	39
4. APAREILLAGE ELECTRIQUE	40
5 LES CONDUCTEURS ET CABLES	45
6 LES DIFFERENTS SCHEMAS ELECTRIQUES EN DOMESTIQUE	49
6.1 Simple allumage	49
6.1.1 But	49
6.1.2. Schéma développé	50
6.1.3. Schéma architectural ou d'implantation	50
6.1.4. Schéma unifilaire	50
6.1.5 Schéma multifilaire	51
6.2 Double allumage	51
6.2.1 But	51
6.2.2 Schéma développé	52
6.2.3 Schéma architectural	52
6,3 Va-et-vient	53
6.3.1 But	53
6.3.2 Schéma développé	53
6,3.3 Schéma architectural	54
6.4 Prise et prise commandée	54
6.4.1 Prise	54
6.4.1.1 But	54
6.4.1.2 Schéma développé	55
6.4.2. Prise commandée	55
6.4.2.1 But	55
6.4.2.2 Schéma développé	55
6.4.2.3. Schéma architectural	56
6.5 Télérupteur	56
6.5.1 But	56
6.5.2. Fonctionnement	56
6.5.3. Schéma développé	57
6.5.4. Schéma architectural	57
6.6 Minuterie	58
6.6.1 But	58
6.6.2. Fonctionnement	58
6,6.3. Schéma développé sans effet	58
6.6.4 Schéma développé avec effet	59
6.6.5. Schéma architectural	59
7 LA MESURE DES GRANDEURS ELECTRIQUES	60

GUIDE DES TRAVAUX PRATIQUE	67
I. TP 1 : Simple allumage et double allumage	68
II. TP 2 : Circuit va et vient	70
III. TP 3 : Le télérupteur	71
IV. TP 4 : La minuterie	72
V. TP 5 : Circuit série parallèle	74
VI. TP 6 : Réalisation d'un schéma de commande marche arrêt	75
<u>Evaluation de fin de module :</u>	76
<u>Liste bibliographique</u>	77

MODULE : N°6

ELECTRICITE DE BASE

Durée 70 H

30...% : théorique

70...% : pratique

**OBJECTIF OPERATIONNEL DE PREMIER NIVEAU
DE COMPORTEMENT**

COMPORTEMENT ATTENDU

Pour démontrer sa compétence, le stagiaire doit appliquer les principes et les techniques de base en électricité selon les conditions, les critères et les précision qui suivent.

CONDITIONS D’EVALUATION

- *A l’aide des composants nécessaires*
- *A l’aide d’un module de montage approprié*
- *A l’aide des outils et instruments nécessaires*

CRITERES GENERAUX DE PERFORMANCE

- *Justesse des explications concernant les principes de base en électricité.*
- *Exactitude des calculs de divers paramètres électriques.*
- *Justesse de l’explication du fonctionnement logique d’un circuit électrique en corrélation avec le circuit frigorifique/ de climatisation.*
- *Qualité du schéma électrique :*
 - *clarté du trace ;*
 - *respect des symboles ;*
 - *faisabilité du circuit en corrélation avec l’installation frigorifique/ de climatisation.*
- *Maîtrise des techniques de base propre au montage de circuits électriques de commande et de puissance.*
- *Qualité du circuit :*
 - *respect des normes du code d’électricité ;*
 - *circuit fonctionnel ;*
 - *esthétique et propreté des travaux*
- *Respect des normes de santé et de sécurité*
- *Respect du temps alloué.*

**OBJECTIF OPERATIONNEL DE PREMIER NIVEAU
DE COMPORTEMENT**

**PRECISIONS SUR LE
COMPORTEMENT ATTENDU**

**CRITERES PARTICULIERS DE
PERFORMANCE**

- | | |
|---|--|
| <p>A. Expliquer les modes de production et de déplacement du courant électrique</p> <p>B. Résoudre des problèmes de calcul relatif à application de la loi d'Ohm et aux notions de puissance et d'énergie</p> <p>C. Décrire les caractéristique et le mode d'utilisation des instruments de mesure des paramètre électriques</p> <p>D. Schématiser un circuit électrique</p> <p>E. Poser et raccorder les composants d'un circuit.</p> <p>F. Vérifier le fonctionnement d'un circuit.</p> | <ul style="list-style-type: none">• Définition juste des concepts de base.• Pertinence des explications• Description précise de la :<ul style="list-style-type: none">- notion de puissance électrique- relation existant entre voltage, intensité de courant et résistance (loi d'Ohm)• Exactitude des calculs
• Description exacte des caractéristiques de mesure des instruments.• Description juste des principes de fonctionnement des instruments.• Enumération exacte des paramètres électriques pouvant être mesurés avec ces instruments.• Description juste du mode d'utilisation :<ul style="list-style-type: none">- choix de fonction(s'il y a lieu) ;- sélection de l'échelle ;- raccordement des sondes ;- lecture de l'instrument.• Circuit de fonctionnement<ul style="list-style-type: none">- logique et clarté ;- respect de symboles.• Circuit de raccordement :<ul style="list-style-type: none">- clarté ;- respect des symboles et des codes ;- faisabilité et aspect économique du circuit.• Conformité du montage au schéma.• Qualité du raccordement.• Esthétique du câblage.• Montage sécuritaire et conforme aux normes.• Méthode de vérification appropriée• Utilisation correcte des instruments de mesure.• Circuit fonctionnel et conforme aux consignes. |
|---|--|

OBJECTIFS OPERATIONNELS DE SECOND NIVEAU

CHAMPS D'APPLICATION DE LA COMPETENCE

Théorie de base en électricité et montage de circuits mixtes, installation entretien et dépannage des moteurs électriques monophasés et triphasés.

Le stagiaire doit maîtriser les savoir, savoir-faire, savoir-percevoir ou savoir-être juges préalables aux apprentissages directement requis pour l'attente de l'objectif de premier niveau, tels que :

Avant d'apprendre à expliquer les modes de production et de déplacement du courant électrique (A) :

- 1. Décrire la nature de l'électricité.*
- 2. Décrire les sources d'électricité.*
- 3. Définir les propriétés d'un conducteur et d'un isolant.*
- 4. Interpréter les caractéristiques d'une courbe de tensions alternatives.*
- 5. Enumérer les caractéristiques des tensions continues des tensions alternatives.*
- 6. Caractériser les valeurs de la tension et du courant d'une onde sinusoïdale.*
- 7. Interpréter les caractéristiques des courbes de voltage ou de courant ayant un certain angle de déphasage entre elles.*
- 8. Définir la loi d'Ohm.*
- 9. Expliquer les principes de l'électromagnétisme.*
- 10. Distinguer les méthodes servant à produire un voltage induit dans une bobine*
- 11. Décrire brièvement quelques applications pratiques de l'électromagnétisme.*

Avant d'apprendre à résoudre des problèmes de calcul relatif à l'application de la loi d'Ohm et aux notions de puissance et d'énergie (B) :

- 12. Définir et analyser divers circuits.*
- 13. Distinguer les modes de calculs de la résistance en fonction des types de circuits.*
- 14. Déterminer le comportement du voltage et du courant dans différents circuits.*
- 15. Définir les notions de base de puissance et d'énergie.*

Avant d'apprendre à décrire les caractéristiques et le mode d'utilisation des instruments de mesure des paramètres électriques (C) :

- 16. Distinguer les instruments servant à mesurer les principaux paramètres électriques.*
- 17. Distinguer les catégories de voltmètres C.A. selon le genre de résultat fourni.*
- 18. Distinguer les fonctions que l'on retrouve dans un multimètre avec affichage numérique.*

19. Mesurer les valeurs d'un circuit électrique à l'aide d'un multimètre.

20. Mesure la puissance d'un circuit à l'aide d'un wattmètre simple.

Avant d'apprendre à schématiser un circuit électrique (D) :

21. Dresser le schéma de fonctionnement électrique d'un circuit à partir d'un devis.

22. Interpréter à l'aide d'un schéma de câblage, un circuit de fonctionnement électrique.

Avant d'apprendre à poser et raccorder les composants d'un circuit (E) :

23. Interpréter les façons de désigner des câbles.

24. Consulter le code de l'électricité.

25. Décrire les techniques de jointage des conducteurs.

26. Joindre des fils afin d'assurer une bonne continuité électrique et une résistance mécanique suffisante.

27. Sélectionner des connecteurs et de divers spécification.

28. Reconnaître les principaux équipements d'interconnexion et de raccordement des appareils électriques.

29. Reconnaître les types de connecteurs servant au raccord des conducteurs en fonction de leur nature et de leur mode de fixation.

30. Enumérer les principaux facteurs à considérer dans l'installation des équipements de raccordement.

31. Déterminer le tracé des câbles à l'intérieur d'un bâtiment.

32. Installer des supports de câbles sur la surface d'une structure.

33. Raccorder des appareils.

34. Distinguer les principaux modes de protection des circuits et des équipements électriques

35. Reconnaître les dispositifs de protection approuvés par l'ouverture automatique des circuits.

36. Sélectionner des dispositifs de protection permettant l'ouverture automatique des circuits.

37. Procéder à l'installation ou au remplacement des dispositifs de protection.

Avant d'apprendre à vérifier le fonctionnement d'un circuit (F) :

38. décrire le fonctionnement d'un circuit électrique à partir d'un schéma de fonctionnement.

PRESENTATION DU MODULE

Le module intitulé « Électricité générale » se situe parmi les modules relevant du Maintenance Hôtelière.

Ce module s'adresse au formateur pour dispenser ses cours selon les objectifs visés par le programme.

Le volume horaire théorique est de 21 heures

Le volume horaire pratique est de 49 heures

Module :6
ELECTRICITE DE BASE
RESUME THEORIQUE

1 INTRODUCTION À L'ÉLECTRICITÉ

1.1 Introduction

Ce module vous permettra de découvrir le domaine de l'électricité. Les termes, les unités et les notations les plus utilisées en électricité ainsi que les lois et les théorèmes généraux couramment employés pour l'analyse de circuits électriques y sont enseignés à travers l'étude des circuits résistifs en c.c. et en c.a.. Chaque concept vu en théorie sera vérifié au laboratoire à l'aide de travaux pratiques

1.2 Circuit électrique

En électricité et en électronique, un circuit est un ensemble d'éléments reliés entre eux par des conducteurs, offrant au moins un trajet fermé dans lequel peuvent circuler des charges (le courant).

Une branche d'un circuit est une partie de cet ensemble; elle est constituée d'un ou de plusieurs éléments montés en série.

Deux éléments sont montés en série si la borne de l'un est reliée à la borne de l'autre sans être raccordée à la borne d'un 3ème élément.

On dira que 2 éléments d'un circuit sont en parallèle s'ils ont deux points en commun.

Un noeud dans un circuit est le point de jonction entre 2 ou plusieurs branches.

1.3 Potentiel et courant

En électricité, on utilise souvent le modèle hydraulique comme système de comparaison.

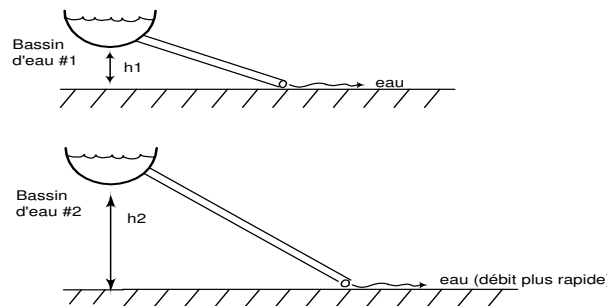
En hydraulique, on veut pouvoir caractériser les forces qui font circuler et qui sont générées par l'eau dans un réseau. C'est vrai aussi en électricité et en électronique. La circulation des électrons dans un fil électrique est bien représentée par la circulation de l'eau dans un tuyau.

L'énergie potentielle de l'eau dans un bassin (naturel ou artificiel) représente la tension électrique (volt). Le débit de l'eau circulant dans un réseau d'aqueduc représente, lui, le courant électrique (ampères).

Potentiel: c'est la capacité de produire du travail.

Exemple:

$$E_1 = mgh_1, E_2 = mgh_2, E_2 > E_1$$



Sources de tension (potentiel) électrique:

- * piles, batteries;
- * bloc d'alimentation;
- * génératrice, alternateur.

Différence de potentiel (d.d.p.):

Dans l'exemple précédent, la d.d.p. serait calculée avec « $E_2 - E_1$ ». En électricité, elle s'exprime en volts. Le plus haut potentiel est indiqué par le signe «+» et, le plus bas, par le signe «-».

Courant: débit de charges électriques causé par une force extérieure (source de tension). Le courant électrique n'est rien d'autre que le flot ordonné, contrôlé, des électrons. Son unité est l'ampère (A). Il coule toujours du plus haut potentiel (+) vers le plus bas potentiel (-).

Résistance Dans tout réseau où il y a circulation d'un élément (eau, électrons, ...), il existe une force qui s'oppose au déplacement de cet élément.

Origine de cette force:

- en hydraulique:

- * frottement;
- * dimension du tuyau;

- * encombrement des voies;
- * embranchements et coudes.

- en électricité:

* La structure atomique du matériau conducteur dont est fait le fil. L'unité de mesure est l'ohm (Ω (oméga)).

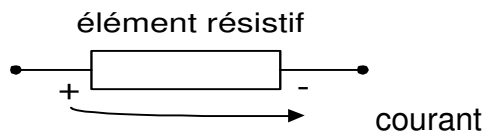
- la résistance en électricité, dépend de 4 facteurs:

- * nature du matériau (résistivité: ρ (rhô));
- * longueur du conducteur (l);
- * l'aire du conducteur (section: A);
- * la température (ρ est donnée en fonction d'une température fixe).

$$R = \rho l / A$$

Résistivité de divers matériaux	($\Omega - m$) à 20°C
Argent	$16,4 \times 10^{-9} \Omega\text{-m}$
Cuivre	$17,2 \times 10^{-9} \Omega\text{-m}$
Or	$24,4 \times 10^{-9} \Omega\text{-m}$
Aluminium	$28,2 \times 10^{-9} \Omega\text{-m}$

- La résistance électrique provoque toujours une chute de potentiel.

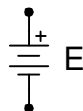


1.4 Éléments composant un circuit

Sources de tension (c.a. et c.c.)

Piles: source en c.c.

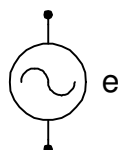
- Symbole:



- Unité: volt

Générateurs: source en c.a. (sinusoïdale le plus souvent)

- Symbole:



- Unité: volt

1.5 Résistances

Les résistances sont les éléments les plus banals d'un circuit. Le principe des résistances est très simple, en circulant dans une résistance, les électrons entrent en collision avec le réseau d'atomes contenu dans la résistance, donc celui-ci "résiste" au passage des électrons et limite ainsi le courant. Plus il y a de collisions, plus la résistance est forte.

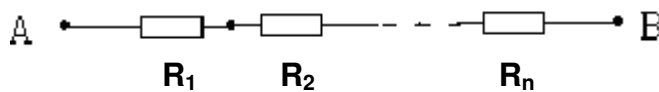
L'unité pour une résistance est l'Ohm .

Sur les schémas électriques une résistance est représentée de la manière suivante:



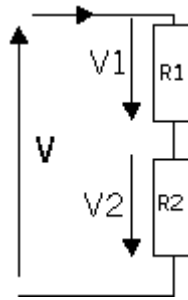
1.5.1 Résistances en série

On appelle " en série " des éléments qui sont traversés par un même courant. la résistance équivalente à plusieurs résistances montées en série est la somme de ces résistances :



$$R_{AB} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

Le pont diviseur de tension :



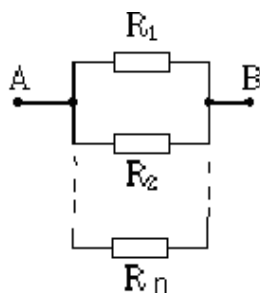
Si on veut connaître la tension appliquée à une résistance placée avec d'autres résistances en série il suffit d'appliquer la règle du pont diviseur en tension : cette tension est égale à la tension appliquée à toutes les résistances * la valeur de la résistance / la résistance équivalente. Donc :

$$V1 = (R1 \cdot V) / (R1 + R2) \quad \text{et} \quad V2 = (R2 \cdot V) / (R1 + R2).$$

Remarque : par les mailles on retrouve bien que $V = V1 + V2$.

1.5.2 Résistances en parallèles

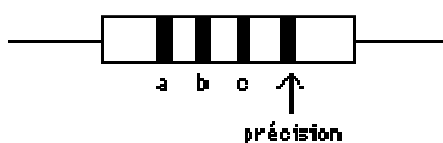
On appelle " en parallèle " des éléments qui sont alimentés par la même tension. L'inverse de la résistance équivalente à plusieurs résistances montées en parallèle est la somme des inverses de ces résistances :



$$R_{AB} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

1.5.3 Le code des couleurs

Dans la pratique, il est possible de connaître la valeur d'une résistance grâce aux 4 cercles de couleurs sur cette dernière et en utilisant le code des couleurs :



$$R = ab \times 10^c ,$$

Dans cette formule on remplace a,b et c avec la valeur numérique selon le tableau suivant :

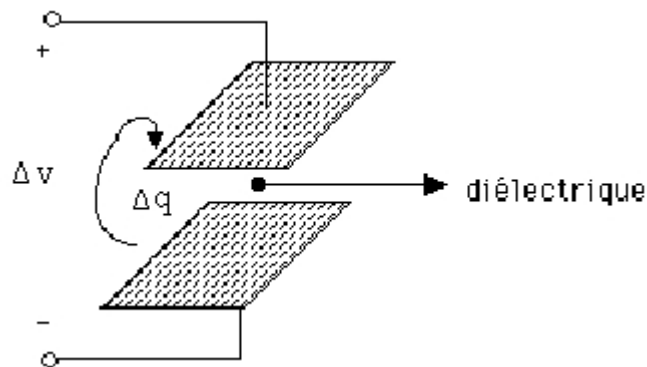
Code de couleurs des résistances			
0	Noir	7	Violet
1	Brun	8	Gris
2	Rouge	9	Blanc
3	Orange	0,1	Or
4	Jaune	0,01	Argent
5	Vert	Précision : Or 5%	
6	Bleu	Précision : Argent 10%	

On peut classer les résistances par catégorie de puissance : en effet il existe des résistances pouvant dissiper $\frac{1}{4}$ watt , $\frac{1}{2}$ watt, il existe également d'autres valeurs ,c'est le cas par exemple des résistances bobinées (fil résistif enroulé en spirale).

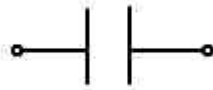
1.6 Condensateurs

Définition :

Éléments à 2 armatures composés de matériaux conducteurs séparés par un matériau non conducteur appelé diélectrique.



Sur les schémas électriques le condensateur est représenté de la manière suivante:



Lorsque l'on applique une tension aux bornes d'un condensateur, les charges électriques de la source de tension ont tendance à migrer mais comme le est non conducteur les charges stagnent sur les armatures du condo. Il apparaît donc une différence de potentiel et ceci, même si on débranche la source de tension puisque les charges sont accumulés sur les armatures du condensateur. C'est pourquoi on dit que le condensateur est un élément à stockage d'énergie

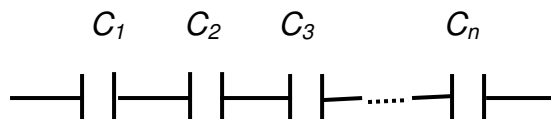
La tension au borne du condensateur est proportionnelle aux charges présentes sur les armatures du condensateur :

$$V=Q/C$$

où C est la capacité du condensateur exprimée en farad

1.6.1 Condensateurs en série

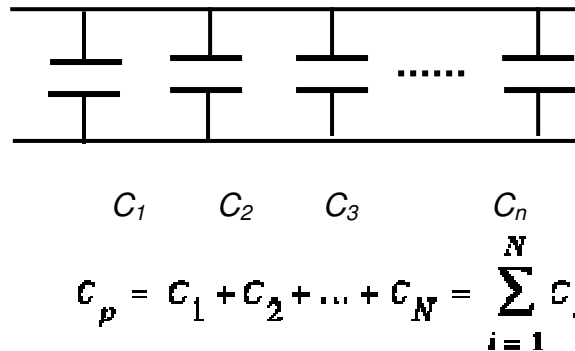
La capacité équivalente à plusieurs condensateurs en série est l'inverse de la somme des valeurs des condensateurs pris séparément:



$$\frac{1}{C_s} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{C_i} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_N}$$

1.6.2 Condensateurs en parallèles

La capacité équivalente de plusieurs condensateurs en parallèles est la somme des condensateurs pris indépendamment:



1.6.3 Energie stockée par un condensateur

Puisqu'un condensateur est un élément dit à stockage d'énergie, il peut être intéressant de connaître l'énergie que ce dernier peut emmagasiner.

L'énergie est égale au produit de la tension par le courant donc nous pouvons écrire que la puissance emmagasinée par un condensateur est:

$$w_c(t) = \frac{1}{2} C v^2(t) \text{ [Joules]}$$

Cette équation représente l'énergie stockée, donc, c'est le travail fait par la source sur le condensateur.

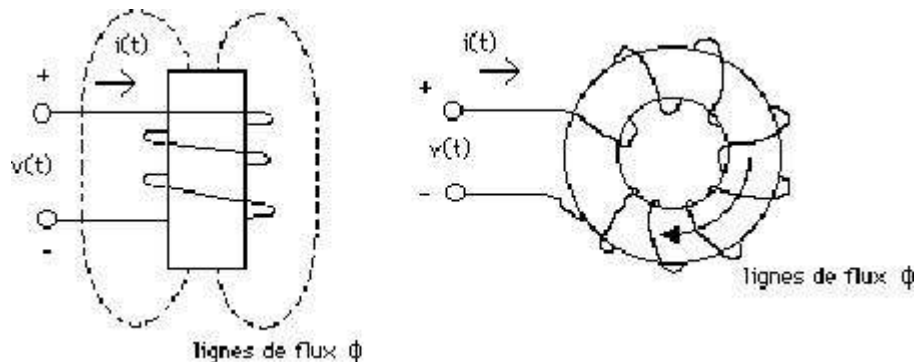
Idéalement, le condensateur devrait rester chargé indéfiniment même si la source est débranchée. Cette énergie pourra servir par exemple à alimenter un élément absorbeur d'énergie (ex: ampoule de lampe de poche,...). En fait, il y a une très grande résistance de perte en parallèle mais avec le temps, le condensateur se déchargera de lui-même.

ATTENTION : comme un condensateur reste chargé en tension il reste par conséquent une réserve d'énergie, c'est pourquoi (même débranché) tout circuit électrique contenant des condensateurs, est dangereux.

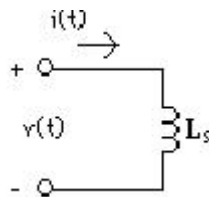
1.7 Inductance et bobines

Définition :

Inductance : Élément à deux bornes consistant en un bobinage de fil et caractérisé par le matériau sur lequel le fil est enroulé (air, matériaux fero-magnétiques, etc.). Aux alentours d'une bobine il y a ce que l'on appelle des ligne de flux.



Dans les circuits électriques les bobines sont souvent représentées de la manière suivante :



Le flux (unité : le weber) créé par une bobine est proportionnel au courant traversant cette dernière et répond à la loi suivante :

$$\Phi = L I$$

Où L est une caractéristique propre de la bobine appelée inductance (unité : le henry)

Quant à la tension, elle dépend de la variation du champs magnétique, donc du courant.

La tension aux bornes d'une bobine est $u = L \Delta i / \Delta t$.

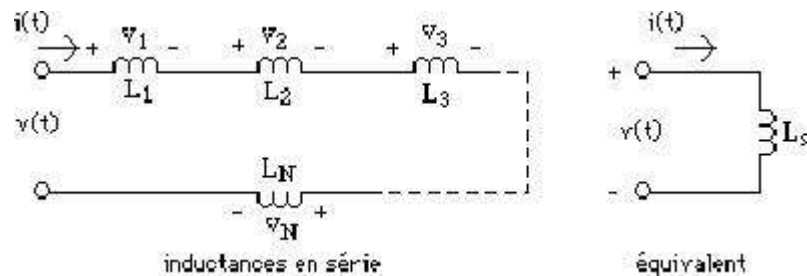
Remarque importante : si une bobine est alimentée par une source de tension continue, la variation de courant est nul, donc il en résulte un court-circuit au bornes de la bobine.

Les bobines sont principalement utilisées pour réaliser des filtres (par exemple pour sélectionner les fréquences d'un signal audio donc les graves, aigus, et les médiums puis les répartir sur une baffle à 3 voies), des transformateurs, des moteurs ou des enceintes. Les amateurs de HI-FI comprendront... :)

1.7.1 Bobines en série

Nous allons essayer de déterminer l'inductance équivalente à plusieurs inductances en série.

Considérons le schéma suivant et tentons de déterminer L_s :

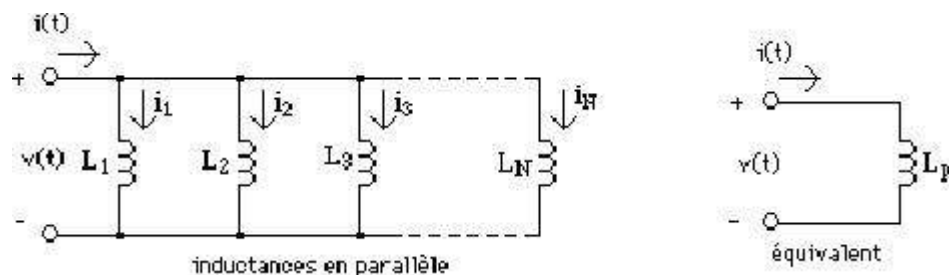


On en déduit donc que l'inductance de plusieurs bobines en série est la somme des inductances de chaque bobine :

$$L_s = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_N = \sum_{i=1}^N L_i$$

1.7.2 Bobines en parallèles

Nous allons tenter de trouver l'équivalence de plusieurs bobines en parallèles pour cela nous allons nous appuyer sur le schéma suivant :



L'inverse de l'inductance équivalente à plusieurs bobines montées en parallèle est la somme des inverses de ces inductances :

$$\frac{1}{L_p} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots + \frac{1}{L_N} = \sum_{j=1}^N \frac{1}{L_j}$$

1.7.3 Energie stockée par une bobine

Comme nous l'avons déjà fait pour un condensateur nous allons déterminer l'énergie stockée par une bobine:

$$w_L(t) = \frac{1}{2} L i^2(t) \text{ [Joules]}$$

1.8 Conducteur

Le conducteur est ce qui unit la ou les sources aux différents composants du circuit (réseau). C'est habituellement un fil fait de matériau conducteur isolé par une gaine protectrice.

Matériaux conducteurs:

- possèdent beaucoup d'électrons libres

Conductivité de certains matériaux	
Métal	Conductivité relative (%)
Argent	105
Cuivre	100
Or	70,5
Aluminium	61
Fer	14

Matériaux isolants:

- Possèdent peu d'électrons libres
- Utilisés pour fabriquer la gaine des fils conducteurs, ainsi que pour divers autres dispositifs isolateurs.

Rigidité diélectrique de certains matériaux	
Matériau	Rigidité diélectrique moyenne (en kV/cm)
Air	30
Porcelaine	70
Huiles	140
Bakélite	150
Caoutchouc	270
Papier (paraffiné)	500
Teflon	600
Verre	900
Mica	2000

-Rigidité diélectrique = résistance au claquage (passage d'un fort courant)

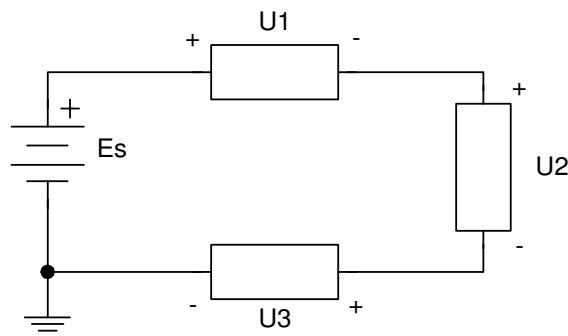
1.9 Les lois de Kirchhoff

1.9.1 Loi des tensions de Kirchhoff:

«La somme algébrique des différences de potentiel le long d'un circuit fermé est nulle.»

ou

Σ chutes de tension = Σ montées de tension



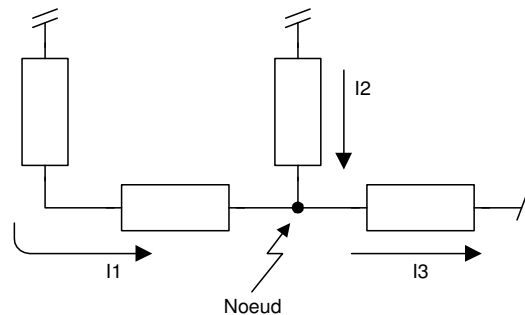
$$E_s = U_1 + U_2 + U_3$$

1.9.2 Loi des courants de Kirchhoff:

«La somme algébrique des courants, effectuant une arrivée et un départ au noeud, est nulle.»

ou

Σ courants entrant = Σ courants sortant



$$I_1 = I_2 + I_3$$

1.10 La loi d'Ohm et la loi de Joule

1.10.1 La loi d'Ohm

$$I = E/R$$

que l'on peut aussi écrire:

$$E = RI$$

Exemple:

Si un courant de 10 A traverse une charge résistive de 50 Ω, alors selon Ohm:

$$E = RI$$

$$E = (50\Omega) \times (10 A)$$

$$E = 500(\Omega \times A)$$

$$\text{donc } E = 500 \text{ volts}$$

1.10.2 Énergie et puissance

La puissance est une mesure de la quantité de travail qui peut être fournie en un temps déterminé:

$$P = \text{Travail} / \text{Temps.}$$

Une certaine quantité de puissance utilisée pendant un certain temps crée ou utilise de l'énergie:

$$\text{Énergie} = \text{Puissance} \times \text{temps.}$$

Unités de mesure:

- pour la puissance: Watt (W)
- pour l'énergie: Joule (J) Watt-secondes et souvent kilowatt-heure (kWh)

1.10.3 La loi de Joule

Cette loi établit une relation entre la puissance, la tension et le courant électrique.

$$P = U \times I \text{ ou } E \times I$$

Exemple:

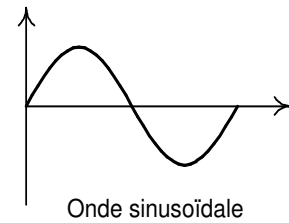
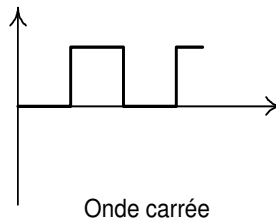
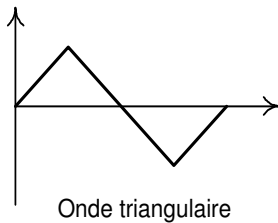
La puissance consommée par un réfrigérateur électrique alimenté par une tension de 220 V et un courant moyen de 5 A est de:

$$P = U \times I = 220 \text{ V} \times 5 \text{ A} = 1,1 \text{ kW}$$

1.11 Circuits en courant alternatif (c.a.)

1.11.1 Types d'ondes:

La forme d'une onde électrique est une représentation de sa variation d'amplitude (tension ou courant) en fonction du temps.



Formes d'onde courante

Période, fréquence et phase:

- Onde périodique : un même patron d'onde se répète à toutes les x secondes.

Période (cycle) : intervalle de temps pendant lequel l'onde périodique se reproduit.

Symbole : T .

Unité : seconde.

Fréquence : nombre de cycles par seconde.

Symbole : $f = 1 / T$.

Unité : cycle / sec. ou plus souvent Hertz (Hz).

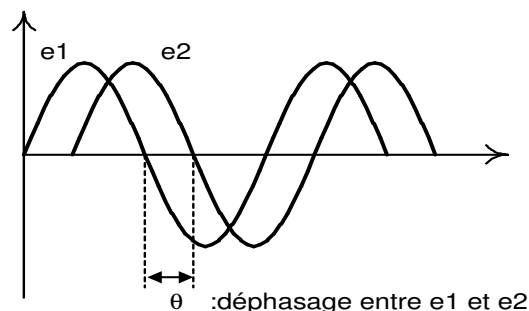
Exemple :

la fréquence d'une onde périodique, dont la période est de 20ms, se calcule de la façon suivante :

$$f = 1 / (20 \times 10^{-3}) = 50 \text{ Hz.}$$

Phase: décalage, normalement exprimé en degrés ou en radians, entre des ondes de même type qui ne passent pas par zéro en même temps.

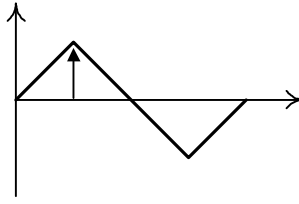
Exemple:



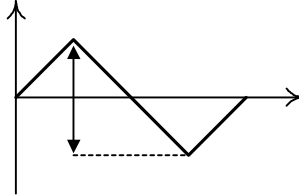
1.11.2 Amplitude, valeur moyenne et valeur efficace:

Amplitude : pour une onde périodique, on utilisera l'amplitude crête et l'amplitude crête à crête.

Amplitude crête (U_c, E_c, I_c) :

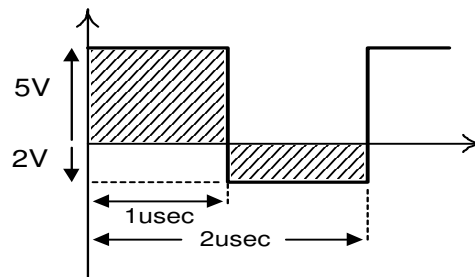


Amplitude crête à crête (U_{c-c} , E_{c-c} , I_{c-c}) :



Valeur moyenne : de façon générale, la valeur moyenne se calcule en divisant l'aire sous la courbe par la durée d'un cycle de l'onde.

Exemple: la tension moyenne de l'onde carrée suivante se calcule ainsi :



$$U_m = ((5V * 1\mu\text{sec}) - (2V * 1\mu\text{sec})) / 2\mu\text{sec} = 1,5 V$$

Valeur efficace (valeur RMS ; Root Mean Square) :

La valeur efficace d'une tension ou d'un courant alternatif est égale à la racine carrée de la moyenne des carrés des valeurs crêtes.

$$U_{\text{eff}} \text{ ou } I_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} x^2(t) dt}$$

1.11.3 L'onde sinusoïdale

Valeur instantanée : valeur d'une forme d'onde (tension ou courant) à un instant particulier . On utilise la forme suivante pour la représenter :

$$e = E_{\text{crête}} \sin (\omega t + \theta)$$

où $\omega = 2\pi f$: c'est la pulsation du signal et s'exprime en radians/sec. et θ est la phase du signal exprimée en radians ou en degrés.

Parfois (ωt) est remplacé par α qui représente un angle du cercle trigonométrique (0° à 360°).

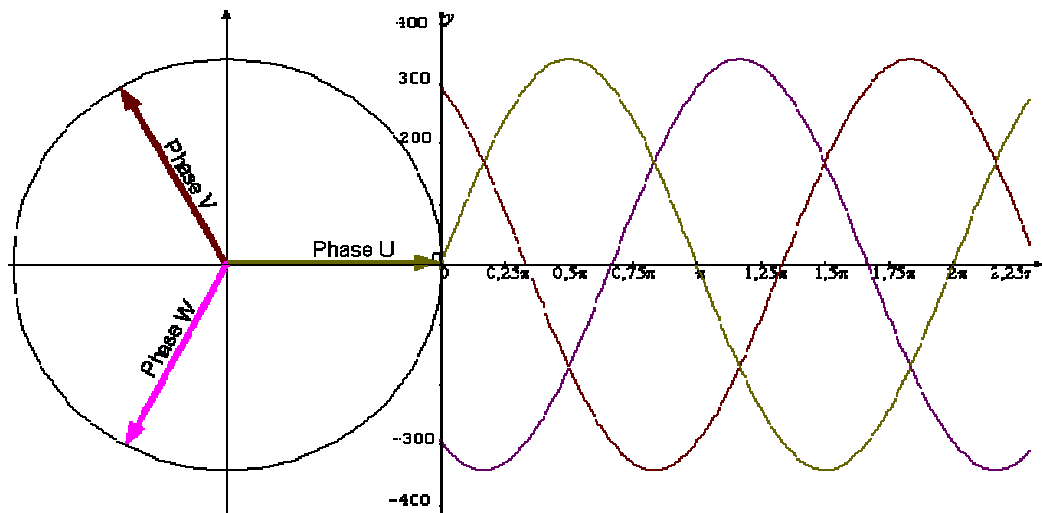
Valeur moyenne : la valeur moyenne d'un sinus est toujours nulle.

Valeur efficace : $E_{\text{eff.}} = E_{\text{crête}} \sqrt{2} = E_{\text{crête}} * 0,707$

OU $I_{\text{eff.}} = I_{\text{crête}} \sqrt{2} = I_{\text{crête}} * 0,707$

1.12 Le réseau triphase

Le réseau que nous allons étudier, est constitué de trois phases, d'un neutre et d'une terre, le tout cadencé à une fréquence de 50Hz.

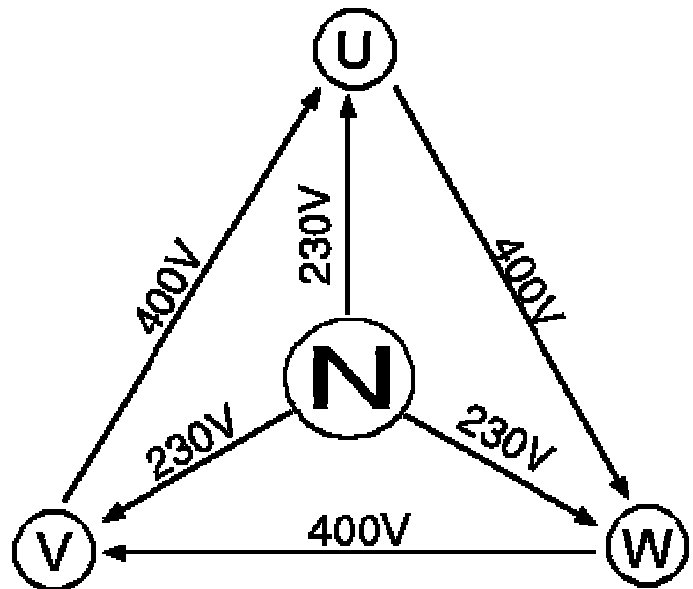


Le neutre

Dans tout système triphasé, équilibré de distribution, existe un neutre électrique situé au centre de gravité du triangle équilatéral représentatif des trois phases. La tension entre une des phases et le neutre est appelée tension simple (230V) alors que la tension entre 2 phases est appelée tension composée (400V).

La phase

Les phases sont les conducteurs chargés de véhiculer l'énergie vers le récepteur. Dans un récepteur équilibré, le courant circulant dans le neutre est nul, il n'existe que dans les phases. La tension de chaque phase est décalée de 120° degrés les unes par rapport aux autres.



Phase 1 : $U = U_M \sin \omega t$

Phase 2 : $V = U_M \sin (\omega t - 2\pi/3)$

Phase 3 : $W = U_M \sin (\omega t - 4\pi/3)$

Réseau 230/400

- ▣ 230V pour les tensions simples (monophasé)
- ▣ 400V pour les tensions composées (triphasé)

La terre

La terre est le fil conducteur assurant une liaison électrique entre le sol et certaines parties de l'installation (carcasse métallique) de façon à fermer le circuit entre la phase qui touche une des parties de l'installation et la terre. Ceci évite que ce soit un individu, qui touchant une partie métallique de l'installation ne ferme le circuit, car le neutre est relié au départ du transformateur du réseau de distribution de l'énergie électrique à la terre.

1.12.1 Puissance en triphasé

Un système triphasé équilibré est équivalent à la juxtaposition de trois systèmes monophasés identiques.

Puissance sur des éléments purement résistifs :

$$P = U I \sqrt{3}$$

Puissance sur des éléments introduisant un déphasage φ :

$$P = U I \sqrt{3} \cos \varphi$$

1.12.2 Compensation de l'énergie réactive (Q)

Rappels:

1)- Les différentes puissances :

En régime alternatif sinusoïdal, on distingue trois puissances :

- **La puissance active**, qui est transformée en énergie mécanique (moteur) et en chaleur (éléments résistif). Elle se note P .
- **La puissance réactive**, nécessaire à la magnétisation des machines (moteurs, transformateurs, bobines de relais ...). Elle se note Q .
- **La puissance apparente** qui caractérise la puissance globale (réactive + active) que peut fournir un réseau électrique. Elle se note S .

2)- Formulaire :

En triphasé :

$$P = \sqrt{3} UI \cos \varphi \quad Q = \sqrt{3} UI \sin \varphi \quad S = \sqrt{3} UI \quad S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad \tan \varphi = Q/P$$

Facteur de puissance :

$$\cos\varphi = P/Q$$

Energie réactive fournie par une batterie de condensateur :

$$Q_c = 3U^2 C \omega$$

1.12.3 Amélioration du facteur de puissance $\cos\varphi$ "

1)- Pourquoi améliorer le facteur de puissance

Une trop grande consommation d'énergie réactive pour une installation électrique va augmenter considérablement ses courants en ligne bien que sa puissance active n'est pas changée.

Exemple : $P = \text{cte} = 100 \text{ kW}$; $U = 400 \text{ V}$

a)- $Q = 20 \text{ kvar}$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{100^2 + 20^2} = 102 \text{ kVA} \quad I = \frac{S}{\sqrt{3}U} = \frac{102000}{400\sqrt{3}} = 147 \text{ A}$$

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{100}{102} = 0.98$$

b)- $Q = 60 \text{ kvar}$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{100^2 + 60^2} = 117 \text{ kVA} \quad I = \frac{S}{\sqrt{3}U} = \frac{117000}{400\sqrt{3}} = 168 \text{ A}$$

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{100}{117} = 0.85$$

Les 2 cas précédents montre bien qu'à puissance active constante, une augmentation de la puissance réactive va augmenter les courants en ligne absorbés par l'installation électrique.

Pour limiter les courants en ligne et donc l'énergie réactive absorbée par l'installation, on doit donc installer des batteries de condensateurs sources d'énergie réactive en parallèle sur notre installation.

On appelle cette technique " **Compensation de l'énergie réactive** ".

Cette compensation permet d'améliorer le facteur de puissance ($\cos\phi$).

2)- Avantages du relèvement du facteur de puissance

Cette amélioration présente de nombreux avantages :

- diminution de la facture d'électricité en évitant les pénalités due à la consommation d'énergie réactive
- réduction de la puissance souscrite par les abonnés,
- diminution de la section des câbles,
- diminution des pertes en ligne (ri^2),
- réduction de la chute de tension en ligne ($DU=ri$),
- augmentation de la puissance active disponible du transformateur.

3)- Les différents types de compensation

La compensation d'énergie réactive peut se faire :

- par condensateurs fixes (si la puissance des condensateurs est inférieure à 15% de la puissance du transformateur),
- par batteries de condensateurs à régulation automatique (si la puissance des condensateurs est supérieure à 15% de la puissance du transformateur), qui permettent l'adaptation immédiate de la compensation aux variations de la charge.

La compensation peut être :

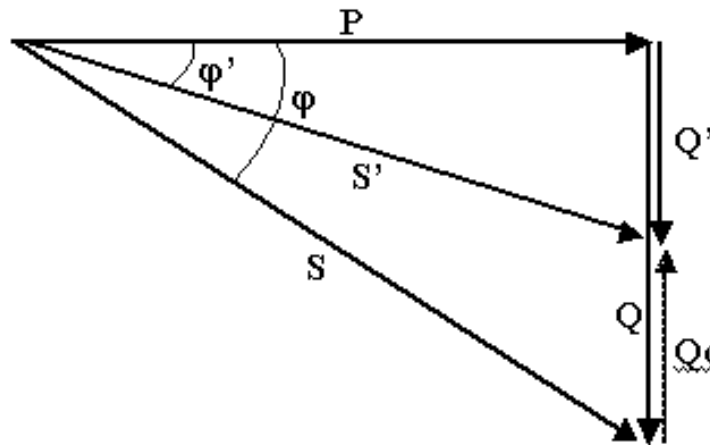
- globale, en tête d'installation,
- partielle, par secteur, au niveau du tableau de distribution,
- locale, aux bornes de chaque récepteur inductif.

La compensation idéale est celle qui permet de produire l'énergie réactive à l'endroit même où elle est consommée et en quantité ajustée à la demande (compensation locale).

4)- Calcul de la puissance des condensateurs de compensation

Sur une installation de puissance réactive Q , et de puissance apparente S , on installe une batterie de condensateurs de puissance Q_c .

La puissance réactive absorbée par l'installation passe de Q à Q' : $Q' = Q - Q_c$



Exemple : Relèvement du facteur de puissance

Une installation consomme une puissance active P de 100kW, son $\cos\varphi$ est de 0.85 et elle absorbe une puissance réactive de 60kvar.

On souhaite relever le $\cos\varphi'$ de notre installation à 0.93 c.a.d $\tan\varphi'=0.4$

a)- Calculer l'énergie réactive devant être fournie par la batterie de condensateurs :

$$Q' = Q - Q_c \Rightarrow Q_c = Q' - Q \Rightarrow Q_c = P \tan\varphi' - P \tan\varphi$$

$$\cos\varphi = 0.85 \Rightarrow \tan\varphi = 0.62$$

$$Q_c = 100 \cdot (0.4 - 0.62) = -22 \text{ kvar}$$

Les batteries de condensateurs devront donc fournir une énergie réactive de 22kvar.

b)- Calcul de la valeur des condensateurs à installer sur chaque phase :

Energie réactive fournie par une batterie de condensateur

$$Q_c = 3U^2 C \omega \quad C = \frac{Q_c}{3U^2 \omega} = \frac{22000}{3 \cdot 400^2 \cdot 100\pi} = 145 \mu\text{F}$$

2. PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE

A notre époque, et sans électricité, la vie quotidienne serait difficilement envisageable. Il est donc nécessaire de savoir la produire de manière efficace et continue.

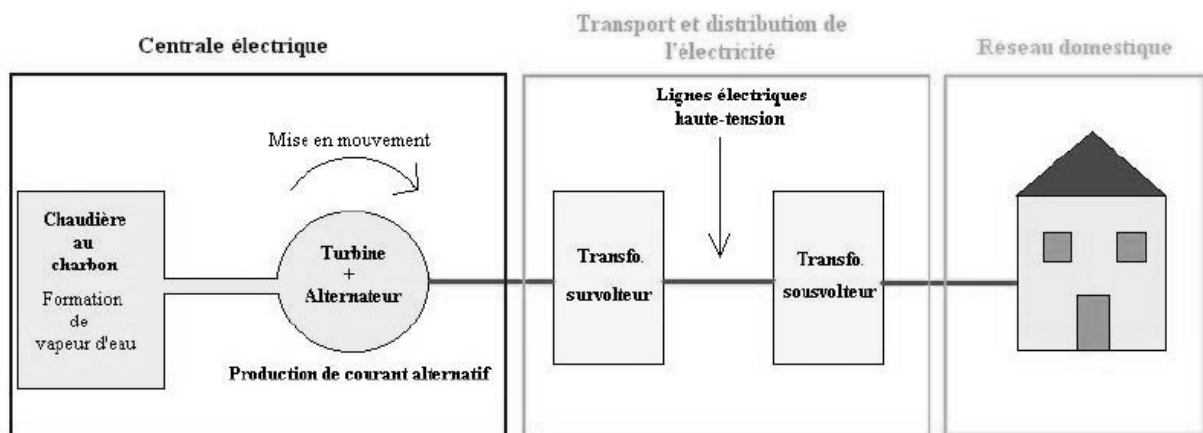
Pour répondre à la consommation croissante d'électricité, il a fallu inventer et construire des usines capables de produire de l'électricité en grande quantité.

Les trois principaux modes de production sont les centrales nucléaires, les centrales à combustibles fossiles et les centrales hydroélectriques. La turbine et l'alternateur sont les deux pièces maîtresse de ces générateurs d'électricité.

Dans le cas des usines thermiques, la turbine est entraînée par la vapeur produite dans les chaudières où l'on brûle les combustibles, alors que dans le cas des usines hydroélectriques, la turbine est animée par la force de l'eau. La turbine est couplée à un alternateur, un grand aimant cerclé d'une bobine, qui va produire un courant alternatif en tournant. Une fois le courant produit,

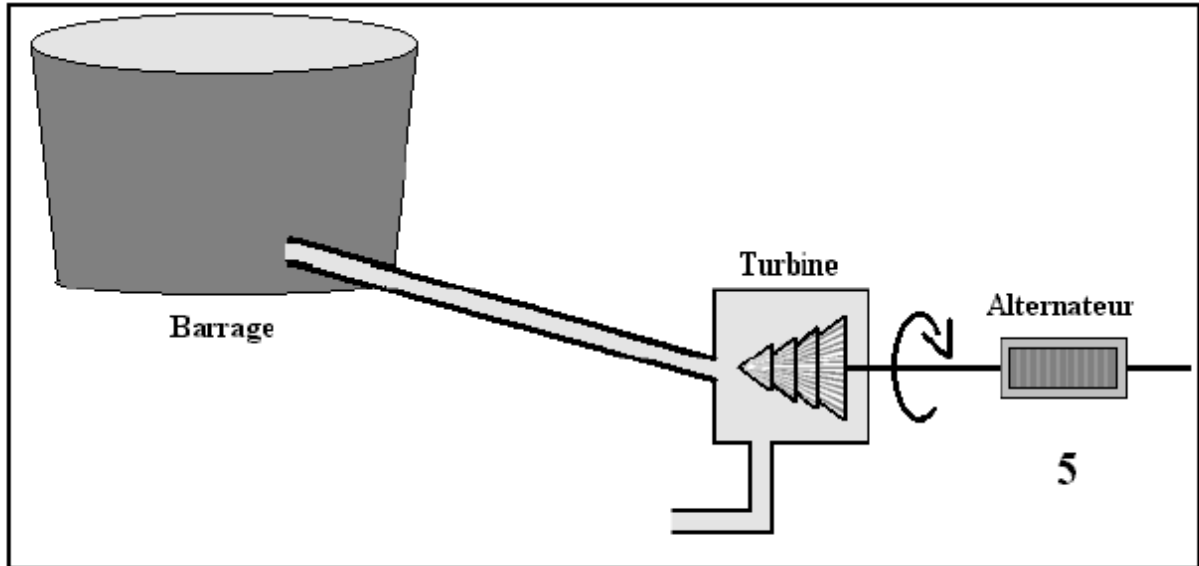
il doit être amené jusque chez le consommateur...A la sortie de la centrale, un premier transformateur, un survolteur, augmente la tension

du courant à 400 ou 800000 V. Ceci permet de minimiser les pertes d'énergie pendant le transport. Près du point de livraison, un deuxième transformateur, un sousvolteur, fait l'opération inverse : il abaisse la tension du courant pour la mettre aux normes du réseau domestique.

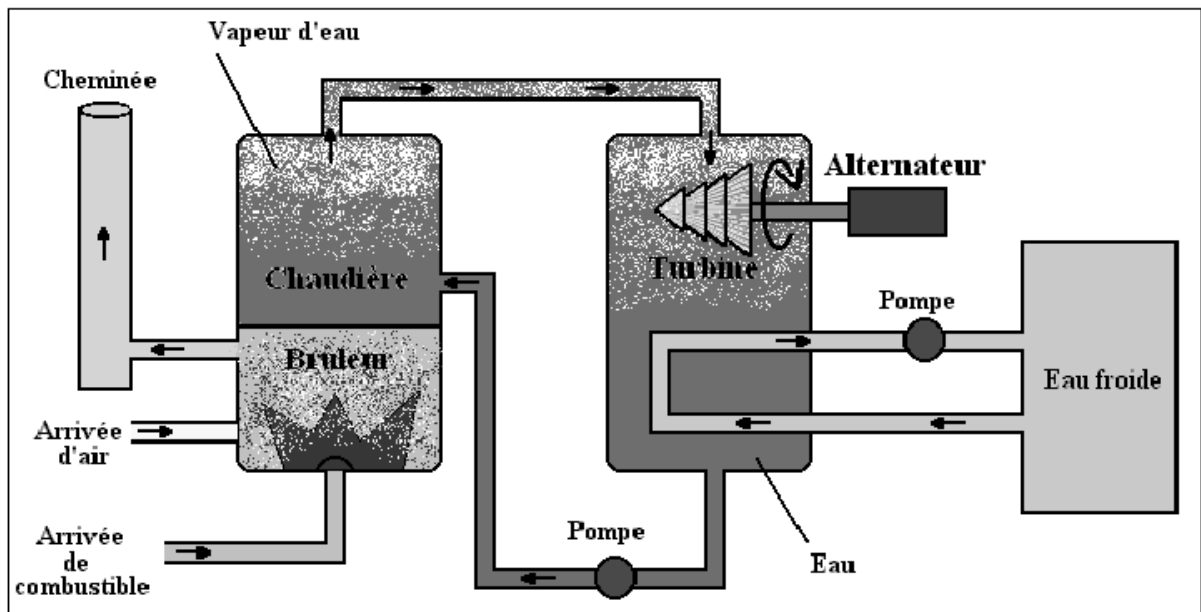


Il existe d'autres manières efficaces de produire de l'électricité : les panneaux solaires transforment la lumière du soleil en électricité et les éoliennes utilisent la force du vent. Il faut savoir qu'il existe également des usines marémotrices qui utilisent la force des marées, que la géothermie exploite les gisements d'eau chaude stockés dans le sous-sol terrestre, tandis que les usines à biomasse utilisent les déchets comme source d'énergie.

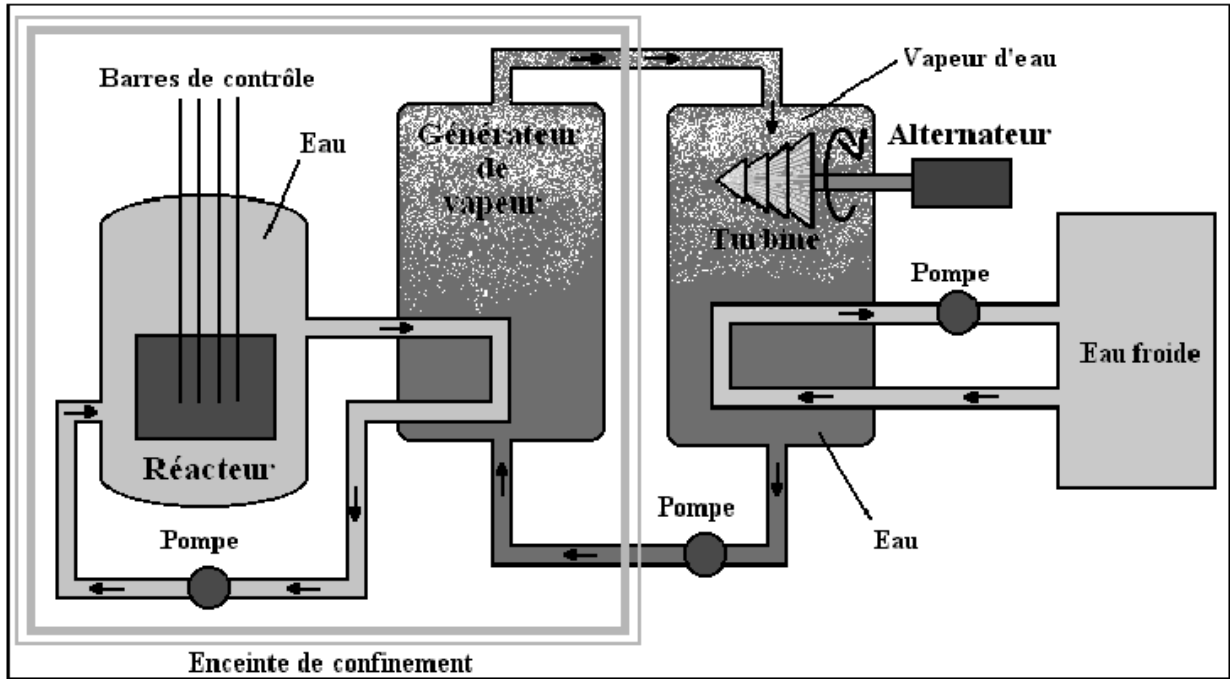
2.1 Centrale hydroélectrique



2.2 Centrale thermique




































2.3 Centrale nucléaire



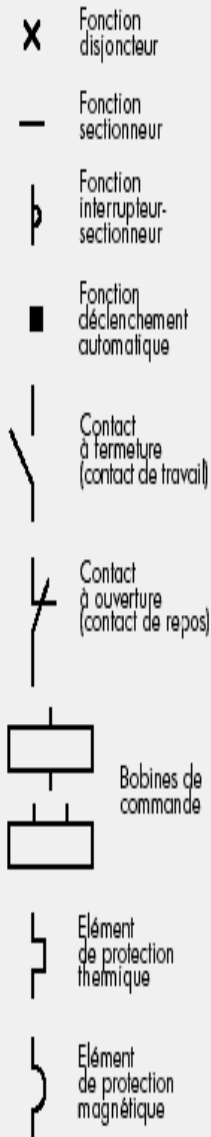
3 SYMBOLES NORMALISES

Pour la réalisation des installations/branchements électriques il faut avoir un schéma électrique qui doit représenter par l'intermédiaire des symboles faciles à reconnaître par tous les intéressés, les connexions à faire et les broches à connecter de toutes les composantes utilisées. C'est pour cela qu'on a été imposé par des normes internationales, les modalités de représentation des différents éléments utilisés dans les installations électriques. Comme ça, un schéma une fois conçu, peut être interprété, modifié, et réalisé par un autre personne/collectif sans être nécessaire d'avoir des explications supplémentaires. Voici les principaux symboles utilisés :

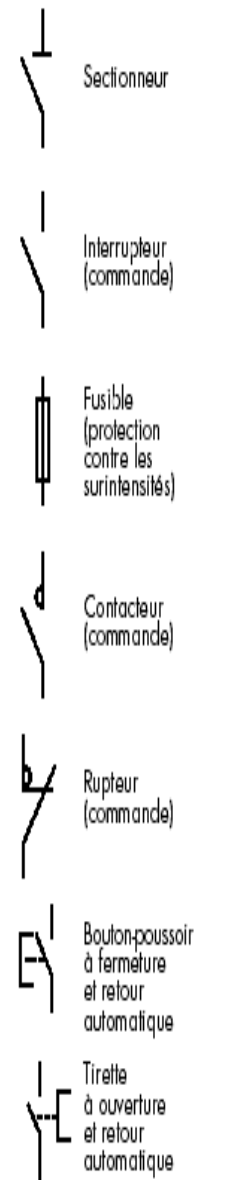
APPAREILS DE PRODUCTION ET TRANSFORMATION	APPAREILS DE MESURE	CANALISATIONS	APPAREILS D'UTILISATION
 Générateur  Batterie de piles ou accus  Transformateur  Transformateur triphasé triangle/étoile  Transformateur de courant  Transformateur tore  Autotransformateur	<p>Indicateurs</p>  Volmètre  Ampèremètre  Wattmètre  Varmètre  Fréquencemètre <p>Enregistreurs</p>  Compteur d'énergie active (wattheuremètre)  Compteur d'énergie active (varheuremètre)	 Conducteur de phase  Neutre  De protection (terre)  5 conducteurs (3 P + N + T)  Connexion borne  Connexion barrette  Croisement de 2 conducteurs avec connexion  Sans connexion  Dérivation  Boîte de jonction non enterrée	 Lampe d'éclairage (symbole général)  Tube à fluorescence  Moteur  Sonnerie  Résistance  Condensateur  Impédance  Eclairage de sécurité sur circuit spécial  Bloc autonome d'éclairage de sécurité

APPAREILLAGE D'INSTALLATION

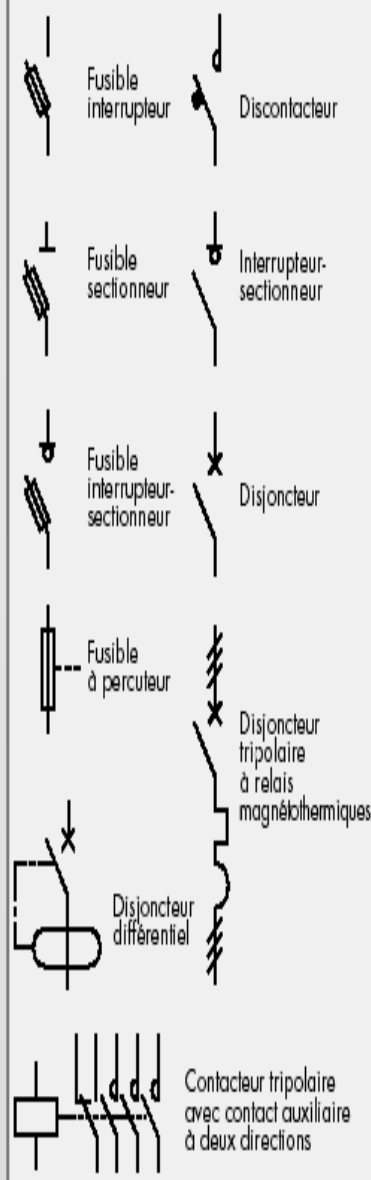
Fonctions de l'appareillage



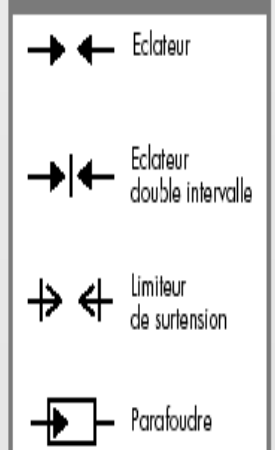
Appareillage à fonction simple



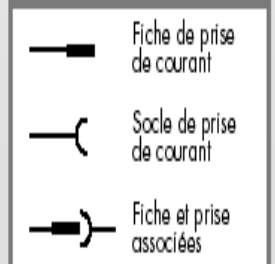
Appareillage à fonctions multiples



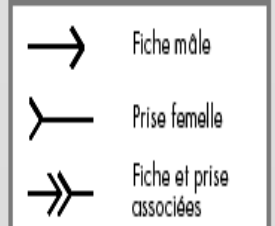
Appareillage de protection contre les surtensions



Appareillage de connexion

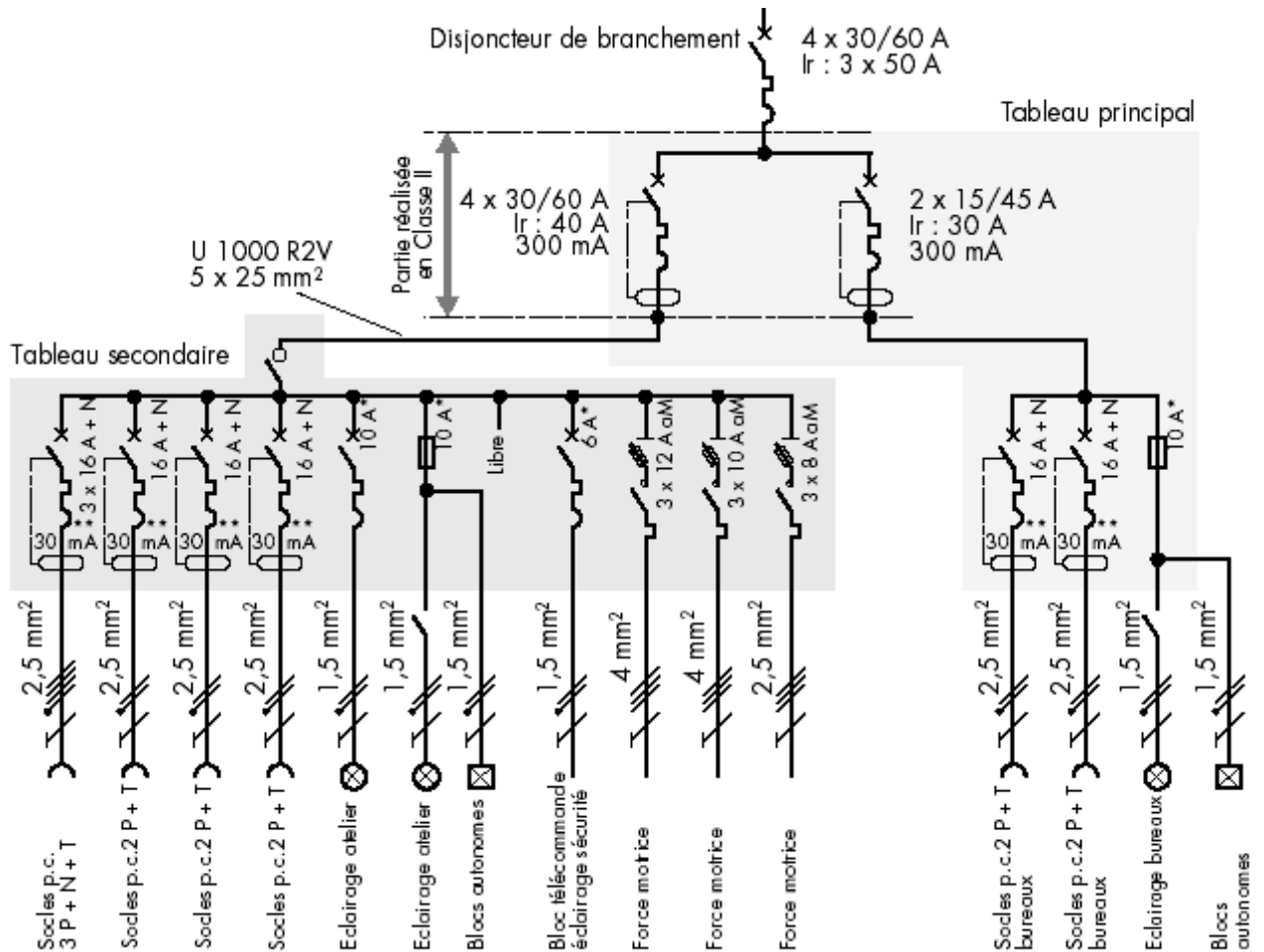


Autres formes

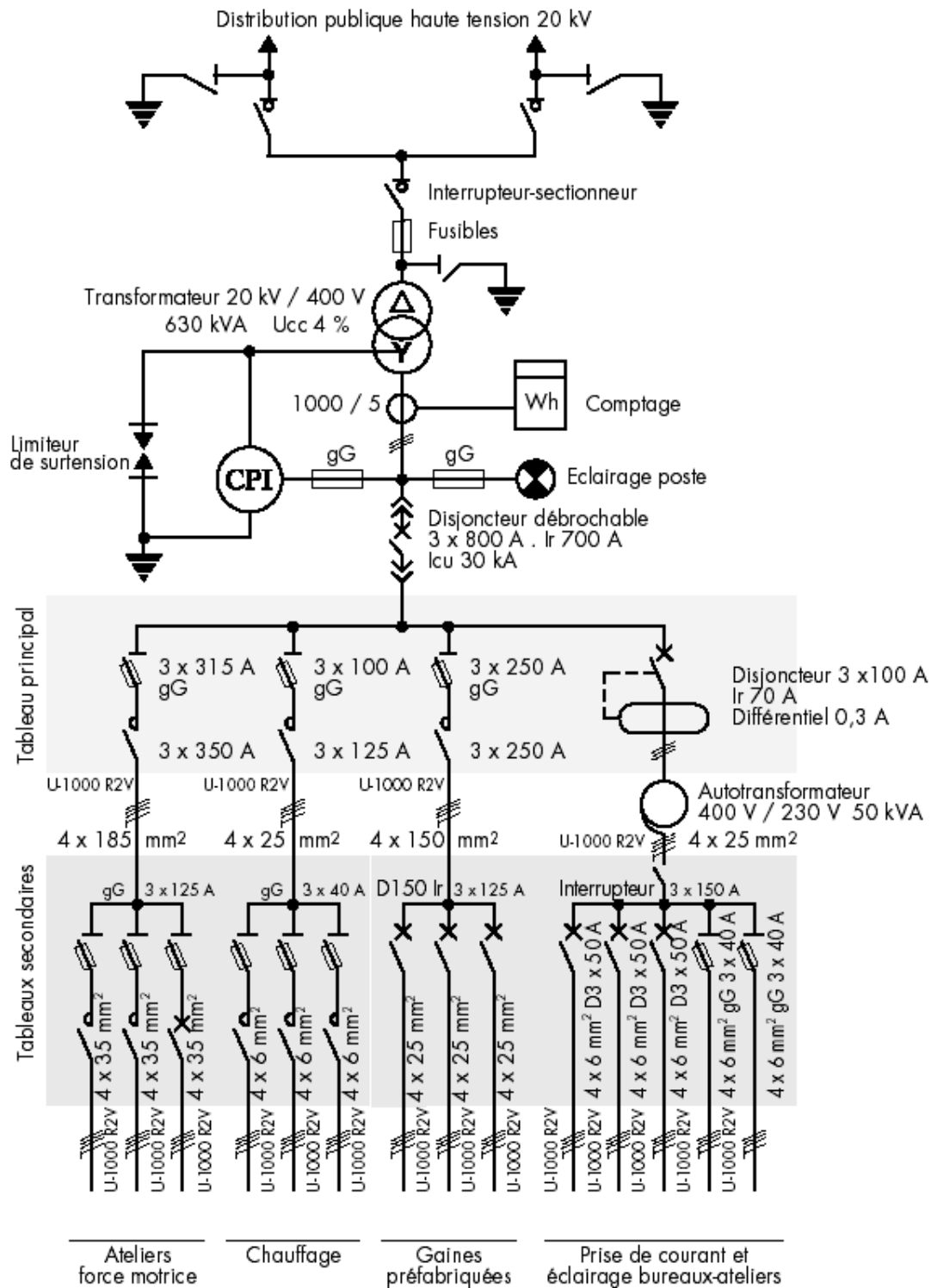


3.1 Exemples d'utilisation des symboles

3.1.1 Installation électrique d'un local

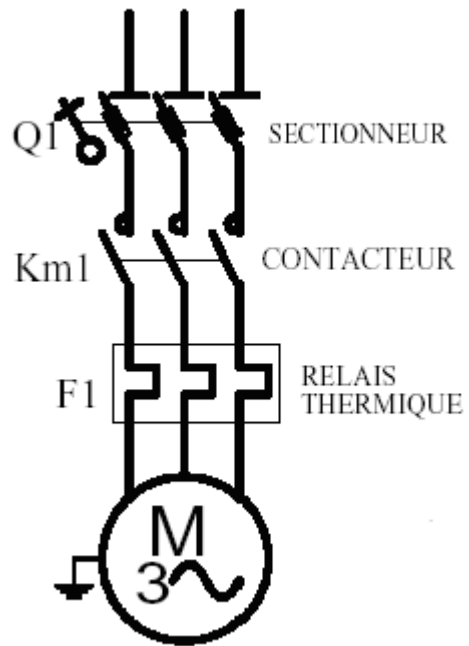


3.1.2 Schémas d'une installation complexe (masses reliées, neutre non distribue

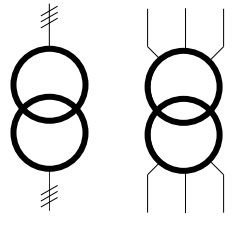
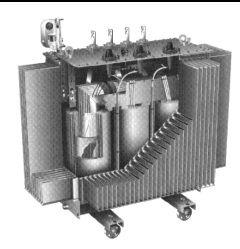
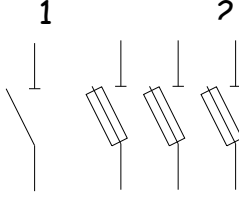
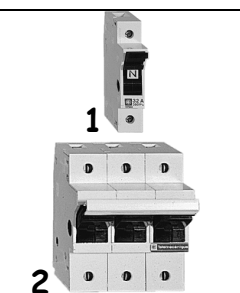
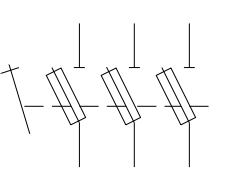
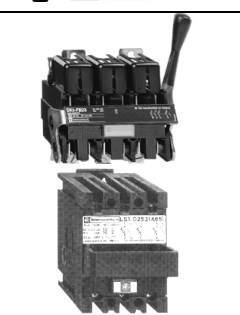
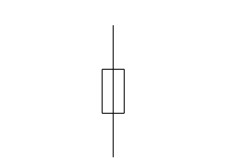

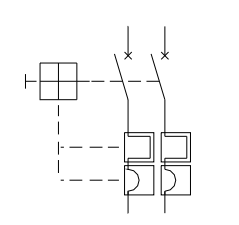

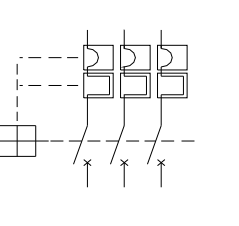



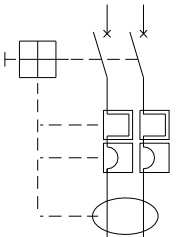

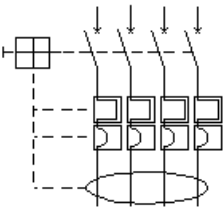

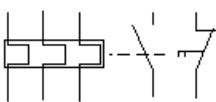

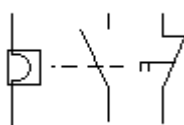
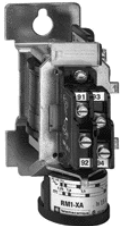
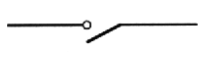
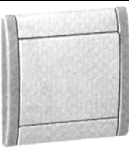
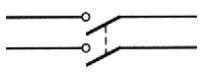
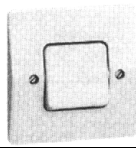
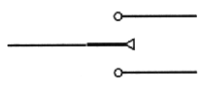
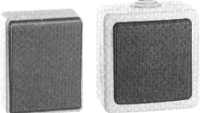
Vers tableaux de répartition des circuits terminaux
(schémas non représentés dans cet exemple mais qui doivent l'être pour respecter la réglementation)

3.1.3 Schéma du circuit de démarrage d'un moteur électrique

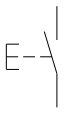

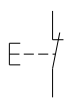
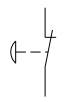


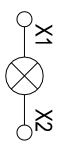
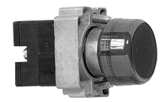

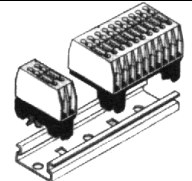
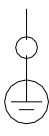
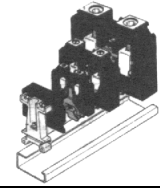
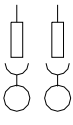
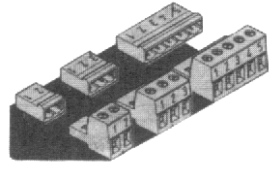
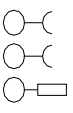



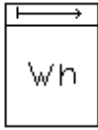
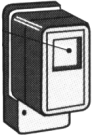

4. APAREILLAGE ELECTRIQUE

Familles :	Fonctions	Applications	Appareillages	Symboles	Vues
Transformateur	Abaisser/hauter la tension	Industriels	Transformateur de distribution		
Sectionneurs	Isoler l'installation électrique de son réseau	Industriels	Portes-fusibles 1 : unipolaire 2 : tripolaire		
			Sectionneur tripolaire		
Fusibles	Protéger les biens	Domestiques et Industriels	Fusibles		
Disjoncteurs	Protéger les biens	Domestiques	Disjoncteurs bipolaires		
		Industriels	Disjoncteurs tripolaires		

Familles :	Fonctions	Applications	Appareillages	Symboles	Vues
Disjoncteurs	Protéger les biens	Domestiques	Disjoncteurs bipolaires		
		Industrielles	Disjoncteurs différentiels tétra polaires		
Relais de protection	Protéger les biens	Industrielles	Relais thermique		
			Relais magnétique		
Pré actionneurs	Commander à la main	Domestiques	Interrupteur unipolaire		
			Interrupteur bipolaire		
			Commutateur unipolaire à 2 directions avec arrêt		

Familles :	Fonctions	Applications	Appareillages	Symboles	Vues
Pré action- neurs	Com- mander à la main	Domesti- ques	Commutateur unipolaire à 2 allumages		
			Commutateur unipolaire à 2 directions		
	Com- mander autre- ment qu'à la main	Industriel- les	Interrupteur tripolaire		
			Relais		
Action- neurs	Conver- tir l'éner- gie	Domes- tiques et Industriel- les	Moteur triphasé		
			Lampes		
			Résistances chauffantes		

Familles :	Fonctions	Applications	Appareillages	Symboles	Vues
Eléments de dialogues	Donner un ordre de marche	Industrielles	Boutons poussoirs marche		
	Donner un ordre d'arrêt	Industrielles	Boutons poussoirs arrêt	 	 
	Signaler	Industrielles	Voyants		
Auxiliaires de raccordement	Connecter les conducteurs	Industrielles	Borniers type «vissé-vissé»		
			Borniers type «conducteur de protection»		
			Bornier type «vissé-soudé débrochable»		
		Domestiques	Prise de courant		

<i>Familles :</i>	<i>Fonctions</i>	<i>Applications</i>	<i>Appareillages</i>	<i>Symboles</i>	<i>Vues</i>
<i>Appareils de mesures</i>	<i>Mesurer l'énergie</i>	<i>Domestiques et Industrielles</i>	<i>Compteur d'énergie</i>		
	<i>Mesurer une tension, un courant</i>	<i>Industrielles</i>	<i>Multimètre</i>		

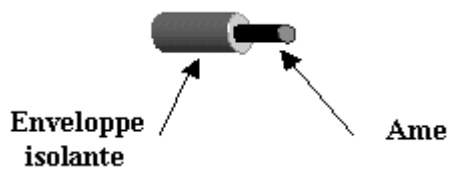
5 LES CONDUCTEURS ET CABLES

Les conducteurs et les câbles assurent la transmission de l'énergie électrique et sa distribution. Il en existe une très grande variété pour satisfaire à toutes les utilisations de l'électricité.

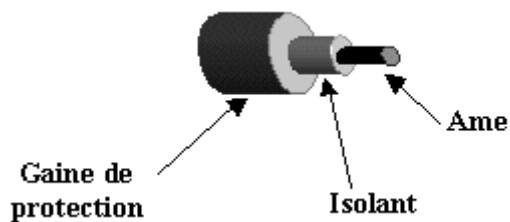
1)- Définitions :

On distingue trois termes :

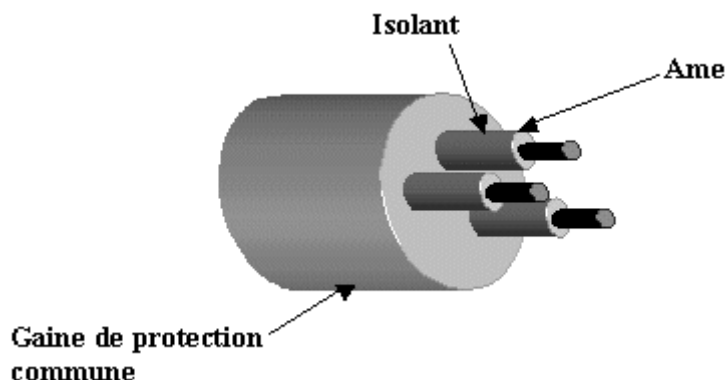
- **Le conducteur isolé:** qui est un ensemble formé par une âme conductrice entourée d'une enveloppe isolante.



- **Le câble unipolaire:** c'est un conducteur isolé qui comporte, en plus, une ou plusieurs gaines de protection.



- **Le câble multiconducteurs:** c'est un ensemble de conducteurs distincts, mais comportant une ou plusieurs gaines de protection commune.



II)- Caractéristiques :

1)- Caractéristiques électriques

a)- Parties conductrices :

Elles concernent l'âme du conducteur ou du câble. Cette âme doit être très bonne conductrice de l'électricité pour limiter au maximum les pertes par effet Joule lors du transport de l'énergie, d'où l'utilisation du cuivre ou de l'aluminium qui ont une résistivité très faible.

du cuivre : $\rho = 17,24 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}$ à 20 °C

de l'aluminium : $\rho = 28,26 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}$ à 20 °C

résistance d'un conducteur :

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

l : longueur du conducteur en km

s : section du conducteur en mm^2

ρ : résistivité du conducteur en mm^2/km

b)- Parties isolantes :

Elles doivent avoir une résistivité très grande (isolant), on emploie :

- Le PVC (polychlorure de vinyl) ou le polyéthylène
- Le caoutchouc butyle vulcanisé (PRC)

Les isolants utilisés sont caractérisés par leur tension nominale d'isolement. La tension nominale du câble doit être au moins égale à la tension nominale de l'installation.

En basse tension on distingue différentes tensions nominales de câbles : 250V, 500V, 750V ou 1000V.

2)- Caractéristiques mécaniques

a)- Ame :

Elle est caractérisée par sa section (jusqu'à 300 mm^2), et par sa structure qui peut être massive (rigide) ou câblée (souple). Les âmes câblées sont formées de plusieurs brins torsadés. La souplesse d'un câble dépend du nombre de brins utilisé pour une même section.

Elle se répartit en 6 classe :

Classe 1 : rigide : 7 brins

Classe 2 : souple : 19 brins

Classe 6 : très souple : 702 brins

b)- Enveloppe ou Gaine isolante :

Les caractéristiques mécaniques de l'enveloppe isolante ne sont pas toujours suffisantes pour protéger le câble des influences externes. On est conduit à recouvrir l'enveloppe isolante par une gaine de protection qui doit présenter des caractéristiques :

- Mécaniques (résistance à la traction, à la torsion, la flexion et aux chocs) ;
- Physiques (résistance à la chaleur, au froid, à l'humidité, au feu) ;
- Chimiques (résistance à la corrosion au vieillissement).

On emploie des enveloppes en matériaux synthétiques (PVC) ou métalliques (feuillard d'acier, d'aluminium ou plomb).

La température maximale de fonctionnement pour les isolants est donnée par la norme NF C 15-100 :

- Polychlorure de vinyle : 70 °C
- Polyéthylène réticulé : 90 °C

III)- Identification et repérage :






On peut identifier les conducteurs par leur couleur :




- Bleu clair pour le conducteur neutre
- Vert / Jaune pour le conducteur de protection électrique
- Les conducteurs de phase peuvent être repérés par n'importe quelle couleur sauf Vert/Jaune, Vert, Jaune, Bleu clair

Remarques :

L'identification des conducteurs par leur couleur ne doit être considérée que comme une présomption. Il est toujours nécessaire de vérifier la polarité des conducteurs avant toute intervention.

La couleur bleu clair peut être utilisée pour un conducteur de phase si le neutre n'est pas distribué.

Classification des câbles électriques				
Référence	Nombre de conducteurs et sections	Ampérage/ Puissance	Pose	Utilisation
 U-1000-R02V	2 x 1,5 mm ² / 3 G x 1,5 mm ²	10 A	Pose sous gaine ou en apparent	10 A : circuit éclairage 16 A : circuit prise 20 A et 32 A : circuit appareil de cuisson
	3 G x 1,5 mm ² / 4 G x 2,5 mm ²	20A	Fixation : par collier ou cavalier	
 FRN05 VV- U	2 x 1,5 mm ² / 3 G x 1,5 mm ²	10 A	Pose sous gaine ou en apparent	Fixation : par collier ou cavalier
	3 G x 1,5 mm ² / 5 G x 1,5 mm ²	20A		
	4 G x 4 mm ²	25A		
	5 G x 6 mm ²	32A		
 H 07 VU	1,5 mm ² unifilaire	10 A	A encastrer sous gaine ICO ou ICT, ou en apparent sous tube IRL, plinthe ou moulure plastique	
	2,5 mm ² unifilaire	20A		
 H 07 VU	6 mm ²	32 A	A encastrer sous gaine ICO ou ICT,	
	10 mm ²	47 A	ou en apparent sous tube IRL, plinthe	
	16 mm ²	64 A	ou moulure plastique	
 P.T.T ou sonnerie	2 paires		Pose sous gaine ou en apparent	Téléphone, carillon, portier de villa
	4 paires de diamètre 0,6 mm ²		Fixation : par cavalier, collier ou par collage	
	5 paires			

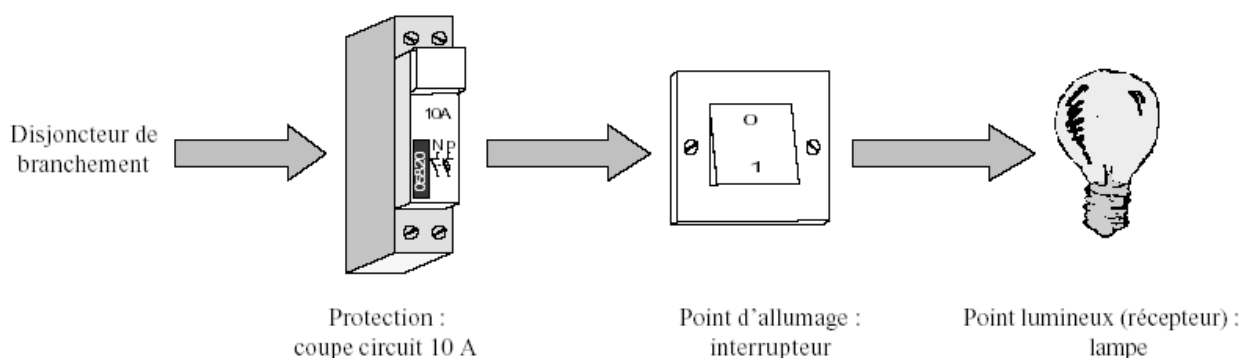
 H05 VVF	2x1,5 mm ²	1700watts	En apparent	Réalisation de rallonge ou de prolongateur
	3 G x 1,5 mm ²	1700watts		
	3 G x 2,5 mm ² / 4 G x 2,5 mm ²	3200watts		
	3Gx4 mm ²	4200watts		
	3Gx mm ²	5200watts		
 H03 VH H2F	2 x 0,75 mm ²	900 watts	En apparent	Réalisation de rallonge ou de prolongateur
 Câble haut parleur	2 x 0,75 mm ²	900 watts	En apparent	

6 LES DIFFERENTS SCHEMAS ELECTRIQUES EN DOMESTIQUE

6.1 Simple allumage

6.1.1 But

Il permet d'allumer ou d'éteindre un point lumineux en un seul point d'allumage.



6.1.2. Schéma développé

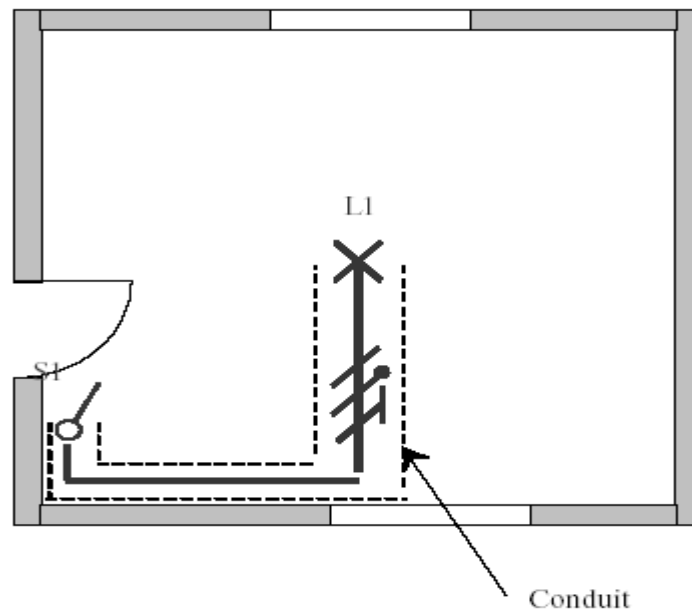


6.1.3. Schéma architectural ou d'implantation

Il permet de donner l'emplacement des éléments du schéma développé à l'intérieur de la pièce concernée.

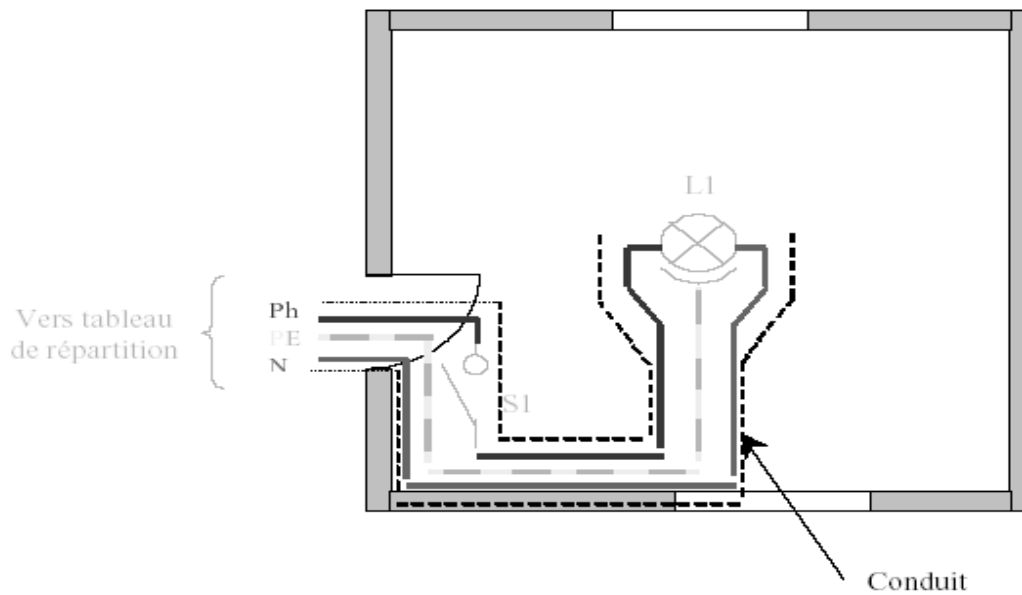
6.1.4. Schéma unifilaire

Il permet de donner l'emplacement des conduits dans lesquels il y aura les conducteurs



6.1.5 Schéma multifilaire

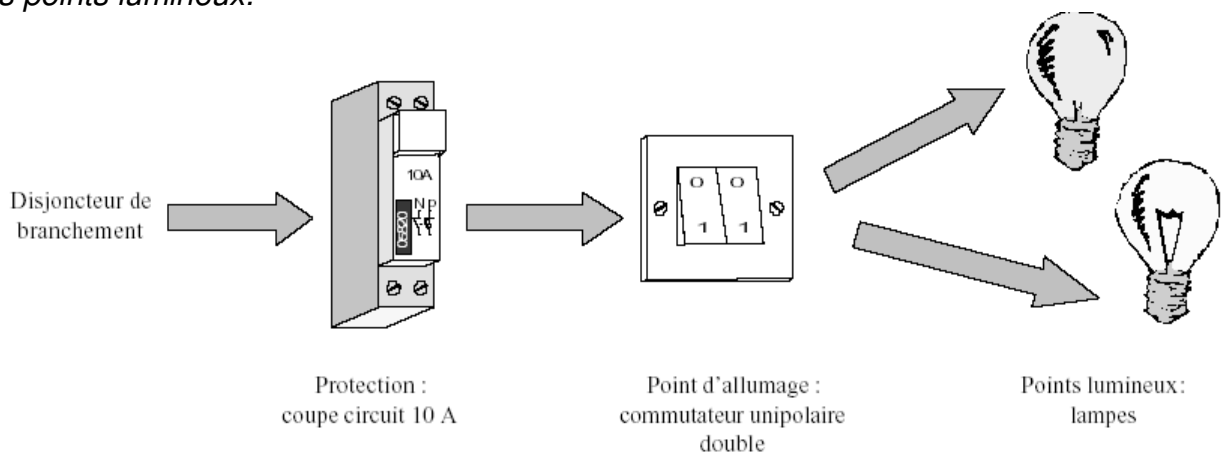
Il correspond au schéma de câblage.



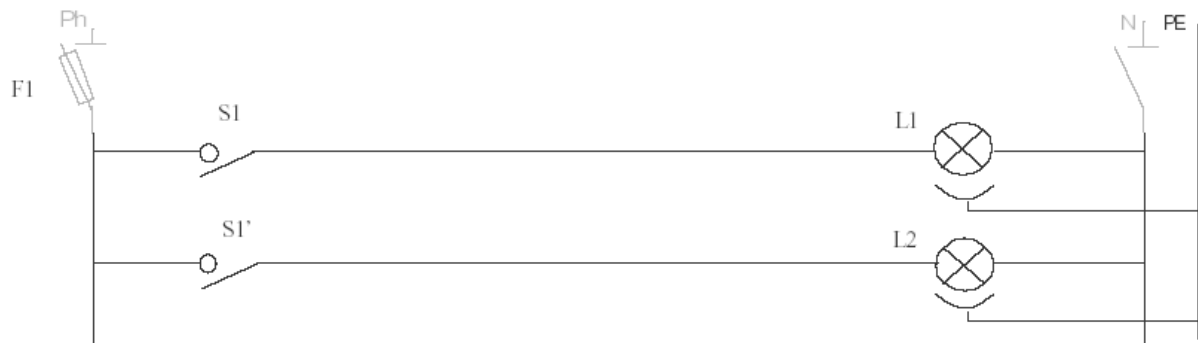
6.2 Double allumage

6.2.1 But

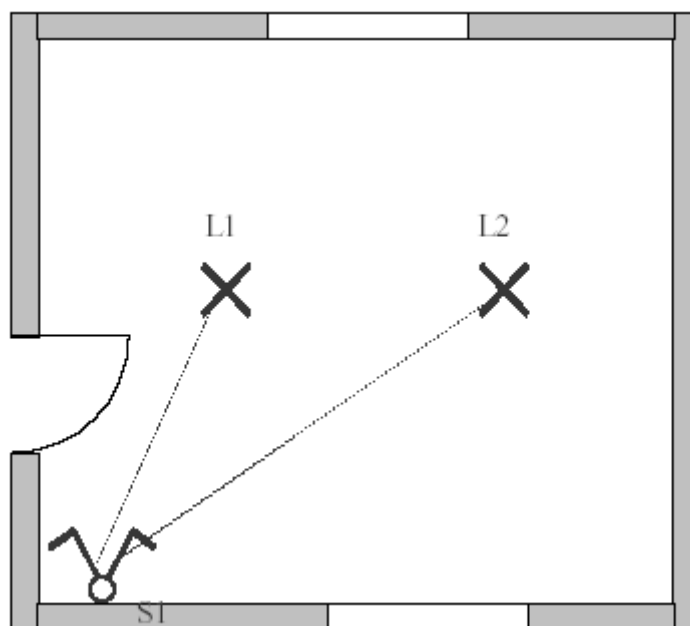
Il permet d'allumer ou d'éteindre ensemble ou séparément et d'un seul endroit le ou les points lumineux.



6.2.2 Schéma développé



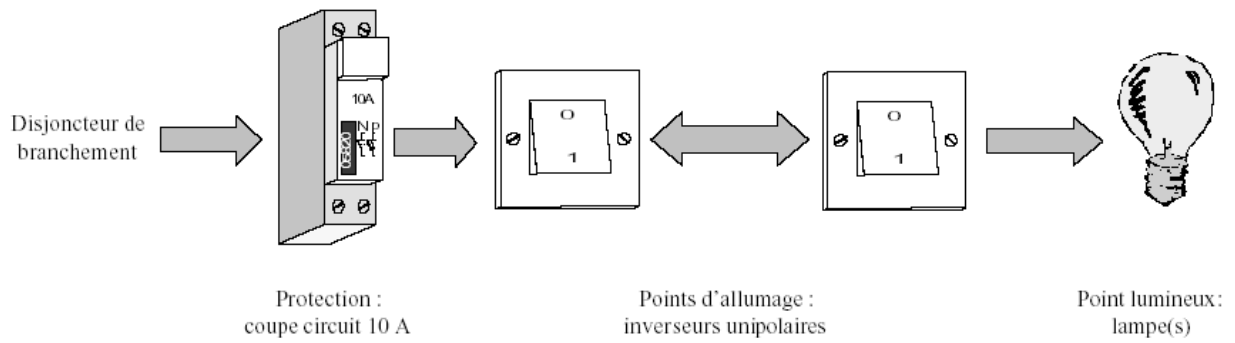
6.2.3 Schéma architectural



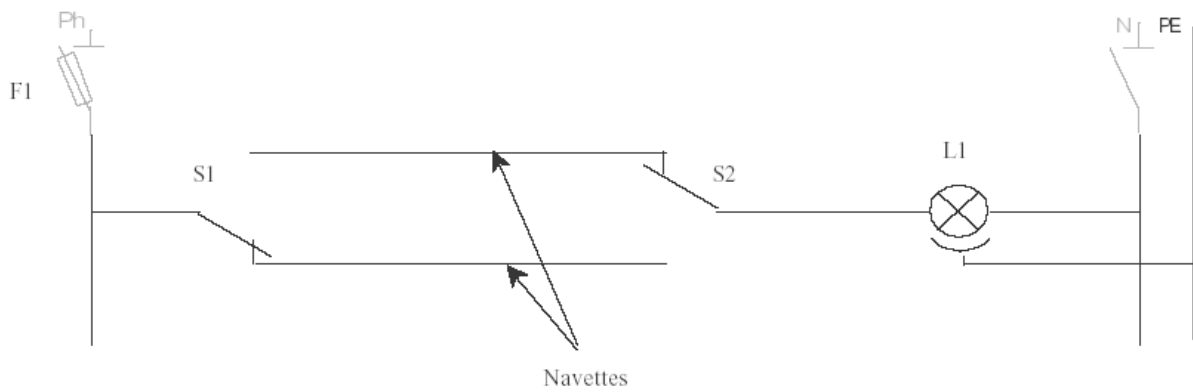
6,3 Va-et-vient

6.3.1 But

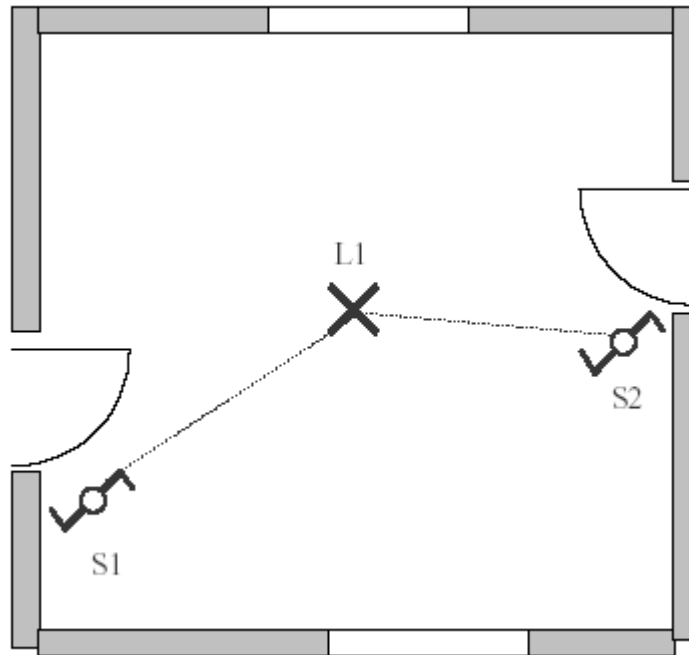
Il commande l'allumage et l'extinction de point(s) lumineux de deux endroits différents.



6.3.2 Schéma développé



6,3.3 Schéma architectural

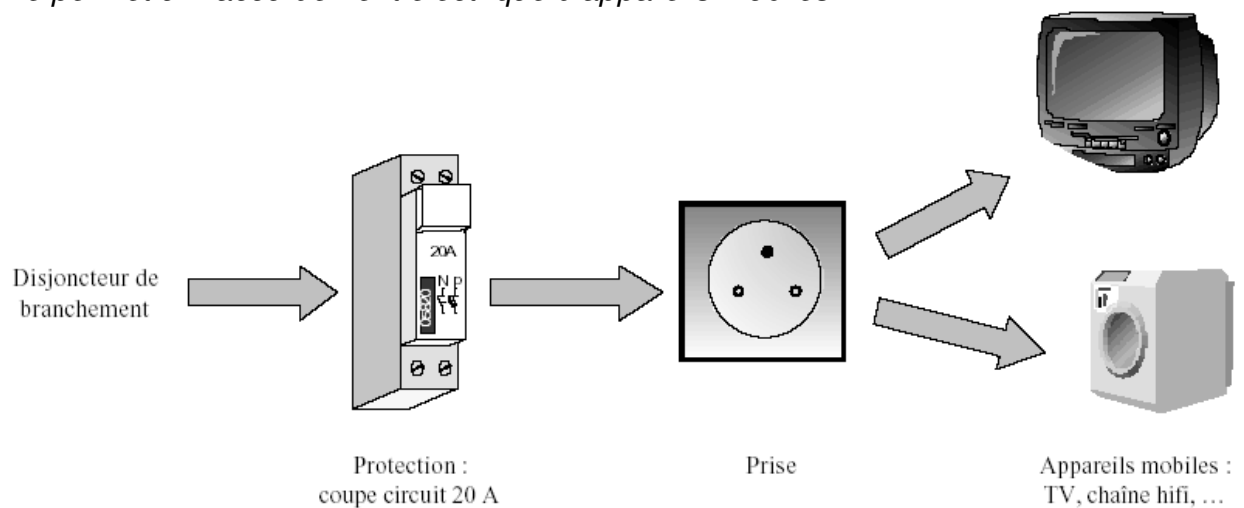


6.4 Prise et prise commandée

6.4.1 Prise

6.4.1.1 But

Elle permet un raccordement électrique d'appareils mobiles.



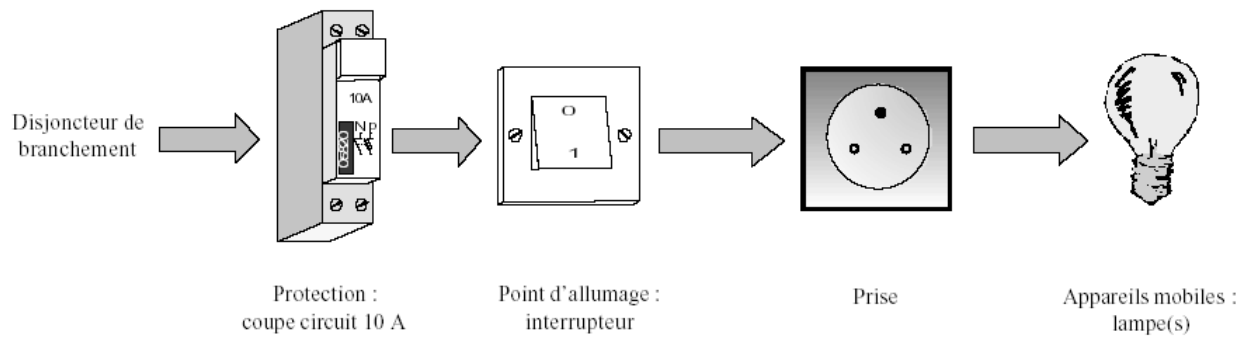
6.4.1.2 Schéma développé



6.4.2. Prise commandée

6.4.2.1 But

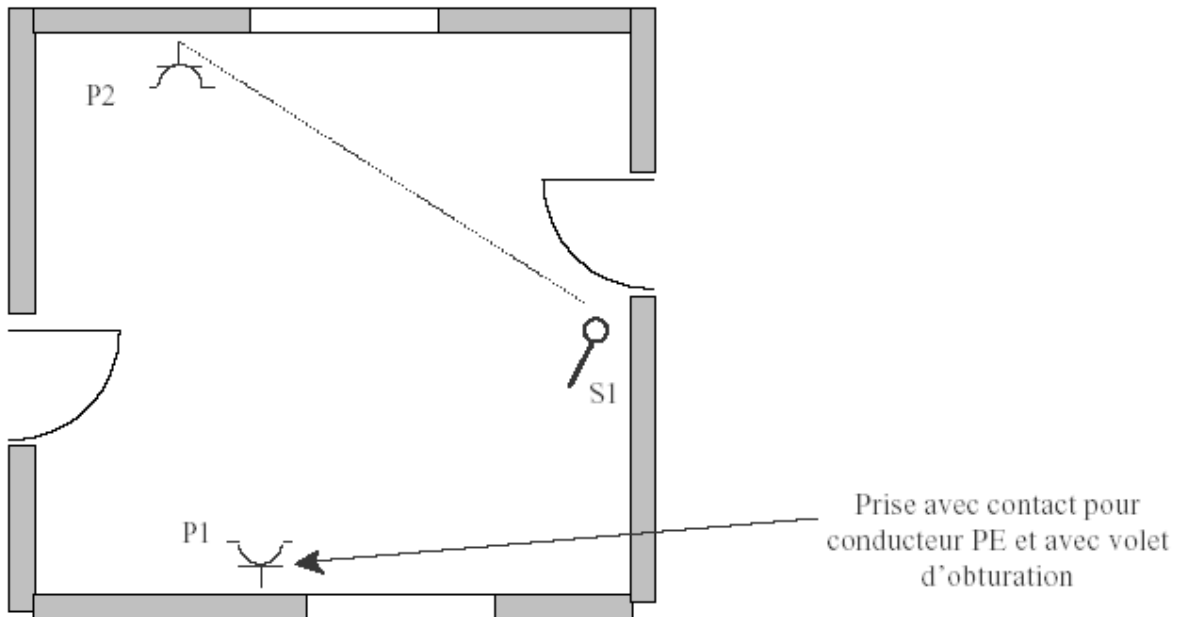
Elle est destinée à alimenter des appareils d'éclairages mobiles.



6.4.2.2 Schéma développé



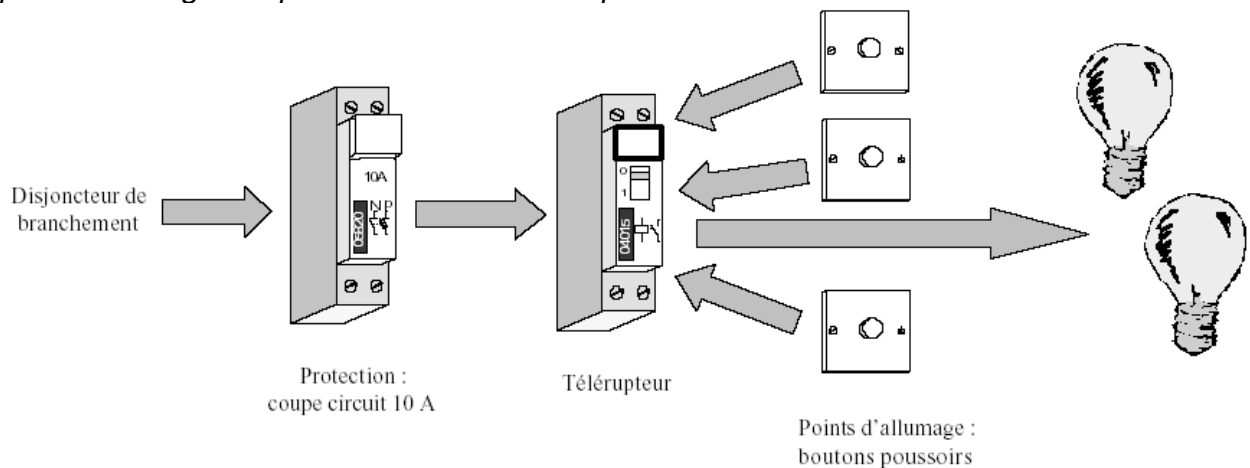
6.4.2.3. Schéma architectural



6.5 Télerrupteur

6.5.1 But

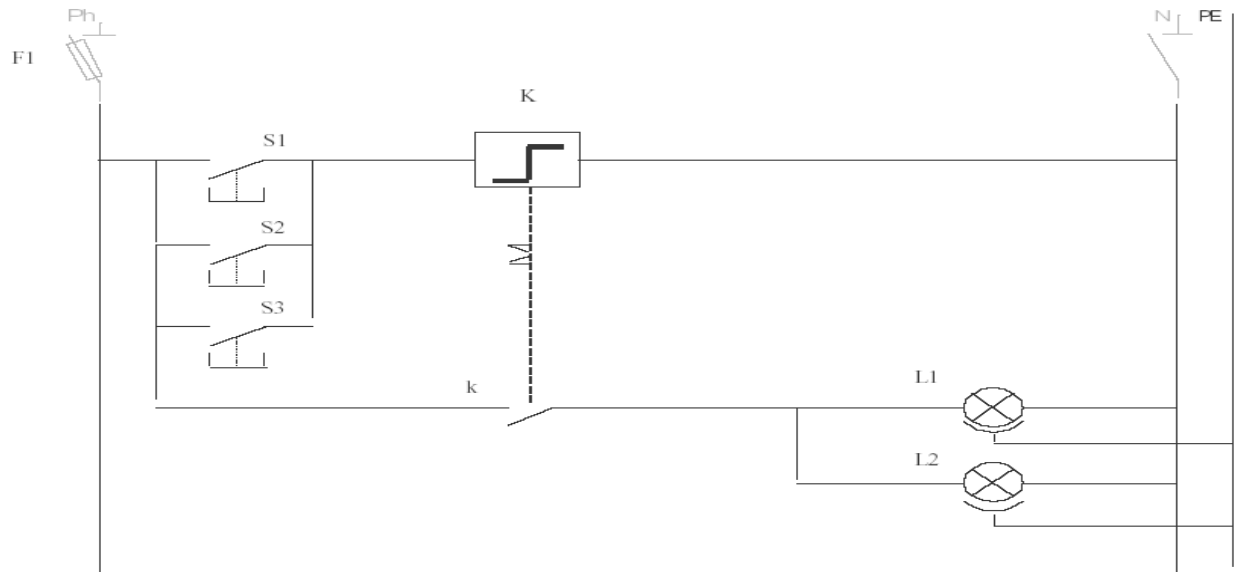
On installe un télerrupteur lorsque l'on dispose d'au moins de trois points d'allumage pour l'allumage de points lumineux. Exemple : couloir.



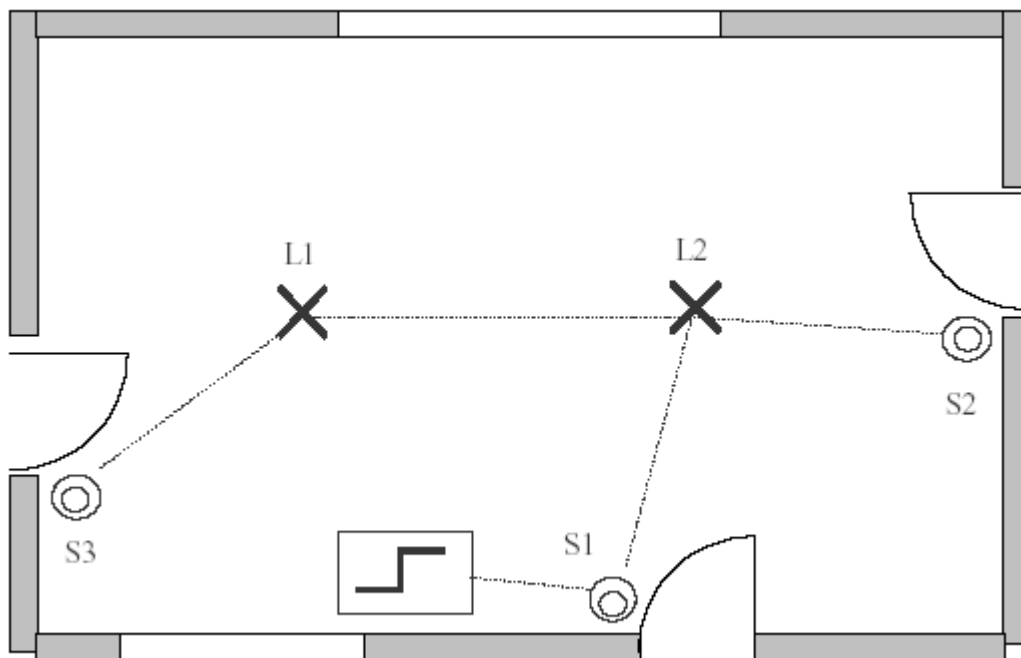
6.5.2. Fonctionnement

Une impulsion sur l'un des points d'allumage (bouton poussoir) permet la mise sous tension des points lumineux. Une nouvelle impulsion sur l'un des points d'allumage permet d'éteindre les points lumineux.

6.5.3. Schéma développé



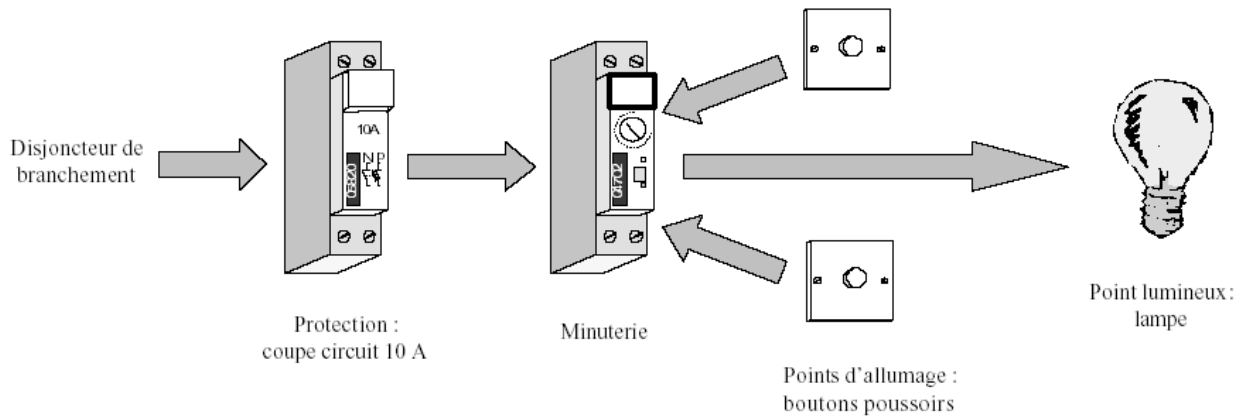
6.5.4. Schema architectural



6.6 Minuterie

6.6.1 But

On installe une minuterie lorsque l'on désire une extinction automatique d'un ou de plusieurs points lumineux.

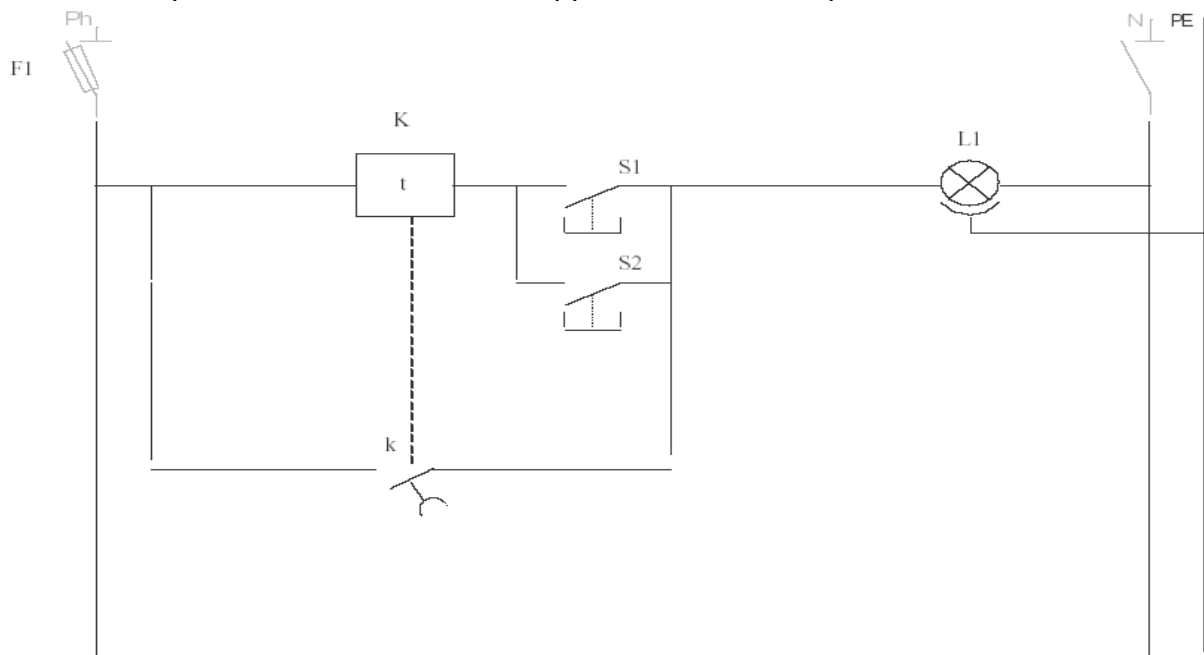


6.6.2. Fonctionnement

Une impulsion sur un des points d'allumage (bouton poussoir) permet la mise sous tension d'un ou de plusieurs points lumineux pendant un temps t prédéterminé. L'extinction du ou des points lumineux est automatique.

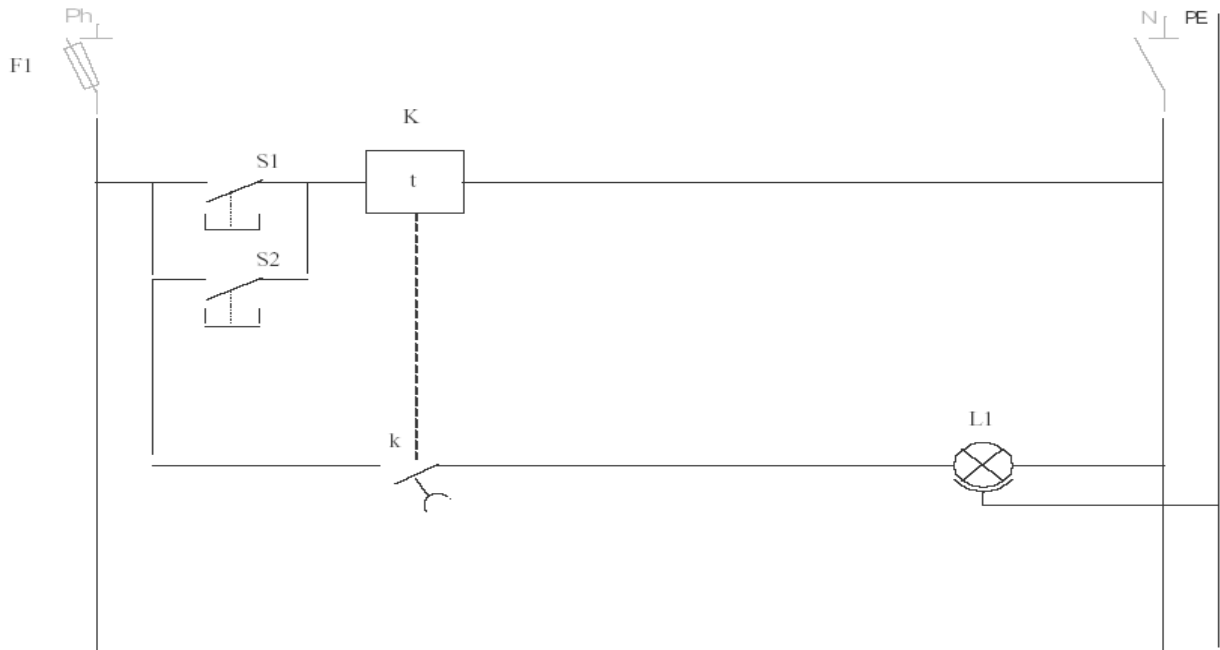
6.6.3. Schéma développé sans effet.

Une fois la temporisation en cours, l'appui sur un bouton poussoir n'a aucun effet. Quand la temporisation est terminée, l'appui sur un bouton poussoir a de nouveau effet.

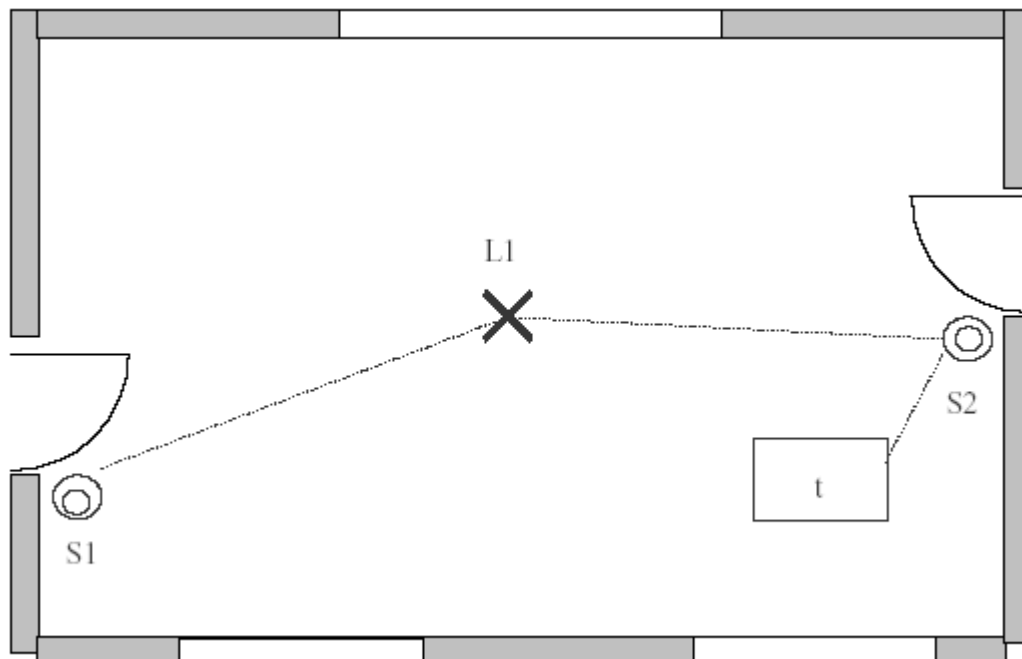


6.6.4 Schéma développé avec effet

A chaque appui sur un bouton poussoir la temporisation repart au début



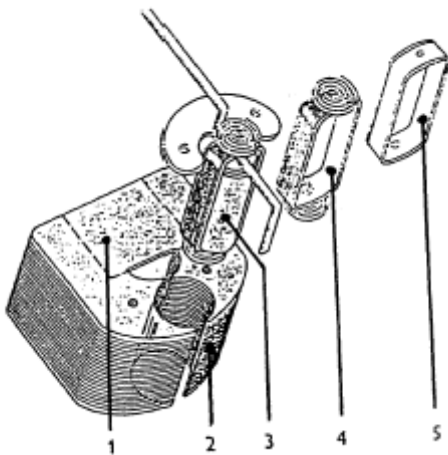
6.6.5. Schéma architectural



7 LA MESURE DES GRANDEURS ELECTRIQUES

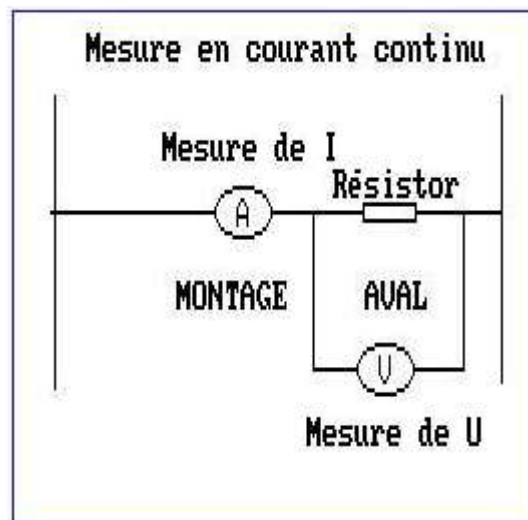
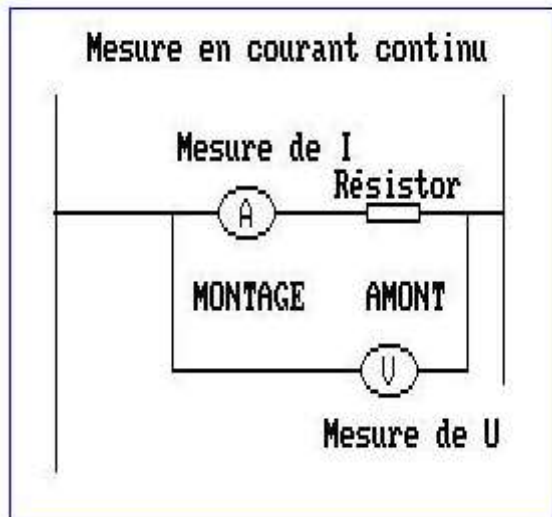
Dans une première partie, nous traiterons des **appareils dits analogiques**, et ensuite nous aborderons les instruments numériques. Les appareils analogiques sont équipés d'une aiguille qui indique sur une échelle graduée la valeur de la grandeur mesurée.

Les instruments de mesure à courant continu sont généralement pourvus d'un équipement à cadre mobile. Ce cadre mobile utilise la force électromagnétique F que subit une bobine ou un conducteur parcouru par un courant I et placé dans un champ d'induction B . Le courant à mesurer passe par les enroulements d'une bobine ou cadre mobile suspendu entre les pôles d'un aimant.



- 1) Aimant permanent générateur d'un champ d'induction B
- 2) Noyau en fer doux pour guider les lignes de force de l'aimant permanent
- 3) Noyau en fer doux pour guider les lignes de force de la bobine siège du courant I mesuré
- 4) Bobine complète à cadre mobile dans laquelle circule le courant I mesuré
- 5) Cadre en aluminium, support de la bobine

Un tel type d'appareil mesure principalement le courant. En lui ajoutant une résistance en série, on peut le transformer en voltmètre. Pour mesurer la tension et le courant aux bornes d'un consommateur il y a deux montages typiques :



Chaque montage amène une erreur bien particulière.

Montage **AMONT** : Le voltmètre mesure la tension aux bornes du résistor plus celle aux bornes de l'ampèremètre.

$$U \text{ mesuré} > U \text{ réel} \Rightarrow R \text{ calculé} > R \text{ réel}$$

Montage **AVAL** : L'ampèremètre mesure l'intensité dans le résistor plus celle dans le voltmètre.

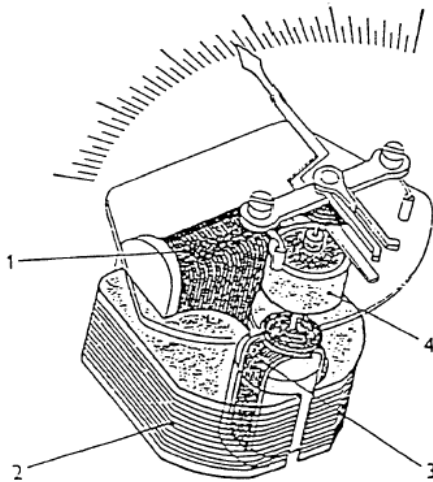
$$I \text{ mesuré} > I \text{ réel} \Rightarrow R \text{ calculé} < R \text{ réel}$$

Avec les deux valeurs, pour le courant et la tension on peut calculer soit la résistance dans la charge, soit la puissance consommée :

$$R = U / I \quad P = U * I$$

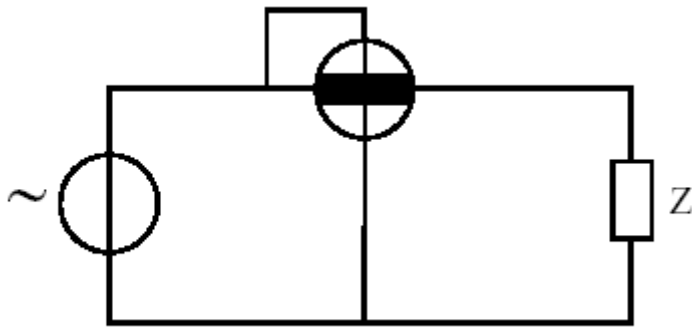
Avec ses appareils, a aimant permanent **ON NE PEUT PAS MESURER LES TENSIONS ET LES COURANTS ALTERNATIFS !!!!**

En remplant l'aimant permanent avec un électroaimant, on obtient un appareil de mesure dit **électrodynamique**, qui peuvent être utilise autant pour les courant continus que pour les alternatifs.



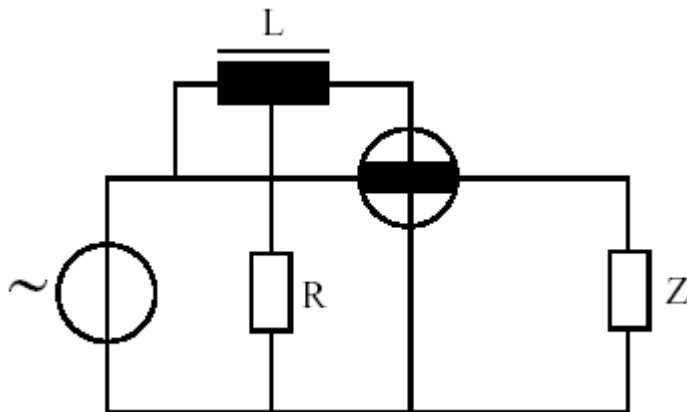
- 1) bobine de champ d'induction B
- 2) noyau en fer doux pour guider les lignes de force de la bobine
- 3) bobine complète à cadre mobile dans laquelle circule le courant I mesuré
- 4) amortisseur supplémentaire travaillant comme le fil de torsion

Ayant deux bobines a alimenter, celle mobile et celle fixe d'électroaimant, on peut mesurer directement la puissance, en couplant une bobine en série et l'autre en parallèle avec la charge. On a donc un wattmètre. On peut avoir les suivantes configuration de mesure :



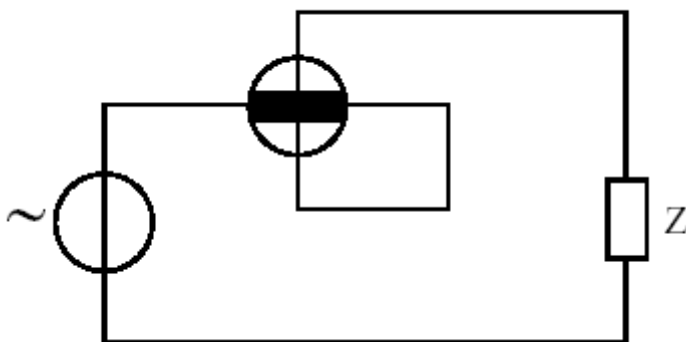
wattmètre

mesure de la puissance active
La bobine mobile est utilisée pour la tension et la bobine de champ comme bobine de courant.



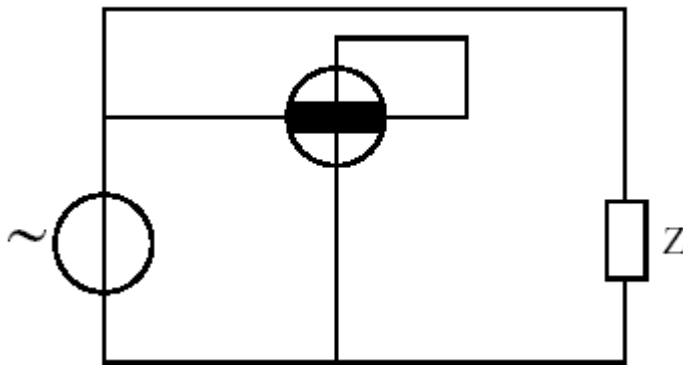
varmètre

mesure de la puissance réactive
une inductance L est montée en série avec la bobine de la tension.
cette inductance provoque un déphasage de 90°



ampèremètre

mesure du courant
les deux bobines sont montées en série. Elles sont parcourues par le même courant.



voltmètre

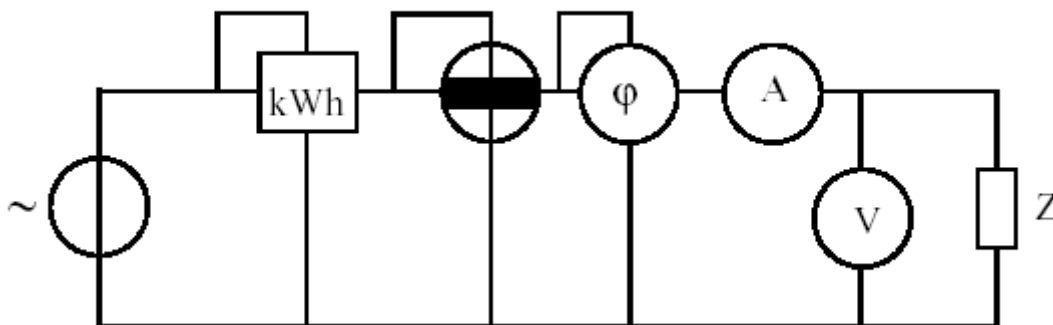
Mesure de la tension
Les deux bobines sont
montées
en série, mais le
courant de la
charge ne les traverse
pas.

On peut donc conclure :

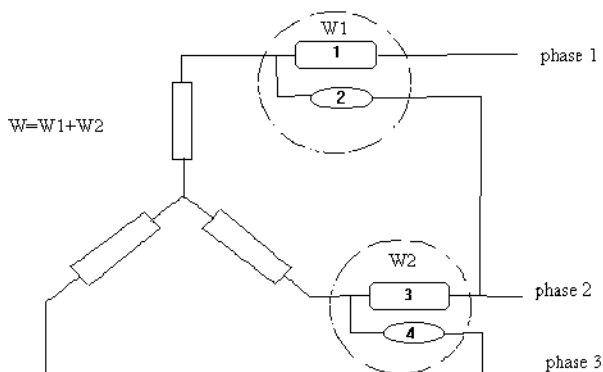
Si nous voulons mesurer la puissance absorbée par les récepteurs, nous pouvons l'obtenir de 3 façons :

1. avec un voltmètre et un ampèremètre et une relation mathématique
2. avec un wattmètre
3. avec le compteur d'énergie et une relation mathématique.

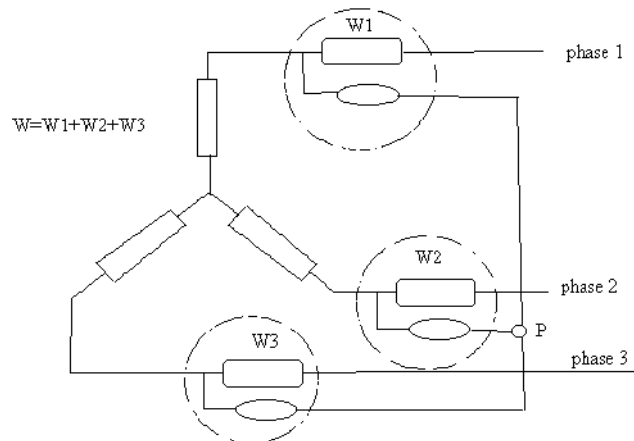
Le schéma général de mesure est :



Pour les systèmes tri phases il y a deux possibilités pour mesurer la puissance :
.- La méthode dite des deux wattmètres (pour les systèmes triphasé à trois fils)



- La méthode générale avec trois wattmètres :

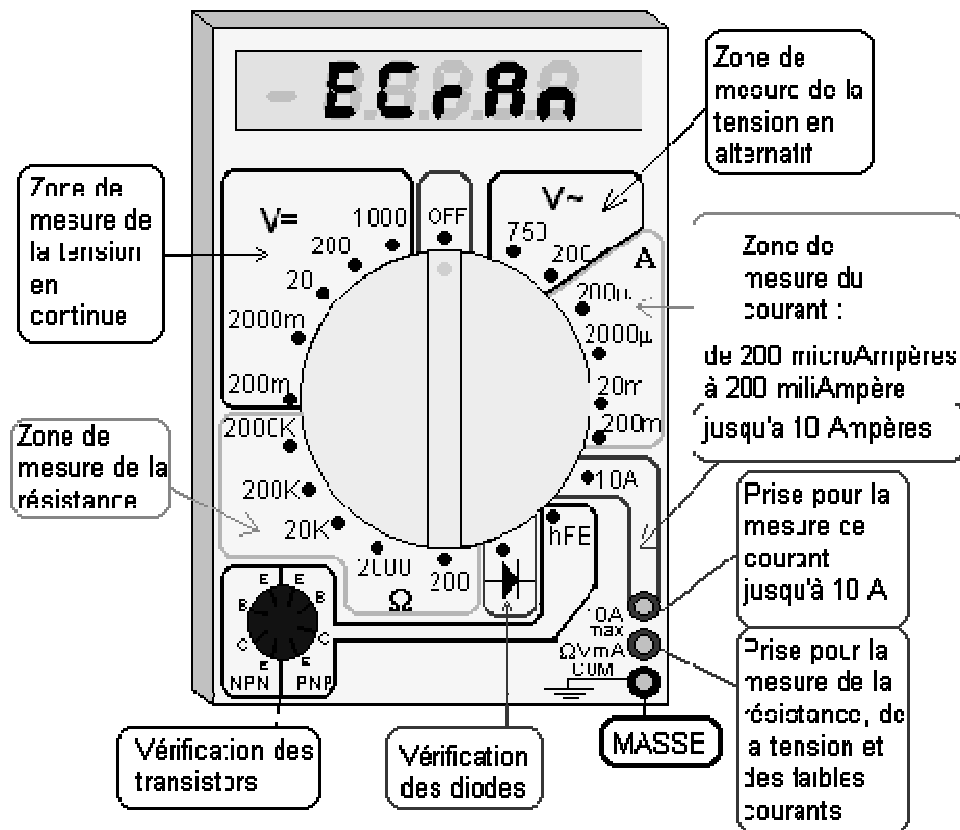


Les appareils numériques (le multimètre)

Le multimètre est un appareil de mesure, ou plutôt, est un REGROUPEMENT D'APPAREILS DE MESURE.

Un multimètre simple regroupe généralement un Voltmètre (pour mesurer une tension), un Ampèremètre (pour mesurer une intensité) et un Ohmmètre (pour mesurer une résistance) On trouvera souvent d'autres fonctions qui permettent de vérifier le bon, ou mauvais, état de certains composants.

Cet appareil ne se schématise pas. Le schéma sera, selon le cas, celui d'un voltmètre, d'un ampèremètre ou d'un ohmmètre.



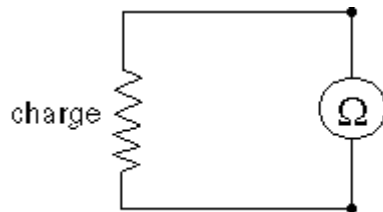
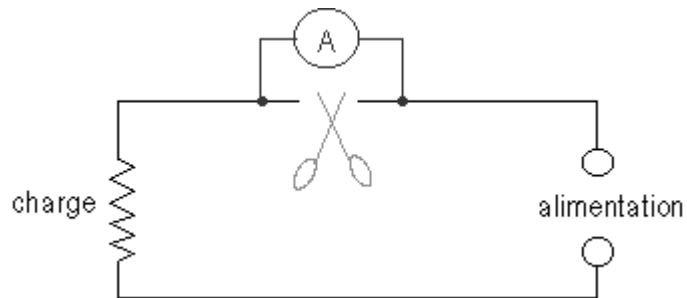
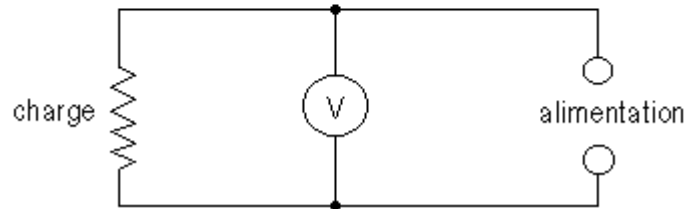
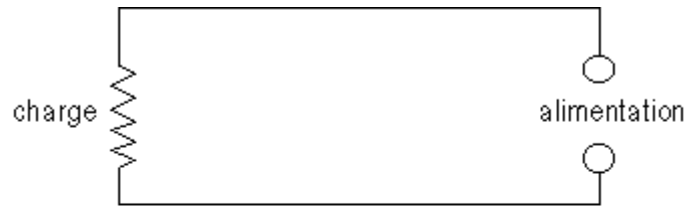
Les règles de mesure avec le multimètre :

On fixe le commutateur rotatif sur la grandeur à mesurer en faisant attention sur le type de courant ou tension à mesurer (alternatif ou continu)

On choisit le calibre d'échelle, plus grand que la valeur à laquelle on s'attend à obtenir, et on diminue progressivement jusqu'à la valeur à mesurer s'affiche sur tous les chiffres d'afficheur, sans avoir un dépassement.

- On ne mesure jamais les résistances étalons sous tension, mais découplés.
- Les courants se mesurent en couplant le multimètre en série avec la charge.
- Les tensions se mesurent en plaçant les points de mesure en parallèle sur la charge.
- Pour les tensions et courants continus, il n'est pas nécessaire de respecter la polarité, parce que le multimètre mesure dans les deux sens, en indiquant la polarité.

Dans les figures ci-dessous, vous pouvez saisir le branchement du multimètre pour les tensions, les courants et les résistances.



Module :
ELECTRICITE DE BASE
GUIDE DES TRAVAUX PRATIQUES

I. TP 1 : Simple allumage et double allumage

I.1. Objectif(s) visé(s) : Les élèves devront être capables de réaliser le câblage conformément au schéma donne

I.2. Durée du TP:

6 heures.....

I.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) par équipe :

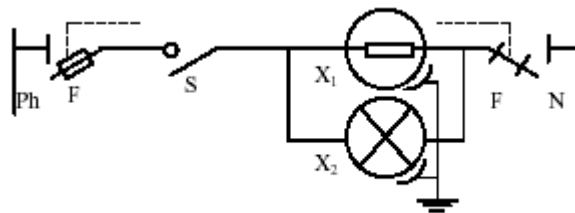
I.4. Description du TP :

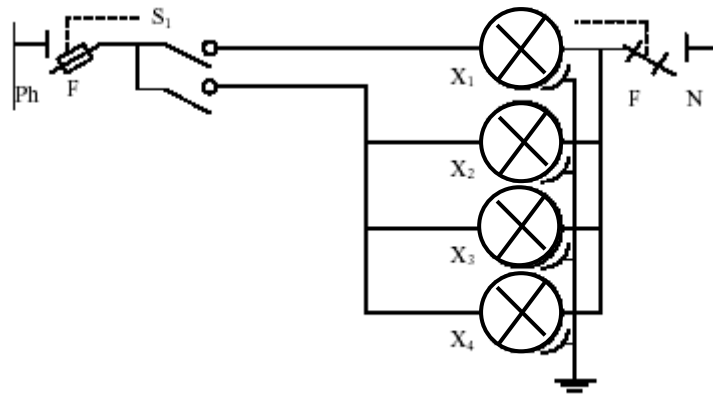
But : Commander d'un seul endroit : l'allumage ou l'extinction d'un ou plusieurs foyers lumineux, respectivement commander l'allumage ou l'extinction d'un

ou

deux points lumineux d'un seul endroit.

Schémas de principe :





1.5. Déroulement du TP

II. TP 2 : Circuit va et vient

II.1. Objectif(s) visé(s) : Les élèves devront être capables de réaliser le câblage conformément au schéma donne

II.2. Durée du TP:

4 heures.....

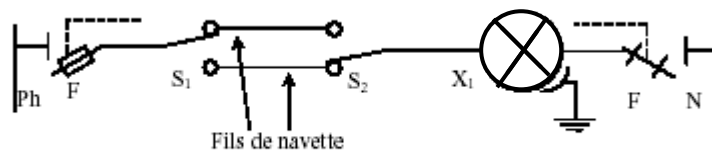
II.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) par équipe :

II.4. Description du TP :

But :Il commande l'allumage et l'extinction de point(s) lumineux de deux endroits

différents.

Schéma de principe :



II.5. Déroulement du TP

III. TP 3 : Le télérupteur

III.1. Objectif(s) visé(s) : Les élèves devront être capables de réaliser le câblage conformément au schéma donne

III.2. Durée du TP:

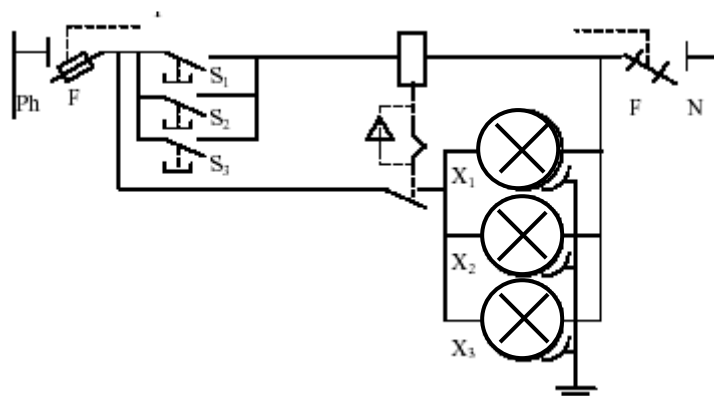
4 heures.....

III.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) par équipe :

III.4. Description du TP :

But: On installe un télérupteur lorsque l'on dispose d'au moins de trois points d'allumage pour l'allumage de points lumineux. Exemple : couloir.

Schéma de principe :



III.5. Déroulement du TP

IV. TP 4 : La minuterie

IV.1. Objectif(s) visé(s) : Les élèves devront être capables de réaliser le câblage conformément au schéma donne

IV.2. Durée du TP:

8 heures.....

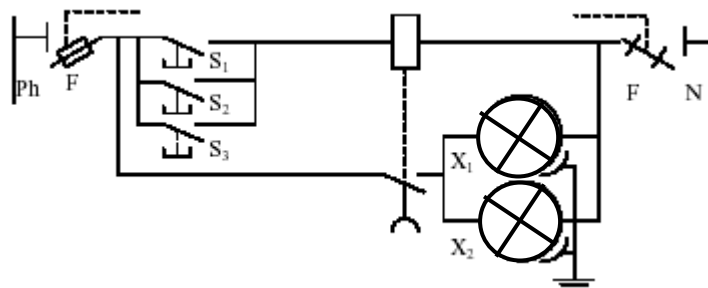
IV.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) par équipe :

IV.4. Description du TP :

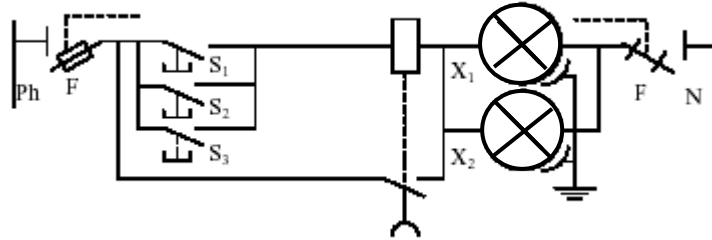
d'un But: On installe une minuterie lorsque l'on désire une extinction automatique ou de plusieurs points lumineux.

Schéma de principe :

Montage avec effet



Montage sans effet



IV.5. Déroulement du TP

V. TP 5 : Circuit série parallèle

V.1. Objectif(s) visé(s) : Les élèves devront être capables de réaliser le câblage conformément au schéma donne

V.2. Durée du TP:

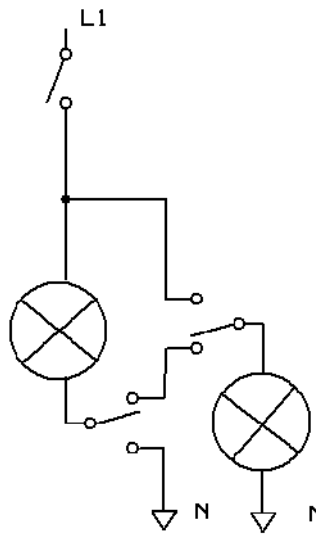
4heures.....

V.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) par équipe :

V.4. Description du TP :

But :Il commande l'allumage et l'extinction de deux lampes soit en série soit en parallèle soit une des deux.

Schéma de principe :



V.5. Déroulement du TP

VI. TP 6 : Réalisation d'un schéma de commande marche arrêt

VI.1. Objectif(s) visé(s) : Les élèves devront être capables de réaliser le câblage conformément au schéma donne

VI.2. Durée du TP:

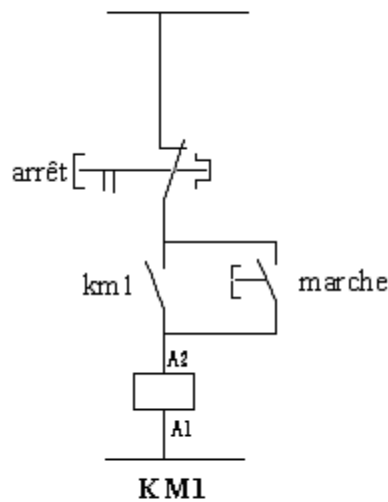
4 heures.....

VI.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) par équipe :

VI.4. Description du TP :

But :La commande marche arrêt d'un élément de puissance par l'intermédiaire d'un contacteur

Schéma de principe :



VI.5. Déroulement du TP

VII. TP 7 : Démarrage direct d'un moteur asynchrone

VII.1. Objectif(s) visé(s) : Les élèves devront être capables de réaliser le câblage conformément au schéma donne

VII.2. Durée du TP:

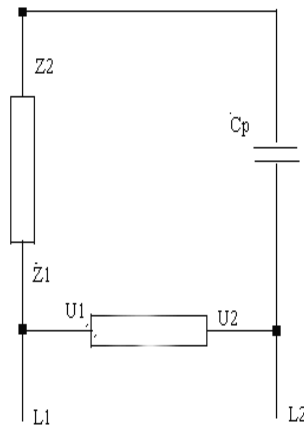
4 heures.....

VII.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) par équipe :

VII.4. Description du TP :

But :Réaliser la mise en marche d'un moteur asynchrone a condensateur permanent selon le schéma d'alimentation directe

Schéma de principe :



VII.5. Déroulement du TP

VIII. TP 8 : Démarrage semi-automatique d'un moteur asynchrone

VIII.1. Objectif(s) visé(s) : Les élèves devront être capables de réaliser le câblage conformément au schéma donne

VIII.2. Durée du TP:

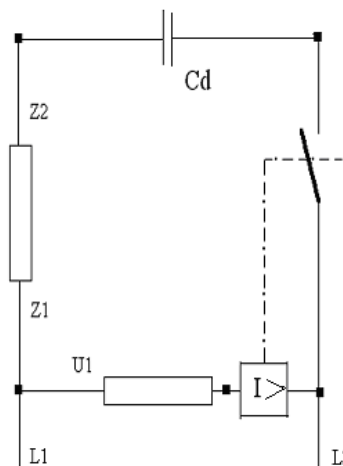
4 heures.....

VIII.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) par équipe :

VIII.4. Description du TP :

But : Réaliser la mise en marche d'un moteur asynchrone a condensateur de démarrage selon le schéma d'alimentation semi-automatique

Schéma de principe :



VIII.5. Déroulement du TP

IX. TP 9 : Démarrage direct d'un moteur asynchrone triphasé

IX.1. Objectif(s) visé(s) : Les élèves devront être capables de réaliser le câblage conformément au schéma donne

IX.2. Durée du TP:

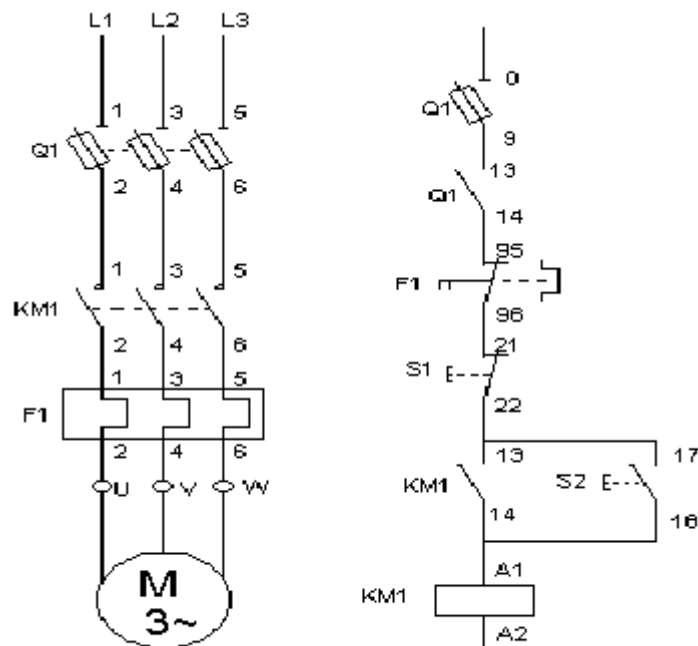
4 heures.....

IX.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) par équipe :

IX.4. Description du TP :

But : Réaliser la mise en marche d'un moteur asynchrone triphasé selon le schéma d'alimentation

Schéma de principe :



IX.5. Déroulement du TP

X. TP10 : Démarrage statorique à résistances d'un moteur asynchrone triphase

X.1. Objectif(s) visé(s) : Les élèves devront être capables de réaliser le câblage conformément au schéma donné

X.2. Durée du TP:

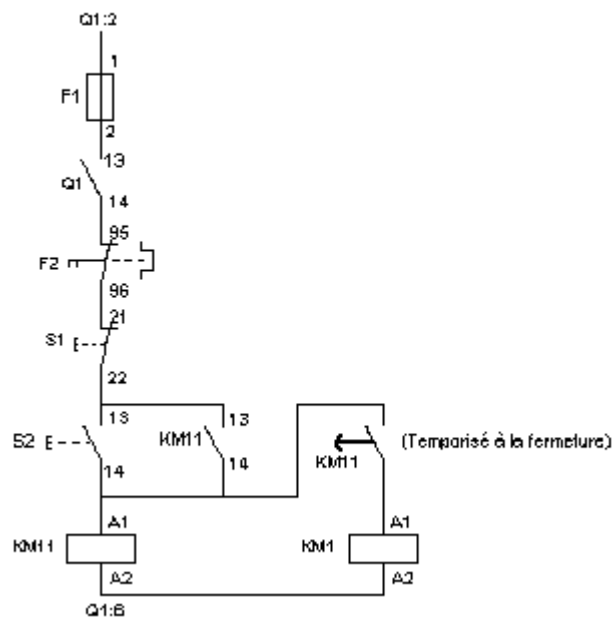
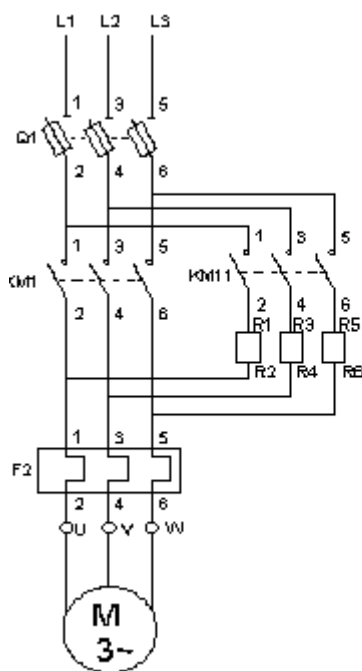
4 heures.....

X.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) par équipe :

X.4. Description du TP :

But : Réaliser la mise en marche d'un moteur asynchrone triphasé selon le schéma d'alimentation

Schéma de principe :



X.5. Déroulement du TP

XI. TP 11 : Démarrage étoile- triangle d'un moteur asynchrone triphasé

XI.1. Objectif(s) visé(s) : Les élèves devront être capables de réaliser le câblage conformément au schéma donne

XI.2. Durée du TP:

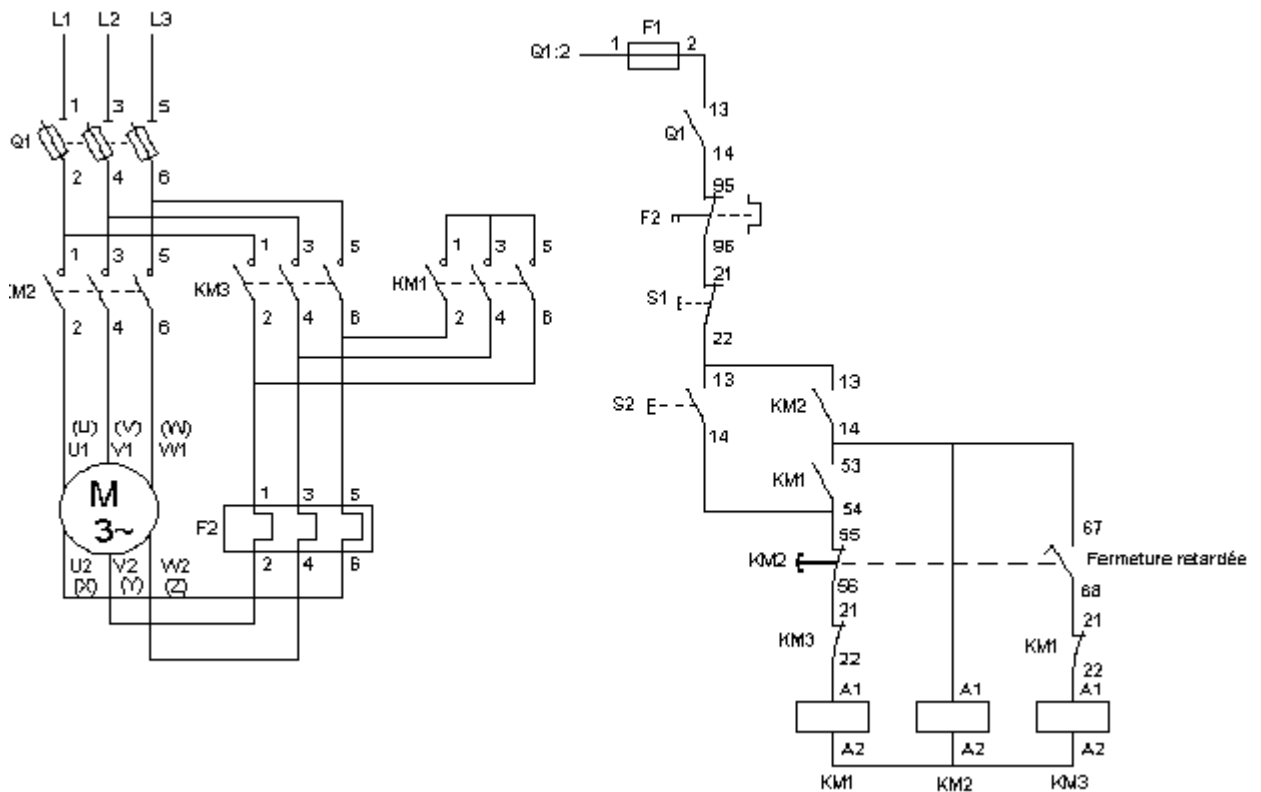
4 heures.....

XI.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) par équipe :

XI.4. Description du TP :

But : Réaliser la mise en marche d'un moteur asynchrone triphasé selon le schéma d'alimentation

Schéma de principe :



XI.5. Déroulement du TP

XII. TP 12 : Démarrage d'un moteur asynchrone triphasé de type DAHLANDER

XII.1. Objectif(s) visé(s) : Les élèves devront être capables de réaliser le câblage conformément au schéma donné

XII.2. Durée du TP:

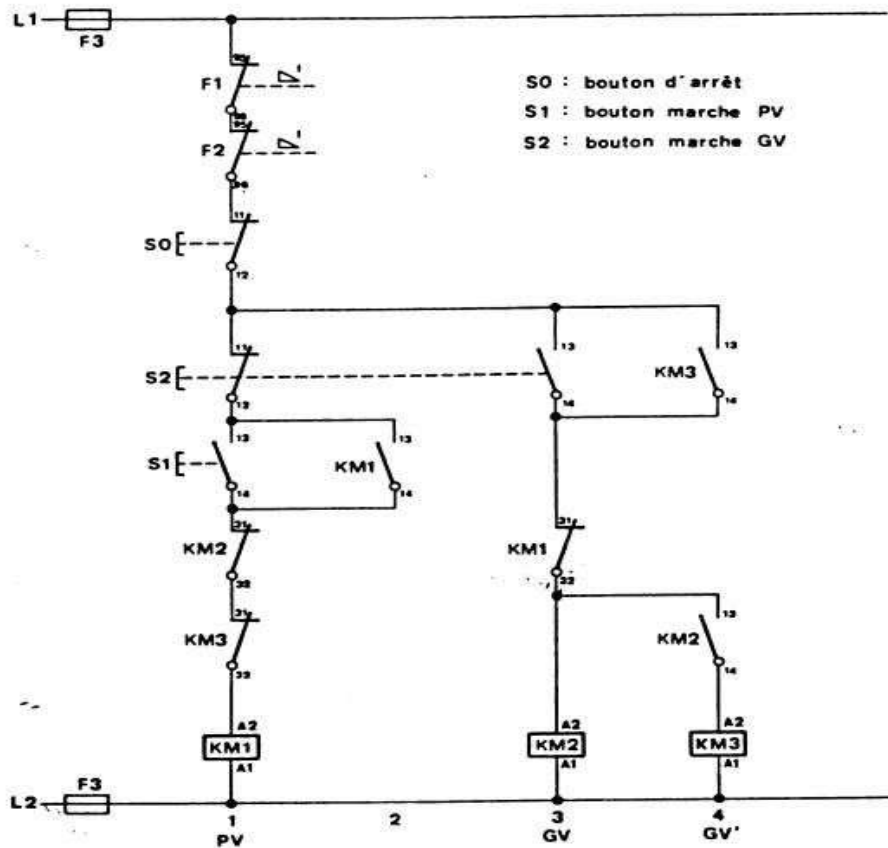
4 heures.....

XII.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) par équipe :

XII.4. Description du TP :

But : Réaliser la mise en marche d'un moteur asynchrone triphasé selon le schéma d'alimentation

Schéma de principe :



EVALUATION :

TP1- Réaliser le câblage pour le démarrage d'un moteur asynchrone triphasé(Démarrage étoile-triangle semi-automatique)

Théorie : Décrire les différents modes de démarrage d'un moteur asynchrone triphasé ?
Expliquer le mode de fonctionnement d'un moteur asynchrone triphasé

