الجمهورية الجزائرية الديموقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التكوين و التعليم المهنيين
Ministère de la Formation et de l'Enseignement Professionnels
المعهد الوطني للتكوين و التعليم المهنيين
- قاسي الطاهر-
Institut National de la Formation et de l'Enseignement professionnels
- Kaci Taher-

MANUEL TECHNIQUE ET PEDAGOGIQUE

ELECTRONIQUE INDUSTRIELLE

Electricité et Magnétisme

Niv : V

Janvier 2011

I.N.F.E.P
9, Rue Ouamrouche Mohand Oulhadj Ex chemin d'Hydra -El-Biar- ALGER
Tél : 021 92 24 27/36 Fax : 021 92 23 18
E-mail : infep@yahoo.fr Sit web : www.infp.edu.dz

WWW.DZPEN.COM قلم الجزائر

SOMMAIRE

I. INFORMATIONS GENERALES.

1.1 Introduction
1.2 Définition et but
1.3 Comment utiliser ce Manuel ?
1.4 Liste de modules

II. MODULES QUALIFIANTS :

III. MODULES COMPLEMENTAIRES :

- **MC11 :** Appliquer les notions de mathématiques liées au domaine de l'électronique
- **MC12 :** Utiliser les et les lois fondamentales de l'électricité et du magnétisme

Electrostatique

- Electrisation : Loi de Coulomb
- Champ et potentiel

Electrocinétique :

- Courant électrique
- Energie électrique
- Résistance électrique
- Loi d'ohm
- Groupement des résistances
- Résistance d'un conducteur filiforme
- Effets thermiques du courant électrique
- Loi de Joule
- Sources d'énergie électrique
- Générateurs et récepteurs
  - ❖ Convention génératrice et réceptrice
  - ❖ Association des générateurs idéaux
  - ❖ Les récepteurs
- Circuits électriques
  - ❖ Lois de Kirchhoff
  - ❖ Principe de superposition
  - ❖ Théorème de Thevenin
  - ❖ Théorème de Norton
  - ❖ Théorème de Kenelly
- Le condensateur
- Charge et décharge d'un condensateur

Magnétisme et Electromagnétisme :

- Relation d'Ampère
- Champ magnétique
- Flux d'induction magnétique
- Circuits magnétiques
- Force et travail électromagnétique
- Auto induction-Induction mutuelle
- Induction électromagnétique

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Courant alternatif :

- Généralités sur les grandeurs sinusoïdales
- Courant et tension sinusoïdaux
- Etude de circuit RLC
- Calcule de puissances
- Théorème de Boucherot

Système triphasé :

- Définition des systèmes triphasés
- Couplage

Facteur de puissance

- **MC13 :** Reconnaitre les différents types de matériaux et composants.
- **MC14 :** Appliquer la notion de logique combinatoire et de logique séquentielle.
- **MC15 :** Maitriser les techniques d'expression de communication en français.
- **MQ11 :** Etudier et relever les caractéristiques sur site et élaborer des plans et schémas d'installation.
- **MQ12 :** Installer des équipements et mettre en service.

IV. ACRONYMES.
V. LEXIQUE.
VI. BIBLIOGRAPHIE.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

1. INFORMATIONS GENERALES

1.1 Introduction

Dans tout système de formation, l'activité pédagogique permettant l'acquisition de compétences professionnelles nécessaires, exigées par le secteur économique, est en grande partie centrée sur stagiaire. Cette règle de base suscite entre autre la réunion de certaines conditions de fonctionnement à savoir :

- former dans les délais impartis,
- rendre le stagiaire acteur de sa formation,
- prévoir les moyens nécessaires et adéquats permettant aux formateurs de développer des enseignements de qualité en rapport avec l'évolution technologique,
- soulager les formateurs de certaines activités de recherche de contenus techniques afin d'organiser plus d'activités pédagogiques pour les stagiaires.

Ces impératifs peuvent être résolus dûment partiellement en mettant dans les mains du stagiaire et du formateur un document pédagogique d'appui, appelé :
« **Manuel technique et Pédagogique du Stagiaire** », dans lequel sont développés sous forme de résumés tous les éléments de contenu du programme d'étude.

1.2 Définition et but

Le présent Manuel Technique et Pédagogique du Stagiaire est un document pédagogique qui renferme un contenu technique, technologique. Il est conçu à partir des informations fondamentales qui se trouvent dans le Programme d'Etude de la spécialité « **Electronique industrielle** » pour le module « **Utiliser les règles et les lois fondamentales de l'électricité et du magnétisme** » correspond au niveau de qualification « **V** ».
Ce manuel constitue :

a. pour le stagiaire un aide mémoire sur les lois fondamentales de l'électricité et du magnétisme.
b. Des résumés de cours de l'électricité et du magnétisme.
c. Des méthodes simples pour lire les schémas des circuits électriques et magnétiques
d. Des exercices et des applications sur les lois fondamentales pour calculer les valeurs (des tensions et courants) aux différents points d'un circuit électrique.

1.3 Comment utiliser ce Manuel ?

La rédaction du manuel Technique et Pédagogique du Stagiaire a été planifiée comme suite :

1. Plusieurs fiches techniques (23 fiches techniques).

Chaque fiche technique contient les éléments suivants :

a. Le nom de chaque fiche technique.
b. Le code MTPS 00-00-00
c. Le nombre de page.
d. La Spécialité : **Electronique Industrielle**
e. Le module : **Utiliser les règles et les lois fondamentales de l'électricité et du magnétisme**
f. Le contenu de la fiche technique :

- Définitions des éléments.
- Lois et formules électriques.
- Unités des grandeurs.
- Hygiène et sécurité :
- Exercices d'applications avec leurs solutions.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

2. ***ACRONYMES.***
3. ***LEXIQUE.***
4. ***BIBLIOGRAPHIE.***

1.4 Liste de modules

Spécialité : ELECTRONIQUE INDUSTRIELLE		
Modules	**Intitulés des modules**	**Observations**
MC11	Appliquer les notions de mathématiques liées au domaine de l'électronique	
MC12	Utiliser les et les lois fondamentales de l'électricité et du magnétisme	**x**
MC13	Reconnaitre les différents types de matériaux et composants.	
MC14	Appliquer la notion de logique combinatoire et de logique séquentielle.	
MC15	Maitriser les techniques d'expression de communication en français.	
MQ11	Etudier et relever les caractéristiques sur site et élaborer des plans et schémas d'installation.	
MQ12	Installer des équipements et mettre en service.	

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Electrostatique : Electrisation-Loi de Coulomb

Code : MTPS 3-2-1 Page 1/2

1. *Définition* :

Soient q_1; q_2 deux charges ponctuelle plongées dans le vide. La force d'interaction dite électrostatique exercée par q_1 sur q_2 est donnée par la loi de Coulomb :

$$\overrightarrow{F}_{1\to 2} = \frac{q_1 . q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\overrightarrow{u_r} = -\overrightarrow{F}_{2\to 1}$$

2. *Unités :*

*) les charges électriques q_1 et q_2 s'expriment en Coulomb (C).

*) ε_0 s'appelle la permittivité du vide. C'est une constante universelle qui vaut $\varepsilon_0 \approx 8{,}85 \times 10^{-12}$ C^2/ N.m^2

*) la force F s'exprime en newton (N)

*) la grandeur r s'exprime en mettre (m).

*) k est une constante de proportionnalité :

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9.10^9\ N.m^2 / C^2$$

3. *Lois des interactions électriques :*

- Deux corps chargés d'électricité de même signe se repoussent. (**Figure 1**)
- Deux corps chargés d'électricité de signe contraire s'attirent. (**Figure 2**)

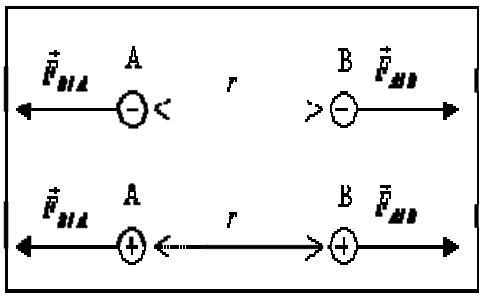


Figure 1

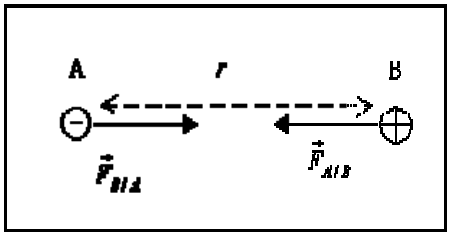


Figure 2

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Electrostatique : Electrisation-Loi de Coulomb

Code : MTPS 3-2-1 Page 2/2

- ***Exercice 1*** *:*

Deux corps portent des charges de 10 µC et de -10 µC. La distance entre les corps est de 15 cm.

a. Quelle est la grandeur de la force exercée entre les corps ?

b. Cette force est-elle attractive ou répulsive ?

Solution :

a. $F = \frac{q_1 . q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = 9x10^9 \, x \frac{10x10^{-6} \, x10x10^{-6}}{15x10^{-2}} = 40N.$

b. Cette force est Attractive puisque les deux charges possèdent deux signes contraires

- ***Exercice 2*** *:* Un corps portant une charge de 5 µC subit une force (répulsive) de 10N par un corps chargé situé à 15cm.

1- Quelle est la charge du corps situé à 15cm ?

2- A quelle distance doit-on placer cette charge pour que la force (répulsive) soit de 2.5N ?

Solution :

1- la charge du corps situé à 15cm : D'après la loi $F = \frac{q_1 . q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$. On obtient :

$$q_2 = \frac{F.4\pi\varepsilon_0 r^2}{q_1}. = \frac{10x(15x10^{-2})^2}{9x10x5x10^{-6}} = 5.10^{-6} C \text{ . Donc } q_2 = 5\mu C$$

2- Calcul de la distance : $r = \sqrt{\frac{q_1 . q_2}{4\pi\varepsilon_0 . F}}. = \sqrt{\frac{9x10^9 \, x5x10^{-6} \, x5x10^{-6}}{2.5}} = 0.3m = 30cm$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Electrostatique : Champ et potentiel

Code : MTPS 3-2-2 Page 1/3

1. ***Définition du champ électrique*** : Un champ électrique est un champ de force invisible créé par l'attraction et la répulsion de charges électriques (la cause du flux électrique).

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}$$

Le champ électrique $\vec{E}$ en un point correspond à la force $\vec{F}$ qui s'exerce sur une charge q placée en ce point tel la relation :

$$\vec{F} = q\,.\vec{E}$$

- $q > 0$: $\vec{F}$ et $\vec{E}$ de même signe.
- $q < 0$: $\vec{F}$ et $\vec{E}$ de signe contraire.

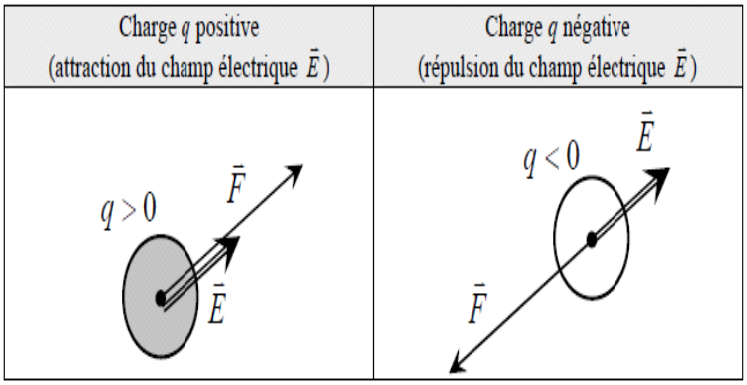


Figure 3

2. ***Unités :*** Le champ électrique se mesure en Volts par mètre (V/m).
3. ***Lignes de champ électrique :*** Les lignes de champ électrique sont orientées de la charge (+) vers la charge (-)

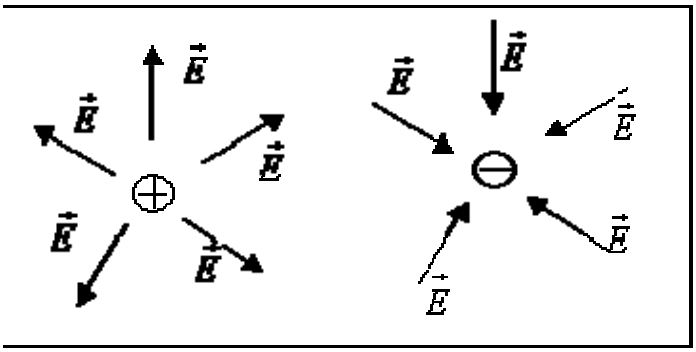


Figure 4

Remarque : Un champ électrique est uniforme lorsque les lignes de champ sont parallèles

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique
Electrostatique : Champ et potentiel
Code : MTPS 3-2-2 Page 2/3

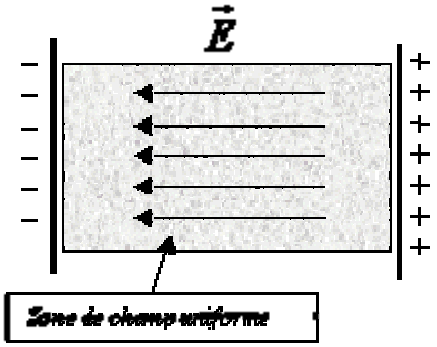


Figure 5

1. *Calcul appliqué* : soit une charge électrique de 8µC.

- Quelle est la grandeur du champ électrique en un point situé à 10 cm à la droite de la charge électrique ?
- Quelle est la direction du champ électrique en un point situé à la droite de la charge

Solution : 7.2 N/C ; vers la droite.

2. *Définition du potentiel électrique :*

Le potentiel V d'un point du champ est égal à l'énergie potentielle E_{pElect} électrique posséderait une charge témoin de +1 C placée en ce point.

$$V = \frac{E_{pElect}}{q}$$

3. *Unités :*

Unité S.I. pour le potentiel électrique : le volt (V)

Si $E_{p\,Elect} = 1\ J$ et si $q = 1\ C$, alors $V = 1\ J/C = 1\ volt = 1\ V$

4. *Différence de potentiel :*

Lorsqu'une charge se déplace d'un point initial A de potentiel $V_i = V_A$ vers un point final B de potentiel $V_f = V_B$, alors **la différence de potentiel** entre le point final et le point initial est $\Delta V = V_f - Vi$

La tension entre A et B est notée : $U_{AB} = V_A - V_B$

On a évidemment : $U_{AB} = V_A - V_B = - U_{AB}$

Remarque : ***Différence de potentiel électrique = tension électrique***

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique
Electrostatique : Champ et potentiel

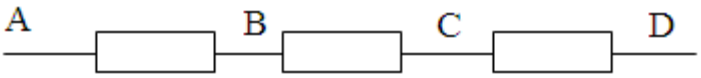
Code : MTPS 3-2-2

- ***Exercice 1*** *:* Calculer la différence de potentiel entre les deux points A et B ayan les tenions suivantes : 12V, 9V.

Solution : $U_{AB} = V_A - V_B = 12V - 9V = 3V$

On considère le schéma suivant :

- ***Exercice 2*** *:* On considère le montage ci-dessous.



On donne $V_A = 12V$, $V_B = 9V$, $V_C = 15V$, $V_D = 5V$.

Calculer les tensions suivantes :

U_{AB}, U_{AC}, U_{AD}, U_{BC}, U_{BD}, U_{CD}.

Solution : $U_{AB} = V_A - V_B = 12V - 9V = 3V$

$U_{AC} = V_A - V_C = 12V - 15V = -3V$

$U_{AD} = V_A - V_D = 12V - 5V = 7V$

$U_{BC} = V_B - V_C = 9V - 15V = -6V$

$U_{BD} = V_B - V_D = 9V - 5V = 4V$

$U_{CD} = V_C - V_D = 15V - 5V = 10V$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Electrocinétique : Le courant électrique

Code : MTPS 3-2-3 Page 1/2

1. *Définition :*

Le courant électrique est un déplacement ordonné d'électrons, caractérisé par la grandeur i tel que : $i = \frac{dq}{dt}$ c'est la dérivée de la charge q par rapport au temps.

2. *Sens conventionnel du courant :*

Du plus (+) vers le moins (-)

3. *Isolant et conducteur :*

• Un isolant est un matériau qui ne laisse pas passer le courant électrique

Ex : **Le plastique, l'air, le caoutchouc, le verre, le bois**

• Un conducteur est un matériau qui laisse passer le courant électrique

Ex : **les métaux (or, argent, cuivre, fer, étain….), l'eau, le graphite, le corps humain…..**

4. *Unité :*

L'unité de mesure du courant électrique est l'Ampère (A).

On a $1mA=10^{-3}A$; $1\mu A=10^{-6}A$.

5. *Hygiène et sécurité :*

Les effets du courant électrique sur l'organisme humain sont multiples et se traduisent par :

• des brûlures

• des accidents nerveux entraînant la paralysie des organes tels que le cœur ou les poumons.

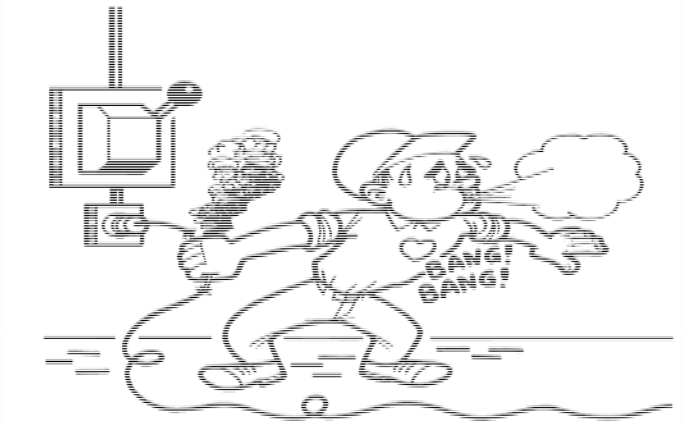


Figure6

Mesures de prévention collective

Protection contre les contacts directs :

1. L'éloignement
2. L'isolation

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Electrocinétique : Le courant électrique

Code : MTPS 3-2-3 Page 2/2



Figure 7

1. *Calcul appliqué :*

Donner dans chaque cas, le courant électrique :

$Q_1(t)=8\cos(\pi t)$.

$Q_2(t)=5e^{-10}t$.

$Q_3(t)=15t$.

$Q_4(t)=10$.

Solution : $i_1(t)=\dfrac{d}{dt}Q_1(t)=-8\pi\sin(\pi t)\quad A$

$$i_2(t)=\frac{d}{dt}Q_2(t)=-5.10e^{-10t}=-50e^{-10t}\cdot\quad A$$

$$i_{3_1}(t)=\frac{d}{dt}Q_3(t)=15.\quad A$$

$$i_4(t)=\frac{d}{dt}Q_4(t)=0.\quad A$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

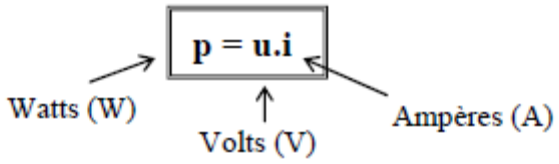
Fiche technique et pédagogique

Electrocinétique : Puissance et l'énergie électriques

Code : MTPS 3-2-4 Page 1/3

1. *Puissance électrique* :

Soit un dipôle **D** quelconque, traversé par un courant d'intensité **i** et soumis à la tension **u**.
Avec la convention récepteur (schéma ci-dessous), la puissance reçue par D s'écrit :



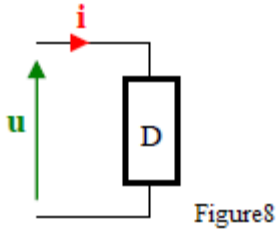


Figure8

La puissance est une grandeur algébrique dont le signe dépend de la convention choisie.
Avec la convention récepteur, le comportement du dipôle est le suivant :

- si $p = ui > 0$, alors le dipôle reçoit la puissance (récepteur)
- si $p = ui < 0$, alors le dipôle fournit la puissance (générateur).

2. *Mesure de la puissance électrique* :

En général, la puissance se mesure avec un Wattmètre (schéma ci-dessous).
Cet appareil mesure à la fois **la tension** et **le courant** pour en déduire la puissance.
Sur les Wattmètres modernes, la mesure du courant se fait à l'aide d'une pince ampèremétrique.

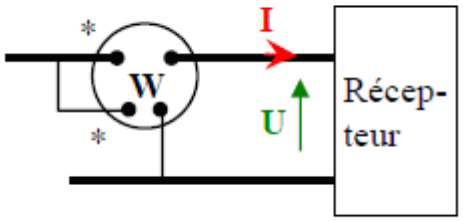


Figure9

En courant continu, la mesure de la tension **u** et du courant **i** permet de calculer la puissance **p = u.i** (attention à la convention).

3. *Puissance dans les résistances électrique* :

Pour une résistance R, la relation entre u et i est u = Ri.

On a p = ui donc $\boxed{p = Ri^2}$ mais aussi $\boxed{p = \frac{u^2}{R}}$.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Electrocinétique : Puissance et l'énergie électriques

Code : MTPS 3-2-4 Page 2/3

4. *L'énergie électrique* :

L'énergie électrique dépend de la d.d.p, du courant électrique et du temps.

Nous pouvons écrire les formules suivantes :W=U.I.T et W=P.t.

En régime permanent, si un dipôle D a consommé la puissance constante **P** pendant une durée **t**, alors il a reçu l'énergie **W** (Schéma ci-dessous):

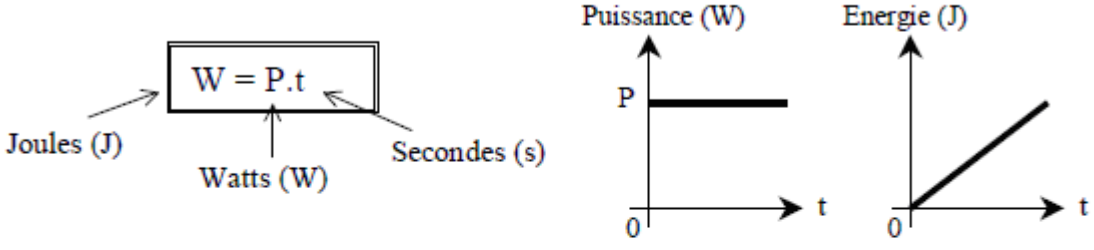


Figure10

Pour une puissance constante, l'énergie augmente linéairement. L'énergie augmente avec la puissance mais aussi avec le temps.

Unités :

Pour les fortes quantités d'énergie, on utilise une autre unité, le **Wattheure (W.h)**:

- 1 W.h = 3600 J
- 1 kW.h = 10^3 W.h = 3,6.10^6 J.

a- Régime permanent

On a vu que W = P.t avec P=U.I donc W=U.I.t

b- Cas général

On définit la quantité d'électricité traversant le dipôle par Q = I.t avec Q en Coulombs (C).

On en déduit donc : $\boxed{W = QU = Q(V_A - V_B)}$.

Loi: Toute charge électrique Q passant d'un point A où le potentiel est V_A à un point B où le potentiel est V_B reçoit l'énergie électrique $W = QU = Q(V_A - V_B)$.

5. *Mesure de l'énergie électrique* :

La mesure de l'énergie électrique se fait avec un compteur d'énergie.

Il est caractérisé par une constante k qui représente l'énergie reçue par l'installation pour un tour du disque.

Par exemple, si k = 2,5 W.h / tr alors un tour de disque correspond à une consommation de 2,5 W.h.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

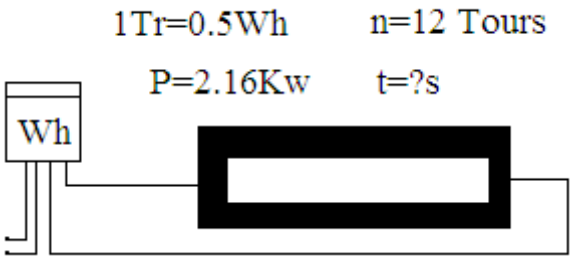
Fiche technique et pédagogique

Electrocinétique : Puissance et l'énergie électriques

Code : MTPS 3-2-4 Page 3/3

Exercice :

Pendant combien de temps un compteur dont le disque a fait 12 tours (1 tour correspond à 0.5 Wh) a intégré l'énergie consommée par une friteuse électrique de 2.16 KW ?



Solution :

Avant tous, il faut faire la conversion des unités :

12 Tr=12x0.5=6 Wh

6 Wh=6x3600 J=21600 J.

2.16 KW= 2.16×10^3 W= 2160 W

Donc d'après la loi de l'énergie électrique : $W=P.t$ On tire

A.N : $t = \frac{W}{P} = \frac{21600}{2160} = 10s$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Electrocinétique : La résistance électrique

Code : MTPS 3-2-5 Page 1/3

1. *Définition :*

Une **résistance** est un composant électronique ou électrique dont la principale caractéristique est d'opposer une plus ou moins grande résistance à la circulation du courant électrique.

La résistance électrique se note **R**

2. *Unités :*

La résistance électrique se mesure en **Ohm** (symbole **Ω**)

3. *Symbole :*

Les symboles de la résistance sont les suivants :

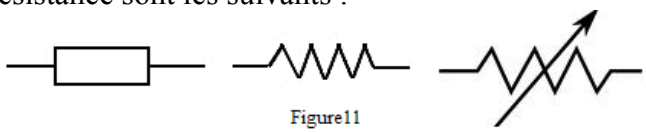
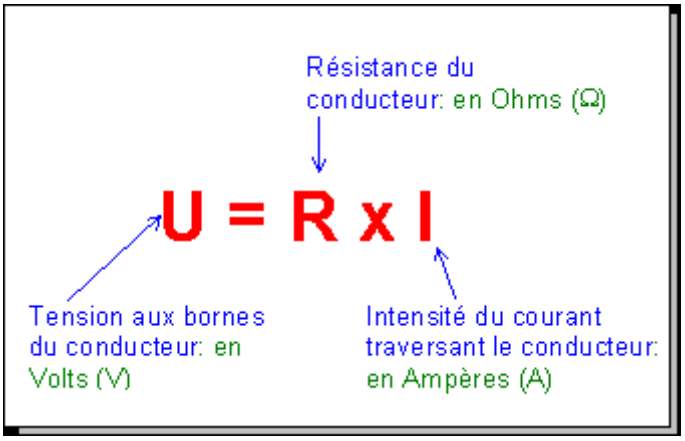


Figure11

4. *Loi d'Ohm :*

La différence de potentiel ou tension U (**en volts**) aux bornes d'une résistance R (**en ohms**) est proportionnelle à l'intensité du courant électrique I (**en ampères**) qui la traverse.

$$U = R \cdot I$$



On peut en déduire :

$$I = \frac{U}{R}$$ si R est non nul

$$R = \frac{U}{I}$$ si I est non nul

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique
Electrocinétique : La résistance électrique
Code : MTPS 3-2-5 Page 2/3

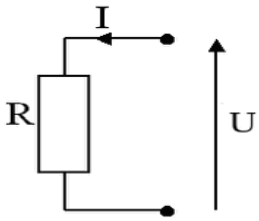


Figure12

5. Groupement de résistances

❖ Groupement de résistances en série

Deux conducteurs ohmiques de résistances R_1 et R_2 associés en série sont équivalents à un conducteur ohmique de résistance $R_{eq}=R_1+R_2$.

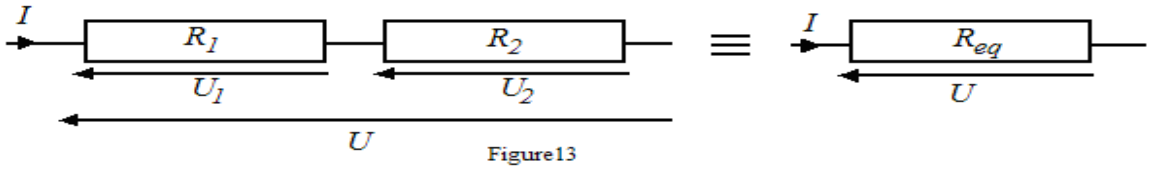


Figure13

Groupement de résistances en parallèle

Deux conducteurs ohmiques de résistances R_1 et R_2 associés en dérivation sont équivalents à un conducteur ohmique de résistance R telle que:

$$\frac{1}{R_{eq}}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\Rightarrow R_{eq}=\frac{R_1.R_2}{R_1+R_2}$$

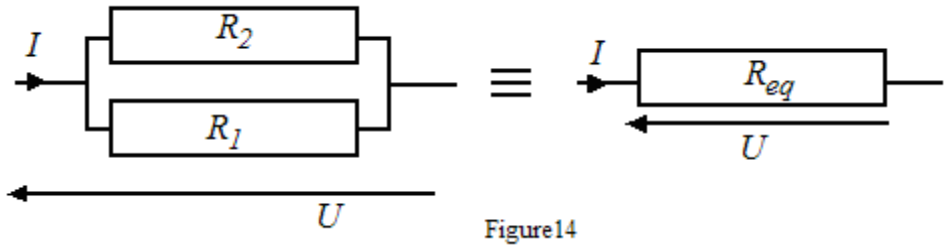


Figure14

6. Résistance d'un conducteur filiforme :

Pour un conducteur filiforme homogène de section constante, la résistance s'exprime par la relation suivante : $R=\rho.\frac{1}{s}$ tel que :

R: résistance (Ω), ρ: résistivité (Ω.m), l: longueur(m), s: section(m2)

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique
Electrocinétique : La résistance électrique
Code : MTPS 3-2-5 Page 3/3

7. Exercice :

La tension aux bornes d'un conducteur ohmique AB est U_{AB}=2,5V. L'intensité du courant qui le traverse 47mA.

1. Donner le sens du courant qui traverse ce dipôle.

2. Calculer la résistance de ce conducteur ohmique.

Solution :

1. Sens du courant :

$U_{AB}>0$
$V_A-V_B>0$
$V_A>V_B$ (le potentiel électrique du point A est plus élevé que le potentiel électrique du point B).

Donc le courant se déplace de A vers B (car le courant descend les potentiels, c'est à dire qu'il se déplace des potentiels les plus élevés vers les potentiels les plus bas).

2. Résistance du conducteur ohmique :

D'après la loi d'ohm :

$$U_{AB} = R.I \qquad R = \frac{U_{AB}}{I} = \frac{2.5}{47.10^{-3}} = 53.2\Omega.$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Electrocinétique : Effet thermique du courant électrique

Code : MTPS 3-2-6 Page 1/1

1. Effet Joule :

On appelle effet Joule l'effet thermique associé au passage du courant électrique dans un conducteur.

2. Loi de Joule :

Un conducteur ohmique est un dipôle passif. Toute l'énergie électrique qu'il reçoit est transformée en énergie thermique par effet Joule.



Figure15

On en déduit que :

$W_e = Q_J$ Or $W_e = U_{AB}.I.\Delta t$ et $U_{AB} = R.I$ => **$W_e = Q_J = R.I^2.\Delta t$**

Remarque: Il est évident que $P_e = P_J$: puissance consommée par effet Joule).



bilan énergétique Figure16

3. Application de l'effet de Joule :

Les applications de l'effet Joules sont multiples. Certaines sont utiles, d'autres nuisent au fonctionnement des circuits.

Parmi les effets utiles, citons:

- Le chauffage électrique.
- L'éclairage par incandescence.
- Le disjoncteur thermique.
- Le fusible.

Parmi les effets nuisibles, citons :

- L'échauffement des circuits électriques.
- Les pertes en lignes.
- La détérioration de certains circuits sous l'effe d'une augmentation de température.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique
Electrocinétique : Sources d'énergie électrique
Code : MTPS 3-2-7 Page 1/3

1. Les Sources d'énergies

Pour obtenir du mouvement (faire fonctionner une voiture), de la chaleur (se chauffer) ou de la lumière (s'éclairer), il faut disposer d'énergie.

Diverses sources d'énergie existent dans la nature :
– **les énergies renouvelables** : l'eau, le vent, le soleil
– **les énergies non renouvelables** : le pétrole, le charbon, le gaz naturel et l'uranium.

1.1. Sources d'énergies renouvelables :

Une énergie renouvelable est une énergie exploitable par l'Homme, de telle manière que ses réserves ne s'épuisent pas. En d'autres termes, sa vitesse de formation doit être plus grande que sa vitesse d'utilisation.

Les différentes types d'énergies renouvelables

a. Énergie solaire

L'énergie solaire est transmise à la Terre à travers l'espace sous forme de particules d'énergie, les photons et de rayonnement.
L'énergie solaire peut être captée et transformée en chaleur ou en électricité grâce à des capteurs adaptés.

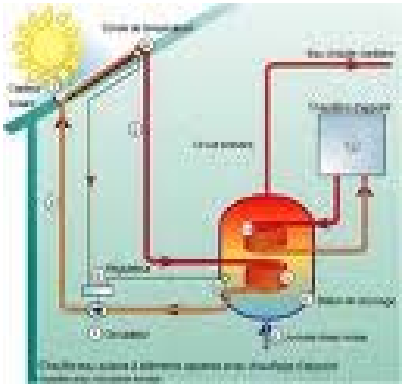




Figure17

b. Énergie photovoltaïque

L'énergie photovoltaïque se base sur l'effet photoélectrique pour créer un courant électrique continu à partir d'un rayonnement électromagnétique. Cette source de lumière peut être naturelle (soleil) ou bien artificielle (une lampe)

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique
Electrocinétique : Sources d'énergie électrique
Code : MTPS 3-2-7 Page 2/3

c. Énergie éolienne

Cette énergie est produite par la force exercée par le vent sur les pales d'une hélice. Cette hélice est montée sur un arbre qui peut être relié soit à des systèmes mécaniques qui servent à moudre le grain ou à pomper de l'eau, soit à un générateur qui transforme l'énergie mécanique en énergie électrique

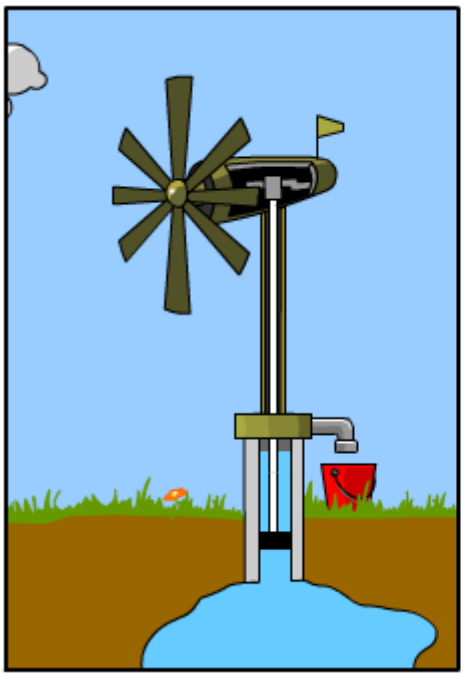


Figure18

1.2. Sources d'énergies non renouvelables :

Une énergie non renouvelable est une source d'énergie qui ne se renouvelle pas assez rapidement pour être considérée comme inépuisable à l'échelle de l'Homme.

Les principales sources d'énergies non renouvelables sont dérivés des hydrocarbures, tels que le pétrole, le gaz naturel et les huiles.

On peut classer les énergies non renouvelables en deux grandes familles :

1. Énergie fossile : notamment le charbon, le gaz naturel et le pétrole. Leur vitesse de régénération est extrêmement lente à l'échelle humaine, et la consommation intensive, d'où les risques d'épuisements actuels.
2. Énergie nucléaire, les gisements d'uranium étant limités. Seule la fusion nucléaire pourrait, à condition d'être industriellement maîtrisée, produire de l'énergie sur le très long terme.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Electrocinétique : Sources d'énergie électrique

Code : MTPS 3-2-7 Page 3/3

Exemple d'application :

Parmi les sources d'énergie citées dans le tableau ci-dessous, lesquelles sont renouvelables, lesquelles sont fossiles ? Mettre une croix dans la case correspondante.

Source d'énergie	Renouvelable	Fossile
Le pétrole		
Le vent		
La lumière du Soleil		
Le charbon		
La biomasse		
Le gaz naturel		
L'eau		

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Electrocinétique : Générateurs et récepteurs

Code : MTPS 3-2-8 Page 1/3

1. *Généralités* :

- On appelle **générateur**, ou **dipôle actif,** un dipôle qui peut fournir de l'énergie électrique comme une pile ou une batterie de voiture.
- On appelle **dipôle passif**, un dipôle qui ne peut qu'absorber de l'énergie électrique. comme une ampoule, un radiateur.
- On appelle **récepteur** un dipôle qui reçoit de l'énergie électrique d'un autre dipôle générateur, comme un dipôle passif, mais aussi comme une batterie de voiture en train de se charger.

2. *Convention génératrice et réceptrice :*

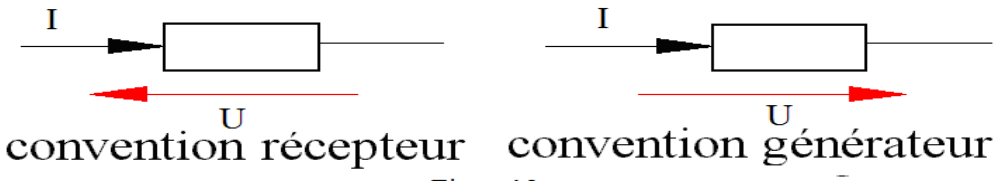
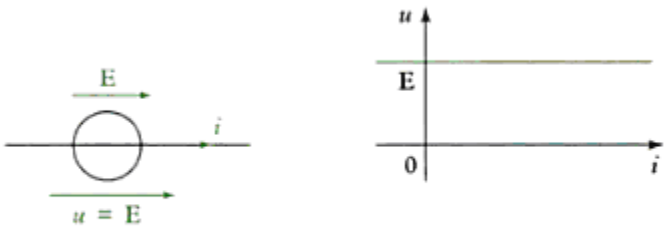


Figure19

- ***Générateurs idéaux :***

✓ *Générateur de tension idéal :*

Un générateur idéal de tension délivre une tension constante E quelle que soit i, positive ou négative, débité par celui-ci.



Schématisation d'un générateur idéal de tension et caractéristique en convention générateur.

Figure20

✓ *Générateur de courant idéal :*

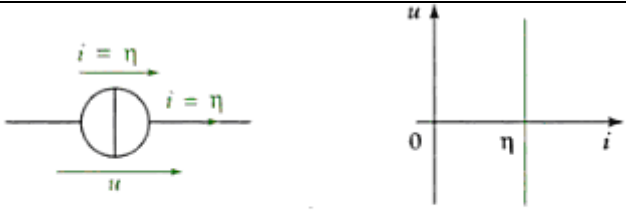
Un générateur idéal de courant délivre un courant d'intensité constante η quel que soit la tension, positive ou négative, aux bornes de celui-ci

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Electrocinétique : Générateurs et récepteurs

Code : MTPS 3-2-8 Page 2/3

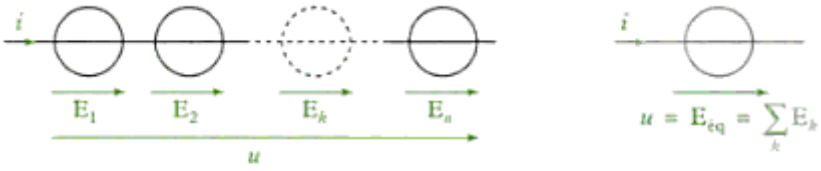


- Schématisation d'un générateur idéal de courant et caractéristique en convention générateur.

Figure21

3. Association des Générateurs idéaux :

3.1 Association série de Générateurs de tensions idéaux



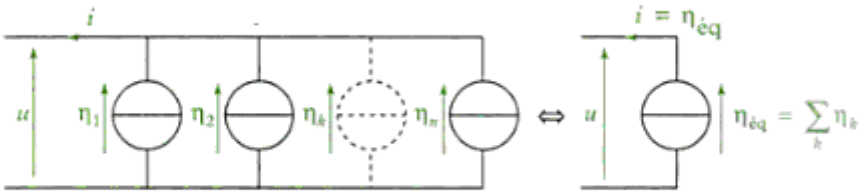
- Association série de *n* générateurs idéaux de tension et générateur équivalent.

Figure22

$$\mathbf{E_{éq}} = \sum_k \mathbf{E_k}.$$

3.2 Association parallèle de Générateurs de courants idéaux

• **Association parallèle de générateurs de courant idéaux**



- Association parallèle de *n* générateurs idéaux de courant et générateur équivalent.

Figure23

$$\eta_{éq} = \sum_k \eta_k.$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Electrocinétique : Générateurs et récepteurs

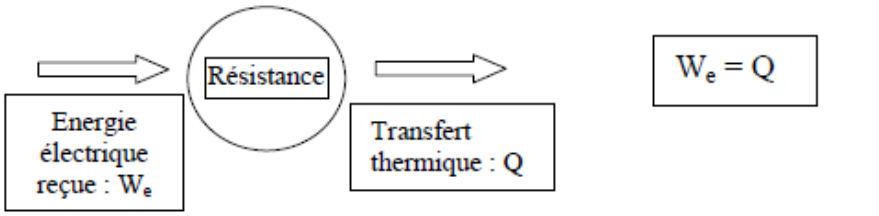
Code : MTPS 3-2-8 Page 3/3

4. Les récepteurs :

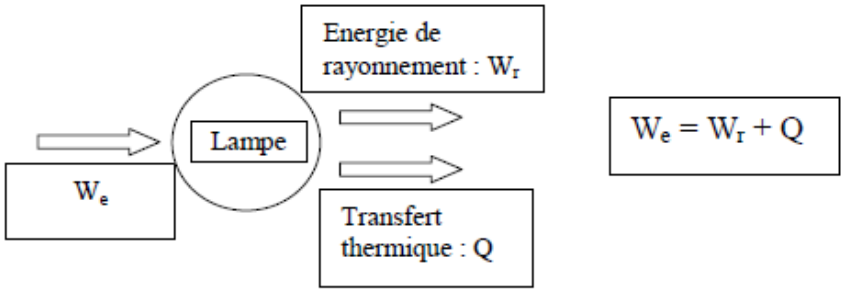
Un récepteur est un dipôle qui reçoit de l'énergie électrique et qui la convertit en une autre forme d'énergie.

5. Applications sur les récepteurs :

- La résistance :



- La lampe :



- Le moteur :

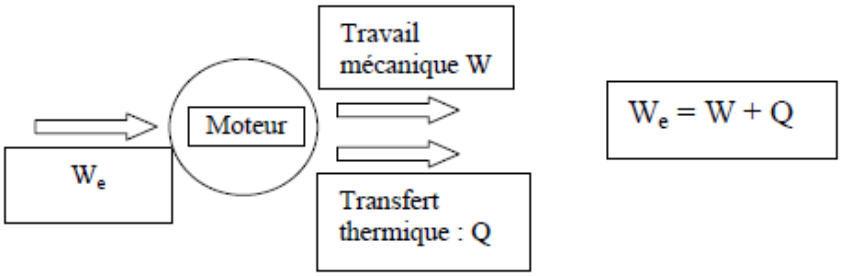


Figure24

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique
Electrocinétique : Circuits électriques
Code : MTPS 3-2-9 Page 1/9

1. *Généralités* :

Les lois de Kirchhoff sont des méthodes simples et efficaces pour la résolution des circuits électriques (pour calculer les tensions et les courants).

2. *Circuits électriques* :

Dans les installations électriques, les circuits électriques sont constitués de divers éléments.
Le **nœud** n est le point de convergence de 3 conducteurs ou plus.
La **branche** b regroupe les éléments situés entre 2 nœuds n et traversés par un même courant I.
La **maille** m est formée d'un ensemble de branches parcourues en partant d'un noeud n **pour** y revenir, sans passer 2 fois par la même branche.

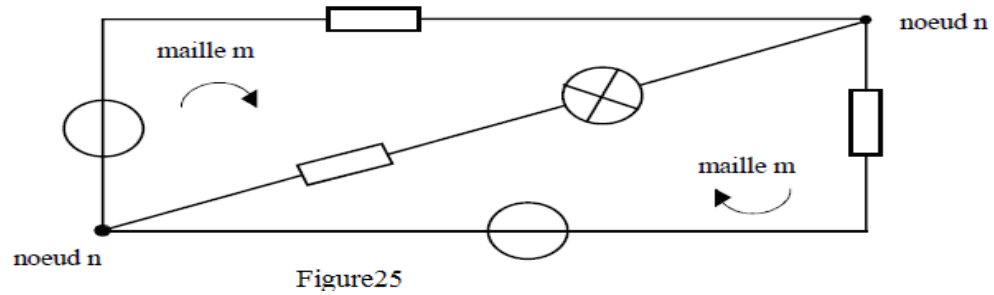


Figure25

3. *Lois de Kirchhoff pour les nœuds :*

Cette loi exprime la conservation des courants au niveau d'un nœud n.
La somme des courants au niveau du nœud est égale à zéro.

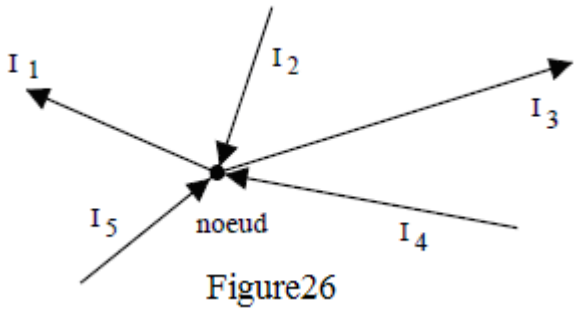


Figure26

Traduite mathématiquement par:

$$\sum I_n = 0$$

Ce schéma nous donne l'équation suivante : $I_2 + I_4 + I_5 + (-I_1) + (-I3) = 0$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique
Electrocinétique : Circuits électriques
Code : MTPS 3-2-9 Page 2/8

1. *Lois de Kirchhoff pour les mailles :*

Cette loi s'exprime comme suit :
La somme algébrique des différences de potentiel est égale à ZERO, au niveau de la maille.

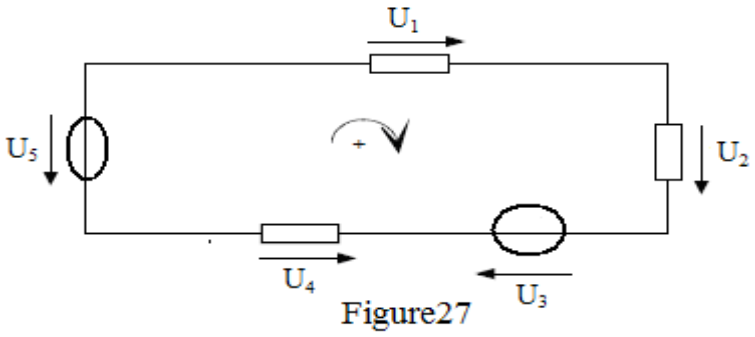


Figure27

:

Traduite mathématiquement par

$$\sum U_m = 0$$

Le sens horaire est défini comme positif.
Exemple d'équation de la maille 1 du circuit : U1 + U2 + U3 + (-U4) + (-U5) = 0

5. *Application de Lois de Kirchhoff :*

Soit le montage suivant :

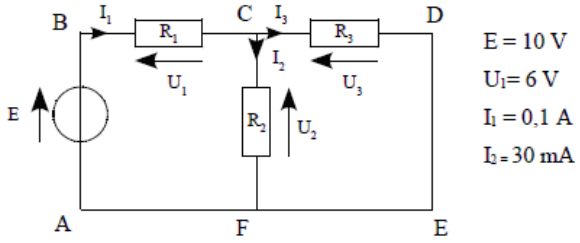


Figure28

1- Établir l'équation du noeud C.
2- En déduire l'expression de I_3 en fonction de I_1 et I_2.
3- Calculer I_3.
4- Établir l'équation de la maille (ABCFA).
5- En déduire l'expression de la tension U_2.
6- Calculer U_2.
7- Établir l'équation de la maille (CDEFC).
8- En déduire l'expression de U_3.
9- Calculer U_3.
10- Vérification de la loi des mailles
Établir l'expression de la maille (ABDEA) et montrer que $E = U_1 + U_3$.
11- Faire l'application numérique. La loi des mailles est-elle vérifiée?

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique
Electrocinétique : Circuits électriques
Code : MTPS 3-2-9 Page 3/9

Solution:

1) $I_1 = I_2 + I_3$.
2) $I_3 = I_1 - I2$.
3) $I_3 = 70$ mA
4) $E - U_1 - U_2 = 0$
5) $U_2 = E - U_1$
6) $U_2 = 4$ V
7) $U_3 + U_2 = 0$
8) $U_3 = U2$
9) $U_3 = 4$ V
10) $E - U1 - U3 = 0$ soit $E = U_1 + U_3$
11) $6 + 4 = 10$ V.

6. Principe de superposition :

Dans un circuit électrique linéaire comprenant plusieurs sources indépendantes, l'intensité de courant électrique dans une branche est égale à la somme algébrique des intensités produites dans cette branche par chacune des sources considérées isolement, les autres sources étant court-circuités.

7. Exercice d'application :

Soit le circuit suivant, on se propose de déterminer les intensités des courants dans les trois branches par la méthode de superposition.

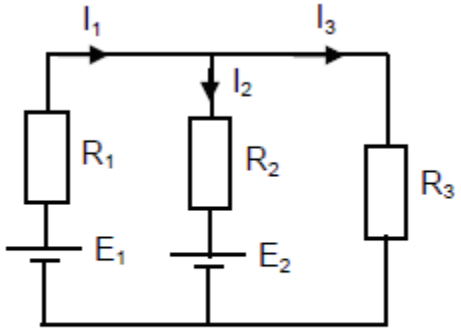


Figure29

Avec :

$R_1 = 2\ \Omega$; $R_2 = 5\ \Omega$; $R_3 = 10\ \Omega$; $E_1 = 20$ V ; $E_2 = 70$ V

Solution :

D'après le théorème de superposition, l'état initial est équivalent à la superposition des états distincts (1) et (2)

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Electrocinétique : Circuits électriques

Code : MTPS 3-2-9 Page 4/9

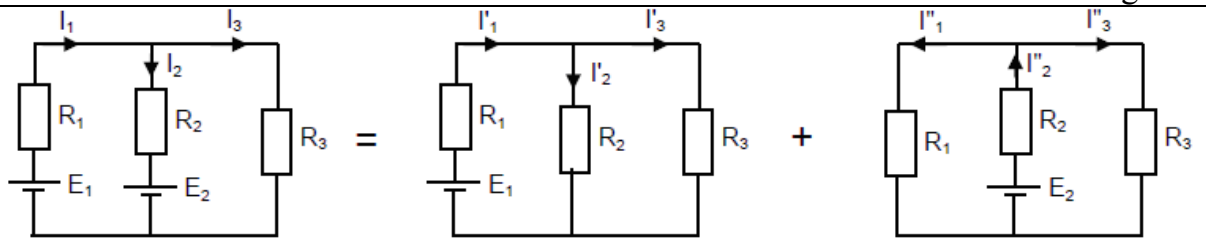


Figure30

Les courants réels I_1 ; I_2 et I_3 sont données par :

$$\begin{cases} I_1 = I'_1 - I''_1 \\ I_2 = I''_2 - I'_2 \\ I_3 = I'_3 + I''_3 \end{cases} \Rightarrow$$

Il faut donc calculer : $I'_1 ; I'_2 ; I'_3$ et $I''_1 ; I''_2 ; I''_3$

a) Calcul de I'_1 ; I'_2 et I'_3 dans le premier cas :

$$\begin{cases} I'_1 = \dfrac{E_1}{R_1 + \dfrac{R_2.R_3}{R_2+R_3}} = \dfrac{20}{2 + \dfrac{5\times 10}{15}} = 3{,}75\ A \\ I'_2 = \dfrac{R_3}{R_1+R_2}.I'_1 = 3{,}75.\dfrac{10}{15} = 2{,}5\ A \\ I'_3 = \dfrac{R_2}{R_2+R_3}.I'_1 = 3{,}75.\dfrac{5}{15} = 1{,}25\ A \end{cases}$$

b) Calcul de I''_1 ; I''_2 et I''_3 dans le deuxième état :

$$\begin{cases} I''_2 = \dfrac{E_2}{R_2 + \dfrac{R_1.R_3}{R_1+R_3}} = \dfrac{70}{5 + \dfrac{2\times 10}{12}} = 10{,}5\ A \\ I''_1 = \dfrac{R_3}{R_1+R_2}.I'_2 = 10{,}5.\dfrac{10}{12} = 8{,}75\ A \\ I''_3 = \dfrac{R_1}{R_1+R_3}.I''_2 = 10{,}5.\dfrac{2}{12} = 1{,}75\ A \end{cases}$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique
Electrocinétique : Circuits électriques
Code : MTPS 3-2-9 Page 5/9

c) Calcul de I_1 ; I_2 et I_3 dans l'état réel

$$\begin{cases} I_1 = I_1' - I_1'' = 3{,}75 - 8{,}75 = -5\ A \\ I_2 = I_2'' - I_2' = 10{,}5 - 2{,}5 = 8\ A \\ I3 = I_3' + I_3'' = 1{,}25 + 1{,}75 = 3\ A \end{cases}$$

Remarque :

I_1 est négatif, donc son vrai sens est l'inverse du sens choisi,

8. Théorème de Thenevin :

Le théorème de Thevenin permet de transformer un circuit complexe en un générateur de Thevenin dont :

- La valeur de la source de Thevenin ETh (UAB) est donnée par la mesure ou le calcul de la tension de sortie à vide (la charge étant débranchée),
- La valeur de la résistance interne RTh est mesurée ou calculée vues des bornes de sorties A et B, avec les conditions suivantes ;
  - ✓ La résistance de la charge est débranchée,
  - ✓ Court-circuiter les générateurs de tension, en gardant les résistances internes,
  - ✓ Débrancher les sources de courants.

9. Application :

On considère le circuit électrique donné par la figure suivante :
On donne : E = 8 V ; R1 = 4 Ω ; R2 = 12 Ω ; R3 = 9 Ω
Calculer le courant I qui traverse la résistance R3 en appliquant le théorème de Thevenin,

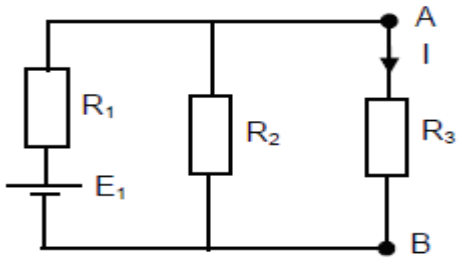


Figure31

Solution :

1) Calcul de ETh
On débranche la résistance R3, la configuration sera donc :

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique
Electrocinétique : Circuits électriques
Code : MTPS 3-2-9 Page 6/9

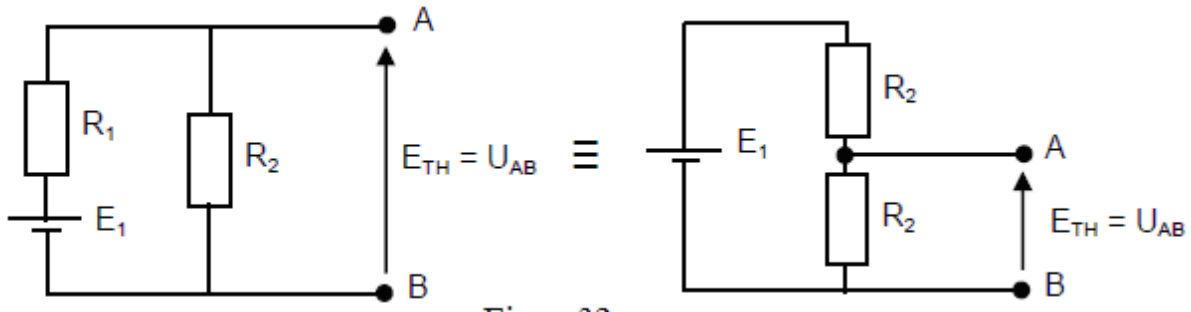


Figure32

$$E_{TH} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}.E_1 = \frac{12}{4+12} = 6V$$

2) Calcul de R_{Th}
R_3 étant toujours débranchée, on court-circuite E_1, la configuration sera donc :

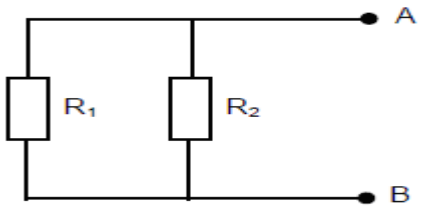


Figure33

$$R_{TH} = \frac{R_1.R_2}{R_1 + R_2} = \frac{4x12}{4+12} = 3\Omega$$

3) Calcul du courant I :

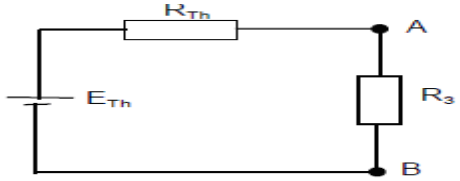


Figure34

$$I = \frac{E_{TH}}{R_{TH} + R_3} = \frac{6}{3+9} = 0.5A$$

10. *Théorème de Norton :*

Soit un dipôle linéaire quelconque. Il peut être ramené à une représentation de Norton, c'est-à-dire à une source de Norton avec une résistance (impédance) de sortie.

a. L'impédance de sortie de Norton est l'impédance du dipôle lorsque l'on ouvre toutes les sources de courant.

b. Le courant de la source de Norton est celui que l'on constate à la sortie du dipôle lorsque l'on court-circuite cette dernière.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique
Electrocinétique : Circuits électriques
Code : MTPS 3-2-9 Page 7/9

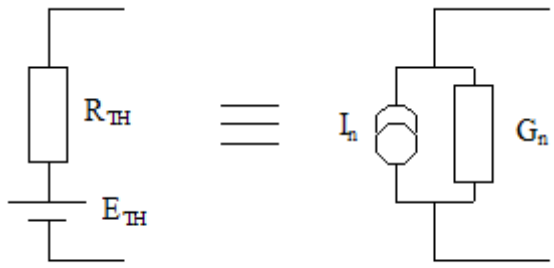


Figure35

I_n : Courant de Norton
G_n : Générateur de courant de Norton
E_{TH} : Générateur de tension de Thevenin
R_{TH} : Résistance de Thevenin

Si on connaît la résistance de thevenin R_{th}, on en déduit la résistance de thevenin G_n par la relation suivante :

$G_n = 1/R_{th}$

De même, si on connaît le générateur de thevenin E_{th} on en déduit le générateur de Norton In:

$I_n = E_{th}/R_{th}$

11. Théorème de Kenelly :

Le théorème de Kennelly, permet la transformation d'un montage de dipôles de type triangle en montage de type étoile ou visse versa. Ce théorème est utile dans le cas où l'on souhait simplifier des schémas. En réalité il s'agit surtout d'équations simples permettant une équivalence de montage.

Nous ne nous attarderons pas sur la démonstration mathématique mais allons directement nous intéresser à la formule finale :

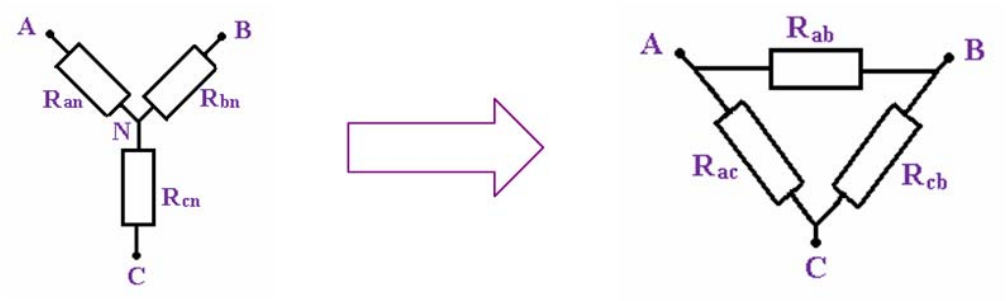
a. **Transformation** Y – Δ **:**

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Electrocinétique : Circuits électriques

Code : MTPS 3-2-9 Page 8/9



Lorsque l'on transforme le montage étoile (R_{an}, R_{bn}, R_{cn}) en montage triangle (Rab, Rac, R_{cb}) il en résulte :

$$R_{ab} = \frac{R_{an}R_{bn} + R_{an}R_{cn} + R_{bn}R_{cn}}{R_{cn}}, \quad R_{bc} = \frac{R_{an}R_{bn} + R_{an}R_{cn} + R_{bn}R_{cn}}{R_{an}},$$

$$R_{ca} = \frac{R_{an}R_{bn} + R_{an}R_{cn} + R_{bn}R_{cn}}{R_{bn}}$$

a. <u>Transformation Δ – Y :</u>

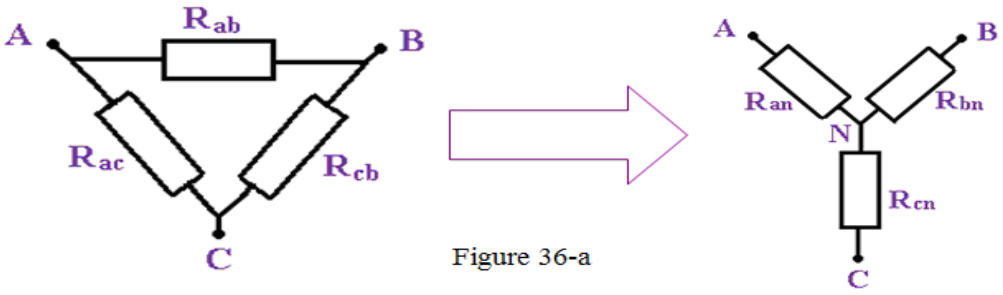


Figure 36-a

Lorsque l'on transforme le montage triangle (R_{ab}, R_{ac}, R_{cb}) en montage étoile (R_{an}, R_{bn}, R_{cn}) il en résulte :

$$R_{an} = \frac{R_{ab}.R_{ac}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ac}}, \quad R_{bn} = \frac{R_{ab}.R_{bc}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ac}}, \quad R_{an} = \frac{R_{ac}.R_{bc}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ac}}$$

<u>Exemple</u>

Calculer I avec E= 100V R_a=R_b=R_c= 66,6Ω ; R_d= 200Ω =R_e

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Electrocinétique : Circuits électriques

Code : MTPS 3-2-9 Page 9/9

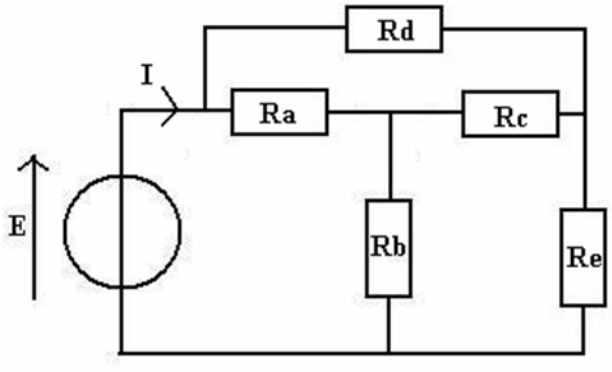


Figure 36-b

Solution ;

Nous allons simplifier le schéma en remplacent l'étoile (R_a, R_b et R_c) par un triangle (R_f, R_g et R_h). Parfois les montages sont très complexes ainsi il faut procéder méthodiquement, marquer les points de l'étoile (points verts), rayer les trois résistances à modifier puis relier les points avec de nouvelles résistances (R_f, R_g et R_h).

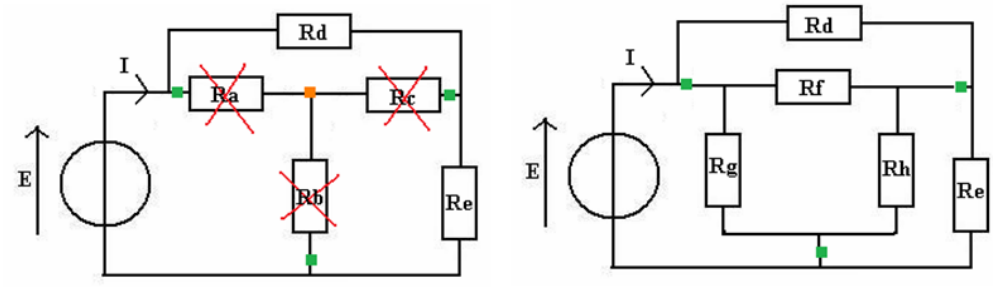


Figure 36-c

$$R_f = \frac{R_a R_b + R_b R_c + R_c R_a}{R_b} = 200\Omega.$$

$$R_g = \frac{R_a R_b + R_b R_c + R_c R_a}{R_c} = 200\Omega.$$

$$R_f = \frac{R_a R_b + R_b R_c + R_c R_a}{R_a} = 200\Omega.$$

$$R_{eg} = [(R_d \,//\, R_f) + (R_h \,//\, R_e)] \,//\, R_g = 100\Omega$$

$$I = \frac{E}{R_{eg}} = 1A.$$

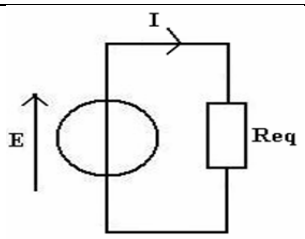


Figure 36-d

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique
Electrocinétique : Le condensateur

Code : MTPS 3-2-10 Page 1/4

1. *Généralités* :

Un condensateur est constitué de 2 armatures séparées par un isolant : le "***diélectrique***"

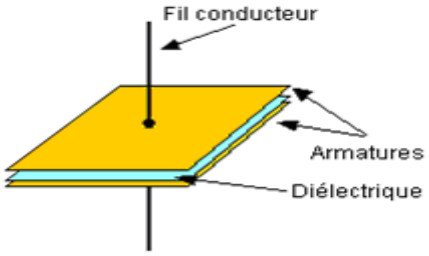


Figure37

2. *Symbole :* les symboles des condensateurs sont donnés par les schémas suivants :



Figure38

3. *Unité :* L'unité de mesure du condensateur est le Farad (F).

Le Farad est la capacité d'un condensateur électrique entre les armatures duquel apparait une différence de potentiel de 1V lorsqu'il est chargé d'une quantité d'électricité égale à 1 Coulomb.

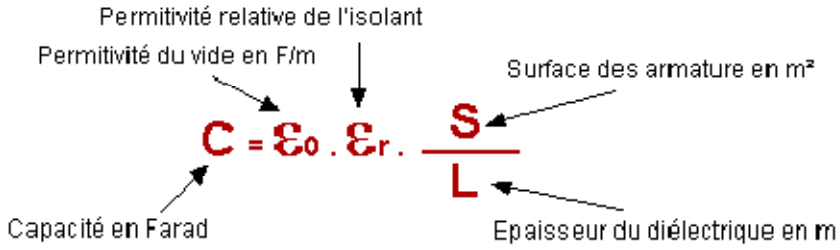
La relation donnant la capacité est exprimée par la formule :

$$C = \frac{Q}{V}$$

C=Capacité en Farad [F]
Q=Charge d'électricité en Coulomb[C]
V=La tension électrique en Volts [V]

4. *Caractéristique :*

La caractéristique principale d'un condensateur est sa capacité exprimée en farad



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique
Electrocinétique : Le condensateur
Code : MTPS 3-2-10 Page 2/4

Par commodité, les films métalliques et l'isolant sont enroulés ou juxtaposés en plusieurs couches.
Les condensateurs avec un diélectrique chimique sont polarisés.

Quelques types des condensateurs

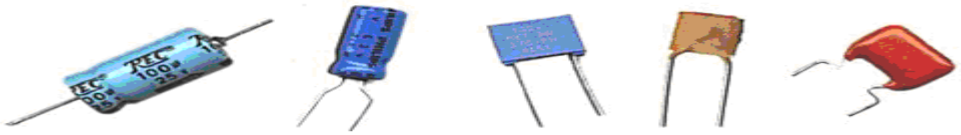


Figure39

❖ Constante de temps d'un condensateur

Un circuit RC est réalisé par la mise en série d'une résistance R et d'une capacité C.

On appelle Constante de temps d'un circuit RC, le produit RxC. La constante de temps est notée τ. τ=RxC .

τ est en seconde(s)
R est en ohm(Ω).
C est Farad(F).

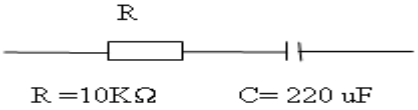


Figure40

Exemple :
Quelle est la constante de temps du circuit RC suivant ?
Réponse :.....

5. *Charge d'un condensateur* :

Dans le montage de la figure41, le condensateur C préalablement déchargé, est alimenté par une source de tension E, à travers une résistance R. A l'instant t=0, on ferme l'interrupteur K. Observons sur la figure 2 l'évolution de la tension U_c aux bornes du condensateur, après la fermeture de K

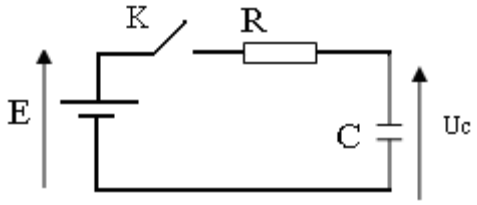


Figure41

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique
Electrocinétique : Le condensateur
Code : MTPS 3-2-10 Page 3/4

Remarque sur l'évolution de la tension Uc dans le temps :

- La tension U_c n'atteint pas instantanément la valeur E après la fermeture de l'interrupteur.
- La tension aux bornes du condensateur n'atteint 100٪ de la tension d'alimentation qu'au bout d'un temps égal à ,5 fois la constante de temps du circuit.
- L'évolution de U_c n'est pas linaire : il s'agit d'une courbe exponentielle.

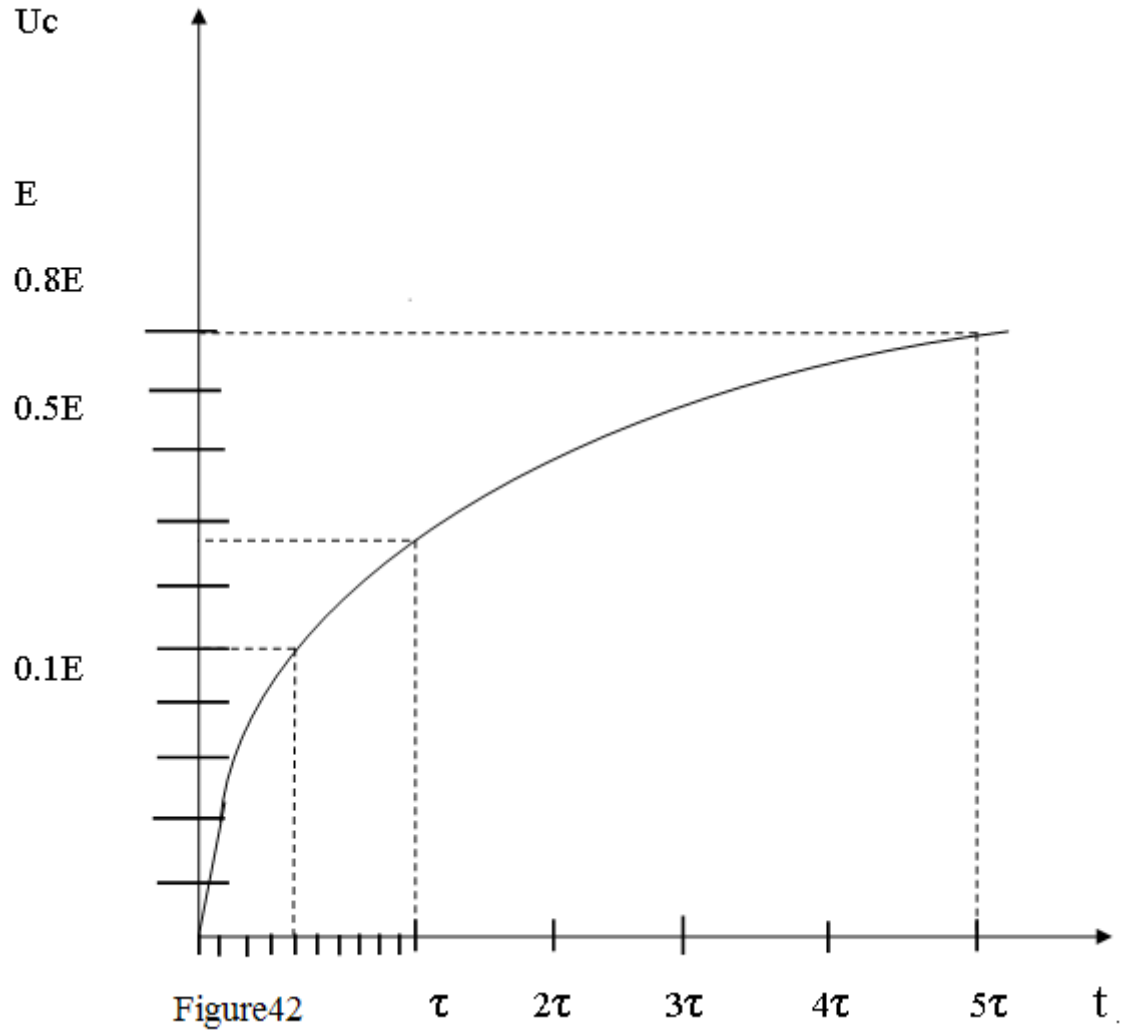


Figure42

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique
Electrocinétique : Le condensateur
Code : MTPS 3-2-10 Page 4/4

6. *Décharge d'un condensateur* :

Dans le montage de la figure2, le condensateur C préalablement chargé sous une tension E (K en position 1, et U_c=E).

A l'instant t=0, on bascule l'interrupteur K en position 2 : le condensateur se décharge alors à travers la résistance R, et la tension U_c diminue progressivement, en passant de la valeur E à la valeur 0v, comme le montre la courbe de la figure 43

Remarque sur l'évolution de la tension Uc dans le temps :

Tout comme la charge, la décharge du condensateur n'est pas linéaire, il s'agit encore d'une courbe de forme exponentielle.

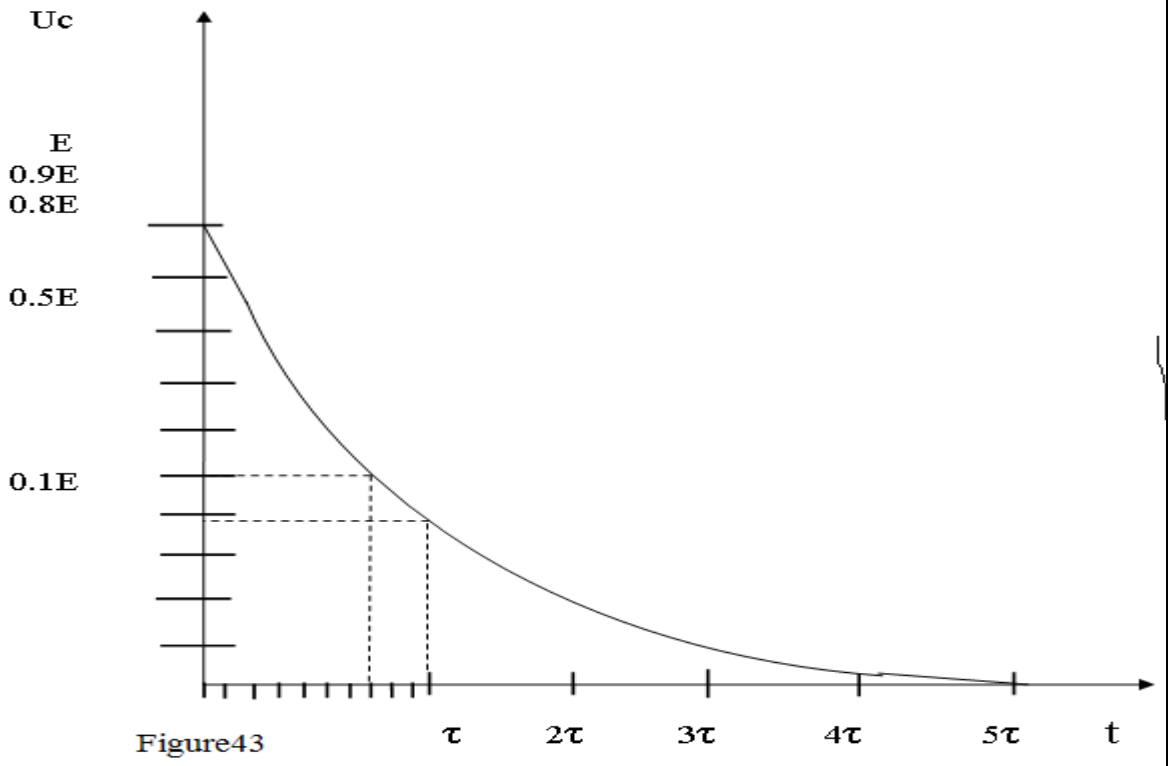


Figure43

Applications :

Il existe plusieurs applications du condensateur :

a. Le filtrage.
b. Les circuits à deux états (astable, monostable, bistable).
c. Des capteurs de niveau de liquide anti-remous

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Magnétisme et électromagnétisme : Relation d'Ampère

Code : MTPS 3-2-11 Page 1/1

1. Introduction :

Le magnétisme est la partie de la physique qui étude les effets magnétiques des courants électriques et des aimants.

2. Théorème d'Ampère :

Considérons un contour fermé (C) orienté. Le sens de la normale $\vec{n}$ la surface qui s'appuie sur le contour est donné par la règle de la main droite :

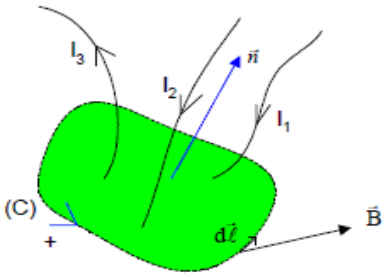


Figure44

La circulation du champ magnétique le long d'un contour fermé est égale à la somme des intensités algébriques des courants enlacés, multipliée par μ_0 :

$$C = \mu_0 \sum_j I_j$$

En toute rigueur, le théorème d'Ampère n'est valable que dans le vide. On peut cependant l'appliquer dans l'air.

Pour le schéma ci-dessus :

$$C = \mu_0 \sum_j I_j = \mu_0(-I_1 - I_2 + I_3)$$

3. Application :

Dans les circuits filiformes possédant des symétries géométriques, le théorème d'Ampère permet de calculer très rapidement l'intensité du champ magnétique (à condition de choisir judicieusement le contour fermé …).

Par exemple, reprenons le conducteur rectiligne infiniment long :

On choisit un contour fermé s'appuyant sur une ligne de champ. La circulation du champ magnétique $\vec{B}$ le long du contour fermé est donc :

$$C = \sum_{(C)} \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \sum_{(C)} B \cdot d\ell = B \sum_{(C)} d\ell = B 2\pi R$$

Appliquons le théorème d'Ampère :

$$C = \mu_0 I \qquad \text{soit : } B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Magnétisme et électromagnétisme : Induction et excitation magnétique

Code : MTPS 3-2-12 Page 1/1

1. Introduction :

phénomène d'induction électromagnétique (ou induction magnétique ou, simplement, induction) a pour résultat la production d'une différence de potentiel aux bornes d'un conducteur électrique soumis à un champ électromagnétique variable.

Ce principe est utilisé dans les transformateurs électriques entre autres applications.

2. Champ d'induction magnétique $\vec{B}$:

Le champ d'induction magnétique $\vec{B}$ traduit l'effet du déplacement des charges électriques. Si un courant constant traverse un conducteur électrique de longueur élémentaire dl, on écrit localement la **loi de Biot et Savart :**

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\vec{dl}\wedge\vec{u}}{r^2}$$

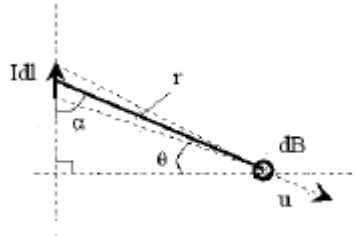


Figure45

Avec $\vec{dl}$: longueur du circuit soumis au courant I, orienté dans le sens de I.

r : distance de l'élément $\vec{dl}$ au point d'expression de l'induction $\vec{dB}$, portée par le vecteur $\vec{u}$ (vecteur unité allant de $\vec{dl}$ vers le point d'expression de $\vec{dB}$).

μ_o :perméabilité magnétique du vide ($\mu_o = 4\pi.10^{-7}$ U.S.I.).

3. Champ d'excitation magnétique $\vec{H}$:

Le champ d'excitation $\vec{H}$ rend compte de l'influence du milieu magnétique sur les grandeurs. Il s'exprime en Ampères par mètre.

Dans le vide ou dans l'air : l'induction et l'excitation magnétique sont colinéaires :

$$\vec{B} = \mu_o \vec{H}$$

Au sein d'un matériau magnétique : il en est de même. Mais on fait intervenir la perméabilité relative du matériau μ_r:

$$\vec{B} = \mu_o \mu_r \vec{H}$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Magnétisme et électromagnétisme : Induction et excitation magnétique

Code : MTPS 3-2-12 Page 2/2

1. Flux d'induction magnétique :

Le flux du vecteur d'induction magnétique $\vec{B}$ à travers une surface fermée (S) est définie par : $d\Phi = \vec{B}.d\vec{S}$

$$\Phi_S = \iint_{(S)} \vec{B}.\vec{n}\, dS$$

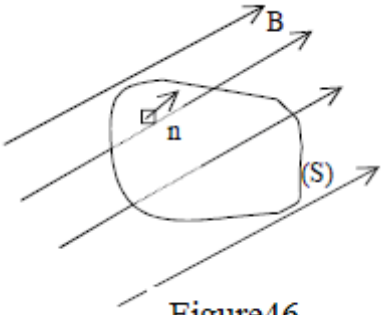


Figure46

Unité : weber (Wb)

Remarque :

Le flux à travers un circuit électrique correspond au flux à travers la surface que délimite ce circuit.

2. Application :

Les lignes de champ des vecteurs $\vec{B}$ et $\vec{H}$ sont des cercles dont l'axe est le conducteur électrique. Nous allons prendre comme contour fermé une ligne de champ située à une distance R. Sur ce contour, le champ est constant.

Cas du fil infini :

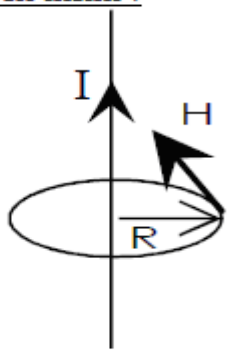


Figure47

$$\oint_C \vec{H}.\vec{dl} = I = H * 2\pi R$$

$$H = \frac{I}{2\pi R}$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Magnétisme et électromagnétisme : Circuit magnétique

Code : MTPS 3-2-13 Page 1/3

1. Introduction :

Ils sont basés sur l'utilisation de matériaux ferromagnétiques avec comme but d'obtenir un champ d'induction B dans une zone précise (entrefer). Pour ce faire, on crée un champ d'excitation H à l'aide de bobinage puis on le canalise vers la zone d'utilisation (entrefer).

2. Constitution :

On peut résumer un circuit magnétique à cette géométrie :

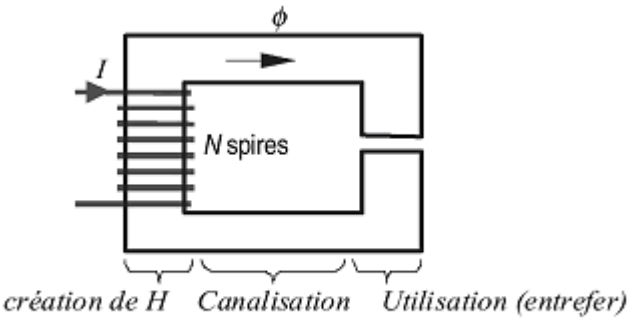


Figure48

On retrouve trois éléments :

a) : Le bobinage qui génère l'excitation et donc le champ

b) : la culasse qui dirige le champ H vers la zone utile. La culasse **impose** le parcours du champ magnétique de part sa grande perméabilité par rapport à l'air. Le matériau qui compose la « culasse » se comporte comme un tube de champ.

c) : l'entrefer où l'on souhaite utiliser le champ. L'entrefer est la zone d'interaction avec l'extérieur.

3. Applications :

➢ Exemple 1 : Cas d'un circuit magnétique sans entrefer

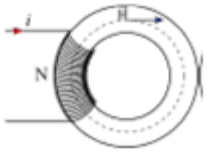


Figure49

D'après le théorème d'Ampère : HL = NI

L : longueur moyenne des lignes de champ (m)

(L=2πR)

N : nombre de spires de la bobine

I : courant dans la bobine (A)

H : excitation magnétique (A/m)

La valeur du champ magnétique est donc : B $\mu_o\mu_r$NI / L

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

➢ *Exemple 2 :* circuit magnétique avec entrefer

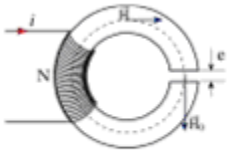
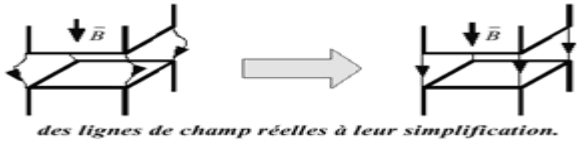


Figure50

D'après le théorème d'Ampère:

$H(L-e) + H_0 . e = N.I$

L : longueur moyenne des lignes de champ (m)
e : longueur de l'entrefer (m)
N : nombre de spires de la bobine
I : courant dans la bobine (A)
H : excitation magnétique dans la matière (A/m)
H_0 : excitation magnétique dans l'entrefer (A/m)
En considérant le circuit magnétique parfait, on peut considérer que le ligne de champ reste dans l'alignement du matériau magnétique :



des lignes de champ réelles à leur simplification.

Figure51

Loi de conservation du flux $\Rightarrow B_{mat}=B_{air} \Rightarrow \mu_0.\mu_r.H = \mu_0.H_0 \Rightarrow \mu_r.H = H_0$

$\mu r \approx 1000$ pour du fer. H_0 est 1000 fois plus important que H

$$B = \frac{\mu_o NI}{\frac{L-e}{\mu_r}+e}$$

4. *Analogie magnétique – Electrique :*

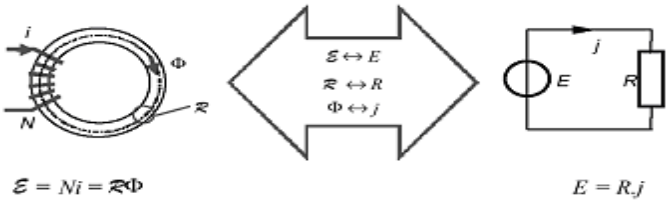


Figure52

$U = RI \Leftrightarrow \xi = \Re\Phi$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Magnétisme et électromagnétisme : Circuit magnétique

Code : MTPS 3-2-13 Page 3/3

Le tableau ci-dessous résume l'analogie Magnétique/Electrique :

Grandeurs magnétiques	Grandeurs électriques
force magnétomotrice : $\xi = NI$ A/m	**force électromotrice** : E en Volts (V)
flux d'induction : Φ en Webers (Wb)	**Courant électrique** : i en Ampères (A)
Réluctance : $\Re = \frac{1}{\mu_0 \mu_r} \frac{l}{S}$	**Résistance** : $R = \rho \frac{l}{S}$
ddp magnétique : $\upsilon = \Re \phi$	**ddp électrique** : $U = RI$
maille magnétique : $\sum \upsilon maille$	**Maille électrique** : $\sum U maille = 0$
nœud magnétique : $\sum \phi$ *nœud*	**nœud électrique** : $\sum I nœud = 0$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Magnétisme et électromagnétisme : Force et travail électromagnétique

Code : MTPS 3-2-14 Page 1/1

1. *Force et travail électromagnétique :*

Un conducteur parcouru par un courant électrique et placé dans un champ magnétique est soumis à une force électromagnétique ou force de Laplace.

Le sens de la force de Laplace dépend du sens du courant dans le conducteur et de l'orientation

du vecteur champ magnétique $\vec{B}$

$$F = I.l.B.\sin\alpha$$

F : valeur de la force en N

I : intensité du courant en A

a : angle entre (MN) et $\vec{B}$

l : longueur de la portion MN de conducteur (située dans le champ magnétique) en m

Règles d'orientation :

a. *Règle des trois doigts de la main droite :*

Pouce : sens de la force de Laplace (***Pou**ce et **Pou**sse*)

Index : sens du courant (***In**dex et **In**tensité*)

Majeur : sens du vecteur champ magnétique (***Ma**jeur et **Ma**gnétique*)

b. *Règle du bonhomme d'Ampère*

L'observateur d'Ampère est allongé sur le conducteur, le courant

entrant dans ses pieds et sortant par sa tête.

Il regarde dans la direction et le sens de $\vec{B}$ Son bras gauche donne le sens de $\vec{F}$

c. *Règle de la main droite* :

Le courant entre par le poignet et sort par les doigts

Le vecteur $\vec{B}$

''traverse'' la main en sortant par la paume

Le pouce donne le sens de $\vec{F}$

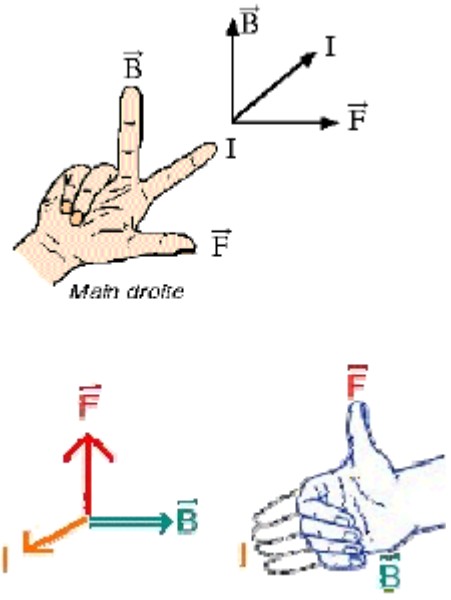


Figure53

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Magnétisme et électromagnétisme : Auto-induction – induction mutuelle

Code : MTPS 3-2-15 Page 1/2

1. Auto induction :

De même, le courant variable qui circule dans un circuit, provoque un flux magnétique variable au travers de celui-ci et donc une f.é.m. induite :

$$\xi_1 = -N_1 \frac{d\phi_{11}}{dt},$$

et :

$$N_1 \phi_{11} = L I_1,$$

L est l'*inductance* du circuit (en henry H).

La fem auto-induite s'écrit donc :

$$\boxed{\xi_1 = -L \frac{dI_1}{dt}}$$

L'auto-inductance d'un circuit dépend de ses dimensions et de sa forme géométrique. Elle est indépendante du courant qui circule dans le circuit et permet de relier directement la f.é.m. induite à la variation de ce courant.

2. Induction mutuelle :

Lorsqu'on place deux bobine à proximité l'une de l'autre, un courant variable I_1 circulant dans la première crée un champ magnétique variable B_1 . Le flux variable de ce champ magnétique B_{1i} au travers des spires du deuxième circuit, ϕ_{21}, induit une f.é.m., ξ_2, aux bornes de ce deuxième circuit :

$$\xi_2 = -N_2 \frac{d\phi_{21}}{dt}$$

où N_2 est le nombre de spires du deuxième circuit.

Le flux total de B_1 au travers du deuxième circuit est proportionnel au courant I_1 qui le créé :

$$N_2 \phi_{21} \propto I_1$$

On pose

$$N_2 \phi_{21} = M I_1,$$

:

où la constante de proportionnalité, M, est appelée inductance mutuelle (à ce stade, il faudrait écrire M_{21} mais on peut montrer que l'inductance mutuelle du circuit 2 sur le circuit 1, $M_{12} = M_{21} = M$).

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Magnétisme et électromagnétisme : Auto-induction – induction mutuelle

Code : MTPS 3-2-15 Page 2/2

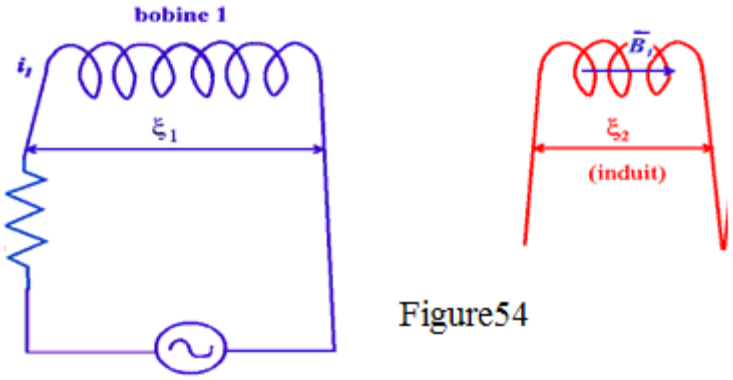


Figure54

$$\xi_2 = -M \frac{dI_1}{dt}$$

Remarque :

L'inductance mutuelle de deux circuits dépend de leurs dimensions, de leur forme géométrique et de leurs positions relatives ; elle est indépendante des courants qui circulent dans les deux circuits.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Magnétisme et électromagnétisme : induction électromagnétique

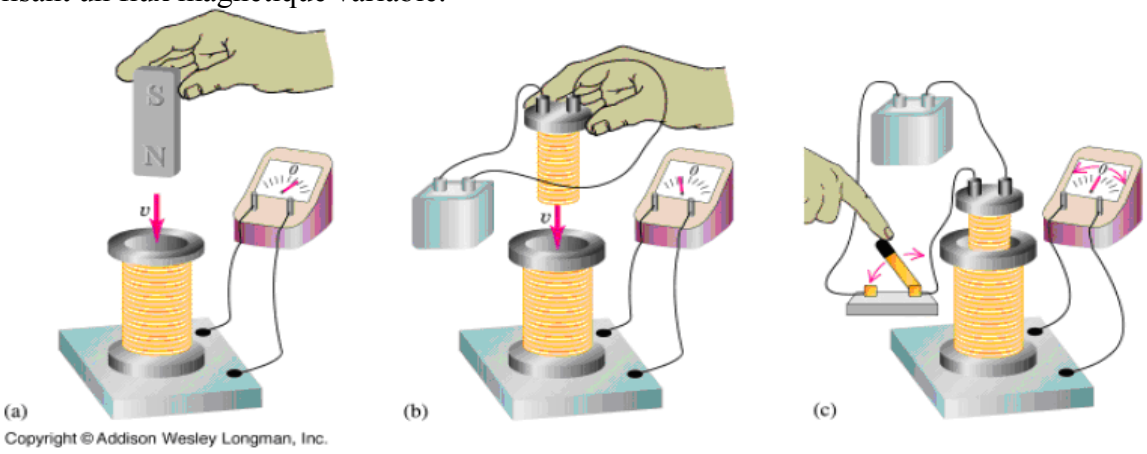
Code : MTPS 3-2-16 Page 1/2

1. Généralités :

C'est en 1831 que ***Michael Faraday*** découvre le phénomène d'induction, il découvre qu'un courant électrique est créé dans un conducteur lorsqu'il est soumis à un champ magnétique variable.

2. Définition :

L'induction électromagnétique est la création d'une source de tension dans un circuit en utilisant un flux magnétique variable.



(a) déplacement d 'un aimant (b) déplacement d 'une bobine (c) variation de courant

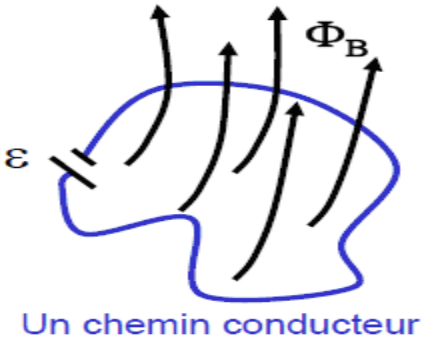
Figure55

3. Amplitude de la tension induite :

L'amplitude de la tension induite est égale à la variation du flux magnétique par rapport au temps :

$$e = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

Figure56



4. Convention :

Convention pour attribuer le signe à la f.é.m. :

_ le pouce de la main droite indique la variation du champ magnétique

_ l'index la polarité positive de la f.é.m.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Magnétisme et électromagnétisme : induction électromagnétique

Code : MTPS 3-2-16 Page 2/2

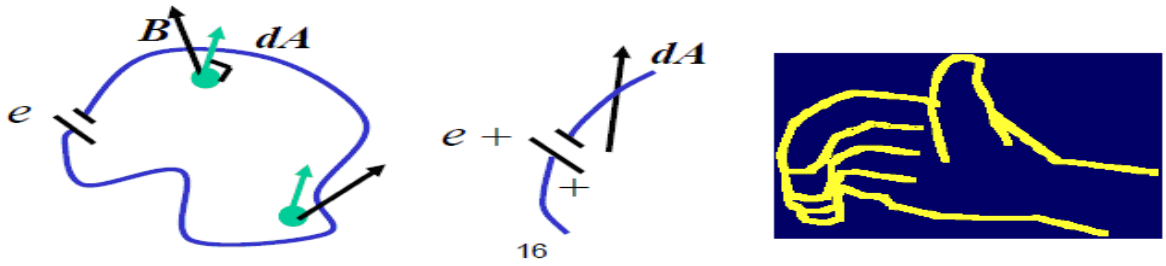


Figure56

5. *Effet de la tension induite :*

La tension induite s'oppose à la cause qui lui a donné naissance.
La tension induite crée un courant induit qui génère un champ magnétique induit qui s'oppose au champ magnétique original.

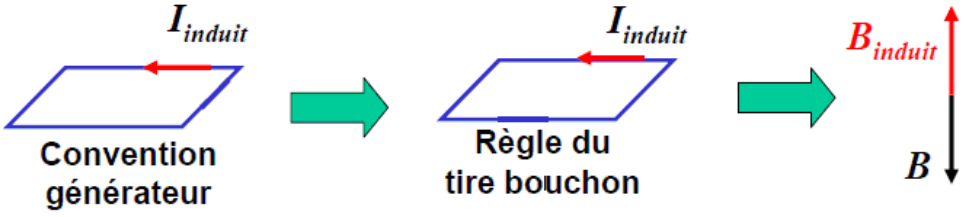


Figure57

6. *Applications de l'induction :*

✓ *Générateur alternatif*

(Ex : Centrale hydraulique)
L'eau tourne une roue
*/ qui tourne un électro-aimant
*/ ce qui change le flux
*/ et induit une fém

✓ *Microphone dynamique*

(Ex. : certains téléphones)
Le son
*/ crée des variations de pression
*/ qui font osciller le diaphragme et la bobine
*/ ce qui fait varier le flux
*/ ce qui crée une fém variable qui «suit» le son

✓ *Lecture d'un ruban magnétique, d'un disque dur de basse densité, d'une carte de débit ou de crédit…*

*/ L'information prend la forme d'une aimantation variable d'un matériau magnétisable qui recouvre la surface du ruban, du disque…
*/ De minuscules bobines réagissent aux changements de flux quand la surface défile sous elles ou quand elles se déplacent sur la surface.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Le courant alternatif : Généralités sur les grandeurs sinusoïdales

Code : MTPS 3-2-17 Page 1/3

1. Définitions :

Une grandeur alternative sinusoïdale est une grandeur périodique dont la valeur instantanée est une fonction sinusoïdale du temps :

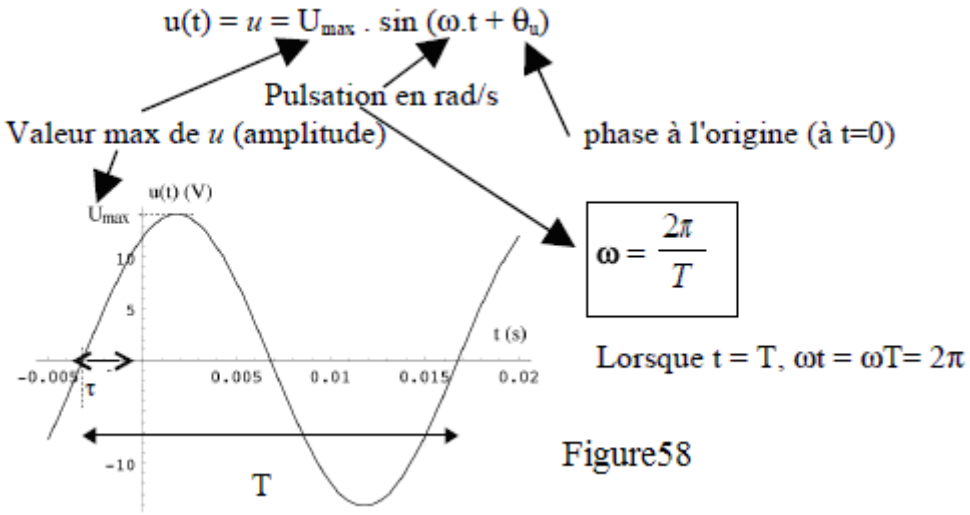


Figure58

2. Propriété :

Valeur moyenne	$\langle u \rangle = 0$
Valeur efficace	$U = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$

3. Représentation de Fresnel :

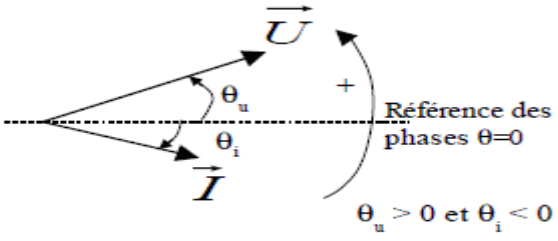


Figure59

On associé à chaque grandeur sinusoïdale (u(t),i(t)) un vecteur tournant à la pulsation ω :

U(t)=U sin(ωt+θ$_u$) est associée au vecteur $\vec{U}$

i(t)=I sin(ωt+θ$_u$) est associée au vecteur $\vec{I}$

Il faut choisir une échelle de représentation et le module de chaque vecteur égal la valeur

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

efficace du signale sinusoïdal correspondant.

4. Déphasage :

Considérons le dipôle linéaire représenté ci-dessous dans lequel on a :

$u(t) = U\sqrt{2}\sin(\omega t + \theta_u)$ avec $\theta_u = \frac{\pi}{2}$

et $i(t) = I\sqrt{2}\sin(\omega t + \theta_i)$ avec $\theta_i = \frac{\pi}{6}$

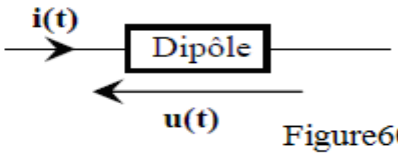


Figure60

La figure ci-dessous représente le chronogramme et la représentation de Fresnel associée :

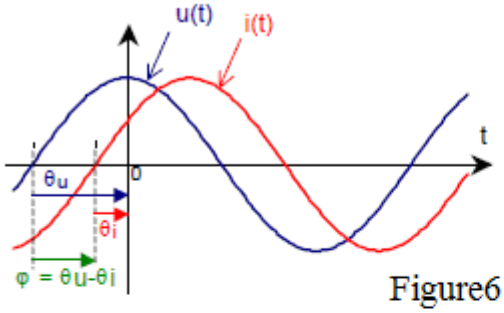
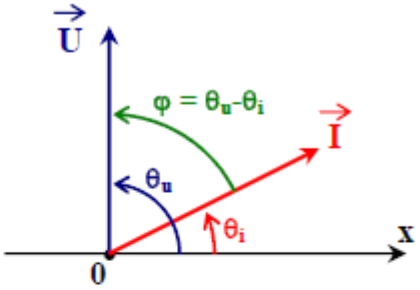


Figure61



Si on s'intéresse au retard de **i** par rapport à **u**, on peut définir la grandeur $\varphi = \theta_u - \theta_i$.
Dans notre exemple, on a $\varphi = \theta_u - \theta_i = \pi/2 - \pi/6 = \pi/3$.
⇒ On dira que le courant est en retard de $\pi/3$ par rapport à la tension.

a. Définition

On appelle **déphasage** φ de la tension **u** par rapport au courant **i**, la différence entre la phase à l'origine θ_u de **u** et la phase à l'origine θ_i de **i**. $\boxed{\varphi = \theta_u - \theta_i}$

Remarque : $\varphi > 0$ ⇒ i est en "retard" par rapport à u.

b. Cas particuliers

① $\varphi = 0$ rad ⇒ u et i sont **en phase**

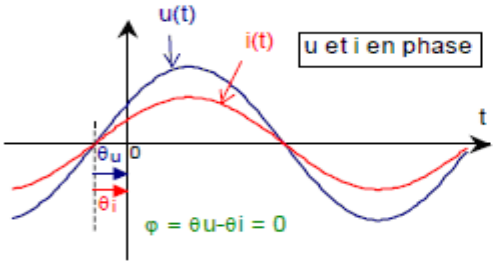
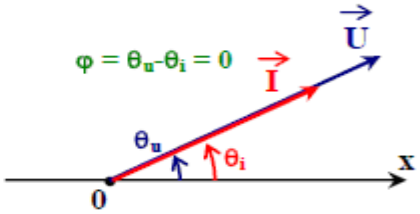


Figure62



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Le courant alternatif : Généralités sur les grandeurs sinusoïdales

Code : MTPS 3-2-17 Page 3/3

② $\varphi = \pi$ rad ⇒ u et i sont **en opposition de phase**

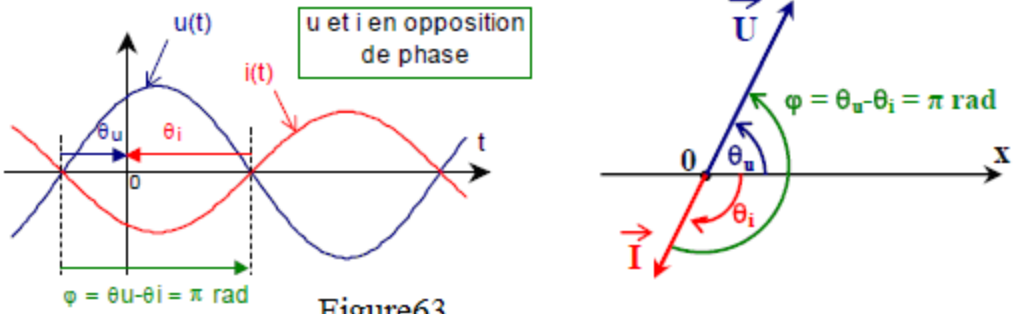


Figure63

③ $\varphi = \frac{\pi}{2}$ rad ⇒ i est en **quadrature retard** par rapport à u

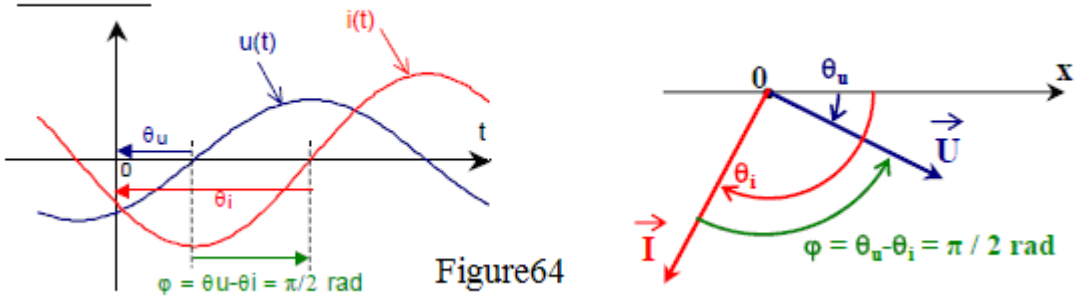


Figure64

④ $\varphi = -\frac{\pi}{2}$ rad ⇒ i est en **quadrature avance** par rapport à u

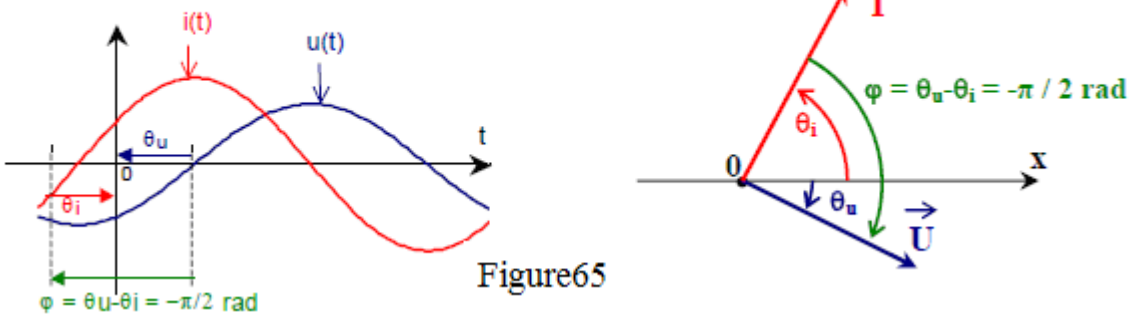


Figure65

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Le courant alternatif : Courant et tension sinusoïdaux

Code : MTPS 3-2-18 Page 1/4

1. méthode de FRESNEL :

On représente les vecteurs associés aux grandeurs :

$$i(t) = I_{max}\cos \omega t$$

et

$$u(t) = U_{max}\cos(\omega t+\varphi)$$

- cas d'une résistance :

$$U_{max} = RI_{max}$$

$$\varphi = 0$$

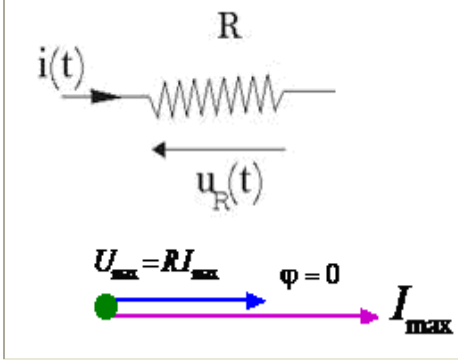


Figure66

- cas d'une bobine parfaite :

$$U_{max} = I_{max}.L\omega$$

$$\varphi = \frac{\pi}{2}$$

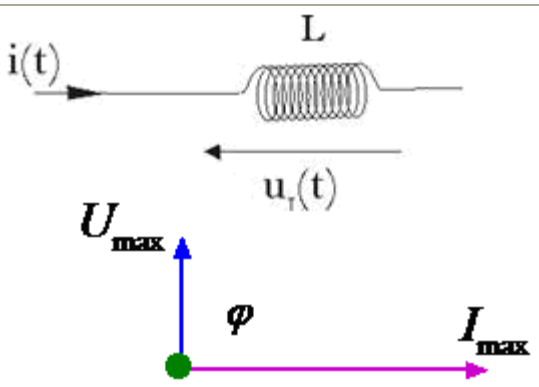


Figure67

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Le courant alternatif : Courant et tension sinusoïdaux

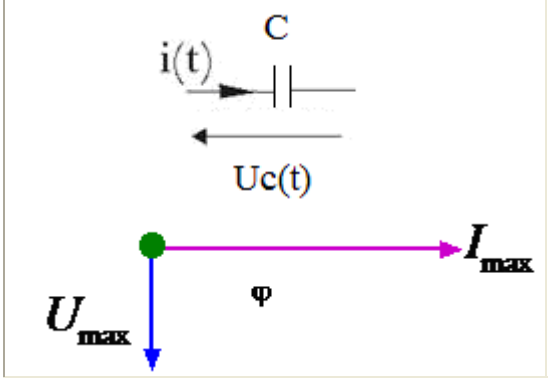
Code : MTPS 3-2-18 Page 2/4

- cas d'un condensateur :

$$U_{max} = \frac{I_{max}}{C\omega}$$

$$\varphi = -\frac{\pi}{2}$$

Figure68



2. Application :

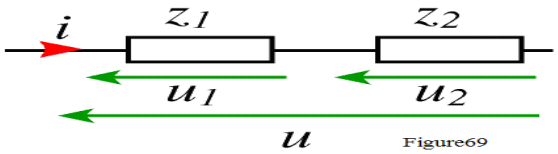


Figure69

Loi des mailles instantanée : $u = u_1 + u_2$ avec $u_1(t) = U_1\sqrt{2}\sin(\omega t + \theta_1)$ et $u_2(t) = U_2\sqrt{2}\sin(\omega t + \theta_2)$

Remarque : u à la même période que u_1 et u_2.

Loi des mailles vectorielle : $\boxed{\vec{U} = \vec{U}_1 + \vec{U}_2}$ avec $\vec{U}_1$ $(U_1 ; \theta_1)$ et $\vec{U}_2$ $(U_2 ; \theta_2)$

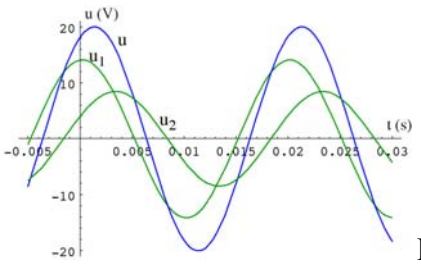


Figure70

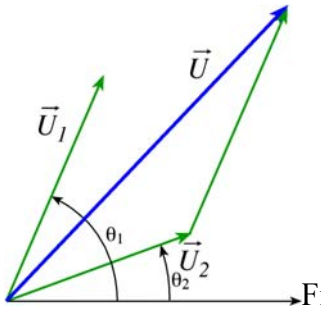


Figure71

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique
Le courant alternatif : Courant et tension sinusoïdaux
Code : MTPS 3-2-18 Page 3/4

En aucun cas il ne faut faire la somme algébrique des valeurs efficaces U_1 et U_2.
$U \neq U_1 + U_2$.

3. Représentation complexe :

Si on considère un dipôle d'impédance *z*.

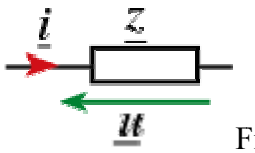


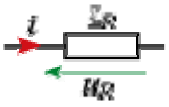
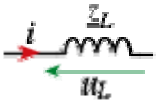
Figure72

L'impédance complexe s'exprime : $\underline{z} = Z e^{j\varphi}$ en ohms (Ω

Z est l'impédance en ohms (Ω)

φ est le déphasage provoquée par le dipôle entre la tension aux bornes du dipôle et le courant qui le traverse (en radians - rad).

Ce qui donne pour les dipôles R, L et C

	Résistance	Inductance	Capacité
			
Impédance (Ω)	$Z_R = R$	$Z_L = L\omega$	$Z_C = \frac{1}{C\omega}$
Déphasage (rad)	$\varphi_R = 0$	$\varphi_L = +\frac{\pi}{2}$	$\varphi_C = -\frac{\pi}{2}$
Impédance complexe (Ω)	$\underline{z}_R = R$ *réel pur*	$\underline{z}_L = jL\omega$ *imaginaire pur*	$\underline{z}_C = -j\frac{1}{C\omega}$ *imaginaire pur*
Admittance complexe (Siemens - S)	$\underline{y}_R = \frac{1}{R}$ *réel pur*	$\underline{y}_L = -j\frac{1}{L\omega}$ *imaginaire pur*	$\underline{y}_C = jC\omega$ *imaginaire pur*

Remarque : l'admittance *Y* est l'inverse de l'impédance *Z*.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Le courant alternatif : Courant et tension sinusoïdaux

Code : MTPS 3-2-18 Page 4/4

4. Exercice d'application :

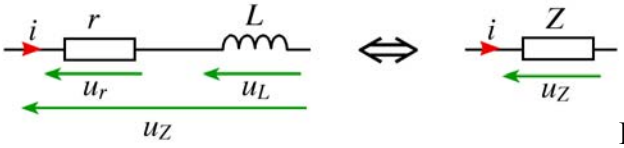


Figure73

Donner l'impédance équivalente.

Donner le module de l'impédance équivalente

Solution :

Il faut connaître l'expression de Z en fonction de r et L.

ω est la pulsation en rad.s-1

l'impédance équivalente est : $\underline{Z} = r + jL\omega$

Le module de l'impédance équivalente est : $Z = \sqrt{r^2 + (L\omega)^2}$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Le courant alternatif : Etude du circuit RLC

Code : MTPS 3-2-19 Page 1/4

1. Généralités sur le circuit RLC :

En électrocinétique, un circuit RLC est un circuit linéaire contenant une résistance électrique, une bobine (inductance) et un condensateur (capacité).

Il existe deux types de circuits RLC série ou parallèle, selon l'interconnexion des trois types de composants. Le comportement d'un circuit RLC est généralement décrit par une équation différentielle du second ordre (là où des circuits RL ou circuits RC se comportent comme des circuits du premier ordre).

2. Circuit d'étude :

Menons l'étude du courant i(t) pour les réseaux de la Figure 1 où le signal ue(t) est un échelon de tension d'amplitude E, c'est à dire une tension nulle avant t = 0 et valant E ensuite

Analysons le comportement du circuit RLC de lorsque l'on applique un échelon de tension d'amplitude E.

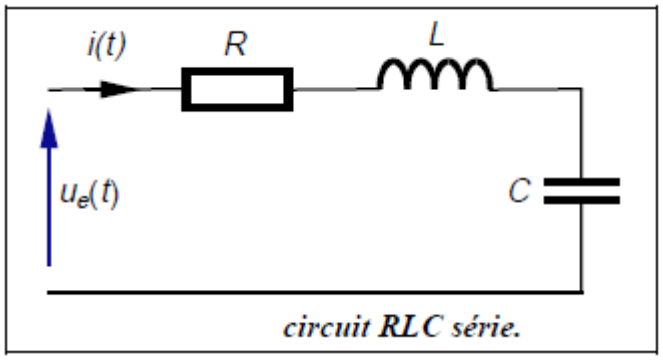


Figure74

Equation : ue(t) - Ri(t) - uL(t) - uc(t) = 0,
ce qui fournit : LCi"(t) + RCi'(t) + i(t) = 0
L'équation est bien celle d'un circuit du second ordre qu'il ne reste qu'à résoudre.

La mise en équation conduit à :

$$\frac{d^2i(t)}{dt^2}+\frac{R}{L}\frac{di(t)}{dt}+\frac{1}{LC}i(t)=\frac{1}{L}\frac{du_e(t)}{dt}$$

Après $t=0$: $\frac{d^2i(t)}{dt^2}+\frac{R}{L}\frac{di(t)}{dt}+\frac{1}{LC}i(t)=0$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique
Le courant alternatif : Etude du circuit RLC
Code : MTPS 3-2-19 Page 2/4

a) Solution générale sans second membre :

Equation caractéristique :

$$LCr^2 + RCr + 1 = 0$$

Dans ces conditions, on pose :

$$RC = \tau\ (= 2z/\omega_0) \text{ et } LC = 1/\omega_0^2.$$

$$\Delta = R^2C^2 - 4LC = \tau^2 - \frac{4}{\omega_0^2}.$$

- 1er cas : $\Delta > 0$, donc $\tau^2 > 4/\omega_0^2$, soit $\tau > 2/\omega_0$ car les grandeurs sont positives.

$$r_1 = \frac{\tau\omega_0{}^2}{2}\left(-1-\sqrt{1-\frac{4}{\tau^2\omega_0{}^2}}\right) < 0 \text{ et } r_2 = \frac{\tau\omega_0{}^2}{2}\left(-1+\sqrt{1-\frac{4}{\tau^2\omega_0{}^2}}\right) < 0 \text{ donc } \boxed{i(t) = K_1e^{r_1t} + K_2e^{r_2t}}$$

- 2ème cas : $\Delta = 0$, donc $\tau^2 = 4/\omega_0^2$, soit $\tau = 2/\omega_0$. $r = -\omega_0$ donc $\boxed{i(t) = (K_1 + K_2t)e^{-\omega_0 t}}$

- 3ème cas : $\Delta < 0$, donc $\tau^2 < 4/\omega_0^2$.

$$r_1 = -\frac{\tau\omega_0{}^2}{2} - j\omega_0\sqrt{1-\frac{\tau^2\omega_0{}^2}{4}} \text{ et } r_2 = -\frac{\tau\omega_0{}^2}{2} + j\omega_0\sqrt{1-\frac{\tau^2\omega_0{}^2}{4}}$$

$$\alpha = -\frac{\tau\omega_0{}^2}{2} \text{ et } \beta = \omega_0\sqrt{1-\frac{\tau^2\omega_0{}^2}{4}}$$

$$\text{donc } \boxed{i(t) = e^{-\frac{\tau\omega_0{}^2}{2}t}\left(K_1\cos\left(\omega_0\sqrt{1-\frac{\tau^2\omega_0{}^2}{4}}t\right) + K_2\sin\left(\omega_0\sqrt{1-\frac{\tau^2\omega_0{}^2}{4}}t\right)\right)}$$

b) Solution complète :

La solution complète est la somme des 2 solutions partielles précédentes. Pour déterminer les constantes, on utilise les conditions initiales. Dans notre cas : à $t = 0+$, $i(0+) = 0$ et $U_C(0+)=0$, $U_L(0+) = E$.
Les différents cas sont présentés dans les encadrés ci-dessous.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Le courant alternatif : Etude du circuit RLC

Code : MTPS 3-2-19 Page 3/4

$$i(t) = K_1 e^{r_1 t} + K_2 e^{r_2 t} \quad \text{et} \quad u_L(t) = L\frac{di(t)}{dt} = K_1 r_1 e^{r_1 t} + K_2 r_2 e^{r_2 t}$$

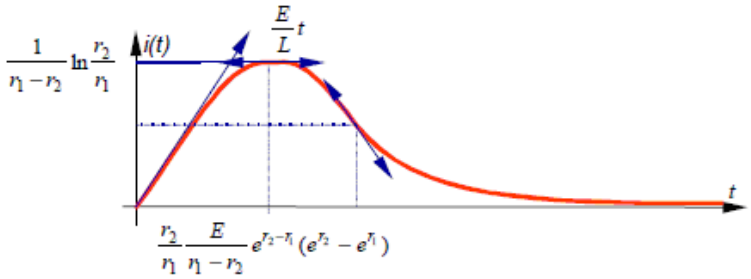


Figure75

$i(0^+) = 0$, donc $K_1 + K_2 = 0$,

$u_L(0^+) = E$, donc $K_1 r_1 + K_2 r_2 = E/L$.

$K_1 = E/(r_1 - r_2)L$ et

$K_2 = -E/(r_1 - r_2)L$.

Un tel signal est apériodique, c'est le **régime apériodique**.

Le courant a donc pour expression : $i(t) = \frac{E}{r_1 - r_2}(e^{r_1 t} - e^{r_2 t})$ Représentation Figure75

$$i(t) = e^{-\frac{\tau\omega_0^2}{2}t}\left(K_1 \cos\left(\omega_0\sqrt{1-\frac{\tau^2\omega_0^2}{4}}t\right) + K_2 \sin\left(\omega_0\sqrt{1-\frac{\tau^2\omega_0^2}{4}}t\right)\right)$$

$$u_L(t) = Le^{-\frac{\tau\omega_0^2}{2}t}\left[\left(K_2\Omega - \frac{\tau\omega_0^2}{2}K_1\right)\cos\Omega t - \left(K_1\Omega + \frac{\tau\omega_0^2}{2}K_2\right)\sin\Omega t\right] \quad avec\ \Omega = \omega_0\sqrt{1-\frac{\tau^2\omega_0^2}{4}}$$

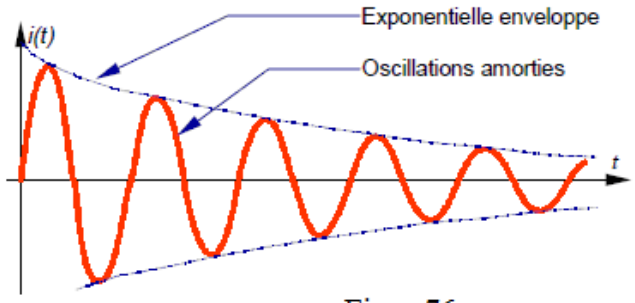


Figure76

$i(0^+) = 0$, donc $K_1 = 0$,

$u_L(0^+) = E$, donc $K_2 = E/L\Omega$

Le régime est dit **oscillatoire amorti** représenté à la ***Figure 8***.

Le courant a donc pour expression : $i(t) = \frac{E}{L\Omega}e^{-\frac{\tau\omega_0^2}{2}t}\sin\Omega t$ [Représentation ***Figure*** 76]

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Le courant alternatif : Etude du circuit RLC

Code : MTPS 3-2-19 Page 4/4

3. Applications :

Utilisation du RLC en Filtres passe-haut

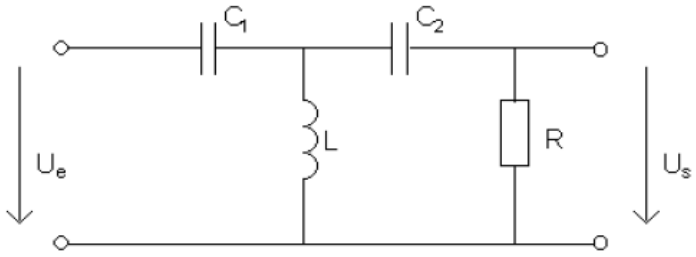


Figure 77

Utilisation du RLC en Filtres passe-bas :

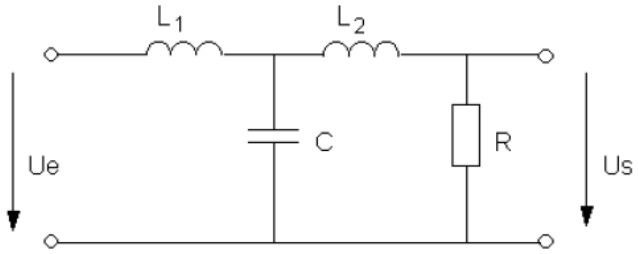


Figure 78

Utilisation du circuit RLC dans les amplificateurs sélectifs :

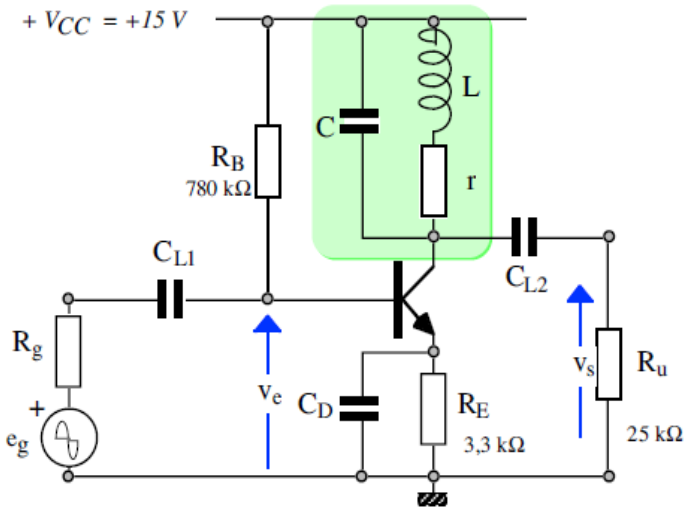


Figure 79

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Le courant alternatif : Calcul de puissances -Théorème de Boucherot

Code : MTPS 3-2-20 Page 1/3

1. Puissances dans les circuits alternatifs :

Trois puissances sont déterminantes en alternatif :

❖ Puissance active :

La puissance active correspond à la puissance moyenne consommée sur une période. Elle est notée P et est exprimée en Watt (W).

- Pour un courant $i(t)$ et une tension $v(t)$ de période T, son expression est :

$$P = \frac{1}{T}\int_T v(t)i(t)dt$$

- Pour une tension sinusoïdale de valeur efficace U et un courant sinusoïdal de valeur efficace I déphasé de φ par rapport à la tension, cette expression devient :

$$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi = \frac{U_{max} \cdot I_{max}}{2} \cdot \cos\varphi$$

❖ Puissance apparente :

La **puissance apparente** reçue en régime alternatif est le produit de la valeur efficace de la tension électrique aux bornes du dipôle par la valeur efficace du courant électrique traversant ce dipôle.

$$S = U.I$$

La puissance apparente se note S et est exprimée en Volt-Ampère (VA)

❖ Puissance réactive :

régime sinusoïdal, la **puissance réactive** est la partie imaginaire de la puissance apparente complexe. Elle se note Q, est exprimée en Volt-Ampère réactif (VAr) et on a :

$$\mathrm{Q} = \mathrm{U.I.}\sin\varphi$$

La valeur $\cos\varphi$ correspond au facteur de puissance en régime sinusoïdal. On a les relations :

$$S^2 = P^2 + Q^2 \quad ,Cos(\phi) = \frac{P}{S} \quad ,Sin(\phi) = \frac{Q}{S} \quad ,Tan(\phi) = \frac{Q}{P}$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Le courant alternatif : Calcul de puissances -Théorème de Boucherot

Code : MTPS 3-2-20 Page 2/3

Triangle des puissances :

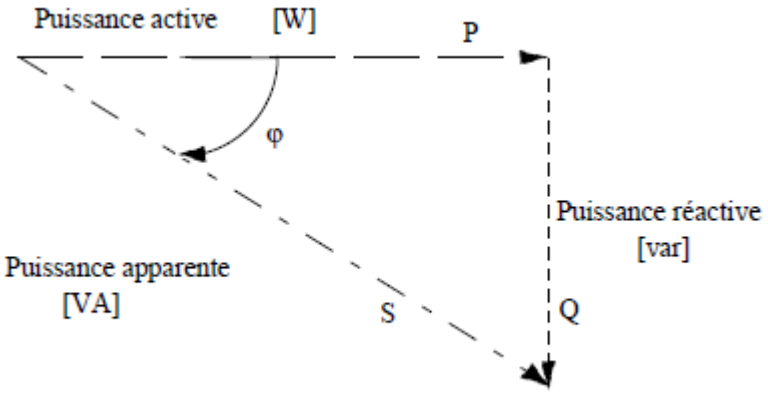


Figure 80

2. *Théorème de Boucherot :*

Considérons l'association suivante :

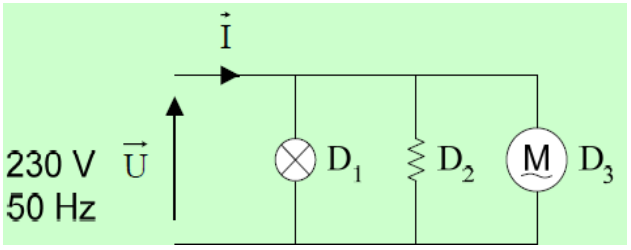


Figure 81

Le dipôle Di consomme les puissances :
• active Pi
• et réactive Qi
L'association consomme les puissances actives P et réactive Q.
Le théorème de Boucherot traduit la conservation de l'énergie :

$$P = \sum_i P_i \quad \text{et} \quad Q = \sum_i Q_i$$

A.N.
Ampoule : P1 = 100 W Q1 » 0 (dipôle résistif)
Radiateur : P2 = 1500 W Q2 » 0 (dipôle résistif)
Aspirateur (moteur universel) :
P3 = 1250 W Q3 = +900 vars (dipôle inductif)
L'installation consomme donc :
P = 2,85 kW
Q = +0,9 kvar

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Le courant alternatif : Calcul de puissances - Théorème de Boucherot

Code : MTPS 3-2-20 Page 3/3

Attention : le théorème de Boucherot ne s'applique pas à la puissance apparente.

$$S \neq \sum_i S_i$$

Il faut utiliser la relation : $S=\sqrt{P^2+Q^2}$

A.N. S = 2,99 kVA

d'où : $I=\frac{S}{U}=13A$ et $Cos\varphi=\frac{P}{S}=0.95$

Exercice d'application :

Déterminer la puissance active la puissance réactive du dipôle de la figure (I), sachant que la puissance de l'inducteur vaut 50VAR.

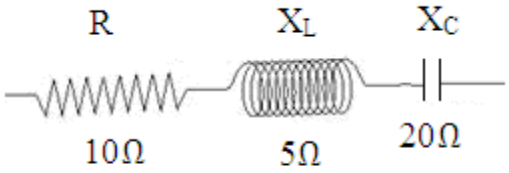


Figure (I)

Solution : P_{tot}= ? Q_{tot}= ?

La puissance réactive inductive étant donnée (Q_L=50 VAR), calculons la valeur de I^2 :

$$\boldsymbol{Q_L = X_L.I^2 \Rightarrow I^2 = \frac{Q_L}{X_L} = \frac{50}{5} = 10A^2.}$$

La puissance active du dipôle donné vaut :

$$P_{tot} = R.I^2 = 10.10 = 100W$$

La puissance réactive capacitive est donnée par :

$$\boldsymbol{Q_C = X_C.I^2 = 20.10 = 200VAR.}$$

Par conséquence, la puissance réactive totale du dipôle en examen est :

$$\boldsymbol{Q_{tot} = Q_L - Q_C = 50 - 200 = -150VAR}$$

(Puisque cette puissance est négative, alors notre dipôle à un comportement capacitif)

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique
Le système triphasé - Définitions

Code : MTPS 3-2-21 Page 1/2

1. *Définitions* :

On appelle ***tensions [courants] triphasées***, trois tensions [courants] sinusoïdales alternatives, de même fréquence, de même valeur efficace et régulièrement déphasées de 120°.

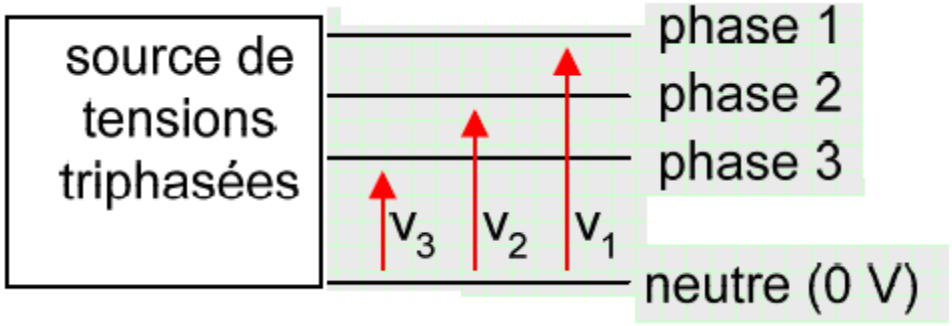


Figure82

Les tensions v_i sont appelées tensions entre phase et neutre (ou tensions simples).

2. *Représentation temporelle* :

$$v_1(t) = V\sqrt{2}\sin(\omega t)$$

$$v_2(t) = V\sqrt{2}\sin(\omega t - \frac{2\pi}{3})$$

$$v_3(t) = V\sqrt{2}\sin(\omega t - \frac{4\pi}{3})$$

Fig. 2

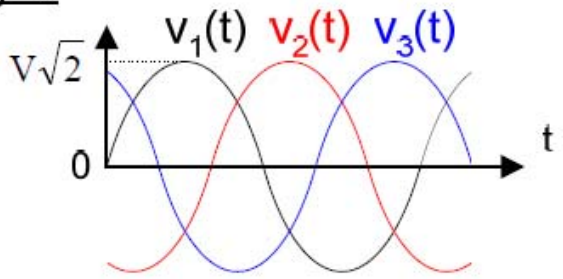


Figure83

V désigne la valeur efficace des tensions simples.

3. *Représentation de Fresnel* :

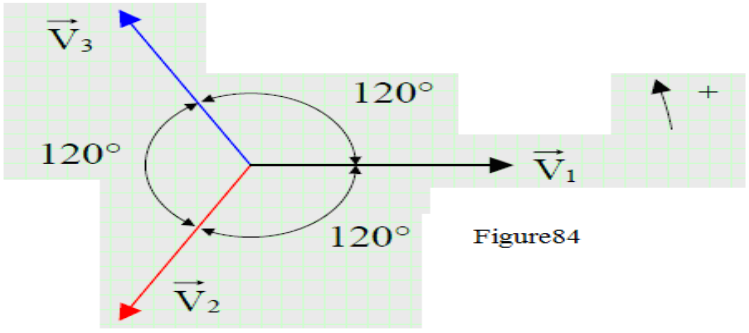


Figure84

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique
Le système triphasé -Définitions

Code : MTPS 3-2-21 Page 2/2

4. *Tensions entre phases* :

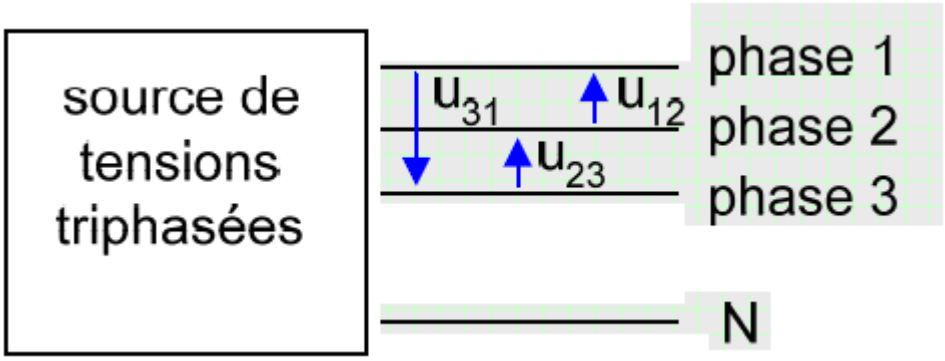


Figure85

Les tensions $\mathbf{u_{ij}}$ sont appelées tensions entre phases (ou tensions composées).
On note **U** la valeur efficace des tensions entre phases.

5. *Relation entre U et V* :

Loi des branches :

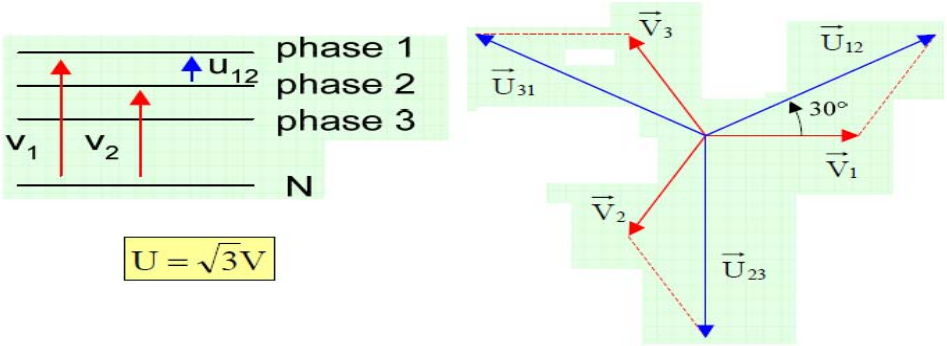


Figure86

$$u_{12} = v_1 - v_2$$
$$u_{23} = v_2 - v_3$$
$$u_{31} = v_3 - v_1$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Le système triphasé : Couplages - Calcul de puissances

Code : MTPS 3-2-22 Page 1/4

1. *Différents montages (étoile, triangle) :*

a. Couplage étoile :

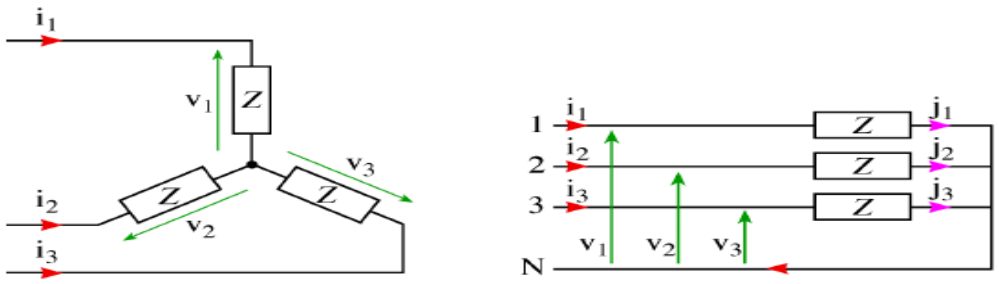


Figure87

Même branchement représenté de deux façons différentes.
Le premier schéma explique le terme « étoile ».

Comme il s'agit des mêmes impédances, de ce fait $\boldsymbol{i_1 + i_2 + i_3 = 0}$, donc $\boldsymbol{i_n = 0}$. Le courant dans le fil neutre est nul. Le fil neutre n'est donc pas nécessaire.

<u>Calcul des courants</u>

les courants en ligne sont égaux aux courants par phase. $\boldsymbol{i_1 = j_1 \; ; \; i_2 = j_2 \; ; \; i_3 = j_3}$

b. Couplage triangle :

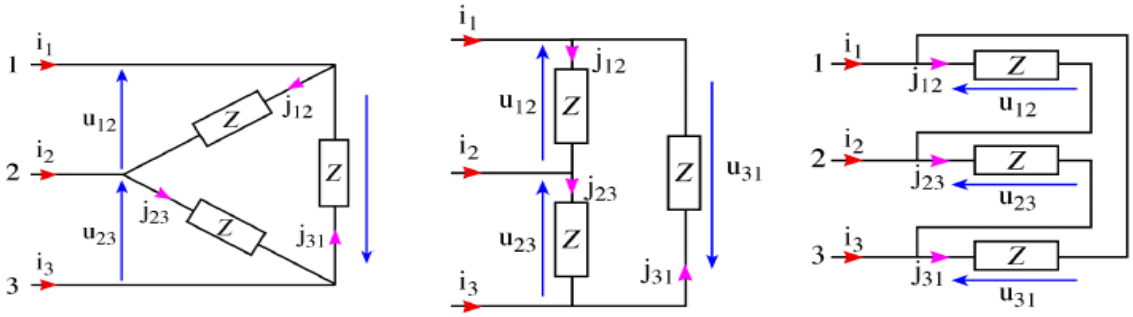


Figure 88

Même branchement représenté de trois façons différentes.
Le premier schéma explique le terme « triangle ».
Comme il s'agit des mêmes impédances, $\boldsymbol{i_1 + i_2 + i_3 = 0}$ et $\boldsymbol{j_{12} + j_{23} + j_{31} = 0}$
Ici en aucun cas le fil neutre n'est nécessaire.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Le système triphasé : Couplages - Calcul de puissances

Code : MTPS 3-2-22 Page 2/4

Calcul des courants

$i_1 = j_{12} - j_{31} \Rightarrow I_1 = J_{12} - J_{31}$

$i_2 = j_{23} - j_{12} \Rightarrow I_2 = J_{23} - J_{12}$

$i_3 = j_{31} - j_{23} \Rightarrow I_3 = J_{31} - J_{23}$

Le système triphasé est équilibré : $I_1 = I_2 = I_3 = I$ et $J_{12} = J_{23} = J_{31} = J$.

Pour le couplage triangle, la relation entre I et J est la même que la relation entre V et U.

Pour le couplage triangle : $\boxed{J = \frac{I}{\sqrt{3}}}$

2. Calcul des puissances :

Pour un couplage étoile :

Pour une phase du récepteur : $P_1 = VI\cos\varphi$ avec $\boxed{\varphi\ (\underline{I}, \underline{V})}$

Pour le récepteur complet : $P = 3.P_1 = 3VI\cos\varphi$ de plus $V = \frac{U}{\sqrt{3}}$

Finalement pour le couplage étoile : $\boxed{P = \sqrt{3}UI\cos\varphi}$

de la même façon : $\boxed{Q = \sqrt{3}UI\sin\varphi}$

et : $\boxed{S = \sqrt{3}UI}$

Facteur de puissance : $\boxed{k = \cos\varphi}$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Le système triphasé : Couplages - Calcul de puissances

Code : MTPS 3-2-22 Page 3/4

Pour un couplage triangle :

Pour une phase de récepteur : $P_1 = U.I.\cos\varphi$ avec $\varphi(\vec{J},\vec{U})$

Pour le récepteur complet : $P = 3.P_1 = 3.U.I.\cos\varphi$ de plus $J = \frac{I}{\sqrt{3}}$

Finalement : pour le couplage étoile : $P = \sqrt{3}.U.I.\cos\varphi$

De la même façon : $Q = \sqrt{3}.U.I.\sin\varphi$

Et $S = \sqrt{3}.U.I$

Facteur de puissance : $K = \cos\varphi$

Exercice d'application :

Trois condensateurs de capacité C=50uF sont couplés en triangle. Ils sont alimentés par un réseau triphasé U=380V de fréquence F=50Hz.

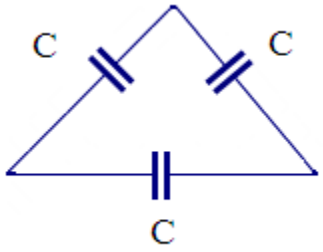


Figure a

Calculer :

1. L'intensité efficace J circulant dans chaque condensateur.
2. L'intensité efficace I du courant en ligne.
3. La puissance réactive du récepteur.
4. La tension maximale aux bornes d'un condensateur.
5. On remplace récepteur précédent par trois autres condensateurs de capacité C′ couplés en étoile.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Le système triphasé : Couplages - Calcul de puissances

Code : MTPS 3-2-22 Page 4/4

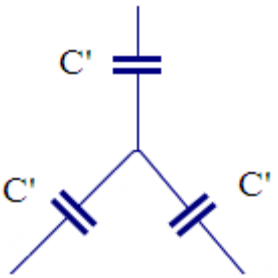


Figure b

Calculer :

a. La tension maximale aux bornes d'un condensateur.
b. La capacité C′ pour que la puissance réactive du second récepteur soit la même que celle du premier.

Solution :

Impédance d'un condensateur : $\mathbf{Z = \frac{1}{C\omega}}$ avec $\omega = 2\pi f = 314\ rad/s$

$$Z = \frac{1}{50.10^{-6}.314} = 63.7\Omega$$

1. La tension est égale à U aux bornes de chaque condensateur ; chaque condensateur est traversé par l'intensité efficace J.

$$J = \frac{U}{Z} = \frac{380}{63.7} = 5.97A$$

2. L'intensité efficace en ligne $\boldsymbol{I = 5.97.\sqrt{3} = 10.3A}$
3. Puissance réactive du récepteur :

$$Q = \sqrt{3}.U.I.\sin\varphi = 1.73x380x10.3x\sin\left(-\frac{\pi}{2}\right) = -6800VAR$$

4. Tension maximale aux d'un condensateur$U_{max} = 380.\sqrt{2} = 537V$.
5. Couplage étoile :

La tension efficace aux bornes de chaque condensateur de capacité C′ est: $\frac{\mathbf{380}}{\sqrt{\mathbf{3}}} = 220V\mathbf{.}$

a. La tension maximale est $220.\sqrt{2} = 311V$

Si la puissance réactive est identique à -6800 VAR, alors l'intensité efficace en ligne est I=10.3A ; chaque condensateur est traversé par l'intensité efficace I d'ou l'impédance :

$$Z' = \frac{220}{10.3} = 21.36\Omega$$

b. Calcul de la capacité C' :

$$Z' = \frac{Z}{3} \quad donc \quad C' = 3.C = 150uF$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique

Le système triphasé –Facteur de puissance

Code : MTPS 3-2-23 Page 1/1

Relèvement du facteur de puissances :

But du relèvement du cos φ :

Pour un atelier la puissance active est telle que $P=\sqrt{3}\,U\,I\cos\varphi$ soit $I=P/\sqrt{3}\,U\cos\varphi$. Les pertes en lignes valent $p_j=3RI^2$, pour diminuer ces pertes il faut diminuer le courant I. Il faut soit augmenter cos φ , soit U (Transport de l'énergie électrique en haute tension) .

Couplage des capacités :Puissance réactive :

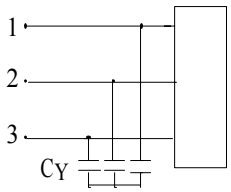
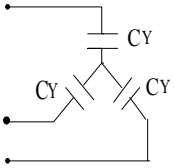


Figure89



V est la tension au bornes de chaque condensateur et

$Q_c = -3V2C\omega$

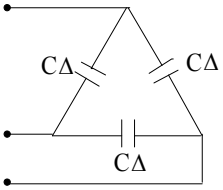


Figure90

U est la tension au bornes de chaque condensateur et

$Q_c = -3U2C\omega$

Exercice d'application : Réseau 220/380V 50Hz .Calculer C_y et C_Δ Calculer I_i et I_f En déduire le rapport des pertes joules en ligne $\frac{P_{jf}}{P_{ji}} = 3.r.I_f^2/3.r.I_i^2 = I_f^2/.I_i^2 = 0,5 = 50\ \%$

Récepteurs	cos φ	tan φ	P (W)	Q(VAR)
Pabs=25kW, cos φ_i=0.6. ***Ii= 63,5A***	*0,6*	*1,33*	*25000*	*33300*
Condensateurs C_Y = 390µF C_Δ= 130µf			*0*	*Qc = -17810*
Ensemble: fp=cos φ_f =0.85. I_f=.45A	*0,85*	*0,62*	*25000*	*15490*

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique
ACRONYMES

Code : MTPS – 4 Page 1/1

INSFP : Institut National spécialisé de la Formation Professionnelle.
MTPS : Manuel Technique et Pédagogique du Stagiaire.
Unité S.I : Système international d'unité.
DDP : Différence de potentiel
Fem : force électromotrice.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

fiche technique et pédagogique
LEXIQUE

Code : MTPS - 5 Page 1/1

Maille : un circuit fermé
Nœud : point d'intersection de deux files électriques.
Branche : un ensemble d'élément entre deux noeuds consécutifs
Dipôle actif : pile, moteur électrique à courant continu …
Dipôle passif : est un dipôle qui consomme de l'énergie électrique et qui transforme toute cette énergie en chaleur.
Conductance : est l'inverse de la résistance.
courant de court-circuit : En court-circuit (U = 0 V) : I = Icc.
Générateur : source d'énergie : batterie ou pile.
Récepteur : Transforme de l'énergie électrique : Lampe.
Conducteur : qui transporte de l'énergie électrique : les files électriques.
Voltmètre : appareil qui mesure la tension électrique.
Ampèremètre : appareil qui mesure le courant électrique.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche technique et pédagogique
BIBLIOGRAPHIE

Code : MTPS – 6 Page 1/1

FICHE D'INVENTAIRE ET DE RECHERCHE DOCUMENTAIRE

N^0	Auteur	Titre	Editeur	Dates(Editions)
01	MAHMOOD NAHVI, JOSEPH A.Edminister	Schaum's outlines -Electric circuits	Fourth edition	
02	THEODORE WILDI	ELECTROTECHNIQUE	Théodore WILDI	1999
03	OLIVIER FRANÇAIS	Introduction aux circuits magnétiques	ESIEE	2000
04	HAMMODI MOHAMED	Théories des circuits : Recueils de quelques exercices résolus	Palais du livre ISBN : 9961-70-047-3	1999
05	MOHAMED AKBI	Electricité 2 Electrocinétique Courant continu	ISBN : 9961-9581-3-6	2006
06	P.HEINY G.FUCHS	Vers le CAP et le BEP de L'ELECTROTECHNIQUE	Delagrave ISBN 2-206-00159-4	1972

Sites Internet :

1. http://www.web-sciences.com/devoir2nde/ex7/co7.php#Exercice%201
2. http://www.equatheque.net/affiche_equation.php?paramEquation=163
3. http://www.positron-libre.com/cours/electrotechnique/electrocinetique/resistance-electrique.php
4. http://webetab.ac-bordeaux.fr/Pedagogie/Physique/Physico/Electro/e02coura.htm
5. http://www.fnh.org/naturoscope/Energie/Solaire/Solaire1.htm
6. http://www.aersud-energies-renouvelables.com/solaire-thermique-photovoltaique.php
7. http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie_renouvelable
8. alain.charbonnel@tice.ac-caen.fr
9. http://colleges.ac-rouen.fr/diderot/IMG/pdf/ChapE1_La_production_electrique_Eleve.pdf
10. http://www.lycee-odilon-redon.net/msma/maintenance/dr/electricite/circuit%20ohm%20resistance/le%20circuit%20electrique_%20courant%20tension%20lois%20noeuds%20et%20maille.pdf

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Présentation

- Le présent manuel a été élaboré par Monsieur BOUTCHACHA Ahmed PSEP/INSFP Mostaganem

La commission d'homologation du manuel était composée de :

- Mer HADJI EL Menouar PSEP2/ INFEP EL BIAR
- Mer ZOULI Mounir PSEP2 /INSFP DIDOUCHE MOURAD /ANNABA
- Mer ZEHDA Farouk PSEP2/ INSFP SETIF

La commission de lecture et correction :

- M^{me} LAOUFI Ghania traductrice INFEP
- M^{er} KOUDIL Seddik Directeur Intérimaire INFEP

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche de rétroaction

Le présent programme de formation est destiné aux enseignants afin de leur facilité l'apprentissage des compétences inscrites dans le programme de formation de la spécialité Electronique Industrielle

.

Dans le but d'améliorer et d'enrichir ce présent programme de formation, nous vous prions de bien vouloir nous transmettre toutes vos remarques ou suggestions et de les transmettre à l'adresse électronique suivante : www.infepdip@yahoo.fr

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر