

**MATIERE A CONNAITRE POUR L'EPREUVE DE TECHNICIEN
ELECTROMECHANICIEN****1. Electricité**

N. B. : Le candidat est interrogé sur la partie "Connaissances générales". Il a ensuite le choix entre les parties "Courants forts" ou "Courants faibles". Lors de l'entretien, il lui est toutefois loisible de présenter ces deux dernières parties.

1.1 Connaissances générales**Courant continu**

Piles et accumulateurs : caractéristiques générales, résistance interne, force électromotrice, capacité, rendement, groupement.

Résolution de problèmes sur les circuits à courant continu.

Calcul de l'intensité de courant, de la tension, de la résistance, de la puissance, de l'énergie.

Calcul de la quantité de chaleur dégagée par un courant électrique dans un conducteur.

Résolution de problèmes sur les effets magnétiques du courant continu.

Intensité et sens du champ magnétique produit par des aimants et des courants.

Induction magnétique. Flux d'induction.

Courant alternatif

Résolution de problèmes sur des circuits monophasés comportant des résistances, selfs et condensateurs.

Calcul de l'intensité de courant, de la tension, de l'impédance, de la puissance, de l'énergie, du facteur de puissance.

Valeurs instantanées, maximales, efficaces.

Représentation vectorielle.

Résolution de problèmes sur les circuits triphasés.

Circuits triphasés équilibrés. Montages en triangle et en étoile.

Comparaison entre les deux montages. Rapport entre les tensions simples et les tensions composées. Courants triphasés. Puissance consommée.

Redresseurs. Types et caractéristiques.

Types de montage. Intensité moyenne du courant redressé.

1.2 Courants forts

Dynamos et moteurs à courant continu.

	REDIGE	VERIFIE		APPROUVE
Fonction Nom				

Description générale (inducteur, induit, collecteur, balais).
Effets de la réaction d'induit, du décalage des balais, des pôles auxiliaires.
Caractéristiques et emplois des divers modes d'excitation (série, shunt, compound).
Conditions d'amorçage des dynamos. Réglage de la tension.
Conditions de démarrage des moteurs. Réglage de la vitesse.
Fonctionnement d'une génératrice en moteur et inversement.
Freinage d'un moteur à courant continu.
Transformateurs monophasés.
Etude du transformateur à vide et en charge.
Influence des pertes dans le fer, dans le cuivre.
Rendement. Mesure par la méthode des pertes séparées.
Transformateurs triphasés. Description. Couplage des enroulements. Emploi.
Alternateurs et moteurs synchrones monophasés et triphasés.
Types. Description. Caractéristiques à vide, en court-circuit, en charge. Fréquence de la f.e.m. produite par un alternateur.
Moteurs asynchrones.
Théorie élémentaire (champ magnétique tournant, glissement).
Qualités et défauts des différents types de moteurs.
Emplois. Types de démarrage. Conditions d'utilisation.
Diodes et thyristors : fonctionnement (programme de fonctionnement) et applications.

1.3 Courants faibles

Circuits passifs.
Circuits oscillants : LC - RLC, série et parallèle, sélectivité, résonance. Circuits filtres : filtres RC et LC, passe-haut, passe-bas, filtres de bande, atténuateurs.
Thyristors : construction, fonctionnement, caractéristiques et applications.
Circuits intégrés : constitution, avantages et désavantages.
Circuits électroniques à composants semi-conducteurs.
Circuits logiques : multivibrateurs astable, monostable, bistable; registres de décalage, addition, soustraction, mémoires; amplificateurs opérationnels; portes ET, OU, NOR, NAND.
Flip-Flop à deux ou plusieurs entrées; compteurs et décompteurs; circuits digitaux.
Alimentation des installations à courants faibles.
Les redresseurs statiques mono- ou polyphasés non régulés : caractéristiques, choix des cellules de redressement.
Réglage de la tension par commande à thyristor; lissage par filtres C, L, R et en p ; stabilisation.
Les diodes : types, fonctionnement, caractéristiques principales et applications.
Les transistors : types, fonctionnement, caractéristiques principales, circuits de base et applications.
Amplificateurs.
Fonctionnement. Couplages. Classes. Distorsion. Contre-réaction. Schémas.
Oscillateurs, émetteurs et récepteurs.
Types d'oscillateurs, d'émetteurs et de récepteurs.

Stabilisation de la fréquence. Modulation d'amplitude, modulation de fréquence; bande latérale double et unique; réalisations et comparaison.

Détection en AM et en FM : réalisations.

Multiplication de la fréquence.

Superhétérodyne. Circuits spéciaux : réglage automatique de volume, limiteurs de bruits, expansion de volume, accord à bouton de commande unique.

Schémas bloc d'émetteurs et de récepteurs AM et FM.

2. Mécanique

Résolution de problèmes relatifs aux matières suivantes.

La cinématique : mouvement rectiligne uniforme et uniformément varié; mouvement circulaire uniforme et uniformément varié; vitesse, accélération, décélération.

La statique : composition et décomposition des forces, moments, centre de gravité; équilibre stable, instable, indifférent, propriétés des surfaces.

La dynamique : relations entre force, masse et accélération; force centrifuge et force centripète; travail, puissance, rendement; formes de l'énergie (potentielle, cinétique); principe de la conservation de l'énergie; unités pratiques d'énergie.

Moment d'inertie; application à des sections carrées, rectangulaires et circulaires.

Machines simples : leviers, palans ordinaire et différentiel, treuils, cric à crémaillère, plan incliné, vis et vérin à vis.

Moteurs à explosion et à combustion interne : principes du moteur à essence et du moteur Diesel, cycle à 4 temps et à 2 temps.

ELECTRICITE

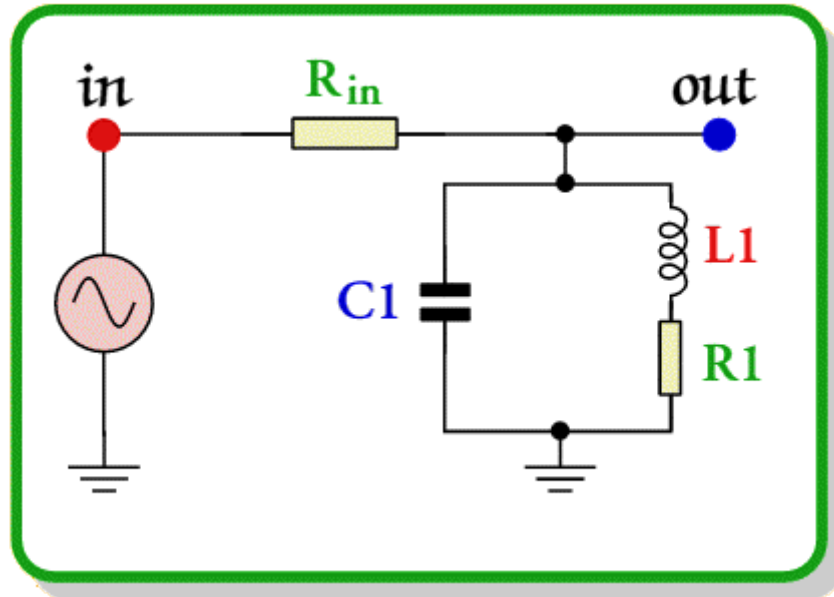


TABLE DES MATIÈRES

<i>Chapitre I: Eléments d'introduction.....</i>	<i>7</i>
I.1. La source de courant	7
I.1.1. La force électromotrice (f.é.m).....	7
I.1.2. La résistance interne et le court-circuit.....	8
I.2. La résistance d'un conducteur	8
I.3. Loi d'Ohm, travail et puissance	10
I.3.1. Loi d'Ohm	10
I.3.2. Le travail (W)	11
I.3.3. La puissance P	12
I.4. Le groupement des résistances.....	14
I.4.1. Calcul de la résistance totale	14
I.5. Dégagement de chaleur par le courant électrique	21
I.5.1. L'effet Joule.....	21
I.5.2. Quantité de chaleur	22
I.5.3. Calcul de la quantité de chaleur dégagée.....	22
I.5.4. Chute de tension	22
I.5.6. Le court-circuit	23
I.6. Mode de connexion des ampèremètres et voltmètres.	Error! Bookmark not defined.
 <i>Chapitre II: Le courant alternatif.....</i>	 <i>24</i>
II.1. Introduction	24
II.2. Fonctionnement	24
II.3. Grandeurs caractéristiques.....	25
II.3.1. La période.....	25
II.3.2. La fréquence	25
II.3.3. Valeur effective du courant alternatif.....	25
II.3.4. Déphasage	25
II.4. Représentation vectorielle	26
II.5. Circuits en alternatif	26
II.5.1. Circuit composé uniquement de résistances.....	27

II.5.2. Circuit composé uniquement de selfs.....	27
II.5.3. Circuit composé uniquement de capacités	28
II.5.4. Circuit mixte.....	29
II.6. Puissance en courant alternatif	29
II.7. L'importance pratique du $\cos \varphi$	30
<i>Chapitre III: Circuits montage R, L et C de base.....</i>	<i>31</i>
III.1. Circuits RC.....	31
III.2. Circuits RL	32
III.2.1. Puissance dans les circuits RL	32
III.3. Circuits RLC série.....	33
III.3.1. Impedance et angle de phase de circuits serie RLC.....	33
III.4. Circuits paralleles RLC	38
III.4.1. Impédance et angle de phase.....	38
III.4.2. Relations entre les courants	38
III.5. Resonance parallele.....	39
III.5.1. Condition pour la résonance parallèle idéale.	39
III.5.2. Circuit Bouchon	40
<i>Chapitre IV: La diode.....</i>	<i>39</i>
IV.1. Définition	39
IV.2. Principe de fonctionnement	41
IV.2.1. Polarisation directe	41
IV.2.2. Polarisation inverse.....	41
IV.2.3. Conclusion	42
IV.3. Caractéristiques de la diode	43
IV.4. Exemple de fonctionnement.....	43
IV.5. Le redresseur en pont	43
IV.5.1. Principe de fonctionnement	43
IV.5.2. Redresseur en pont avec filtrage capacitif	45

CHAPITRE I: ELÉMENTS D'INTRODUCTION

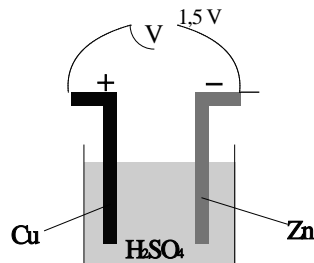
I.1. LA SOURCE DE COURANT

I.1.1. LA FORCE ÉLECTROMOTRICE (F.É.M)

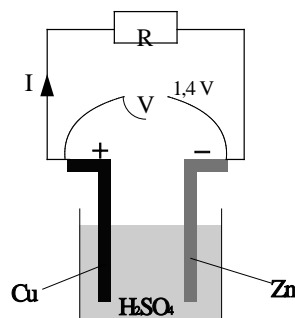
Pour les sources de courant, on utilise souvent l'expression force électromotrice (FEM) E que l'on confond souvent avec la tension aux bornes U . Cependant ces notions, exprimées toutes les deux en volt, sont différentes.

Tandis que la force électromotrice est la cause, la tension en est seulement la conséquence.

Considérons, par exemple, un élément Volta et supposons qu'il ne soit pas raccordé à un appareil utilisateur R . Au moyen d'un voltmètre, nous mesurons à ses bornes une tension de 1,5 V, qui représente la force électromotrice de cet élément.



Si l'élément est raccordé à l'appareil utilisateur, la tension à ses bornes change suivant la valeur du courant fourni. Nous ne retrouvons plus cette force électromotrice de 1,5 V mais une tension plus basse.



Dans une source de courant, la force électromotrice E est toujours plus élevée que la tension U aux bornes à circuit fermé, étant donné qu'un courant traverse la résistance interne de la source, ce qui provoque une chute de tension $R_i \cdot I$

Dans un circuit fermé (à l'aide d'un utilisateur R) où $I \neq 0$:

$U = E - R_i \cdot I$ avec :
E = la force électromotrice ;
U = la tension aux bornes ;
 R_i = la résistance interne de la source (en générale très petite) ;
I = le courant fourni par la source.

Dans un circuit ouvert ($I = 0$) :

$$U = E$$

I.1.2. LA RÉSISTANCE INTERNE ET LE COURT-CIRCUIT

Relions les deux pôles d'un élément (ou d'une source quelconque) par un conducteur en cuivre de grosse section dont la résistance est pratiquement nulle. On dit qu'il y a un court-circuit. Le courant qui passe alors dans le circuit est important et n'est limité que par la résistance interne de l'élément. Cette résistance est appelée résistance interne. Il est à remarquer que dans l'élément même (source de courant), le courant va du pôle négatif vers le pôle positif.

En pratique, un court-circuit a toujours des conséquences extrêmement dangereuses, à cause des intensités importantes qu'il provoque.

I.2. LA RÉSISTANCE D'UN CONDUCTEUR

La résistance d'un conducteur dépend de trois facteurs qui sont :

- la nature (cuivre, fer aluminium,...) ;
- la section ;
- la longueur.

La résistance d'un conducteur est calculée comme suit :

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S} \quad \text{avec} \quad R = \text{résistance du conducteur } [\Omega] ;$$

ρ = la résistance spécifique de la matière [$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$] ;

l = la longueur du conducteur [m] ;

S = la section du conducteur [mm^2].

De cette formule, on peut dire que plus le conducteur sera gros et de faible longueur, plus sa résistance sera faible.

Le coefficient ρ (Rho) est la résistance spécifique de la matière, et correspond à la résistance d'un conducteur de 1 m de longueur et de 1 mm^2 de section.

La résistance d'un conducteur est également dépendante de la température de celui-ci. Pour cette raison, la valeur de ρ est toujours donnée pour une température de 0°C (R_0).

Pour obtenir la valeur de la résistance à une température plus élevée, il faut tenir compte du coefficient de température α (Alpha).

La résistance à une température déterminée (t) est donnée par la formule :

$$R_T = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t)$$

Dans le tableau ci-dessous, on donne les valeurs de ρ et α pour quelques conducteurs usuels.

Métal	ρ	α
Cuivre	0,017	0,00380
Argent	0,016	0,00377
Constantan	0,5	0,000005

De ce tableau, nous pouvons tirer quelques conclusions :

- l'argent est le meilleur conducteur mais est peu utilisé vu son prix ;
- le constantan est utilisé pour la construction de résistance étant donné son faible coefficient de température.

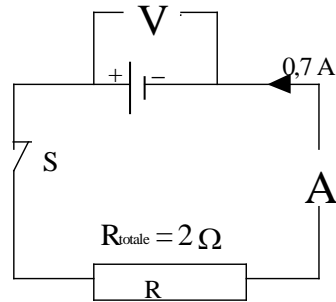
Exercices :

- 1) Nous voulons avoir une résistance de $0,125 \Omega$ à 0°C avec un conducteur en cuivre de 3 mm^2 de section. Quelle doit être sa longueur ?
- 2) Nous prenons un câble d'argent, sa résistance à 70°C est de 6Ω . Sachant que sa section est de $0,5 \text{ mm}^2$, calculez la longueur de ce câble.
- 3) On a un câble en cuivre de 2 cm de diamètre et de 20 km de longueur. Calculez la résistance de ce câble si sa température est de 35°C .

I.3. LOI D'OHM, TRAVAIL ET PUISSANCE

I.3.1. LOI D'OHM

Une résistance R et un ampèremètre A sont connectés sur un accumulateur.



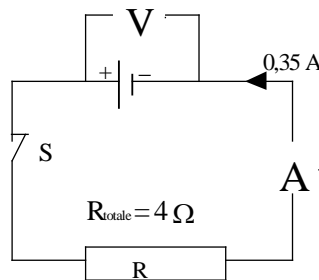
La résistance totale du circuit est de 2Ω .

Si on ferme l'interrupteur S, l'ampèremètre indique une intensité de 0,7 ampères (A).

En raccordant un voltmètre V aux deux bornes de l'accumulateur, nous mesurons qu'il y a une différence de potentiel (ou tension) de 1,4 volts (V).

Nous constatons que : $0,7 \text{ A} \cdot 2 \Omega = 1,4 \text{ V}$.

Ensuite, nous remplaçons la résistance initiale par une autre afin d'avoir une résistance totale de 4Ω .



Lorsque l'on ferme l'interrupteur S, l'ampèremètre nous indique une intensité de 0,35 A. En effet, la résistance R étant doublée, le courant diminue de moitié. Malgré tout, le voltmètre indique une tension U de 1,4 V.

I.3.1.1 Conclusion

Le courant I qui circule dans un circuit électrique est directement proportionnel à la tension U et inversement proportionnel à la résistance R. C'est la loi d'Ohm.

<u>L'intensité :</u> $I = \frac{U}{R}$ en ampère (A)	<u>La tension :</u> $U = R \cdot I$ en Volt (V)	<u>La résistance :</u> $R = \frac{U}{I}$ en Ohm (Ω)
--	---	--

I.3.1.2 Exercices

1. On alimente une résistance R à l'aide du source de tension de 100 V. On mesure que l'on consomme une intensité de 4 A. Quelle est la valeur de la résistance R ?
2. Une source de tension de 1 kV alimente une résistance de 0,1 k Ω .
Quelle est l'intensité du courant qui va circuler dans cette résistance ?
3. Une résistance de 1 m Ω est parcourue par un courant de 0,1 kA.
Quelle est la valeur de la source de tension qui alimente cette résistance ?

I.3.2. LE TRAVAIL (W)

Qu'est-ce que le travail ?

Le travail, fournit par un courant I, est égal au produit de la tension U par l'intensité du courant I qui passe en un point donné pendant un temps (t) donné.

I.3.2.1 Formules

$$W = U \cdot I \cdot t$$

L'unité du travail électrique est le Joule.

Travail = tension. intensité. temps = Energie.

Joule = Volt. Ampère. seconde.

1 Joule = 1 V . 1 A . 1 s = 1 Ws (Watt-seconde) = 1 Nm (Newton-mètre).

1 kWh (kilowattheure) = 1000 W . 3600 sec = 3600000 Nm.

Comme $W = U \cdot I \cdot t$ et que $U = R \cdot I$, nous pouvons dire aussi que :

$$W = R \cdot I^2 \cdot t$$

I.3.2.2 Exercices

Quelle énergie électrique est consommée par un chauffage électrique si ce dernier est parcouru par un courant de 6,9 A sous une tension de 230 V et qu'il fonctionne pendant 6h30min ? (en Joule et en kWh)

Quel est le travail fourni lorsqu'un courant de 6,9 A alimente une résistance de 500 Ω pendant une durée de 19h36 min ?

I.3.3. LA PUISSANCE P

Qu'est-ce que la puissance ?

La puissance d'un courant électrique est le travail fourni par unité de temps.

I.3.3.1 Formules

$$P = \frac{W}{t} = U \cdot I = R \cdot I^2$$

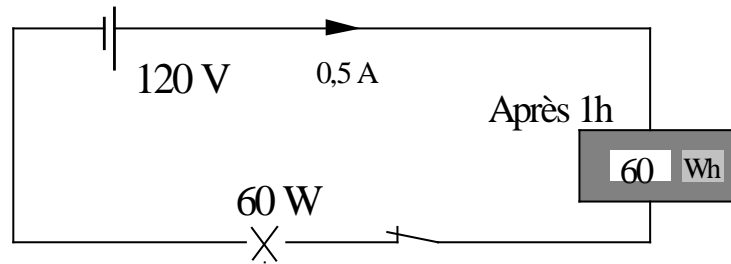
Puissance = travail / temps ;
= énergie / temps ;
= tension. intensité ;
= résistance. (intensité) ².

L'unité du travail est le Watt.

$$\text{Watt} = \frac{\text{Joule}}{\text{seconde}} = \frac{\text{N.m}}{\text{s}} = \text{Volt. Ampère} = \text{Ohm. (Ampère)}^2.$$

La consommation de courant est donnée en Wattheure ou en kilowattheure (compteur).

Par conséquent, le prix de la consommation de courant est toujours calculé en prenant pour base le travail d'un appareil.



Prenons le cas où une lampe, dont la puissance est de 60 W, se trouve dans un circuit électrique alimenté par une source de tension de 120 V. Après une heure, nous voyons sur le compteur le chiffre 60 ce qui veut dire que pendant cette heure, on a consommé une énergie de 60 Wh.

L'intensité traversant la lampe vaut :
$$I = \frac{P}{U} = \frac{60W}{120V} = 0,5 \text{ A.}$$

Cette lampe consomme 30 Wh par demi-heure, 60 Wh en une heure, 120 Wh en deux heures ...

I.3.3.2 Exercices

Une résistance de 7 Ω est parcourue par une intensité de 5A. Quelle quantité d'énergie sera consommée après 3,8 h ? Quelle est la puissance de cette résistance ? Combien de temps faut-il pour consommer 26 kWh ?

Un chauffage électrique alimenté en 230 V a une puissance de 3000 W. Si le prix du kilowattheure est de 4,6 francs, que devra-t-on payer si le chauffage fonctionne 12 heures ? Quelle intensité traverse ce chauffage ? Que vaut la résistance de ce chauffage ?

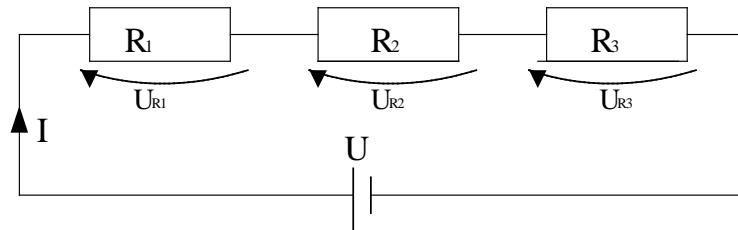
Une lampe de 100 W reste éclairée pendant 1 an (24h/24h et 365 jours). Cette lampe est alimentée sous une tension de 230 V. Quelle est l'intensité qui parcourt cette lampe ? Quelle est la résistance de filament constituant cette lampe ? Quel est le prix à payer si le kWh vaut 0,16 €?

I.4. LE GROUPEMENT DES RÉSISTANCES

I.4.1.1 Groupement en parallèle

I.4.2. CALCUL DE LA RÉSISTANCE TOTALE

I.4.2.1 Groupement en série



Données :

Prenons un circuit électrique composé de 3 résistances en série (R_1 , R_2 et R_3) alimentées par une source de tension U .

Prenons par exemple : $R_1 = 3 \Omega$, $R_2 = 5 \Omega$, $R_3 = 7 \Omega$ et la tension $U = 90 V$.

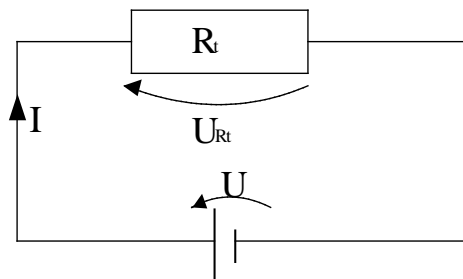
Calculez :

- la résistance totale du circuit ;
- l'intensité I parcourant ce circuit ;
- les chutes de tension aux bornes des résistances.

Résolution :

Calcul de la résistance totale :

En fait, nous voulons remplacer un circuit électrique complexe par un circuit électrique équivalent dans lequel la résistance équivalente (résistance totale) R_t créerait le même effet que les 3 résistances du circuit électrique initial.



Nous pouvons directement dire que $R_t = R_1 + R_2 + R_3$

La résistance équivalente vaut donc: $R_t = 3 + 5 + 7 = 15 \Omega$.

Calcul de l'intensité I du circuit :

Grâce à la loi d'ohm, nous pouvons trouver l'intensité I parcourant le circuit :

$$I = \frac{U}{R_t} = \frac{90V}{15\Omega} = 6 \text{ A.}$$

Cette intensité de 6 A passe d'abord dans R₁, puis dans R₂ et ensuite dans R₃.

Calcul des chutes de tension aux bornes de chaque résistance :

Nous avons trouvé qu'un courant de 6 A traverse chaque résistance, nous pouvons donc trouver les chutes de tension aux bornes de chaque résistance :

Pour la résistance R₁ : U_{R1} = 6A . 3Ω = 18 V ;

Pour la résistance R₂ : U_{R2} = 6A . 5Ω = 30 V ;

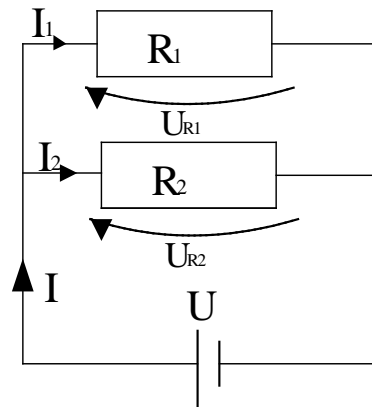
Pour la résistance R₃ : U_{R3} = 6A . 7Ω = 42 V.

Nous pouvons remarquer que : U = 90V = U_{R1} + U_{R2} + U_{R3} = U_{Rt} ; avec U_{Rt} = R_t . I.

Conclusions :

- la résistance équivalente d'un groupement en série est la somme des différentes résistances ;
- la résistance équivalente d'un groupement série est plus grande que la plus grande des résistances individuelles ;
- les différentes résistances qui composent le groupement série sont parcourues par la même intensité de courant ;
- Un groupement série ne fonctionne que s'il y a une source de tension.

I.4.2.2 Groupement parallèle



Données :

Prenons un circuit électrique composé de 2 résistances en parallèle (R_1 et R_2) alimentées par une source de tension U .

Prenons par exemple : $R_1 = 20 \Omega$, $R_2 = 30 \Omega$ et la tension $U = 120 V$.

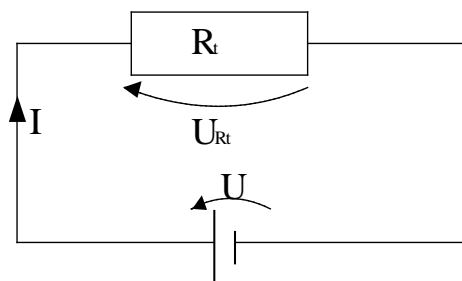
Calculez :

- la résistance totale du circuit ;
- les intensités I , I_1 et I_2 ;
- les chutes de tension aux bornes des résistances.

Résolution :

Calcul de la résistance totale :

En fait, nous voulons remplacer un circuit électrique complexe par un circuit électrique équivalent dans lequel la résistance équivalente (résistance totale) R_t créerait le même effet que les 2 résistances du circuit électrique initial.



$$I = \frac{U}{R_t} \quad \text{avec : } I_1 = \frac{U}{R_1} \quad ; \quad I_2 = \frac{U}{R_2} \quad \text{et } I = I_1 + I_2.$$

$$I = U \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = U \cdot \frac{1}{R_t}$$

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2}$$

$$\text{La résistance équivalente } R_t = \frac{\mathbf{R_1 \cdot R_2}}{\mathbf{R_1 + R_2}} = \frac{\mathbf{20 \cdot 30}}{\mathbf{20 + 30}} = 12 \Omega$$

Calcul des courants I, I₁ et I₂ :

Le courant total I peut être calculé à partir de la loi d'Ohm : $I = \frac{U}{R_t}$

$$I = \frac{\mathbf{120 \text{ V}}}{\mathbf{12 \Omega}} = 10 \text{ A}$$

Le courant total I=10A va se diviser en deux courants I₁ et I₂.

$$I_1 = \frac{\mathbf{120 \text{ V}}}{\mathbf{20 \Omega}} = 6 \text{ A} \quad ; \quad I_2 = \frac{\mathbf{120 \text{ V}}}{\mathbf{30 \Omega}} = 4 \text{ A}$$

Calcul des chutes de tension aux bornes de chaque résistance :

Lorsque deux résistances sont en parallèle, la chute de tension aux bornes de ces deux résistances est la même.

$$U_{R1} = U_{R2} = U_{Rt} = U = 120 \text{ V}.$$

Conclusions :

Lorsque l'on a deux résistances en parallèle, la résistance équivalente est égale au produit des résistances divisé par la somme des résistances ;

Dans le cas où l'on a plus de deux résistances en parallèle, l'inverse de la résistance équivalente

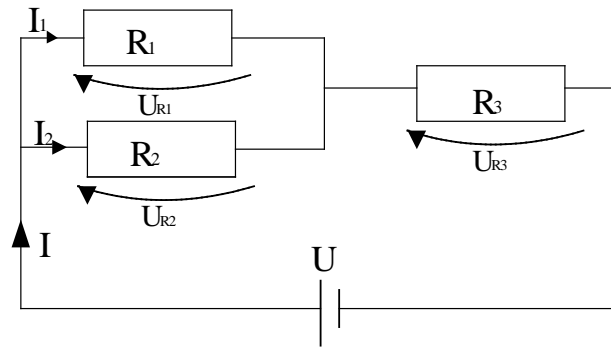
est égal à la somme des inverses des différentes résistances : $\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$;

La résistance équivalente est plus petite que la plus petite des résistances constituant le circuit ;

La tension aux bornes de chaque branche en parallèle est identique ;

Pour qu'un groupement parallèle fonctionne, il faut une source de courant.

I.4.2.3 Groupement en série-parallelè



Données :

Prenons un circuit électrique composé de 3 résistances (R_1 , R_2 et R_3) groupées en série-parallelè et alimentées par une source de tension U .

Prenons par exemple : $R_1 = 20 \Omega$, $R_2 = 30 \Omega$, $R_3 = 8\Omega$ et la tension $U = 240 V$.

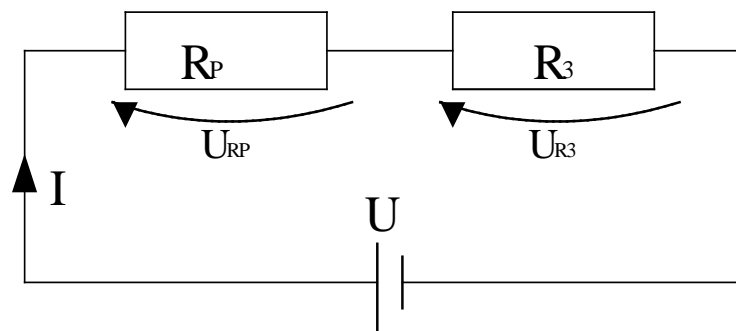
Calculez :

- la résistance totale du circuit ;
- les intensités I , I_1 et I_2 ;
- les chutes de tension aux bornes des résistances.

Résolution :

Calcul de la résistance totale :

En fait, nous voulons remplacer un circuit électrique complexe par un circuit électrique équivalent dans lequel la résistance équivalente (résistance totale) R_t ($R_t = R_p + R_3$) créerait le même effet que les 3 résistances du circuit électrique initial.



$$R_p = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{20 \cdot 30}{20 + 30} = 12 \Omega.$$

$$R_t = R_p + R_3 = 12 + 8 = 20 \Omega.$$

La résistance équivalente $R_t = 20 \Omega$.

Calcul des courants I, I₁ et I₂ :

Grâce à la loi d'Ohm, on peut calculer le courant I : $I = \frac{U}{R_t}$

$$I = \frac{240 \text{ V}}{20 \Omega} = 12 \text{ A.}$$

Le courant I va se diviser en deux courants I₁ et I₂. Pour calculer les courants I₁ et I₂, il faut tenir compte de la chute de tension créée par le résistance R₃.

$$I_1 = \frac{U_{R1}}{R_1} = \frac{U - U_{R3}}{R_1} = \frac{240 - (12 \cdot 8)}{20} = 7,2 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{U_{R2}}{R_2} = \frac{U - U_{R3}}{R_2} = \frac{240 - (12 \cdot 8)}{30} = 4,8 \text{ A}$$

Calcul des chutes de tension aux bornes de chaque résistance :

Maintenant que nous connaissons tous les courants, nous pouvons calculer les chutes de tension aux bornes des différentes résistances.

$$U_{R1} = I_1 \cdot R_1 = 7,2 \cdot 20 = 144 \text{ V}$$

$U_{R1} = U_{R2}$ comme les deux résistances R₁ et R₂ sont en parallèle.

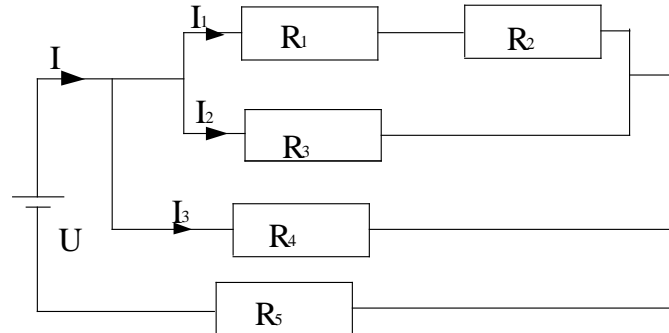
$$U_{R2} = I_2 \cdot R_2 = 4,8 \cdot 30 = 144 \text{ V}$$

$$U_{R3} = I_3 \cdot R_3 = 12 \cdot 8 = 96 \text{ V} = U - U_{R1} = U - U_{R2}.$$

I.4.2.4 Exercices

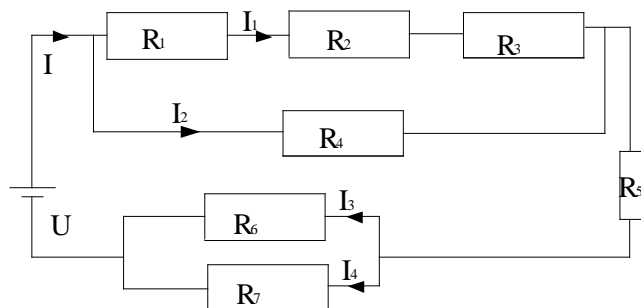
Calculez la résistance équivalente, tous les courants et toutes les chutes de tension du circuit électrique se trouvant ci-dessous si :

$U = 300 \text{ V}$; $R_1 = 10\Omega$; $R_2 = 20\Omega$; $R_3 = 30\Omega$; $R_4 = 40\Omega$; $R_5 = 50\Omega$.



Calculez la résistance équivalente, tous les courants et toutes les chutes de tension du circuit électrique se trouvant ci-dessous si :

$U = 500 \text{ V}$ et que toutes les résistances valent 10Ω .



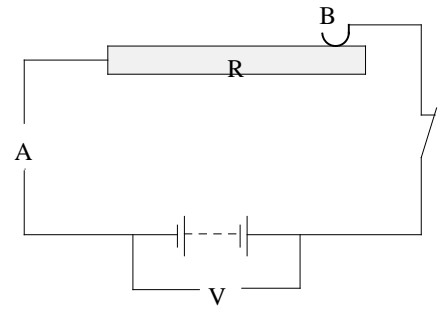
I.5. DÉGAGEMENT DE CHALEUR PAR LE COURANT ÉLECTRIQUE

I.5.1. L'EFFET JOULE

Expérience

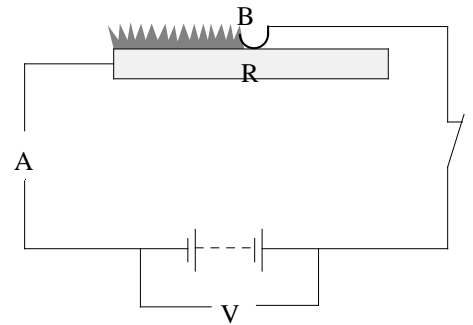
Prenons une résistance variable R et raccordons celle-ci aux bornes d'une source de courant. Nous déplaçons le balai B de telle façon que toute la résistance R soit parcourue par le courant.

L'ampèremètre nous indique que le courant a une intensité de 1 A. Après un certain temps, nous constatons que la résistance s'est échauffée.



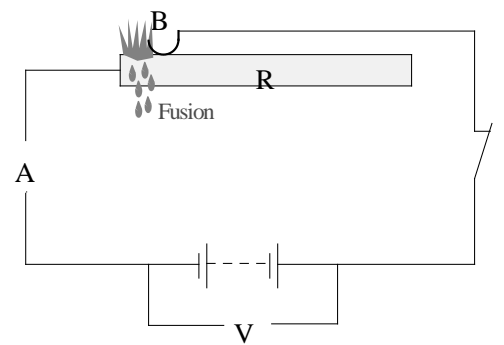
Amenons le balai B vers le centre de la résistance R , l'intensité est alors de 5 A.

Nous constatons que la partie de la résistance R parcourue par le courant devient incandescente après un certain temps.



Déplaçons ensuite le balai B vers l'extrémité de la résistance. Le courant ne parcourant plus qu'une partie de la résistance, l'intensité est maintenant de 10 A.

Cette partie de résistance s'échauffe fortement et, après un certain temps, atteint son point de fusion.



Conclusion:

Un conducteur parcouru par le courant électrique dégage de la chaleur. Ce phénomène est appelé effet Joule.

I.5.2. QUANTITÉ DE CHALEUR

La quantité de chaleur produite par le passage du courant dans le conducteur dépend :

- de l'intensité ;
- de la nature du conducteur, donc de la résistance ;
- de la durée de passage de courant.

I.5.3. CALCUL DE LA QUANTITÉ DE CHALEUR DÉGAGÉE

Pour calculer la quantité de chaleur dégagée par effet Joule, il faut connaître la valeur des trois facteurs précités : intensité, résistance, durée.

Commençons par chercher le travail fourni en appliquant la formule suivante :

$$\text{Travail (W)} = \text{Tension (U)} \cdot \text{Intensité (I)} \cdot \text{temps (t)}.$$

ou

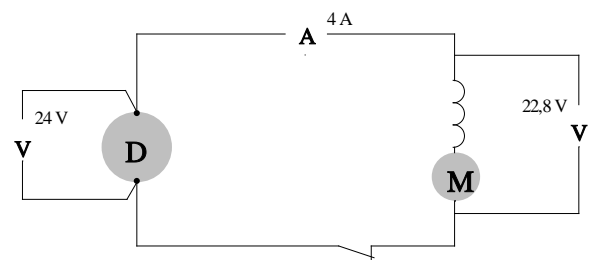
$$W = R \cdot I^2 \cdot t$$

I.5.4. CHUTE DE TENSION

Si nous regardons l'exemple pris ci-contre, on voit que la tension U aux bornes de la dynamo D est de 24 V.

Par contre, le voltmètre V , branché aux bornes du moteur M , indique une tension de 22,8 V.

L'ampèremètre renseigne une intensité de 4 A.



Il existe donc une différence de tension entre la source de courant et le récepteur. Ce phénomène est appelé : “chute de tension dans les conducteurs”.

La chute de tension dépend de la résistance des conducteurs. Plus la résistance sera grande, plus la chute de tension sera importante.

Par conséquent, il existe une perte de puissance dans les conducteurs qui se transforme en chaleur.

La puissance fournie par la dynamo est : $24 \text{ V} \cdot 4 \text{ A} = 96 \text{ W}$;

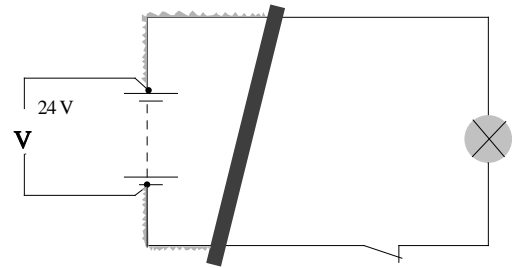
la puissance développée par le moteur est : $22,8 \text{ V} \cdot 4 \text{ A} = 91,2 \text{ W}$;

La perte de puissance = $96 \text{ W} - 91,2 \text{ W} = 4,8 \text{ W}$.

1.5.5. LE COURT-CIRCUIT

Relions deux fils de potentiels différents au moyen d'une barre en cuivre.

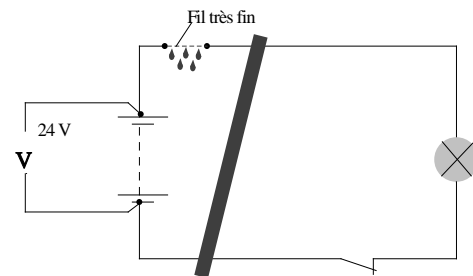
Nous constatons que le conducteur s'échauffe très vite et fond.



Nous avons provoqué un court-circuit, c'est-à-dire que la résistance, en l'occurrence la lampe, a été pontée. L'intensité dans le conducteur devient tellement élevée qu'il fond.

Intercalons un fil très fin dans le circuit.

En renouvelant l'essai, nous constatons la fusion immédiate de ce fil tandis que les conducteurs restent intacts.



Conclusions

On utilise comme protection du circuit un filament très fin. En cas d'intensité élevée, inopinée et dangereuse, le circuit est interrompu automatiquement par la fusion de ce fil.

Tous les circuits électriques doivent être munis d'un appareil de sécurité afin d'éviter les avaries et éventuellement les incendies.

En pratique, on rencontre les appareils de protection suivants :

- les fusibles, constitués d'un fil calibré en argent ou en cuivre. Ce fil est placé dans un support isolant ;
- les disjoncteurs thermiques s'ouvrant à une certaine température sous l'influence d'un "bimétal" ;
- les disjoncteurs magnétiques, qui s'ouvrent dès que le courant et la force magnétique atteignent une certaine valeur.

CHAPITRE II: LE COURANT ALTERNATIF

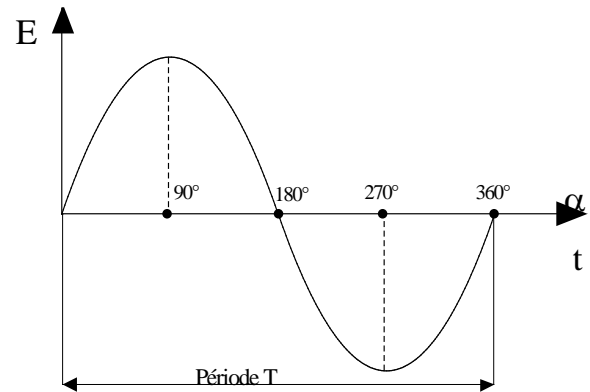
II.1. INTRODUCTION

Nous avons vu précédemment qu'un courant continu circule toujours dans le même sens (du positif vers le négatif à l'extérieure de la source).

Un courant alternatif par contre est un courant qui change périodiquement de sens.

Les tensions et courants alternatifs utilisés dans l'industrie varient comme une sinusoïde.

Le graphique ci-contre est la représentation graphique d'une sinusoïde pour une durée d'une période (ou pendant 360°).



Les courants alternatifs fournis par une centrale électrique suivent pratiquement la forme sinusoïdale.

Une source de courant alternatif est représentée par un cercle dans lequel figure la lettre G et le symbole du courant alternatif.

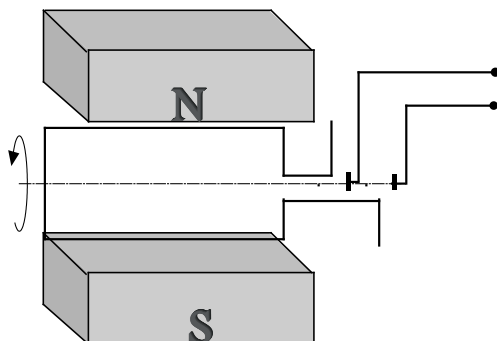
Il est évident qu'une source de courant alternatif ne possède pas une polarité fixe vu que cette dernière varie toujours selon un rythme déterminé.



Le courant alternatif ou tension alternative est aussi mentionné sur les instruments de mesure par "A.C." (alternating current) ou "C.A." (courant alternatif).

II.2. FONCTIONNEMENT

La tension alternative est produite par un générateur de courant alternatif aussi nommé alternateur. Nous allons expliquer le principe de l'alternateur de façon très simplifiée étant donné qu'un chapitre est prévu à cet effet.



Plaçons un conducteur formé d'une seule spire entre deux pôles (un pôle nord et un pôle sud). Faisons tourner ce conducteur à vitesse constante.

Le conducteur tournant entre les deux pôles subit une variation de flux. Par la loi de Lenz, nous savons que cette variation de flux donne naissance à une force électromotrice.

L'intensité de cette force électromotrice est maximale lorsque la spire est dans le même plan que les deux pôles. Elle est nulle lorsque la spire est perpendiculaire au plan formé par les deux pôles.

II.3. GRANDEURS CARACTÉRISTIQUES

II.3.1. LA PÉRIODE

Une période est le temps, en seconde, qui sépare deux instants pendant lesquels le courant a la même valeur et reprend le même sens. La durée d'une période est représentée par la lettre T.

II.3.2. LA FRÉQUENCE

Par fréquence, nous comprenons le nombre de périodes par seconde ou : $f = \frac{1}{T}$

La fréquence est exprimée en Hertz (Hz).

En Europe, la fréquence standard est de 50 Hz alors qu'en Amérique, elle est de 60 Hz.

II.3.3. VALEUR EFFECTIVE DU COURANT ALTERNATIF

En général, on utilise la valeur effective du courant alternatif (et de la tension).

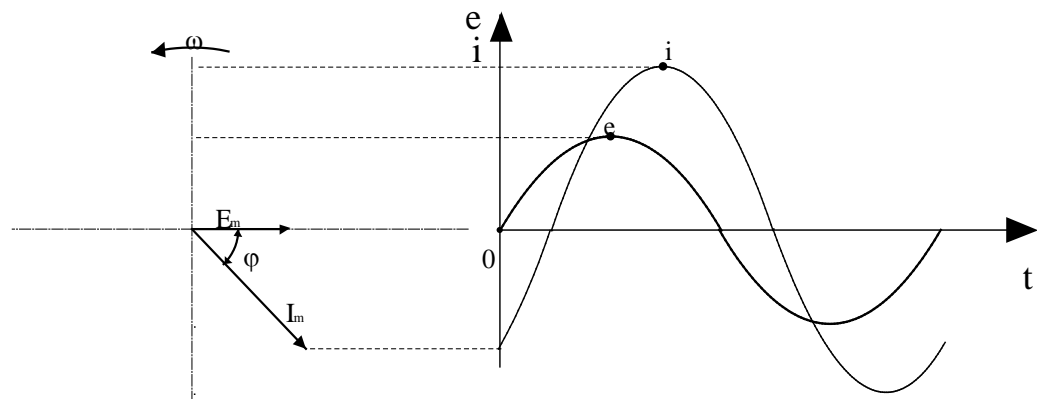
Nous retiendrons qu'un courant alternatif d'une valeur effective (I_{eff}) de 1 A produit la même quantité de chaleur dans une résistance qu'un courant continu de 1 A dans la même résistance. Il a été constaté que le rapport suivant existe entre I_{eff} et I_{max} .

$$I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$$

II.3.4. DÉPHASAGE

Différentes grandeurs sinusoïdales comme les tensions et les courants peuvent non seulement varier en amplitude, mais également être décalées dans le temps l'une par rapport à l'autre.

Il existe donc un déphasage entre les deux grandeurs.



$$e = E_{max} \cdot \sin \omega t$$

$$i = I_{max} \sin (\omega t - \varphi) \quad (\text{avec } \varphi \text{ angle positif})$$

On dit que le courant est en retard sur la tension (la tension est en avance sur le courant) parce qu'il faut faire glisser, vers l'arrière, la courbe de l'intensité afin de faire correspondre l'intensité maximum avec la tension maximum.

On dit que les grandeurs sont en phase lorsque l'angle de déphasage (φ) = 0, c'est-à-dire lorsque

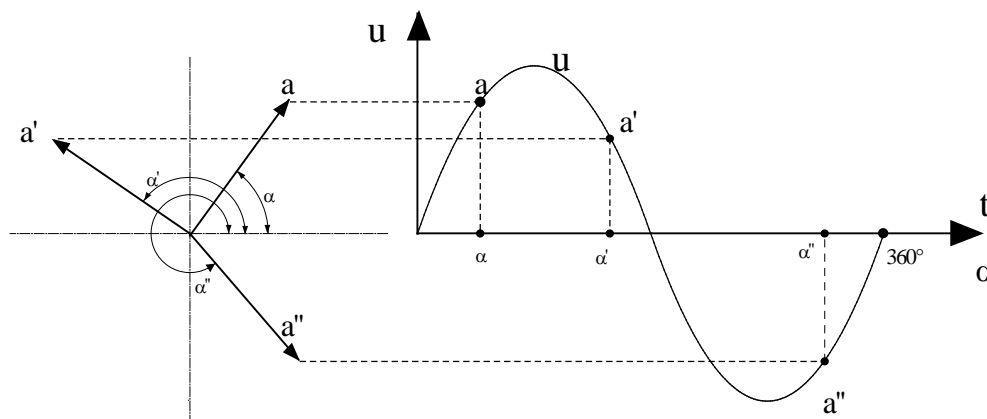
les deux grandeurs sont nulles en même temps et augmentent en même temps. Nous avons ce cas lorsque, par exemple, le circuit n'est composé que de résistances.

Deux grandeurs sont en quadrature si le déphasage est de $\pm 90^\circ$. (Lorsque, par exemple, le circuit n'est composé que de self).

Les deux grandeurs sont en opposition de phase lorsque l'angle de déphasage est de 180° .

II.4. REPRÉSENTATION VECTORIELLE

On peut représenter le courant alternatif par un vecteur qui tourne dans un plan à une vitesse angulaire ω .



Les conventions suivantes doivent être acceptées :

- le vecteur tourne dans le sens anti-horlogique ;
- nous prenons la valeur efficace comme longueur du vecteur ;
- le déphasage est représenté en partant de l'horizontale vers la droite.

La représentation vectorielle a l'avantage qu'on peut appliquer la théorie vectorielle pour additionner les grandeurs de formes sinusoïdales. Il faut toutefois noter que, sur une figure, les vecteurs de courant alternatif doivent représenter des grandeurs de même fréquence.

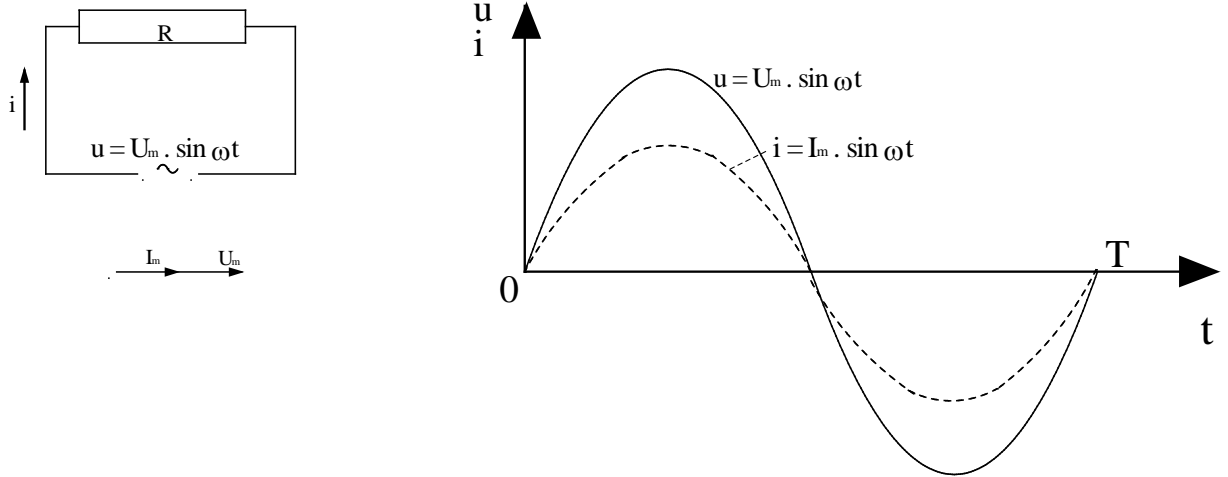
II.5. CIRCUITS EN ALTERNATIF

Dans un circuit alimenté en courant alternatif, la relation entre courant et tension ne dépend pas seulement des résistances du circuit, elle dépend aussi des capacités et des selfs qui se trouvent dans ce circuit.

Pour tenir compte de tous ces éléments, on a défini une nouvelle grandeur qui s'appelle l'impédance et est représentée par la lettre Z .

II.5.1. CIRCUIT COMPOSÉ UNIQUEMENT DE RÉSISTANCES

Lorsque le circuit électrique ne comprend que des résistances, le courant est en phase avec la tension.



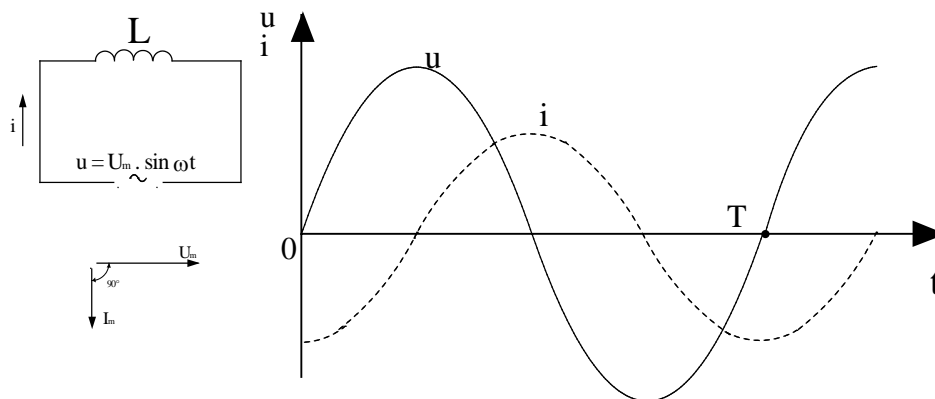
L'intensité du courant est déterminée à l'aide de la loi d'Ohm : $I = \frac{U}{Z}$

Nous avons : $u = U_m \cdot \sin \omega t$
 $Z = R$

par conséquent le courant : $i = \frac{U_m}{R} \cdot \sin \omega t$

II.5.2. CIRCUIT COMPOSÉ UNIQUEMENT DE SELFS

Lorsque le circuit électrique ne comprend que des selfs, le courant est en retard de 90° sur la tension.



L'impédance d'une self est donnée par : $Z = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$.

Nous voyons donc que, plus la fréquence est importante, plus l'impédance est élevée. L'inductance (L) s'exprime en Henry [H].

L'intensité du courant est toujours déterminée à l'aide de la loi d'Ohm : $I = \frac{U}{Z}$

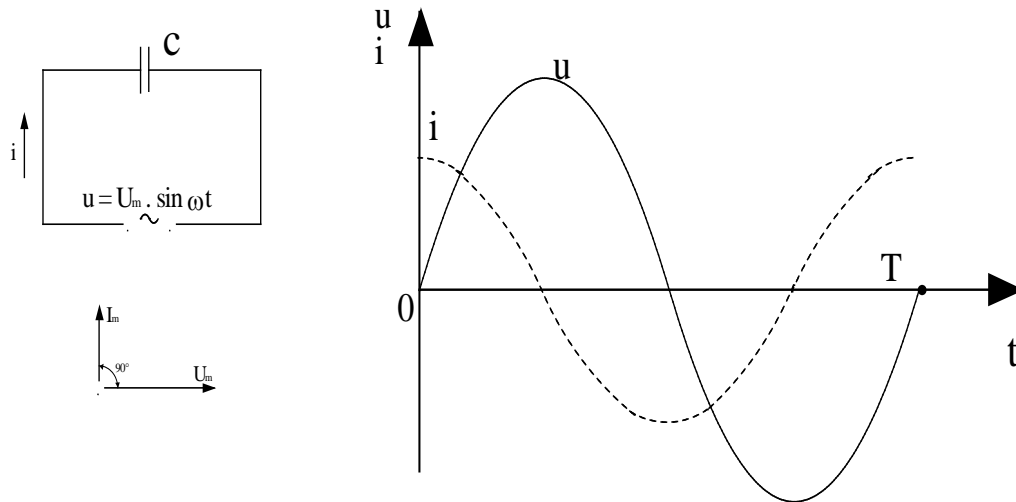
Nous avons : $u = U_m \cdot \sin \omega t$

$$Z = \omega.L = 2.\pi.f.L$$

par conséquent le courant : $i = \frac{U_m}{\omega.L} . \sin (\omega t - 90^\circ)$

II.5.3. CIRCUIT COMPOSÉ UNIQUEMENT DE CAPACITÉS

Lorsque le circuit électrique ne comprend que des capacités, le courant est en avance de 90° sur la tension.



L'impédance d'une capacité est donnée par : $Z = \frac{1}{\omega . C} = \frac{1}{2.\pi.f.C}$.

Nous voyons donc que, plus la fréquence est faible, plus l'impédance est élevée.
La capacitance (C) s'exprime en Farad [F].

L'intensité du courant est toujours déterminée à l'aide de la loi d'Ohm : $I = \frac{U}{Z}$

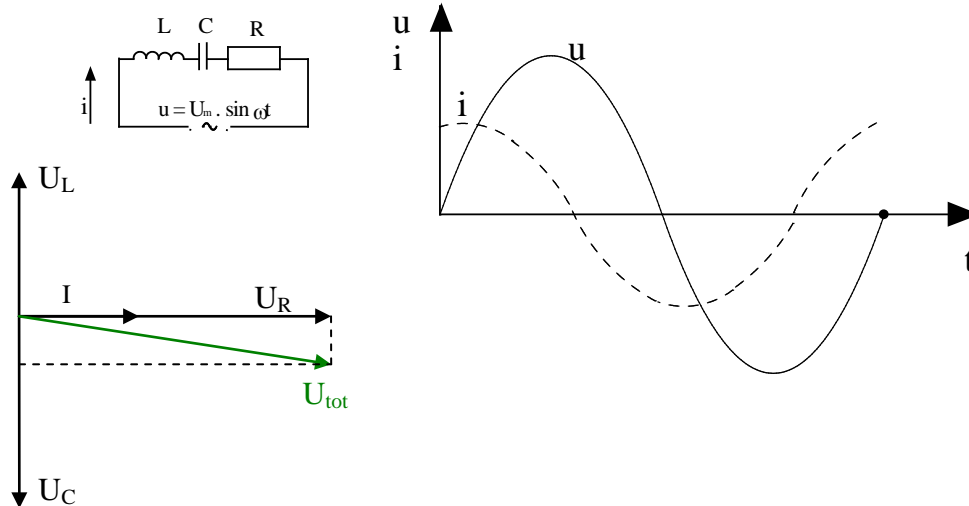
Nous avons : $u = U_m . \sin \omega t$

$$Z = \frac{1}{\omega . C} = \frac{1}{2.\pi.f.C}$$

par conséquent le courant : $I = U_m . \omega . C . \sin (\omega t + 90^\circ)$

II.5.4. CIRCUIT MIXTE

Lorsque l'on a un circuit électrique composé de selfs, de résistances et de capacités, il faut trouver la valeur de l'impédance Z .



Nous savons que les résistances ne créent aucun déphasage entre le courant et la tension. Par contre, les selfs et les capacités créent un déphasage de 90° entre courant et tension.

Par conséquent, l'impédance Z peut être calculée par la formule suivante :

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}$$

La relation entre tension et courant est toujours donnée par : $I = \frac{U}{Z}$

II.6. PUISSANCE EN COURANT ALTERNATIF

En courant continu, la puissance se calcule par la formule : $P = U \cdot I$

En courant alternatif, cette relation n'est plus valable à cause du déphasage qu'il peut y avoir entre le courant et la tension.

En courant alternatif, la puissance se calcule par : $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$

Le courant se compose de deux composantes, soit $I \cdot \cos \varphi$ (qui est la composante active, en phase avec la tension), et $I \cdot \sin \varphi$ (qui est la composante réactive ; celle-ci est en quadrature avec la tension et ne donne pas de puissance).

$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$ appelle la puissance active et est celle qui est mesurée par le compteur électrique. Elle s'exprime en Watt ou kW.

$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$ appelle la puissance réactive et s'exprime en VAR (Volt-Ampère-réactif).

$S = U \cdot I$ appelle la puissance apparente et s'exprime en VA (Volt-Ampère). C'est cette puissance qu'Electrabel fournit.

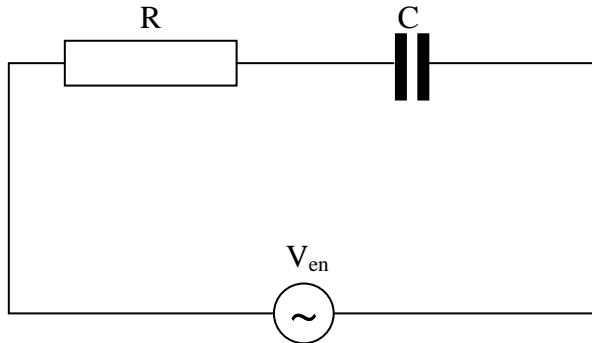
II.7. L'IMPORTANCE PRATIQUE DU COS φ

Le $\cos \varphi$ s'appelle le coefficient de puissance de l'installation. Le facteur de puissance est d'une importance technique pour le transport et la distribution d'énergie électrique. C'est pourquoi Electrabel exige que tout utilisateur respecte un facteur de puissance minimum.

Pour une puissance donnée, plus le $\cos \varphi$ est faible, plus le courant absorbé est important. Une grande intensité provoque une augmentation des pertes par effet Joule dans les conducteurs.

CHAPITRE III: CIRCUITS MONTAGE R, L ET C DE BASE

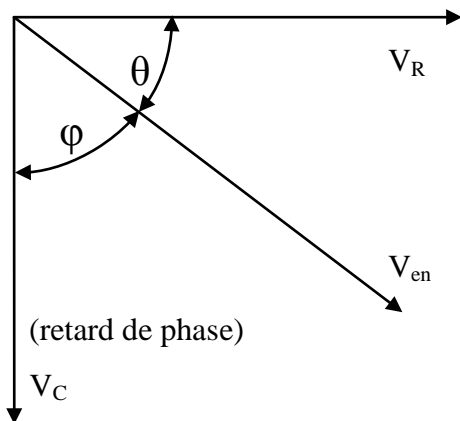
III.1. CIRCUITS RC



L'impédance équivalente d'un circuit RC série :

$$V_{\text{aut}} \quad Z = \sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}$$

et le déphasage : $Tg \varphi = \frac{1}{R\omega C}$



Sur le dessin des tensions, on voit que V_R est en avance de 90° sur V_C et de $(90^\circ - \varphi)$ sur V_{en} et que V_C est en retard de φ sur V_{en} .

La tension aux bornes des éléments vaut :

$$V_C = \frac{\frac{1}{\omega C}}{\sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}} V_{en} = \frac{V_{en}}{\sqrt{R^2 \omega^2 C^2 + 1}}$$

$$V_R = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}} \quad V_{en} = \frac{V_{en}}{\sqrt{1 + \frac{1}{R^2 \omega^2 C^2}}}$$

De ces propriétés, en se connectant aux bornes de la résistance ou de la capacité on peut obtenir avance ou retard de phase ou filtre passe-haut ou passe-bas.

III.2. CIRCUITS RL

Tout ce qui a été dit sur les circuits RC peut être transposé aux circuits RL, qui peuvent également être utilisés comme filtre.

Nous nous contenterons d'aborder ce sujet sous l'angle de la puissance car la principale application est le moteur.

III.2.1. PUISSANCE DANS LES CIRCUITS RL

Dans un circuit c.a. purement résistif, toute l'énergie déployée par la source est dissipée sous forme de chaleur par la résistance. Dans un circuit c.a. purement inductif, toute l'énergie déployée par la source est emmagasinée dans le champ magnétique de la bobine durant une portion du cycle de la tension et ensuite retournée vers la source durant l'autre portion du cycle. Il n'y a donc ainsi aucune conversion d'énergie en chaleur. Lorsqu'il existe à la fois une résistance et une bobine, une partie de l'énergie est alternativement emmagasinée puis retournée par l'inductance et une partie est dissipée par la résistance. La quantité de conversion de l'énergie en chaleur est déterminée par les valeurs relatives de la résistance et de la réactance inductive.

Lorsque la valeur de la résistance est plus élevée que celle de la réactance inductive, une plus grande quantité d'énergie transmise par la source est dissipée par la résistance, par rapport à la portion emmagasinée puis retournée par l'inductance. Lorsque la valeur de la réactance est plus élevée que celle de la résistance, une plus grande portion d'énergie est emmagasinée puis retournée, par rapport à la portion convertie en chaleur.

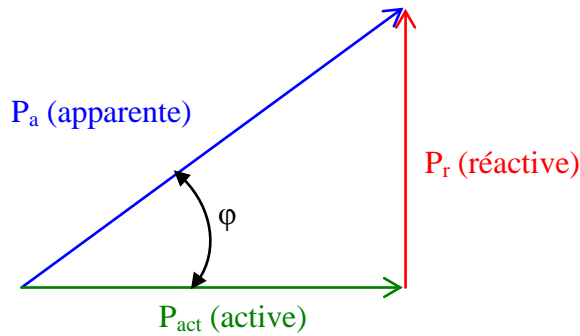
Nous savons que la puissance dans une résistance s'appelle la puissance active. La puissance dans une inductance se nomme la puissance réactive et est exprimée par :

$$P_r = I^2 X_L \text{ avec } X_L = \omega L$$

III.2.1.1 Triangle de puissance

Le triangle de puissance général d'un circuit *RL* est illustré ci-dessous.

La **puissance apparente**, P_a , est la résultante de la puissance active P_{act} et de la puissance réactive P_r .



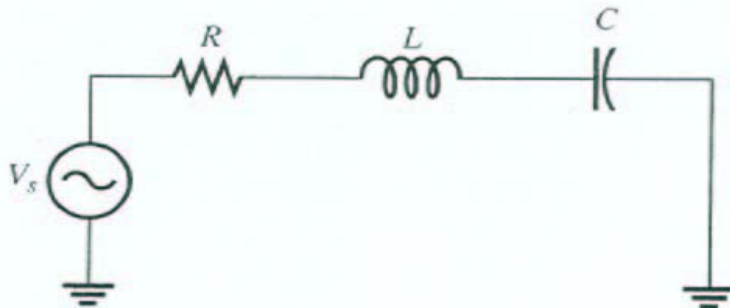
Nous nous rappelons que le facteur de puissance $FP = \cos \varphi$.

A mesure que l'angle de phase entre la tension appliquée et le courant total augmente, le facteur de puissance diminue, indiquant aussi une augmentation du degré réactif du circuit. Plus le facteur de puissance est faible, plus la puissance active est faible comparée à la puissance réactive.

III.3. CIRCUITS RLC SÉRIE

III.3.1. IMPEDANCE ET ANGLE DE PHASE DE CIRCUITS SERIE RLC

Un circuit série RLC comprend à la fois une induction et une capacité. Puisque la réactance inductive et la réactance capacitive ont des effets opposés sur l'angle de phase du circuit, la réactance totale est inférieure à l'une ou l'autre des réactances individuelles.



Comme vous le savez, la réactance inductive (X_L) provoque un retard du courant par rapport à la tension appliquée. La réactance capacitive (X_C) provoque l'effet contraire : le courant est en avance sur la tension. Ainsi, les réactances X_L et X_C ont tendance à se repousser entre elles. Lorsqu'elles sont de valeur égale, elles s'annulent pour donner une réactance totale de zéro. Pour tous les cas, la réactance totale d'un circuit série est :

$$X_{tot} = |X_L - X_C|$$

Le terme $|X_L - X_C|$ désigne la valeur absolue de la différence entre les deux réactances. Donc, le résultat est toujours de signe positif peu importe quelle réactance est la plus élevée. Par exemple, $3 - 7 = -4$, mais la valeur absolue est :

$$|3 - 7| = 4$$

Lorsque $X_L > X_C$, le circuit est à prédominance inductive, tandis qu'il possède une prédominance capacitive lorsque $X_C > X_L$.

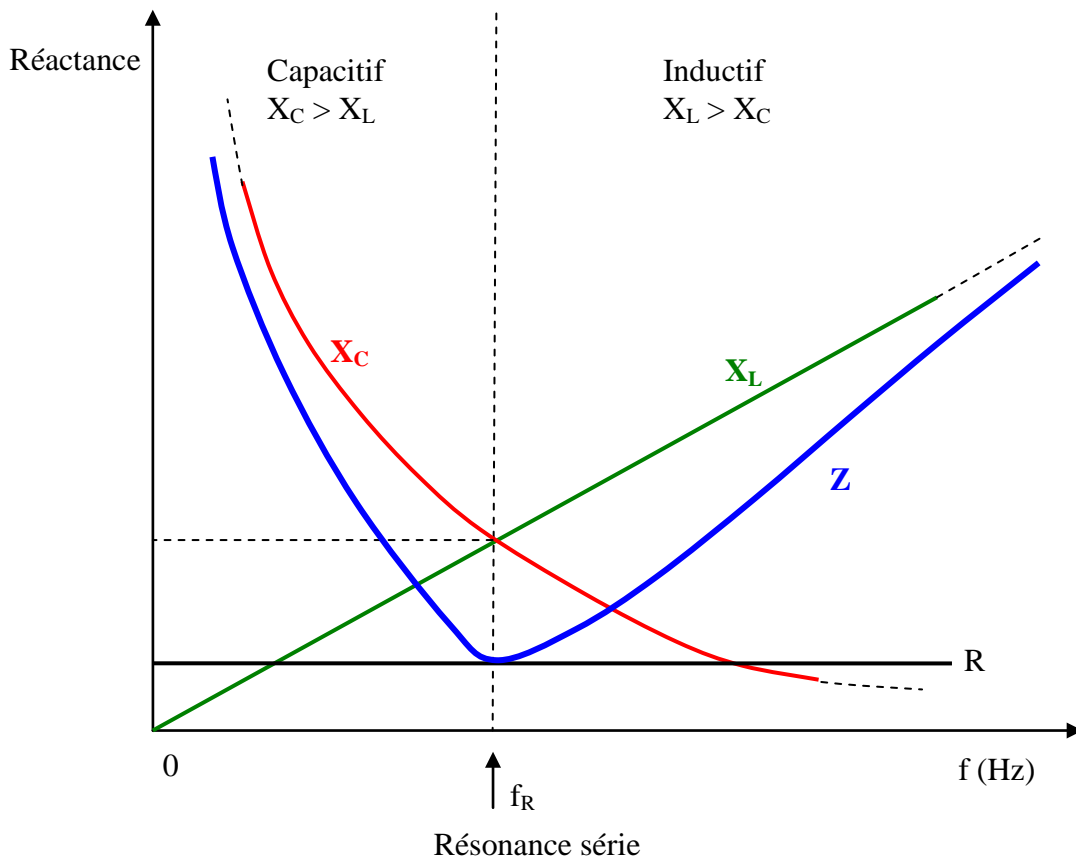
L'impédance totale du circuit série *RLC* est donnée par la formule :

$$Z_{tot} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

alors que l'angle de phase entre V_S et I se calcule selon la formule :

$$\varphi = \arctg \frac{X_{tot}}{(R)}$$

La réactance totale d'un circuit série *RLC* typique se comporte de la manière suivante : initialement à une fréquence très basse, X_C est élevé, X_L est faible et le circuit est à prédominance capacitive. A mesure que la fréquence est augmentée, X_C diminue et X_L augmente jusqu'à ce qu'une fréquence soit atteinte où $X_C = X_L$ et que les deux réactances s'annulent, rendant le circuit purement résistif. Cette condition est la **résonance série** ; nous l'examinerons plus loin. Lorsque la fréquence est augmentée encore plus, X_L devient plus élevé que X_C et le circuit est à prédominance inductive.



Dans un circuit série *RLC*, la tension du condensateur et la tension de la bobine sont toujours déphasées de 180° entre elles. Pour cette raison, V_C et V_L se soustraient mutuellement et la tension aux bornes de la combinaison *L* et *C* est toujours moindre que la tension individuelle de l'un ou l'autre des éléments.

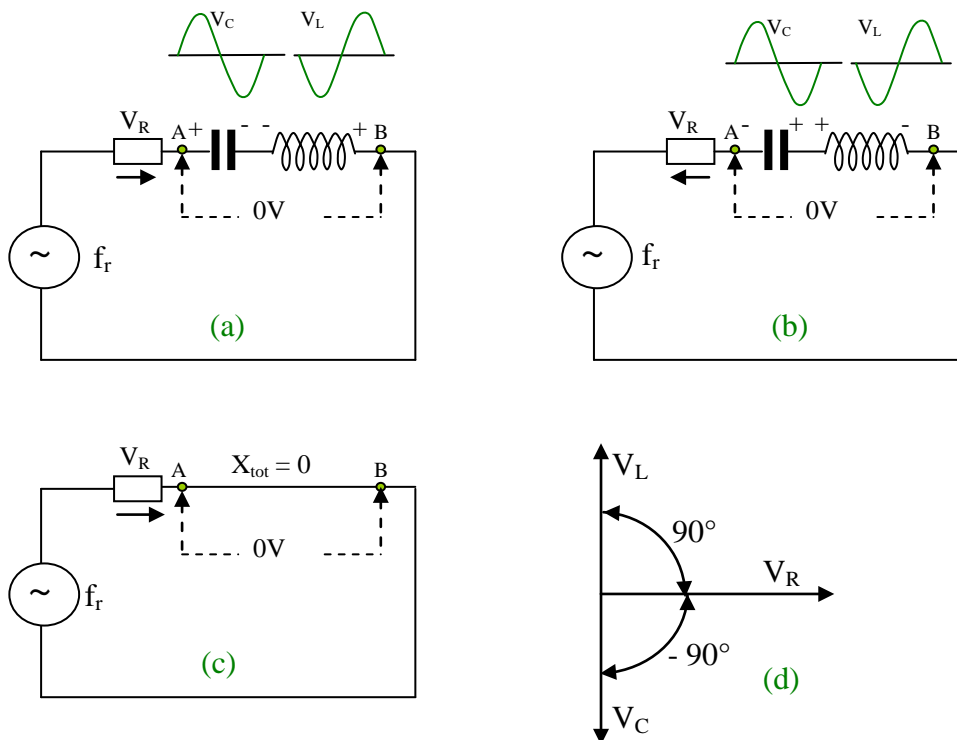
III.3.1.1 Résonance série

Dans un circuit série *RLC*, la résonance série se produit lorsque $X_L = X_C$. La fréquence pour laquelle la résonance se produit est appelée la fréquence de résonance et est désignée par f_r .

X_L et X_C s'annulent lors de la résonance

A la **fréquence de résonance** série, les tensions aux bornes de *C* et de *L* sont identiques car les réactances sont égales et qu'un même courant les traverse, puisqu'elles sont en série ($IX_C = IX_L$). Egalement, les tensions V_L et V_C sont toujours déphasées de 180° l'une de l'autre.

Durant n'importe quel cycle donné, les polarités des tensions aux bornes de *C* et de *L* sont contraires. Les tensions contraires et de même valeur aux bornes de *C* et de *L* s'annulent, laissant une tension de zéro volt entre les points *A* et *B*. Puisqu'il n'existe aucune tension entre *A* et *B* mais qu'il existe un courant, la réactance totale est égale à zéro. Egalement, le diagramme vectoriel des tensions illustre que les tensions V_C et V_L sont égales, mais déphasées de 180° entre elles.



III.3.1.2 La fréquence de résonance série

Pour un circuit série RLC donné, la résonance se produit à une seule fréquence spécifique. La formule de la fréquence de résonance est développée à partir des éléments suivants :

$$X_L = X_C$$

Substituons les formules des réactances.

$$2\pi f_r L = \frac{1}{2\pi f_r C} \quad \text{d'où} \quad f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

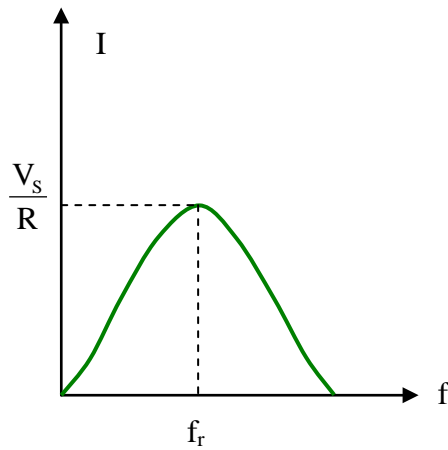
III.3.1.2.1 Tensions et courant dans un circuit série RLC

Il est intéressant d'analyser comment le courant et les tensions varient dans un circuit série RLC à mesure que la fréquence est augmentée, d'abord au-dessous de la fréquence de résonance, lors de la résonance et ensuite au-dessus de celle-ci.

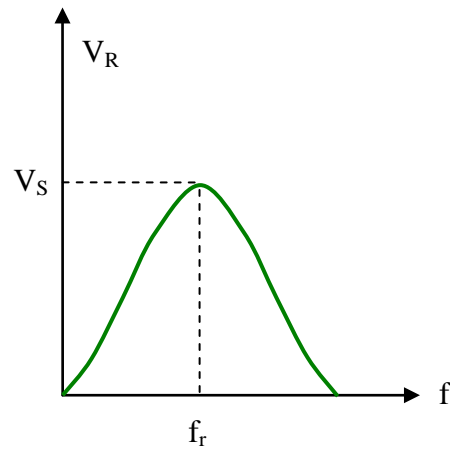
Au-dessous de la fréquence de résonance. A la fréquence $f = 0$ Hz (c.c.), le condensateur se présente comme un circuit ouvert et bloque le courant. Il n'y a donc aucune tension aux bornes de R ou de L et toute la tension de la source se retrouve aux bornes de C . L'impédance du circuit est infiniment grande à 0 Hz puisque X_C est infini (C est ouvert). Lorsque la fréquence commence à augmenter X_C diminue et X_L augmente, causant une diminution de la réactance totale $X_C - X_L$. Donc l'impédance diminue et le courant augmente. A mesure que le courant augmente, V_R , V_C et V_L augmentent également. La tension aux bornes de la combinaison de C et L diminue de sa valeur maximale V_S , puisque la différence entre les tensions V_C et V_L diminue, leurs valeurs respectives devenant plus rapprochées l'une de l'autre.

A la fréquence de résonance. Lorsque la fréquence atteint sa valeur de résonance f_r , V_C et V_L sont tous les deux beaucoup plus élevés que la tension de la source. V_C et V_L s'annulent, laissant 0 V aux bornes de la combinaison, puisqu'ils sont égaux mais de phases opposées. A ce moment l'impédance totale est égale à R , soit à sa valeur minimale, puisque la réactance totale est nulle. Le courant est donc à sa valeur maximale, soit V_S/R de même que la tension V_R dont la valeur est identique à celle de la tension de la source.

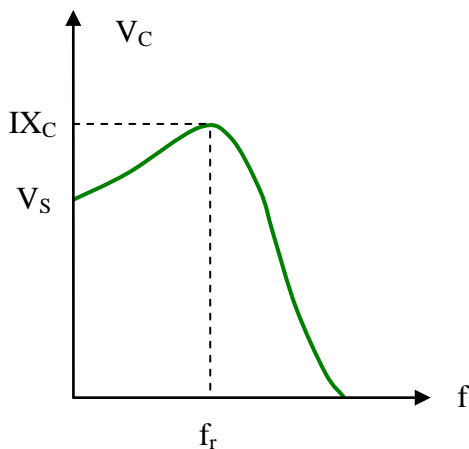
Au-dessus de la fréquence de résonance. A mesure que la fréquence est augmentée au-dessus de la résonance, X_L continue d'augmenter et X_C continue de diminuer accroissant la réactance totale $X_L - X_C$. Il y a donc une augmentation en impédance et une diminution en courant. A mesure que le courant diminue, V_R , V_C et V_L diminuent également. V_C et V_L diminuant, leur différence augmente, causant une augmentation de V_{CL} . A une fréquence très élevée, le courant devient infime ainsi que les tensions V_R et V_C . La valeur de V_L s'approche alors de V_S .



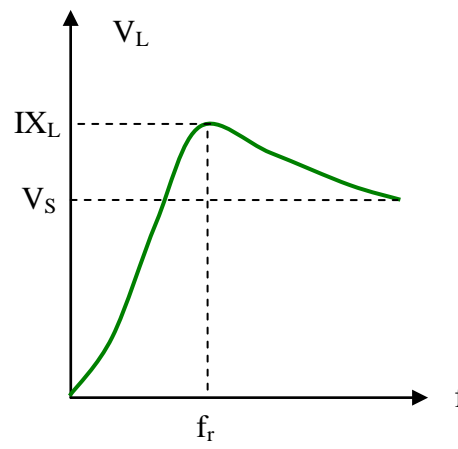
a) Courant



b) Tension aux bornes de la résistance



c) Tension aux bornes du condensateur



c) Tension aux bornes de la bobine

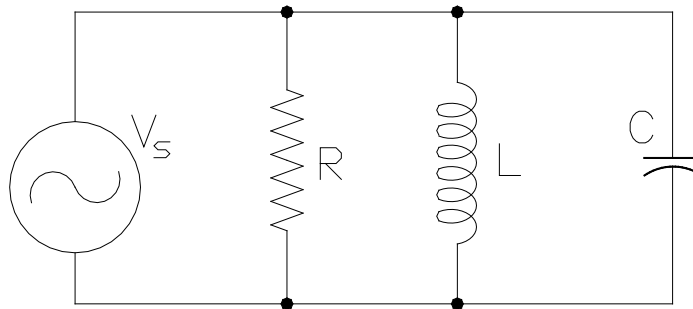
Les figures illustrent les réponses en tension et en courant en fonction de l'augmentation en fréquence. A mesure que la fréquence augmente, le courant augmente pour atteindre le sommet lors de la fréquence de résonance et ensuite diminue. La tension aux bornes de la résistance se comporte de la même manière que le courant.

Les pentes générales des courbes des tensions V_C et V_L sont illustrées aux figures. Les tensions sont maximales à la résonance et diminuent au-dessus et en-dessous de f_r . A la résonance, les tensions aux bornes de L et de C sont identiques, mais déphasées de 180° et s'annulent. La tension totale aux bornes de L et C est nulle alors que $V_R = V_s$; Individuellement, V_L et V_C peuvent être beaucoup plus élevées que la tension de la source. Rappelez-vous que V_L et V_C sont toujours de polarités inverses peu importe la fréquence et qu'ils ne sont égaux qu'à la résonance. La tension aux bornes de la combinaison C et L diminue à mesure que la fréquence augmente pour atteindre une valeur minimale de zéro à la fréquence de résonance. Elle augmente ensuite à nouveau au-dessus de la résonance.

III.4. CIRCUITS PARALLELES RLC

III.4.1. IMPÉDANCE ET ANGLE DE PHASE

Le circuit ci-dessous consiste en une combinaison parallèle de R , L , et C .



L'impédance totale est
$$Z = \frac{1}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L}\right)^2}}$$

L'angle de phase du circuit est donné par la formule suivante :

$$\varphi = \arctg \left(\frac{R}{X_C} - \frac{R}{X_L} \right)$$

Lorsque la fréquence est au-dessus de sa valeur de résonance ($X_C < X_L$), l'impédance du circuit est à prédominance capacitive puisque le courant capacitif est plus élevé et que le courant total est en avance sur la tension de la source. Lorsque la fréquence est en-dessous de sa valeur de résonance ($X_L < X_C$), l'impédance du circuit est à prédominance inductive et le courant total est en retard sur la tension de la source.

III.4.2. RELATIONS ENTRE LES COURANTS

Dans un circuit parallèle RLC , le courant de la branche capacitive et le courant de la branche inductive sont toujours déphasés de 180° l'un par rapport à l'autre (en négligeant toute résistance de bobine). Pour cette raison I_C et I_L se soustraient l'un de l'autre. Ainsi, le courant total dans la branche de la combinaison de L et C est toujours inférieur aux courants des branches individuelles. Bien entendu, le courant de la branche résistive est toujours déphasé de 90° par rapport aux courants réactifs.

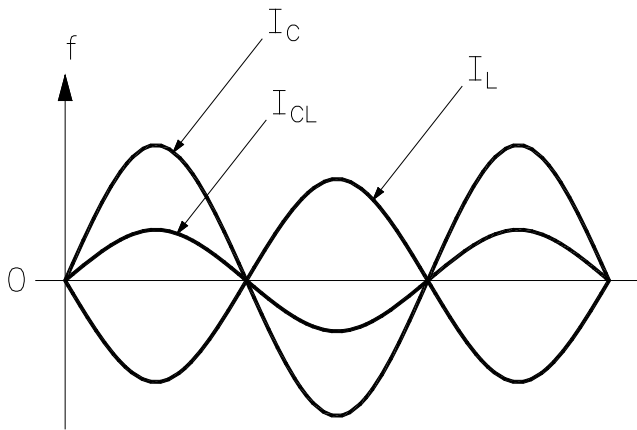
Le courant total s'exprime donc par :

$$I_{tot} = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2}$$

L'angle de phase peut également être exprimé avec les courants des branches par :

$$\varphi = \arctg \frac{(I_{CL})}{(I_R)}$$

où I_{CL} est $|I_C - I_L|$, soit le courant total dans les branches de L et de C .



I_C et I_L se soustraient

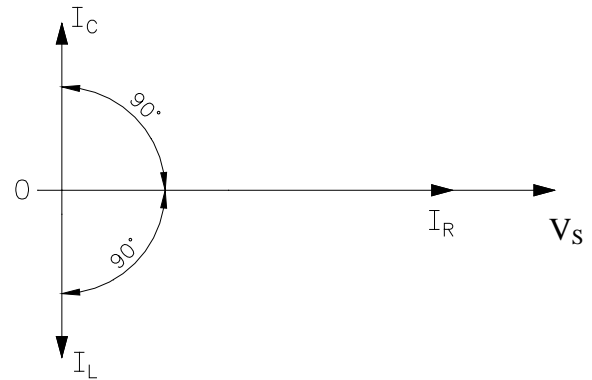


Diagramme vectoriel des courants pour un circuit parallèle RLC

III.5. RÉSONANCE PARALLELE

III.5.1. CONDITION POUR LA RÉSONANCE PARALLELE IDÉALE.

Idéalement, la **résonance parallèle** se produit lorsque $X_L = X_C$. La fréquence pour laquelle la résonance se produit est appelée la *fréquence de résonance*, tout comme dans le modèle série. Lorsque $X_L = X_C$, les courants des deux branches I_C et I_L , sont égaux et bien entendu déphasés de 180° l'un par rapport à l'autre. Ainsi, les deux courants s'annulent et le courant total est de zéro. Dans ce cas idéal, la résistante d'enroulement de la bobine est négligée et donc de valeur nulle.

Puisque le courant total est de zéro, l'impédance du circuit parallèle LC est infiniment grande (∞). Ces conditions idéales de résonance sont énoncées dans les équations suivantes :

$$\begin{aligned} X_L &= X_C \\ Z_r &= \infty \end{aligned}$$

III.5.1.1 La fréquence de résonance parallèle

Pour un circuit résonnant parallèle idéal, la fréquence pour laquelle la résonance se produit est déterminée par la même formule que celle des circuits résonnants série.

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

III.5.1.2 Courants dans un circuit résonnant parallèle

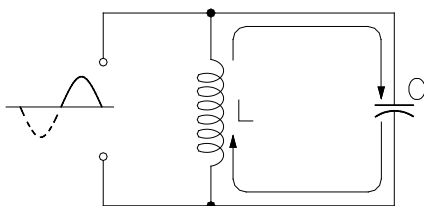
Il est intéressant de voir de quelle façon les courants varient dans un circuit LC parallèle à mesure que la fréquence est augmentée sous la valeur de résonance, lors de la résonance et ensuite au-dessus de la valeur de résonance. Pour des fréquences très basses, la valeur de X_C est très élevée et celle de X_L est très faible, alors que presque tout le courant traverse L . A mesure que la fréquence augmente, le courant traversant L diminue et le courant traversant C augmente, causant une diminution du courant total. Le courant total est donc la différence entre les courants des deux branches, puisque I_L et I_C sont constamment déphasés de 180° l'un de l'autre. Durant ce temps, l'impédance augmente, étant donné la diminution du courant total.

Lorsque la fréquence atteint la valeur de résonance f_r , X_C et X_L sont égaux. Les courants I_C et I_L s'annulent puisqu'ils sont de même amplitude et de phases contraires. A ce moment, le courant total est nul. Puisque I_{tot} est nul, Z est infini. Donc le circuit parallèle LC idéal se présente comme un circuit ouvert à la fréquence de résonance.

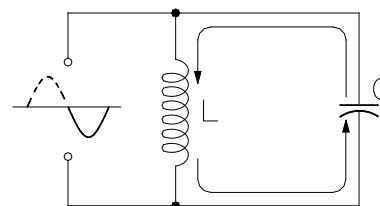
A mesure que la fréquence est augmentée au-dessus de la résonance, X_C continue à diminuer et X_L continue d'augmenter, tandis que les courants des branches redeviennent de valeurs différentes, I_C redevenant de valeur plus élevée. Donc le courant total augmente et l'impédance diminue. Lorsque la fréquence devient très élevée, l'impédance devient très faible à cause de la prédominance d'une très faible valeur en X_C en parallèle avec une valeur en X_L très grande.

III.5.2. CIRCUIT BOUCHON

Le circuit LC résonnant parallèle est souvent appelé circuit bouchon. Ce terme fait référence au fait que le circuit résonnant parallèle emmagasine l'énergie dans le champ magnétique de la bobine et dans le champ électrique du condensateur. L'énergie emmagasinée est transférée dans un mouvement de va-et-vient entre le condensateur et la bobine à chaque demi-cycle alternatif, pendant que le courant change constamment de direction lorsque la bobine donne son énergie pour charger le condensateur et vice versa.



a) La bobine donne l'énergie à mesure que le condensateur se charge



b) Le condensateur se décharge à mesure que la bobine reprend l'énergie

CHAPITRE IV: LA DIODE

IV.1. DÉFINITION

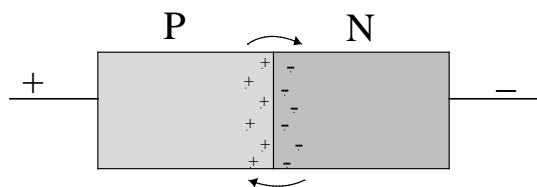
Une diode est formée d'un cristal semi-conducteur qui possède 2 zones. Une diode est donc une jonction P-N.

IV.2. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

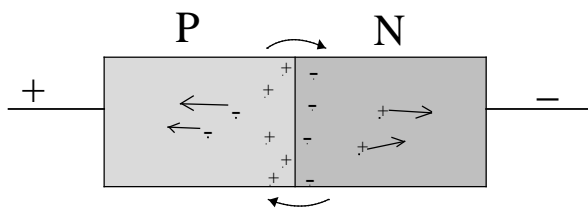
On va voir ce qui se passe lorsque l'on raccorde la diode à une source de tension continue. Le raccordement entre la source de tension continue (batterie) et la diode peut se faire de deux façons.

IV.2.1. POLARISATION DIRECTE

Le pôle - de la source est raccordé à la zone N, le pôle + à la zone P. Les électrons libres sont amenés du pôle négatif de la batterie à la zone N, ce qui rend celle-ci négative par rapport à la zone P.



Une grande force d'attraction apparaît entre les électrons de la zone N et les trous de la zone P. Cette force d'attraction fait passer les électrons de la zone N à travers la zone limite tandis que les trous de la zone P arrivent dans la zone N.

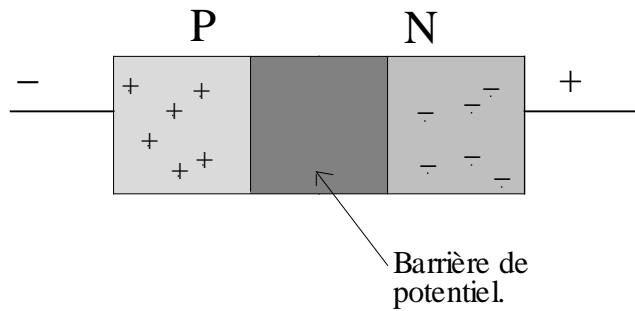


Les électrons arrivant dans la zone P sont absorbés par le pôle +. Nous pouvons constater qu'un courant électrique traverse la jonction P-N.

Quand la diode est raccordée de cette manière, on dit qu'elle est raccordée dans le sens passant (appelé aussi sens direct).

IV.2.2. POLARISATION INVERSE

Le pôle + de la source est raccordé à la zone N, le pôle - à la zone P. De par les forces d'attraction que le pôle positif de la batterie exerce sur les électrons chargés négativement de la zone N, ceux-ci sont attirés vers l'extérieur du cristal, dans la direction du raccordement avec le pôle positif.



Il se produit la même chose avec les trous de la zone P : ceux-ci se déplacent vers le pôle négatif. La jonction P-N se comporte à présent comme un isolateur ; elle est raccordée dans le sens de blocage (appelé aussi sens inverse).

IV.2.3. CONCLUSION

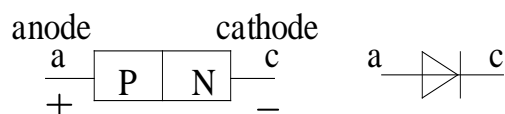
On dispose donc d'un constituant qui laisse passer le courant dans un sens mais pas dans l'autre. Ce constituant est appelé diode au germanium ou diode au silicium.

Remarque :

La diode est une "soupape électronique". Pour que la diode laisse passer le courant dans le sens direct, il faut vaincre un certain seuil de tension.

Ce seuil de tension est de 0,7 V pour les diodes au silicium et de 0,2 à 0,3 V pour les diodes au germanium.

Représentation :

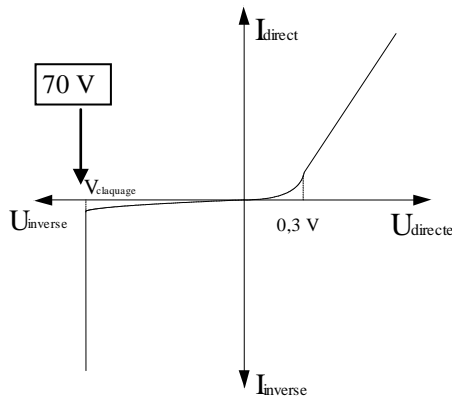


IV.3. CARACTÉRISTIQUES DE LA DIODE

Comme on l'a vu ci-dessus, la diode fonctionne de manière différente selon son raccordement avec une source de tension continue.

Dans une diode, il y a deux caractéristiques :

- la caractéristique directe (polarisation en sens direct);
- la caractéristique inverse (polarisation en sens inverse).



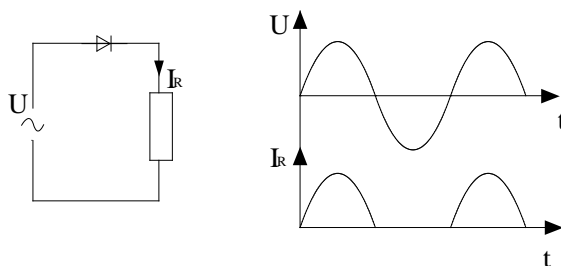
Attention : les échelles sont différentes à gauche et à droite

Lors de la polarisation en sens direct, on voit que, tant que l'on n'a pas passé le seuil de tension, le courant augmente moins vite que la tension. Lorsque le seuil de tension est dépassé, le courant est proportionnel à la tension.

Lors de la polarisation en sens inverse, on remarque que le courant augmente très faiblement ($I \approx 0$), puis augmente brusquement lorsque l'on dépasse une certaine tension appelée tension de claquage.

IV.4. EXEMPLE DE FONCTIONNEMENT

Prenons, par exemple, le cas où une source de tension alternative alimente une résistance R. Regardons la forme du courant absorbé par cette résistance si on place une diode entre la source de tension et la résistance.



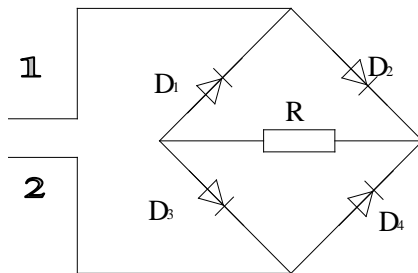
On remarque qu'en sens direct, le courant est transmis à la résistance alors qu'en sens inverse, aucun courant n'est transmis.

IV.5. LE REDRESSEUR EN PONT

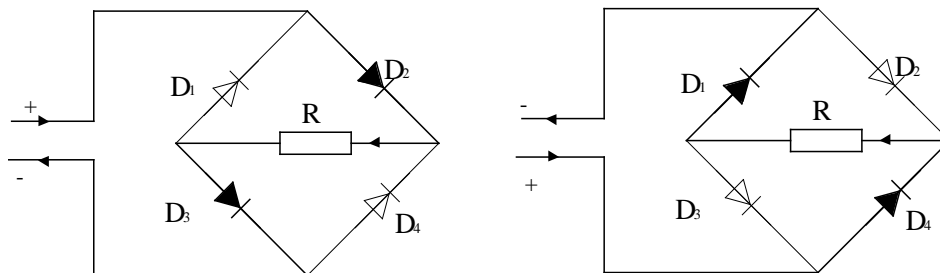
IV.5.1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Le redresseur en pont représenté ci-dessous est un redresseur monophasé constitué de 4 diodes.

Le redresseur permet de redresser le courant, c'est-à-dire l'empêcher de changer de sens.

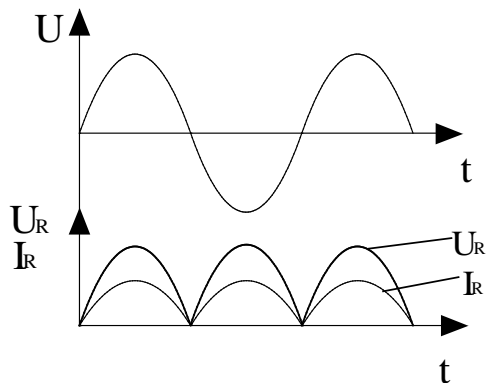


Lorsque la borne 1 est positive par rapport à la borne 2, le courant passe par la diode D_2 , la résistance R et ensuite par la diode D_3 .



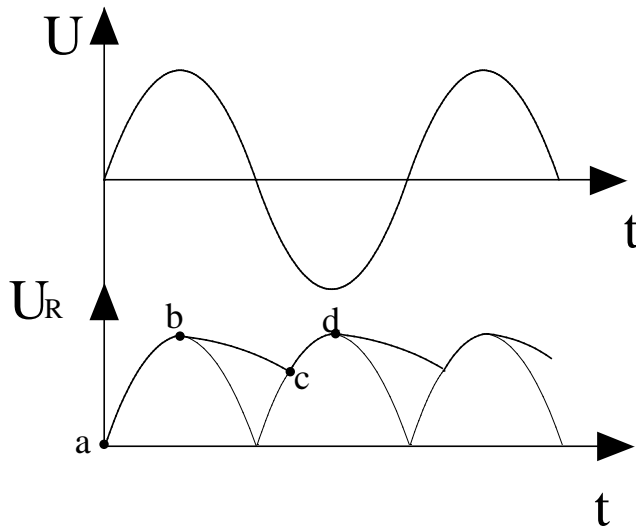
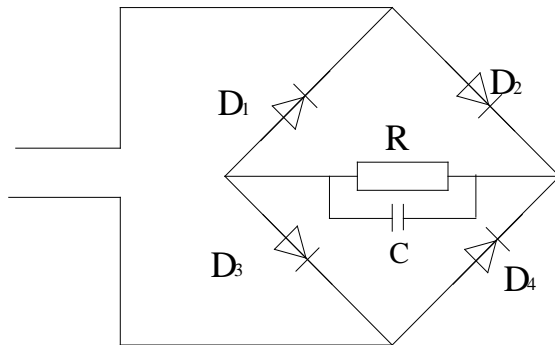
Lorsque la borne 2 est positive par rapport à la borne 1, le courant passe par la diode D_4 , la résistance R et ensuite par la diode D_1 .

On peut donc remarquer que le courant qui passe dans la résistance a toujours le même sens.



IV.5.2. REDRESSEUR EN PONT AVEC FILTRAGE CAPACITIF

Dans ce cas, on ajoute une capacité en parallèle avec la résistance. Cette capacité a pour but de diminuer les variations de tension aux bornes de la résistance afin d'avoir un courant plus ou moins continu.



La capacité se charge lorsque la tension du réseau est supérieure à la tension de la capacité (a-b et c-d) et se décharge lorsque la tension du réseau est inférieure à la tension de la capacité (b-c).

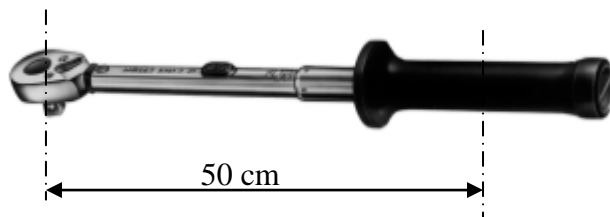
Exemples de questions à choix multiples

ELECTRICITE - GENERALITES

1. Dans un groupement de résistances en parallèle :
 - a) le courant est commun à toutes les résistances ;
 - b) la résistance équivalente est la somme des résistances ;
 - c) la tension est commune à toutes les résistances
2. Lorsqu'on dit que la tension d'alimentation d'une installation domestique est de 230 V, cette valeur est la valeur :
 - a) efficace ;
 - b) instantanée ;
 - c) maximale

MECANIQUE

3. Quelle est la relation correcte entre la force, la masse et l'accélération?
 - a) $F = m \cdot a$
 - b) $F = \frac{m}{a}$
 - c) $F = m \cdot a^2$
4. Le couple de serrage d'un écrou vaut 10 Nm.
Quelle force en Newton doit exercer un technicien sur la clé dynamométrique suivante?



- a) 2 N
- b) 20 N
- c) 200 N

ELECTRICITE - COURANTS FORTS

5. La plaque signalétique d'un transformateur idéal comporte les données suivantes :

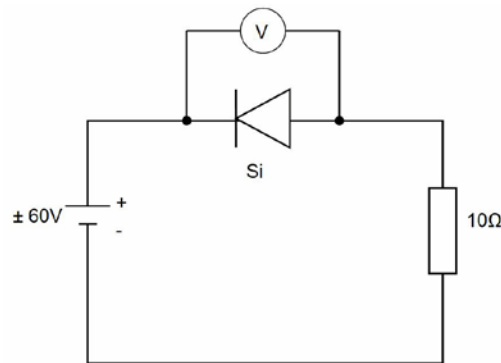
$$U_{\text{prim}} = 220 \text{ V}$$

$$U_{\text{sec}} = 110 \text{ V}$$

En charge, le courant au primaire $I_{\text{prim}} = 4 \text{ A}$. Quel courant circule dans le secondaire ?

- a) 2 A ;
- b) 4 A ;
- c) 8 A.

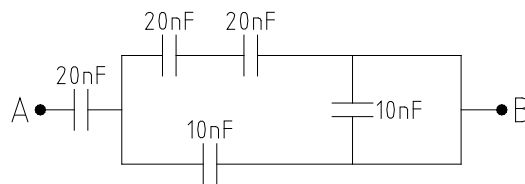
6. Quelle valeur indiquera le voltmètre placé aux bornes de la diode Si ?



- a) 0,6V ;
- b) 6V ;
- c) 60V.

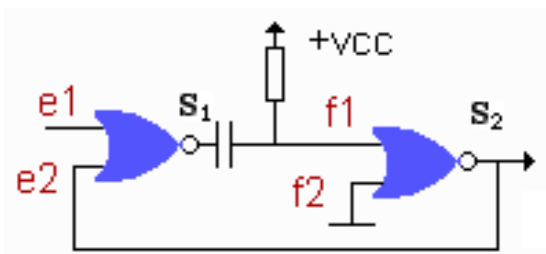
ELECTRICITE – COURANTS FAIBLES

7. Quelle est la valeur de la capacité équivalente entre les points A et B ?



- a) 10 nF
- b) 28 nF
- c) 80 nF

8. Le circuit suivant est



- a) Un monostable flip flop
- b) Un bistable flip flop
- c) Un trigger de Schmitt