

module licence (L2)

G.Mécanique

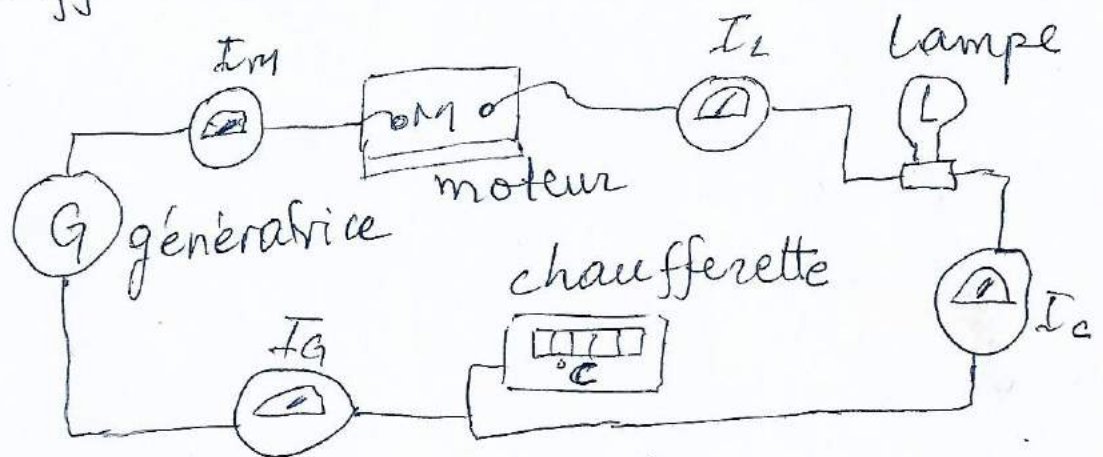
électrique industrielle.

Circuits à courant continu

La plupart des circuits électriques sont raccordés soit en série, soit en parallèle, soit en série-parallèle.

Groupeement en serie.

La figure suivante montre des appareils électriques sont raccordés en série formé d'une génératrice, d'un moteur, d'une lampe, et d'une chaufferette.



Groupeement en serie - mesure des courants à l'aide d'ampère-mètre

Les circuits series possèdent trois propriétés :

- 1) Les courants est le même dans tous les éléments : (les 4 ampèremètre donnent la même lecture)

$$I_{\text{moteur}} = I_{\text{lampe}} = I_{\text{chaufferette}} = I_{\text{génératrice}}$$

$$I_M = I_L = I_C = I_G$$

(1)

2) la somme des tensions aux bornes des charges est égale à la tension aux bornes de la source (par expérience)

$$E_{\text{moteur}} + E_{\text{lampe}} + E_{\text{chaufferette}} = E_{\text{génératrice}}$$

$$E_M + E_L + E_C = E_G.$$

3) la somme des puissance absorbées par les charges est égale à la puissance fournie par la source.

$$P_{\text{moteur}} + P_{\text{lampe}} + P_{\text{chaufferette}} = P_{\text{génératrice}}.$$

$$\text{soit } E_M I_G + E_L I_L + E_C I_C = E_G I_G.$$

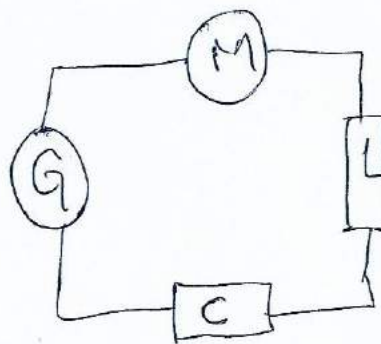


Diagramme
schématique
du montage (précédent)

Remarque: ces trois règles s'appliquent à tout circuit série, quelle que soit la nature des charges

Grouperment de résistances en série ;

la résistance de l'ensemble de ces résistances est égale à la somme des résistances individuelles (ex) :

un groupe de résistance $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$
par une seule résistance équivalente R_{eq} .

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

voir
verso

Exemple :

$$(a) R_{eq} = 4 + 6 + 12 = 22 \Omega$$

la tension de 220V
donne un courant :

$$I = \frac{E}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$\Rightarrow I = \frac{220}{4 + 6 + 12} = 10 A$$

$$(b) I = \frac{E}{R_{eq}} = \frac{220}{22} = 10 A$$

la puissance dépensée par effet Joule dans
chaque des résistances sont : ($P = RI^2$)

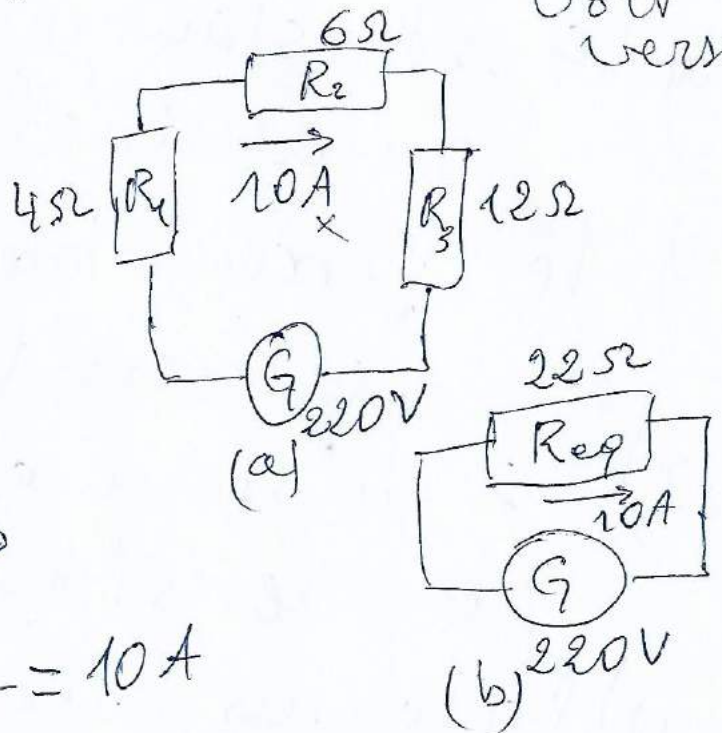
$$\text{dans } R_1 : P_1 = 4 \times 10^2 = 400 W$$

$$P_2 = 6 \times 10^2 = 600 W$$

$$P_3 = 12 \times 10^2 = 1200 W$$

soit au total : 2200W

(3)



la puissance débitée dans la résistance équivalente: $P = 22 \times 10 = 2200 \text{ W}$.

la puissance ~~dépendante~~ débitée par la génératrice:
 $P = E \cdot I = 220 \times 10 = 2200 \text{ W}$.

la tension aux bornes de chaque résistance est $E = R I$

pour $R_1: E_1 = 4 \times 10 = 40 \text{ V}$

$R_2: E_2 = 6 \times 10 = 60 \text{ V}$

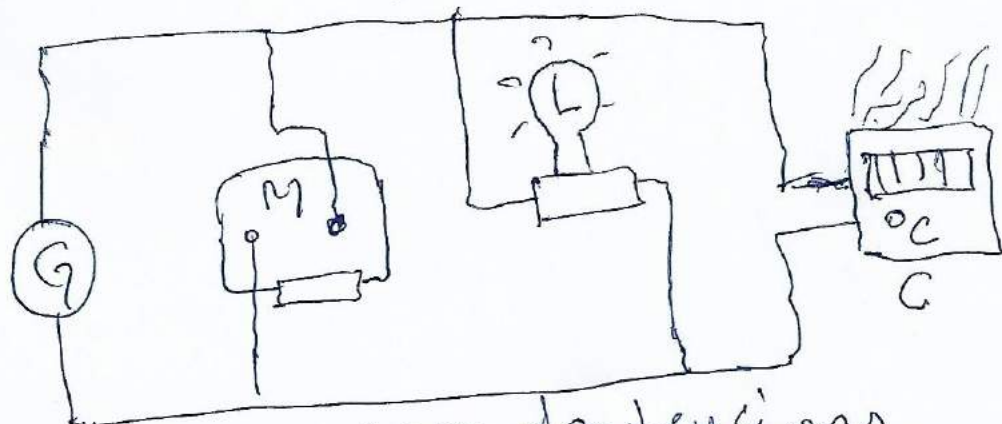
$R_3: E_3 = 12 \times 10 = 120 \text{ V}$

ou total: 220 V

• Groupement en parallèles

la figure suivante montre un groupement en parallèle formé d'un moteur, d'une lampe, et d'une chaufferette branchés aux bornes A et B d'une génératrice.

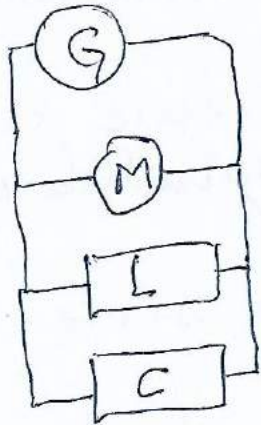
appareils de mesure E_G, E_M, E_L, E_C
 entre les bornes



mesure des tensions aux bornes des éléments

(4)

on peut schématiser la figure précédente
par :



groupement en parallèle

les circuits parallèles possèdent trois propriétés :

1) La tension est la même aux bornes de chaque élément :

$$E_{\text{moteur}} = E_{\text{lampe}} = E_{\text{chauffeurette}} = E_{\text{génératrice}}$$

$$\Rightarrow E_M = E_L = E_C = E_G$$

2) La somme des courants par les charges est égal au courant délivré par la source :

$$I_{\text{moteur}} + I_{\text{lampe}} + I_{\text{chauffeurette}} = I_{\text{génératrice}}$$

$$\Rightarrow I_M + I_L + I_C = I_G$$

3) La somme ~~des~~ des puissances consommées par les charges est égale à la puissance fournie par la source.

$$P_{\text{moteur}} + P_{\text{lampe}} + P_{\text{chauffeurette}} = P_{\text{génératrice}}$$

$$\Rightarrow E_M I_M + E_L I_L + E_C I_C = E_G \cdot I_G$$

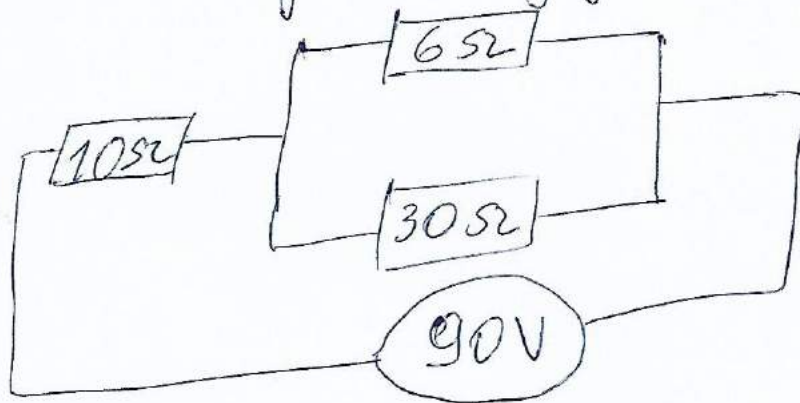
ces trois règles s'appliquent à tout circuit parallèle.

Remarque: si les R sont en série la Req. à chaque R
 // R // // parallèle // < // //

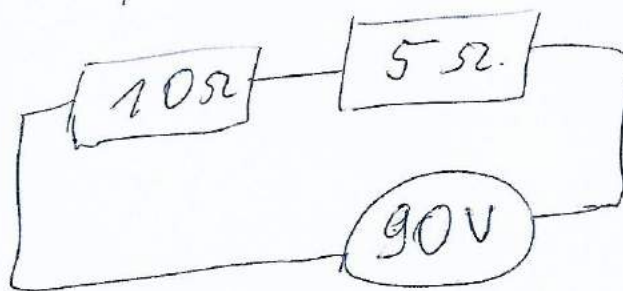
~~Groupe en série-parallèle~~

Exemple:

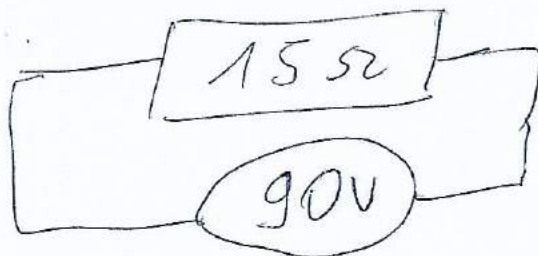
soit le montage de la figure suivante.



Déterminer $I_1, E_1, E_2, I_2, I_3, P$.
 les courants, les tensions et
 on a: puissance aux bornes R?



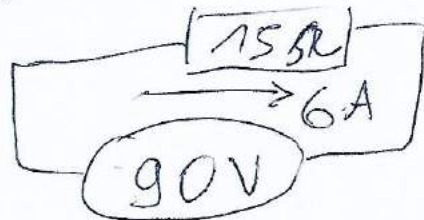
$$R_{eq} = \frac{6 \cdot 30}{6 + 30} = \frac{180}{36} = 5\Omega$$



$$10 + 5 = 15\Omega$$

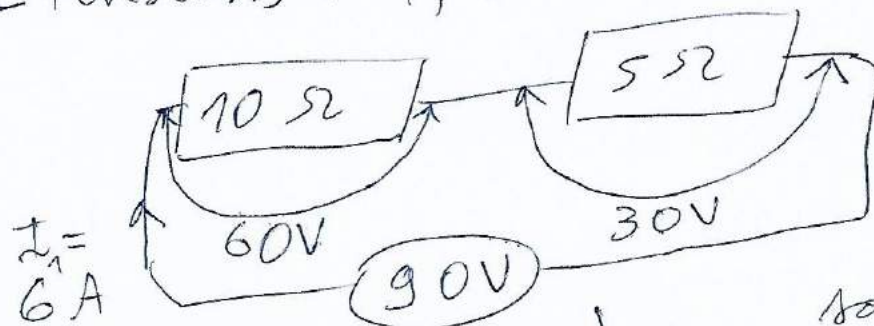
- le courant I .

$$E = R_{eq} I$$



$$I = \frac{90}{15} = 6A$$

- tensions : E_1, E_2 (même courant d.d.p ≠)

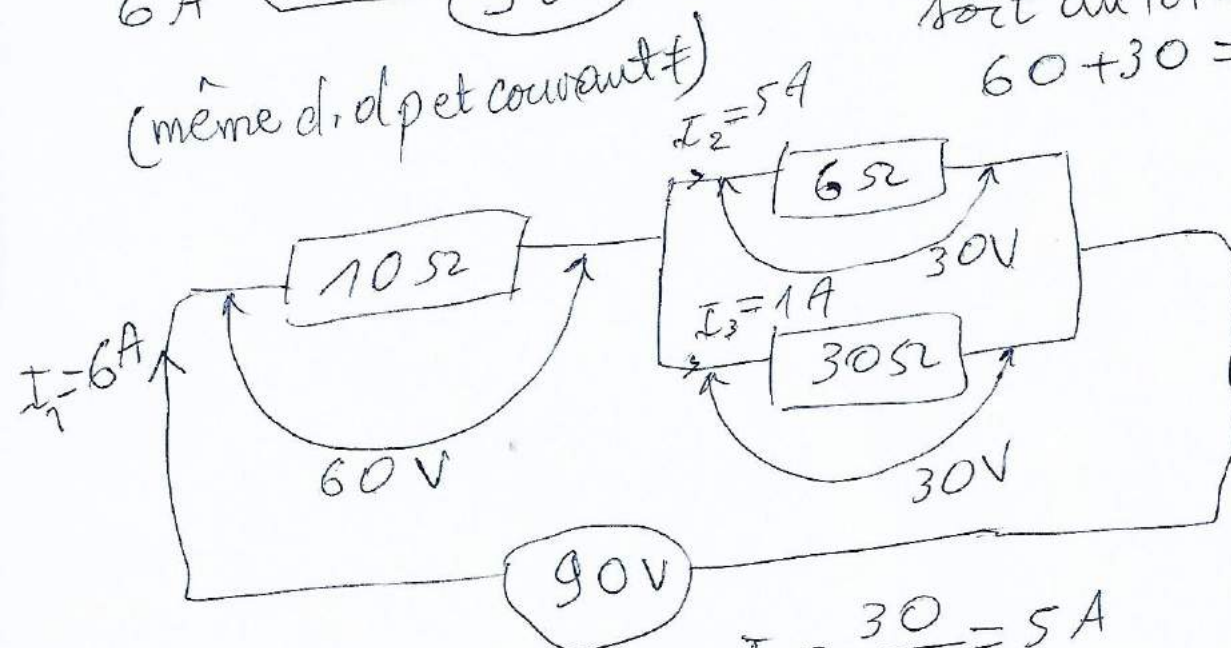


$$10 \times 6 = 60V = E_1$$

$$5 \times 6 = 30V = E_2$$

(même d.d.p et courant ≠)

soit au total :
 $60 + 30 = 90V$



$$I_2 = \frac{30}{6} = 5A$$

$$I_3 = \frac{30}{30} = 1A$$

soit au total $5 + 1 = 6A$

- Puissances : ($P = EI = RI^2$)

$$10\Omega \rightarrow P_1 = R_1 I_1^2 = 10 \cdot 6^2 = 360W$$

$$6\Omega \rightarrow P_2 = R_2 I_2^2 = 6 \cdot 5^2 = 150W$$

$$30\Omega \rightarrow P_3 = R_3 I_3^2 = 30 \cdot 1^2 = 30W$$

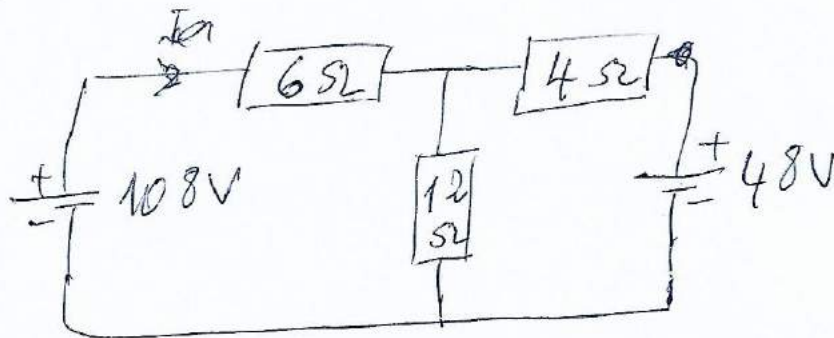
soit au total $360 + 150 + 30 = 540W$

Pole génératrice : $P = EI = 90 \cdot 6 = 540W$.

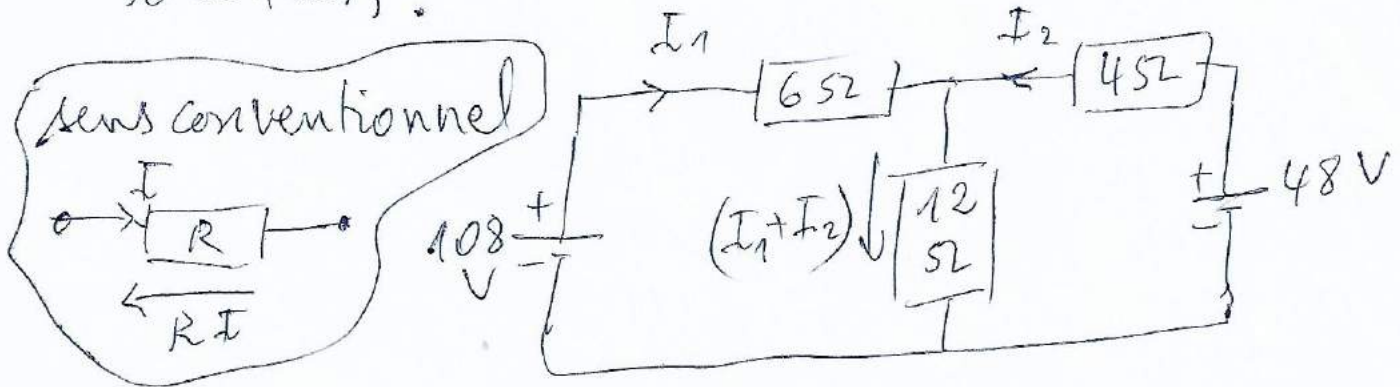


Solution des circuits à courant continu

Calculer les courants et les tensions pour chacune des résistances



Solution :



~~1. boucle fermée par deux sources et les résistances de 6Ω et 4Ω~~

En utilisant ~~la~~ ~~108V~~ ~~6I1~~

• boucle fermée par la source de 108V et les résistances de 6Ω et 12Ω :

$$108 - 6I_1 - 12(I_1 + I_2) = 0$$

$$\Rightarrow 18I_1 + 12I_2 = 108$$

• En utilisant la boucle fermée par la source 48V et les résistances 4Ω et 12Ω :

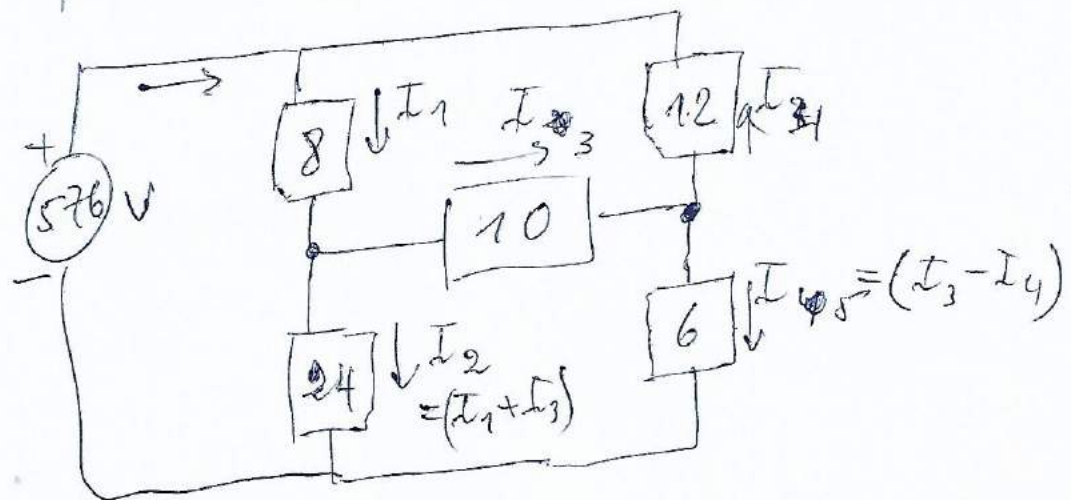
$$48 - 4I_2 - 12(I_1 + I_2) = 0$$

$$12I_1 + 16I_2 = 48$$

2 équations à 2 inconnues:

$$\begin{cases} 18I_1 + 12I_2 = 108 \\ 12I_1 + 16I_2 = 48 \end{cases} \Rightarrow I_1 \text{ et } I_2 ?$$

autre exemple: trouver les courants?



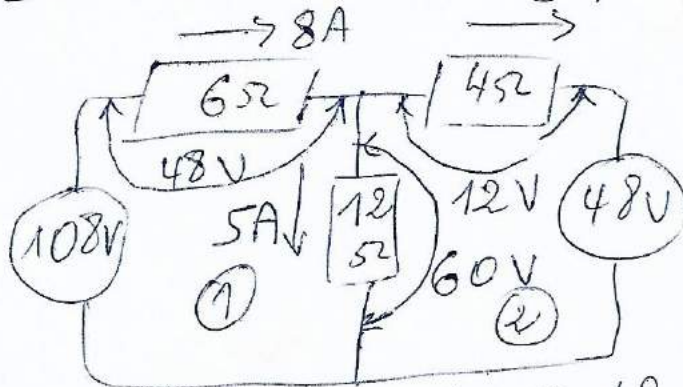
$$\begin{aligned} 18I_1 + 12I_2 = 108 & \quad / : 6 \Rightarrow 3I_1 + 2I_2 = 18 \quad / \times (-1) \\ 12I_1 + 16I_2 = 48 & \quad / : 4 \Rightarrow 3I_1 + 4I_2 = 12 \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} -3I_1 - 2I_2 = -18 \\ 3I_1 + 4I_2 = 12 \rightarrow \textcircled{1} \end{cases} \text{ et } \textcircled{1} \Rightarrow 3I_1 + 4(-3) = 12$$

$$\Rightarrow 3I_1 = 24 \Rightarrow I_1 = 8A$$

$$2I_2 = -6 \Rightarrow I_2 = -3A$$

$$3A \text{ et } I_1 + I_2 = 8 - 3 = 5A$$



$$\textcircled{1} \Rightarrow 48 + 60 = 108V \Leftrightarrow 8 \cdot 6 + 5 \cdot 12$$

$$\textcircled{2} \Rightarrow 60 - 12 = 48V \Leftrightarrow 12 \cdot 5 + 4(-3)$$

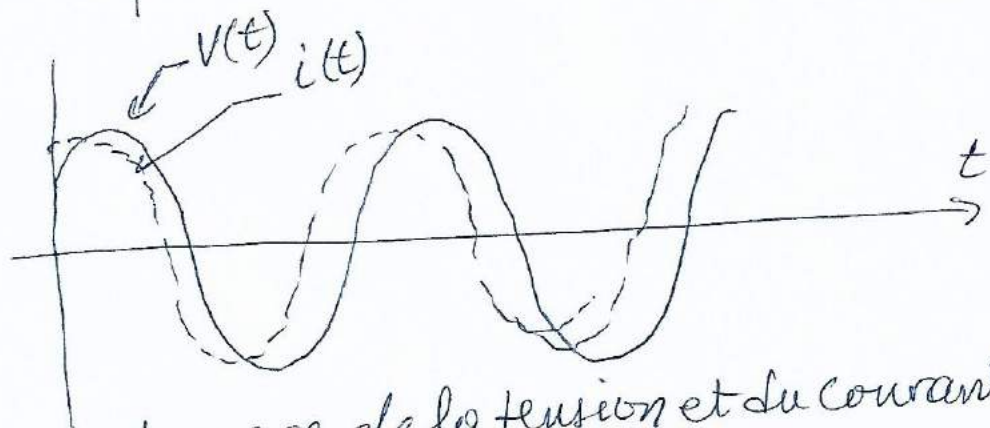
(9)

circuits à courant alternatif

Nous décrirons les propriétés des ondes sinusoïdales. Dans ce cas on va voir l'onde du courant, résultant (provoquons) de l'application d'une tension sinusoïdale à un ~~circuit~~ circuit résistif; un circuit capacitif et un circuit inductif.

Cela nous amène aux notions (مفاهيم أساسية) de réactance inductive, réactance capacitive, puissance active, et puissance réactive.

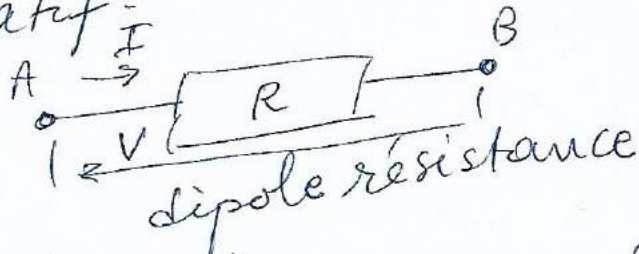
Lorsqu'un courant traverse un circuit ou impédance complexe, ce courant est dans la plupart des cas en déphasage (مختلف الطور) par rapport à la tension appliquée à ce circuit ou à cette impédance (voir figure)



déphasage de la tension et du courant dans un circuit présentant une impédance complexe.

Tension au borne d'une résistance

La tension au borne d'une résistance lorsqu'elle est traversée par un courant alternatif.



loi d'ohm: $V = RI$.

si le courant est type sinusoïdale:
 $I = I_m e^{j\omega t}$.

donc $V = RI \Rightarrow V = RI_m e^{j\omega t}$

on peut écrire $Z = RI_m$.

ou Z : impédance.

d'où: I et V sont en phase c-a-d.: $\varphi = 0$
(voir figure)

La valeur efficace d'une tension sinusoïdale ou d'un courant sinusoïdale est toujours égal à $\frac{1}{\sqrt{2}}$ fois sa valeur crête (maximale)

$$E_{\text{eff}} = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = 0,707 \cdot E_m$$

$$I_{\text{eff}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0,707 \cdot I_m$$



La valeur efficace d'une tension sinusoïdale ou d'un courant sinusoïdale est toujours égal à $\frac{1}{\sqrt{2}}$ fois sa valeur crête.

$$E_{\text{eff}} = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = 0,707 E_m$$

$$\text{et } I_{\text{eff}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0,707 I_m$$

Remarque: Presque tous les instruments de mesure sont calibrés de façon à indiquer la valeur efficace d'une tension ou d'un courant et non la valeur crête.
Si on donne la valeur d'une tension alternative ou d'un courant alternatif, il est entendu que c'est la valeur efficace.

Exemple 1.

Un voltmètre à courant alternatif indique la tension dans une résidence est de 120V 60Hz. Calculer.

- la valeur ~~max~~ efficace de la tension.
- la valeur ~~minimal~~ de la tension.
- le taux de variation maximal.

$$\textcircled{12} \quad \textcircled{13} \quad \left(\frac{dE}{dt} \right) = 2\pi \nu E_m \text{ [KV/s]}$$

a) l'instrument indique la valeur efficace de la tension:

$$120 : \cancel{0,707} = 169,7 \text{ V}$$

b) la valeur minimale de la tension et zéro

c) le taux de variation maximal et

$$\left(\frac{\Delta E}{\Delta t} \right)_{\max} = 2\pi f E_{\max}$$

$$= 2 \times 3,1416 \times 60 \times 169,7$$

$$= 63977 \text{ V/s} \approx 64 \text{ KV/s}$$

Exemple 2.

Une tension efficace de 100V est appliquée à une résistance de 50Ω.

Calculer:

a) le courant efficace

b) la puissance dissipée par la résistance

$$\text{on a : } I_{\text{eff}} = \frac{E_{\text{eff}}}{R} = \frac{100}{50} = 2 \text{ A}$$

$$\text{b) } P = E_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} = 100 \times 2 = 200 \text{ W}$$

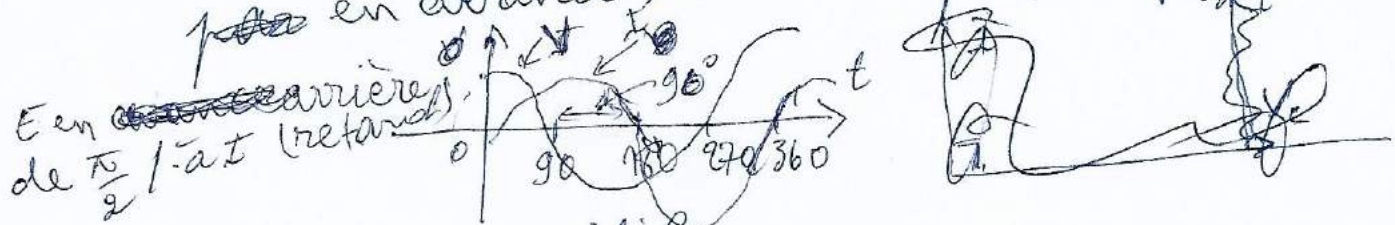
circuit capacitif alternatif de type sinusoïdale
 lorsqu'un courant ~~traversant~~ traversant un circuit
 capacitif, il se produit une tension sinusoïdale
 soit ~~par~~ par définition:

$$V_c = \frac{1}{C} \int I dt \quad \text{si } I = I_m e^{j\omega t}$$

$$\Rightarrow V_c = \frac{1}{C} \int I_m e^{j\omega t} dt = \frac{I_m}{j\omega} e^{j\omega t} \quad ; j^2 = -1$$

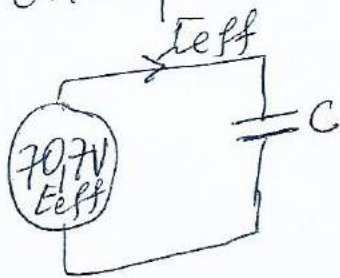
$$\Rightarrow V_c = \frac{-j I_m}{\omega} e^{j\omega t} = \frac{I_m}{\omega} \left(\cos\left(-\frac{\pi}{2}\right) + j \sin\left(-\frac{\pi}{2}\right) \right) e^{j\omega t}$$

le courant est ~~en~~ déphasé d'un angle $+\frac{\pi}{2}$
~~par~~ en avance sur la tension ~~(voir figure)~~



Réactance capacitif.

On va prendre un exemple suivant:



$$E_{eff} = 70,7 \text{ V}$$

$$I_{eff} = 2,62 \text{ A}$$

$$R_{condensateur} = \frac{E_{eff}}{I_{eff}} = \frac{70,7}{2,62} = 26,5 \Omega$$

pour éviter la confusion avec les circuits résistifs
 en appelant réactance capacitif
 on le définit par définition:

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C}$$

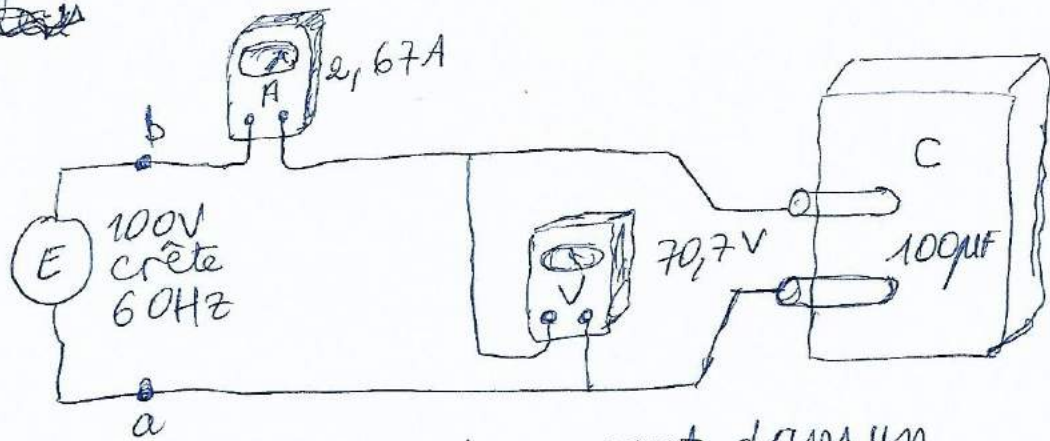
X_c : réactance capacitif
 en $[\Omega]$

f : fréquence de la source

C : capacité du condensateur
 en $[F]$

par sa valeur.
 change à la fréquence
 de la source.

~~Exemple 2~~



Tension et courant dans un
circuit capacitif.

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 60 \cdot 100 \cdot 10^{-6}}$$
$$\Rightarrow X_c = 26,5 \Omega$$

Exemple :

Un condensateur de $10 \mu F$ est raccordé
à une source de tension dont la valeur
efficace est de 100V.
Si la fréquence est de 200 Hz.
quel est le courant efficace dans ce circuit

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 200 \cdot 10 \cdot 10^{-6}} = 79,6 \Omega$$

$$\text{et } I = \frac{E}{X_c} = \frac{100}{79,6} = 1,26 \text{ A.}$$

puissance réactive dans un condensateur : var capacitif.

- Dans un circuit où E et I sont en phase, ($\varphi = 0$)
on parle de puissance active $P = EI$ (c'est le cas d'un circuit contenant R , car φ déphasage nul).
- Dans un circuit où E et I sont déphasés ($\varphi \neq 0$)
on parle de puissance réactive @ capacitif ~~et inductif~~
 Q_c son unité est var. de même pour
puissance réactive E et sont déphasés
($\varphi \neq 0$) donne une puissance réactive

circuit inductif.

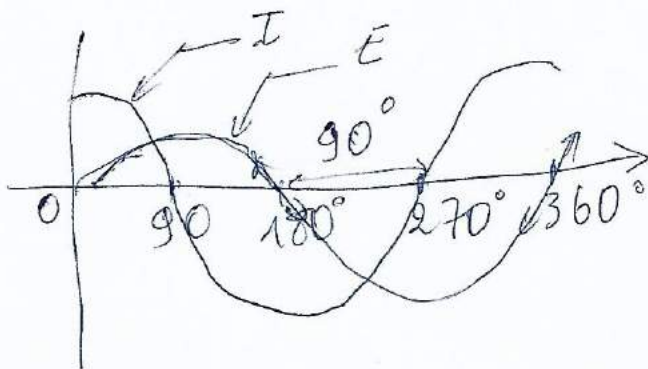
lorsqu'un courant alternatif sinusoïdale traversant un circuit inductif, il se produit une tension sinusoïdale.

par définition

$$V_L = L \frac{di}{dt}; \text{ et } I = I_m e^{j\omega t}$$

$$\Rightarrow V_L = L \frac{d}{dt} I_m j\omega e^{j\omega t} = j\omega L I_m \left(\cos \frac{\pi}{2} + j \sin \frac{\pi}{2} \right)$$

Ce courant est déphasé de $\frac{\pi}{2}$ en arrière de la tension



E est en avance / I au I.

tension instantanée ;

et 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0 V.

(16)

instantanée : c-a-d.

1.0 0.9 0.8 0.7 0.6 0.5 0.4 0.3 0.2 0.1

puissance réactive dans une inductance :
var inductif.

Puisque il ~~ya~~ existe un déphasage
entre E et I , donc $Q_L = EI$
et la puissance active est nul.

Exemple : Une bobine ayant une inductance
de $2H$ et raccordée à une source de $100V$
efficace dont la fréquence est de ~~400~~ $60Hz$.
~~la résistance de la bobine~~
calculer : le courant qui la parcourt

$$X_L = 2\pi fL = 2 \cdot 3,14 \cdot 60 \cdot 2 = 754 \Omega$$

$$\text{et } I = \frac{E}{X_L} = \frac{100}{754} = 0,133A \text{ (efficace)}$$

La puissance active est $P_a = E I \cos \phi$ dans une R
" réactive fournie à la bobine :

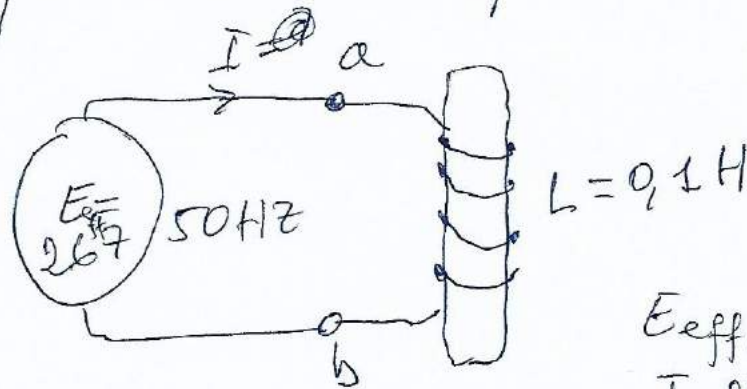
" $Q_L = E_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \quad [var]$
réactive ^{ive} absorbée par la bobine

" $Q_C = E_{\text{eff}} I_{\text{eff}}$
réactive du condensateur

$$Q_C = E_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}}$$

Réactance ~~capacitive~~ inductive

on va prendre l'exemple suivant :



$$E_{\text{eff}} = 267V$$

$$I_{\text{eff}} = 7,07A$$

$$R_{\text{inductance}} = \frac{E_{\text{eff}}}{I_{\text{eff}}} = \frac{267}{7,07} = 37,7\Omega$$

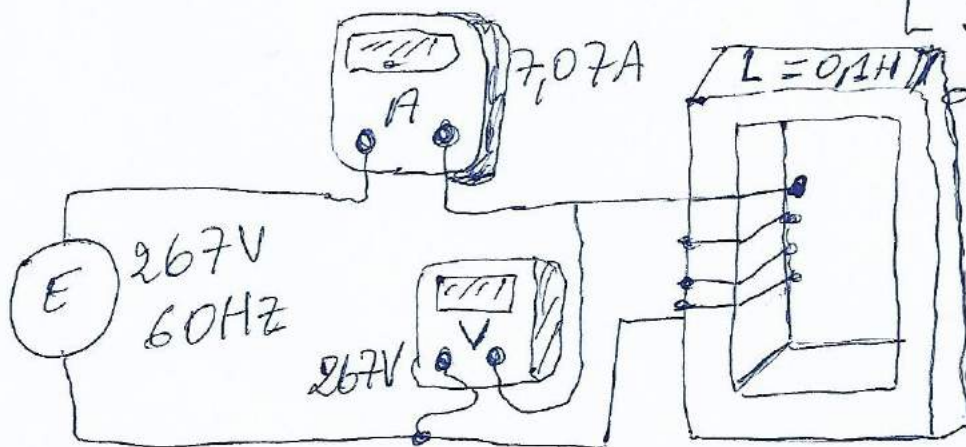
pour éviter tout confusion avec les circuits
resistifs, en appelant réactance inductif
on le définit par :

$$X_L = 2\pi \nu L$$

X_L : réactance
inductance [Ω]

ν : fréquence
de la source [Hz]

L : inductance
de la bobine
[H]



$$X_L = 2 \cdot 3,14 \cdot 60 \cdot 0,1 = 37,7\Omega$$

Exemple:

Une bobine de $0,2\text{ H}$ est reliée à une source de 110 V ayant une fréquence de 60 Hz .

calculer:

- la réactance inductive de la bobine
- le courant efficace
- la puissance réactive par la bobine:

on a:

a) $X_L = 2\pi fL = 2 \cdot 3,14 \cdot 60 \cdot 0,2 = 75,4\Omega$

b) $I = \frac{E}{X_L} = \frac{110}{75,4} = 1,46\text{ A}$ (efficace)

c) $Q_L = EI = 110 \cdot 1,46 = 160\text{ var}$

• Solution des circuits par la méthode Graphique.

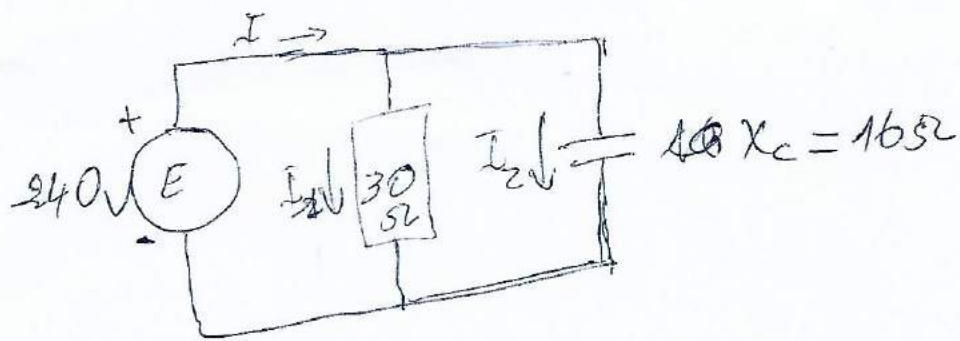
Exemple:

Le circuit de la fig. suivante comprend une résistance de 30Ω et une réactance $\sqrt{\quad}$ de 16Ω rattachés en parallèles sur une source de 240 V

capacitif

Déterminer:

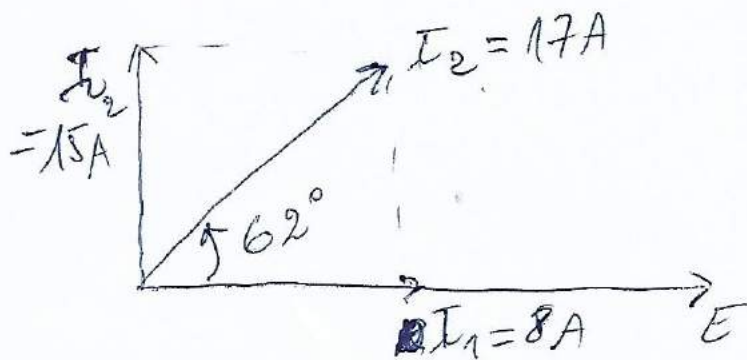
- le courant I et son déphasage par rapport à la tension E
- L'impédance du circuit
- les puissances active, réactive et apparente du circuit.



1) on a: $I_1 = \frac{E}{R} = \frac{240}{30} = 8A$ (tension est la même pour R et X_L car ils sont en //)

$I_2 = \frac{E}{X_L} = \frac{240}{16} = 15A$

on choisit comme référence ($\angle 0^\circ$) E, R car le déphasage $\varphi = 0$



or I_2 est en avance de $\frac{\pi}{2}$ par rapport à E

$$I = \sqrt{I_1^2 + I_2^2} = \sqrt{8^2 + 15^2} = 17A$$

$$\tan \varphi = \frac{15}{8} \Rightarrow \varphi = 62^\circ$$

2) $Z = \frac{E}{I} = \frac{240}{17} = 14,1\Omega$

3). puissance active consommée par R

$$P = EI_1 = 240 \cdot 8 = 1920 \text{ W}$$

puissance réactance réactive pour C

$$Q_c = EI_c = 240 \cdot 15 = 3500 \text{ var}$$

$\vec{P}$: la puissance apparente par définition st $S = P + Q_c$.

S n'est pas égal à Σ de $P + Q_c$

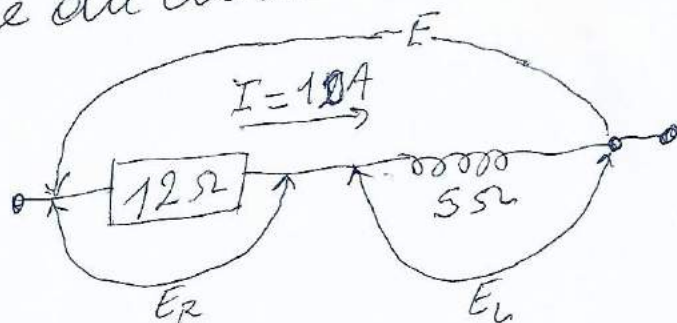
Exemple:

Soit un circuit (voir figure) formé d'une résistance de 12Ω en série avec une inductif et parcourue par un courant I de 10A de 5H . Déterminer:

1) la tension E et son déphasage par rapport au courant I

2) L'impédance du circuit

3) les puissances active, réactive et apparente du circuit.



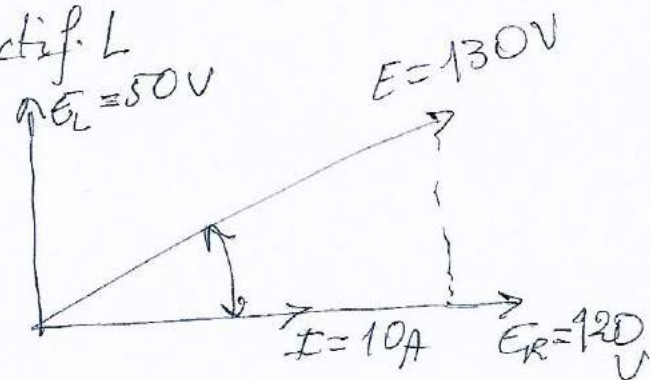
on a :
tension aux bornes de R (I est le même dans le circuit car pont branché en série et tensions $\neq$)
 $E_R = R I = 12 \cdot 10 = 120 \text{ V}$

Prendons comme référence E_R et I car ils sont en phase ($\varphi = 0$)

tension aux bornes de l'inductif L

$$E_L = X_L \cdot I = 5 \cdot 10 = 50 \text{ V}$$

donc E_L est en avance de $\frac{\pi}{2}$ par rapport à I



$$\text{d'où } E = \sqrt{E_R^2 + E_L^2} = \sqrt{120^2 + 50^2} = \sqrt{14400 + 2500}$$

$$\Rightarrow E = \sqrt{16900} = 130 \text{ V}$$

$$\text{déphasage: } \tan \varphi = \frac{50}{120} = 22,6^\circ$$

pourquoi
 $E_R + E_L = 170 \text{ V}$
n'est égal à ~~130 V~~
la tension $E = 130$
car il ne sont pas en phase

b) L'impédance Z .

$$Z = \frac{E}{I} = \frac{130}{10} = 13 \Omega$$

c) puissance apparente du circuit :

$$S = E I = 130 \cdot 10 = 1300 \text{ V.A}$$

• puissance active :

$$P = E_R \cdot I = 120 \cdot 10 = 1200 \text{ W}$$

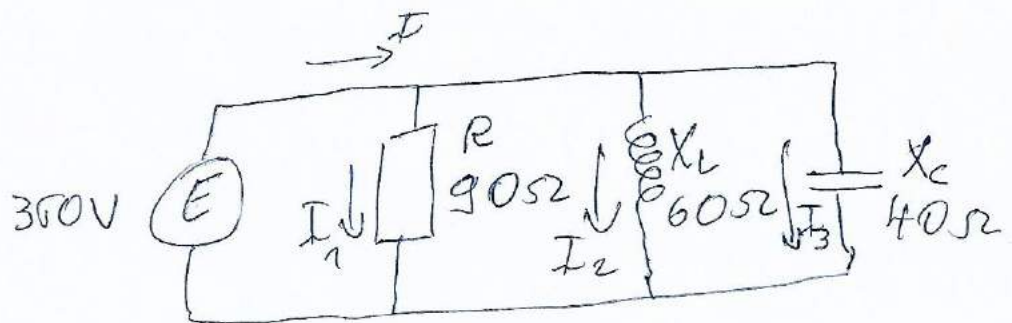
• puissance réactive :

$$Q_L = E_L \cdot I = 50 \cdot 10 = 500 \text{ var.}$$

Exemple:

Tracer le diagramme vectoriel pour le circuit de la figure ci-dessous.

Trouver la valeur efficace du courant I_T et son déphasage par rapport à la tension E .
la tension de la source est de 360 V efficace.



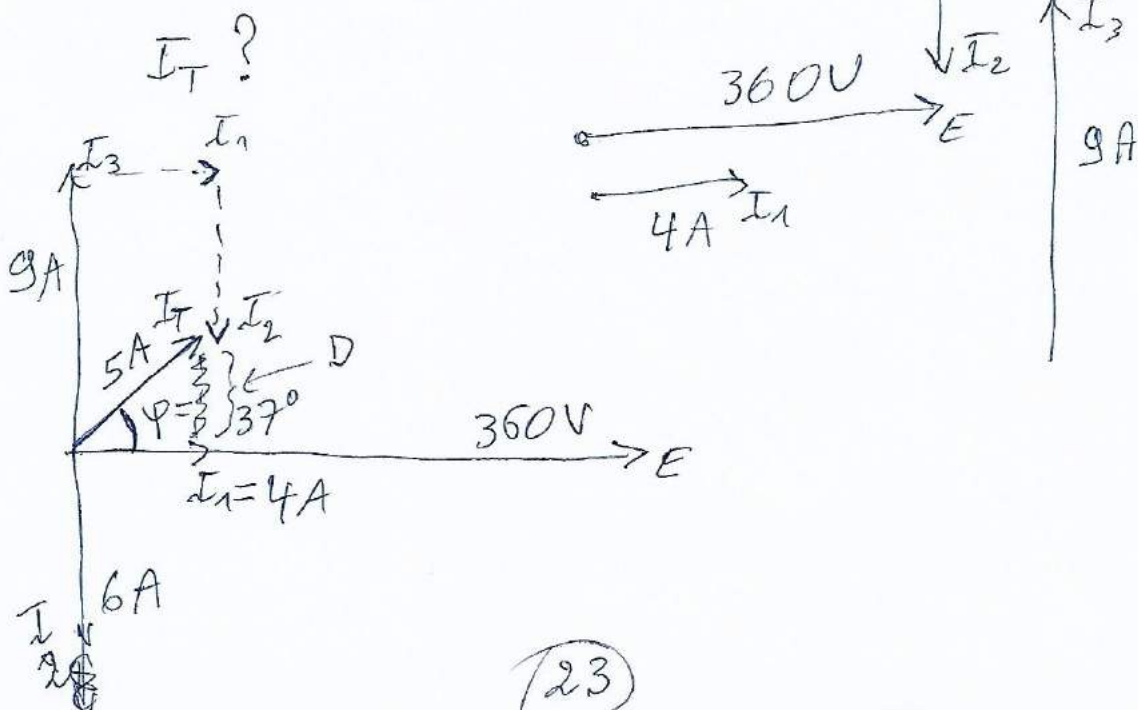
on a: (même tension aux 3 éléments)

$$I_1 = \frac{E}{R} = \frac{360}{90} = 4 \text{ A en phase avec } E$$

$$I_2 = \frac{E}{X_L} = \frac{360}{60} = 6 \text{ A en arrière de } \frac{\pi}{2} \text{ de } E$$

$$I_3 = \frac{E}{X_C} = \frac{360}{40} = 9 \text{ A en avance de } \frac{\pi}{2} \text{ de } E$$

Echelle:
1mm = 6V
3mm = 1A



D?

$$D^2 + I_1^2 = I_T^2 \Rightarrow I_T^2 = (I_3 - I_2)^2 + I_1^2$$

$$\Rightarrow I_T^2 = (9 - 6)^2 + 4^2$$

$$\Rightarrow I_T = \sqrt{3^2 + 4^2} = \sqrt{9 + 16} = \sqrt{25}$$

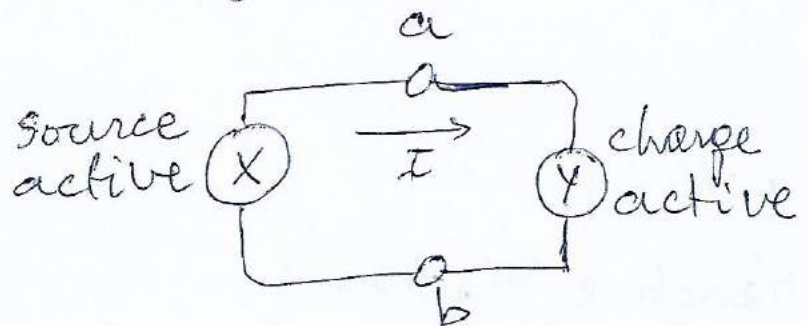
$$\Rightarrow I_T = 5A$$

$$\tan \varphi = \frac{D}{I_1} = \frac{I_3 - I_2}{I_1} = \frac{9 - 6}{4} = \frac{3}{4} \Rightarrow \varphi = 37^\circ$$

Puissance active, réactive et apparente

• Sources et charge actives.

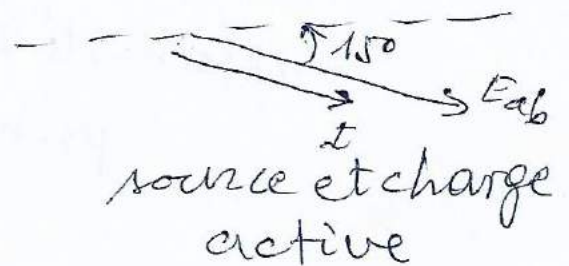
- Par définition: Un dispositif ayant deux bornes a et b absorbe une puissance active, lorsque le courant I entrant dans la borne a ~~et~~ du dispositif est en phase avec la tension E_{ab} . Le dispositif est une charge active.
- Un dispositif ayant deux bornes a et b délivre une puissance active, lorsque le courant I sortant de la borne a du dispositif est en phase avec la tension E_{ab} . Le dispositif est une source active; [W]; [kW], [MW]



Par exemple: supposons qu'on trouve:

$$E_{ab} = 80V \text{ avec } \varphi = -15^\circ$$
$$\text{et } I = 6A \text{ avec } \varphi = -15^\circ$$

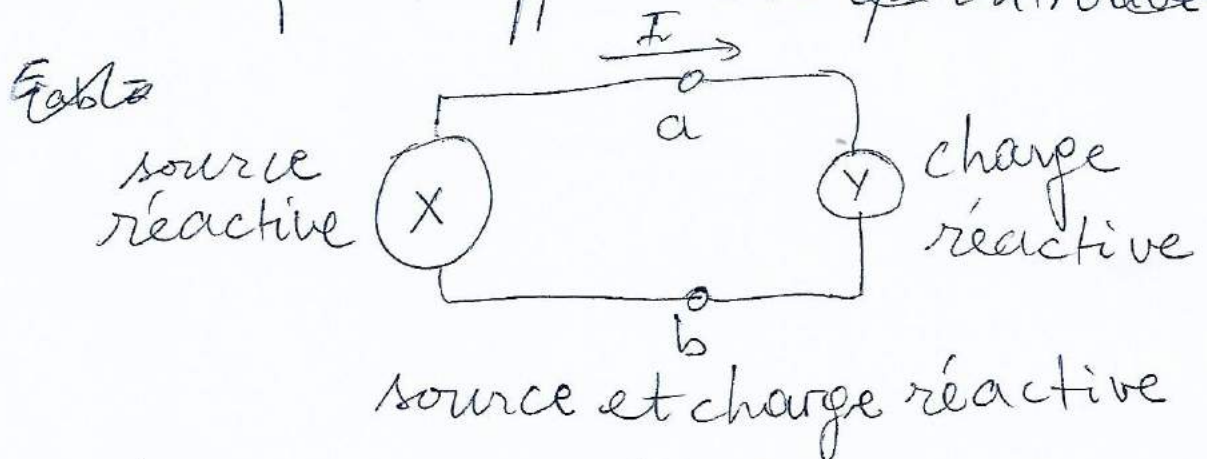
selon nos définitions
Y est une charge active
et X // source //



• Source et charges réactives

- Par définition: Un dispositif ayant deux bornes a et b absorbe une puissance réactive lorsque le courant I entrant dans la borne a du dispositif est 90° en arrière de la tension E_{ab} .
Le dispositif est ~~alors~~ une charge réactive.
- Un dispositif ayant deux bornes a et b délivre une puissance réactive lorsque le courant I sortant de la borne a du dispositif est 90° en arrière de la tension E_{ab} .
Le dispositif est une ~~charge~~ source réactive

~~par exemple: supposons qu'on trouve~~



Exemple: supposons qu'on trouve:

$$E_{ab} = 60V; \varphi = 140^\circ$$

$$I = 7A; \varphi = 50^\circ$$

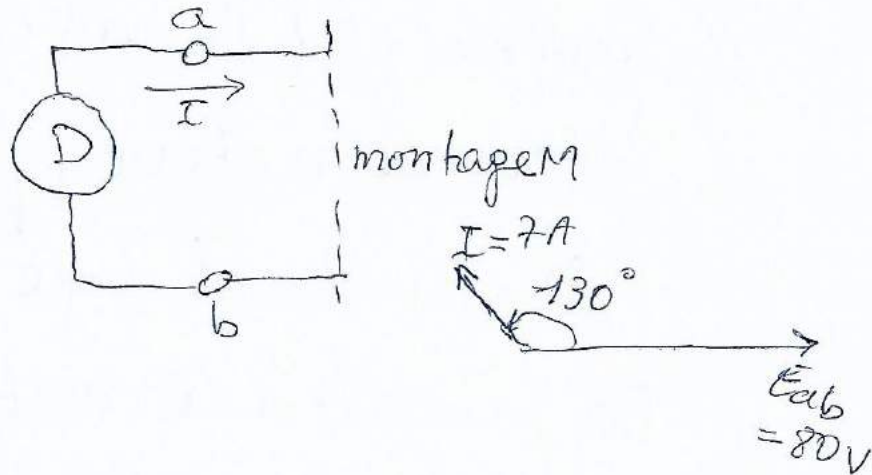


et [var]; [kilovars]; [Mvar]

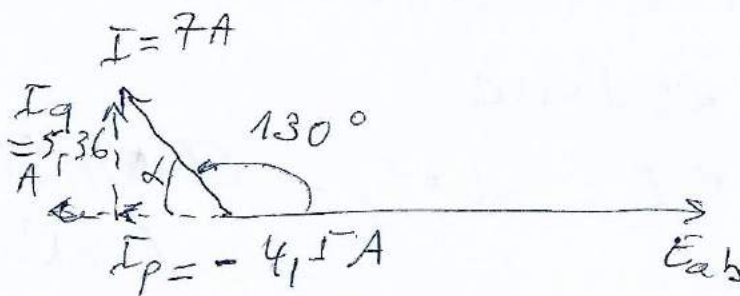
Exemple:

Un dispositif D raccordé à montage M porte un courant I de 7 A déphasé de 130° en avance sur la tension E_{ab} (voir figure).

Déterminer :
la nature des puissances actives et réactives.



on a :



~~Le vecteur~~
le courant I
est décomposé
en deux vecteurs
 I_p et I_q

$$I_p = 7 \cos \alpha$$

$$\alpha = \pi - 130^\circ$$

$$I_p = 7 \cos(\pi - 130^\circ)$$

$$\cos(\pi - 130^\circ) = \cos \pi \cos 130^\circ - \sin \pi \sin 130^\circ = -\cos 130^\circ$$

$$I_p = -7 \cos 130^\circ = -4.50 \text{ A}$$

ce courant est déphasé de 180° par rapport E_{ab}

selon la définition I_p est en phase avec E_{ab}

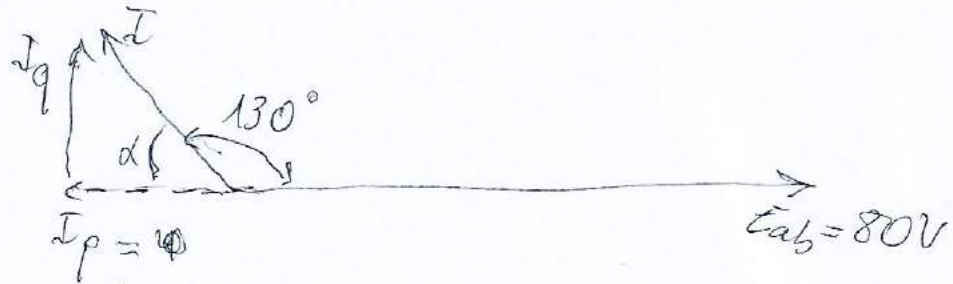
le montage M : est une charge active, par conséquent D est une charge active

la puissance absorbée par D est :

$$P = E I_p = 80 \cdot 4.50 = 360 \text{ W}$$

voir
verno

Décomposer le courant I en deux vecteurs I_p et I_q respectivement, en ligne et en quadrature avec la tension E_{ab} (voir figure)



on obtient les résultats suivants :

1) $I_p = 7 \cos \alpha$; $\alpha = \pi - 130^\circ$; ce courant est déphasé de 180° par rapport à E_{ab} ; $I_p = 7 \cos(\pi - 30^\circ)$

$$= 7 \cos \pi \cos 130^\circ - \sin \pi \sin 130^\circ$$

$$= -7 \cos 130^\circ = -4,50 \text{ A}$$

2) selon la définition :

Si I_p était en phase avec E_{ab} , le montage M serait une charge active.

Comme c'est le cas contraire, M est une source active par conséquent D est une charge active.

la puissance active absorbée par D est :

$$P = EI = E_{ab} \cdot I_p = 80 \cdot 4,50 = 360 \text{ W}$$

3) $I_q = 7 \sin \alpha$; $\alpha = \pi - 130^\circ$ ce courant est déphasé de $\frac{\pi}{2} = 90^\circ$ en avance sur E_{ab}

$$I_q = 7 \sin(\pi - 30^\circ) = 7 \sin \pi \cos 130^\circ + 7 \cos \pi \sin 130^\circ$$

$$= 7 \sin 130^\circ = 5,36 \text{ A}$$

4) selon la définition :

Si I_q était 90° en arrière de E_{ab} , le montage M serait une charge réactive.

Comme c'est le cas contraire, M est une source réactive, par conséquent D est une charge réactive :

$$I_q = I \sin \phi$$

$$\phi = \pi - 130^\circ$$

$$I_q = 7 \sin(\pi - 130^\circ)$$

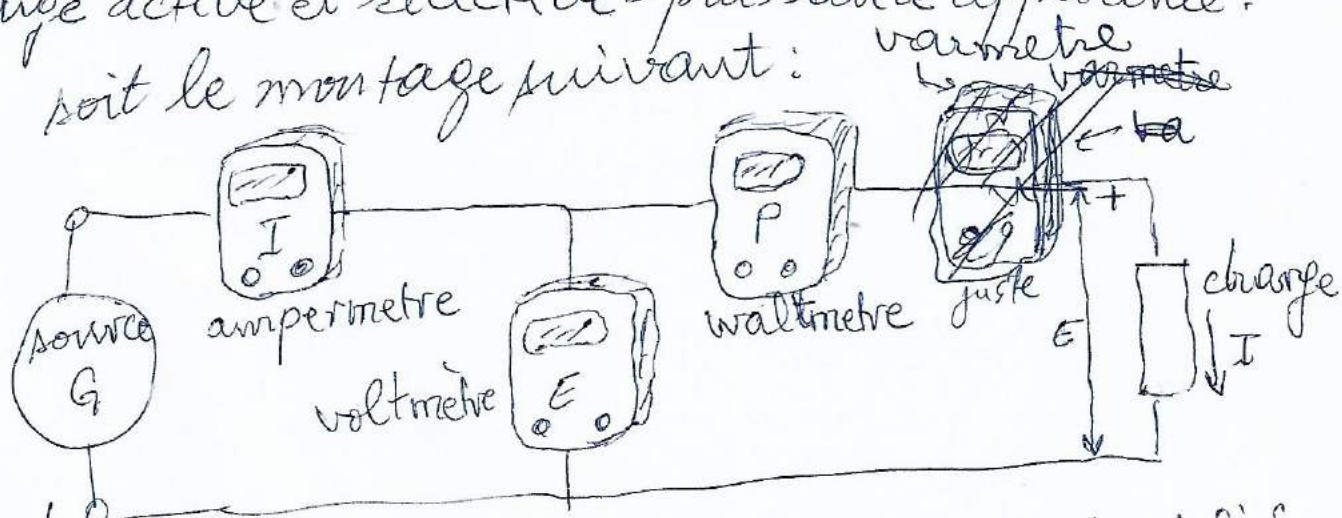
$$\sin(\pi - 130^\circ) = \sin \pi \cos 130^\circ + \sin 130^\circ \cos \pi$$

$$I_q = 7 \sin 130^\circ = 5,36 \text{ A}$$

ce courant déphasé de 90° ~~en avance~~ sur E_{ab}
 selon la définition I_q est en arriere de 90° sur E_{ab}
 le montage M: st une réactive, par conséquent
 D st une charge réactive:
 la puissance réactive absorbée par D st:

$$Q = E I_q = 80 \cdot 5,36 = 429 \text{ var}$$

- Charge active et réactive - puissance apparente.
 soit le montage suivant:

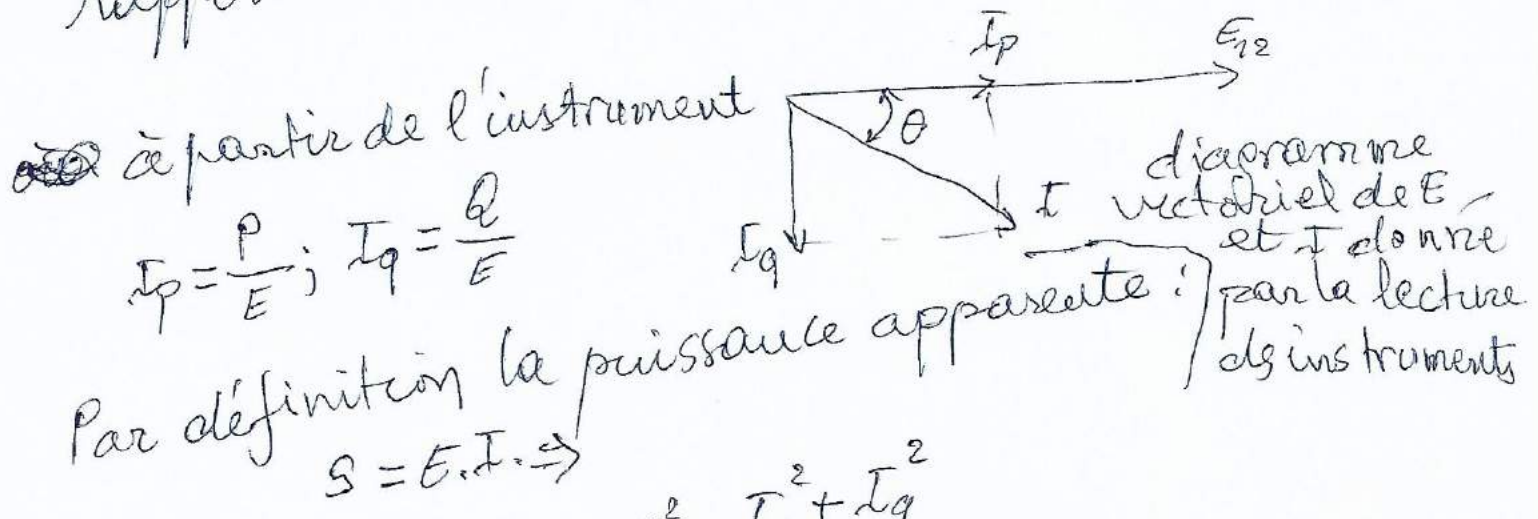


composé de:

voltmètre E volts
 ampèremètre I Amperes
 wattmètre P watts
 varmètre Q var

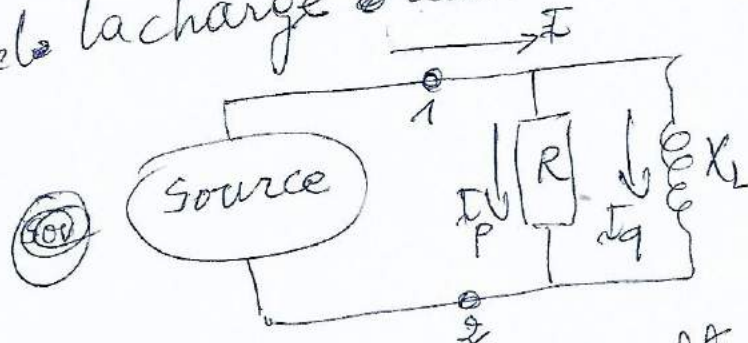
Instruments utilisés
 pour mesurer les
 valeurs de E, I, P, Q
 dans le circuit

Puisque les instruments ^{Role} donnent des puissances P et Q , cela veut dire que la charge absorbe de la puissance active et réactive.
Par conséquent le courant I est déphasé par rapport à la tension. voir figure:



$$I = \frac{S}{E} \text{ or } I^2 = I_p^2 + I_q^2$$

si on prend la charge constituée de R et X_L



la charge industrielle peut être représentée par une résistance avec une réactance.

D'après les équations précédentes on a :

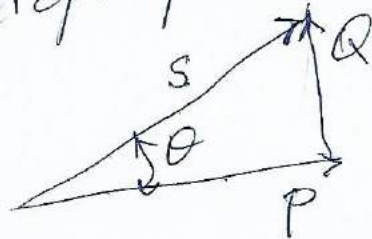
$$\left(\frac{S}{E}\right)^2 = \left(\frac{P}{E}\right)^2 + \left(\frac{Q}{E}\right)^2 \Rightarrow \boxed{S^2 = P^2 + Q^2}$$

S : puissance apparente [V.A]

P : " active [W]

Q : " réactive [var]

représentation graphique entre les puissances P, Q, et S.



Interprétation des puissances P, Q, S

- 1) Dans le cas d'une charge qui absorbe une puissance active, le vecteur P est dirigé vers la droite ($\rightarrow$)
- 2) Dans le cas d'une charge qui absorbe une puissance réactive, le vecteur Q est dirigé vers le haut ($\uparrow$)
- 3) Dans le cas d'une source qui débite une puissance active, le vecteur P est dirigé vers la gauche ($\leftarrow$)
- 4) Dans le cas d'une source qui débite une puissance réactive, le vecteur Q est dirigé vers le bas ($\downarrow$)

~~Exemple:~~

Un moteur à courant ~~alterna~~ alternatif absorbe une puissance active de 40 kW et une puissance de 30 kvar

Calculer: la valeur de la puissance apparente fournie au moteur.

on a: $S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{40^2 + 30^2} = 50 \text{ KVA.}$

• Facteur de puissance.

Par définition: le facteur de puissance d'un circuit alternatif est:

$$\text{FP} = \frac{P}{S}$$

FP: facteur de puissance
sans dimension

P: puissance active

S: " apparente

→ le facteur de puissance indique le pourcentage de puissance apparente qui est active.

→ Le facteur de puissance donne une information utile (à, et éo, et o).

$$I_p = I \cos \theta / \times E \Rightarrow E I_p = E I \cos \theta$$

$$|P = S \cos \theta| \text{ et } \frac{P}{S} : \text{facteur de puissance}$$

$$\text{ou } |\theta = \arccos \text{FP}|$$

Donc, si on connaît le facteur de puissance d'un circuit, on connaît le déphasage entre la tension d'alimentation et le courant de ligne.

Exemple: ~~voir~~ ~~verso~~ $\Rightarrow$
~~Exercice~~. Calculer le facteur de puissance du moteur et indiquer s'il est en avance ou en retard.
- calculer l'angle entre la tension et le courant (voir l'exemple précédent).

on a: le facteur de puissance:

$$F_p = \frac{P}{S} = \frac{40}{50} = 0,8 = 80\%$$

Donc 80% de la puissance apparente fournie au moteur

$$\theta = \arccos F_p = \arccos 0,8 = 36,9^\circ$$

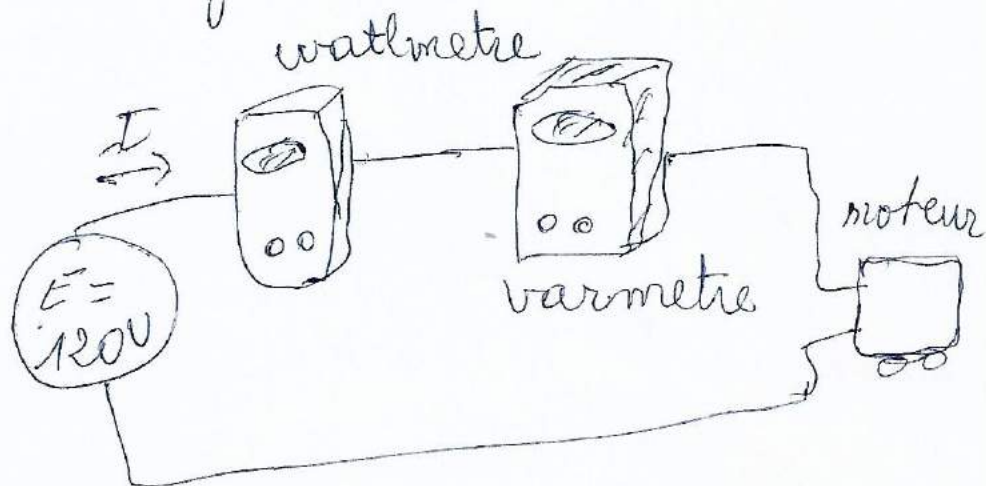
Exemple: ~~P. 340~~

Un wattmètre et un varmètre sont raccordés dans une ligne à 120V alimente un moteur. Les instruments indiquent respectivement 1800W et 960var.

Calculer:

- les composants I_p , I_q du moteur
- la valeur du courant dans la ligne
- la puissance apparente fournie au moteur
- le facteur de puissance du moteur
- l'angle de déphasage entre la tension et le courant de ligne.

on a:



~~la ch~~ on a: d'après la figure précédente
on remplace la charge par le moteur.

a) d'où: $I_p = \frac{P}{E} = \frac{1800}{120} = 15A$

$$I_q = \frac{Q}{E} = \frac{960}{120} = 8A$$

b) du diagramme vectoriel on tire:

$$I = \sqrt{I_p^2 + I_q^2} = \sqrt{15^2 + 8^2}$$

$$\Rightarrow I = 17A$$

c) ~~la~~ $S = EI = 120 \cdot 17 = 2040 \text{ V.A}$

d) $FP = \frac{P}{S} = \frac{1800}{2040} = 0,88$ soit 88,2%

e) $\theta = \arccos FP = \arccos 0,882$
 $\Rightarrow \theta = 28,1^\circ$

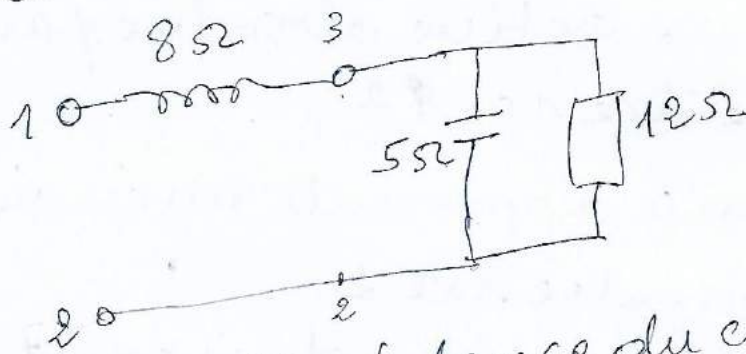
~~2040000~~
~~3873600~~

- Résolution des circuits par la méthode des puissances.

Remarque: le condensateur (conductance)
(important) délivre une puissance réactive négatif

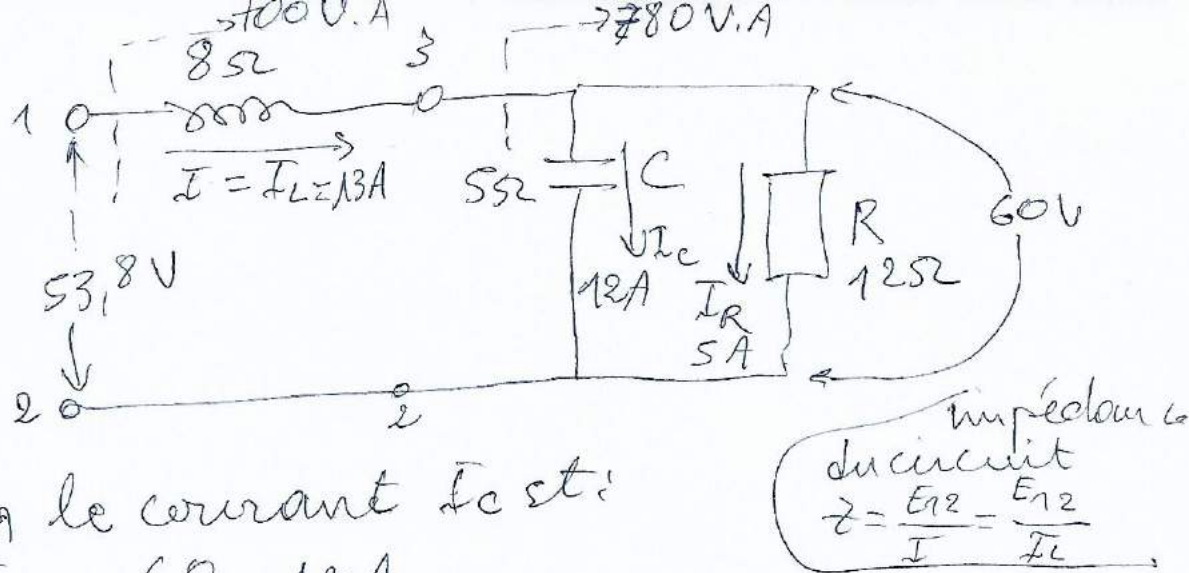
- L'inductance absorbe une puissance réactive positif
- la résistance absorbe une puissance active positif.

soit circuit électrique ci-dessous:
la tension $E_{32} = 60 \text{ V}$



- Trouver l'impédance du circuit
- déterminer le courant circulant dans la résistance lorsque: $E_{12} = 300 \text{ V}$

on a:



1. ~~déterminer~~ le courant I_C est:

$$I_C = \frac{E_{32}}{X_C} = \frac{60}{5} = 12A$$

2. la puissance réactive du condensateur

$$Q_C = -(I_C \cdot E_{32}) = -(12 \cdot 60) = -720 \text{ var}$$

3. le courant I_R est:

$$I_R = \frac{E_{32}}{R} = \frac{60}{12} = 5A$$

la puissance ^{absorbée} réactive de la résistance:

$$P = I_R E_{32} = 5 \cdot 60 = 300 \text{ W}$$

4. la puissance apparente entre 3 et 2.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{300^2 + (-720)^2} = 780 \text{ V.A.}$$

5. le courant I_L est: $S = E_{32} I_L ; I_L = I$

$$I_L = \frac{S}{E_{32}} = \frac{780}{60} = 13A$$

6. tension au borne de la réactance

$$E_{13} = X_L I_L = 8 \cdot 13 = 104 \text{ V}$$

7. puissance réactive absorbée par la réactance:

$$Q_L = E_{13} \cdot I_L = 104 \cdot 13 = 1352 \text{ var}$$

7. puissance réactive totale absorbée par le circuit entre les points 1 et 2

$$Q = 1352 + (-720) = 632 \text{ var}$$

8. puissance active absorbée par le circuit entre les points 1 et 2 vu ↑

$$P = 300 \text{ W} \quad (\text{c'est la résist. } R \text{ qui absorbe})$$

9. Puissance apparente au circuit entre les points 1 et 2

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{300^2 + 632^2} = 700 \text{ V.A}$$

$$10. \text{ tension: } E_{1,2} = \frac{S}{I} = \frac{S}{I_L} = \frac{700}{13} = 53,8 \text{ V}$$

$$11. \text{ L'impédance entre 1,2. } Z = \frac{E_{1,2}}{I_L} = \frac{53,8}{13} = 4,14 \Omega$$

Le courant I'_R ;

$$\text{on a: } \begin{array}{ccc} E_{1,2} = 53,2 & \longrightarrow & 5 \text{ A} \\ 300 & \longrightarrow & I'_R \end{array} \Rightarrow$$

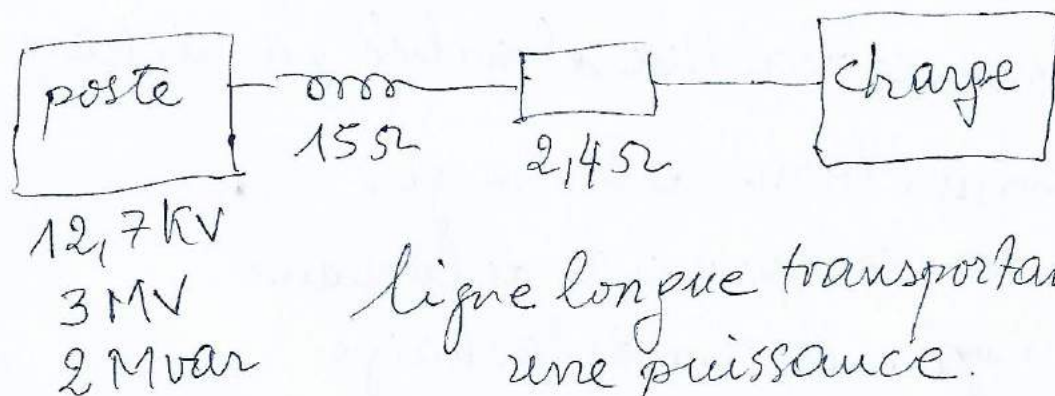
$$I'_R = 5 \cdot \frac{300}{53,2} = 27,9 \text{ A.}$$

Exemple :

une ligne monophasée à 12,47KV portant d'un poste de transformation alimente une charge, situé quelques kilomètres plus loin (voir figure).

La ligne possède une réactance inductive de 15Ω et une résistance de $2,4\Omega$.

Au poste, les instruments indiquent qu'il débite une puissance active de 3MW et une puissance réactive de 2Mvar.



Calculer :

- la valeur du courant de ligne et son déphasage par rapport à la tension poste
- puissance active absorbée par la charge
- puissance réactive absorbée par la charge
- tension aux bornes de la charge
- l'angle θ entre tension poste et celle de charge.

en a :

a) puissance apparente fournie à la ligne

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{3^2 + 2^2} = 3,6 \text{ MVA.}$$

méga
1 M V
= 10^6 V

- courant de ligne :

$$I = \bar{I}_L = \frac{S}{E} = \frac{3600.000 \text{ V.A}}{12470 \text{ V}} \Rightarrow I = 289$$

- Facteur de puissance au poste :

$$F_p = \frac{P}{S} = \frac{3 \text{ MW}}{3,6 \text{ MVA}} = 0,833 \Rightarrow F_p = 83,3\%$$

- Angle entre la tension et le courant au poste :

$$\theta = \arccos 0,833 \Rightarrow \theta = 33,6^\circ$$

b) puissance dissipée dans la ligne

$$P_L = R I^2 = 2,4 \cdot 289^2 = 0,2 \cdot 10^6 = 0,2 \text{ MW}$$

- puissance active absorbée par la charge

$$P_c = P_{\text{poste}} - P_L = 3 \text{ MW} - 0,2 \text{ MW} \Rightarrow P_c = 2,8 \text{ MW}$$

c) puissance réactive absorbée par la ligne

$$Q_L = X_L \cdot I^2 = 15 \cdot 289^2 = 1,25 \cdot 10^6 \Rightarrow Q_L = 1,25 \text{ Mvar}$$

- puissance réactive absorbée par la charge

$$Q_c = Q_{\text{poste}} - Q_L = 2 \text{ Mvar} - 1,25 \text{ Mvar} \Rightarrow Q_c = 0,75 \text{ Mvar}$$

d) Puissance apparente de la charge

$$S_c = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2} = \sqrt{2,8^2 + 0,75^2}$$

$$\Rightarrow S_c = 2,9 \text{ MVA.}$$

- Tension aux bornes de la charge

$$E_c = \frac{S_c}{I} = \frac{2,9 \text{ MVA}}{289 \text{ A}} \Rightarrow E_c = 10,03 \text{ kV}$$

e) Facteur de puissance de la charge

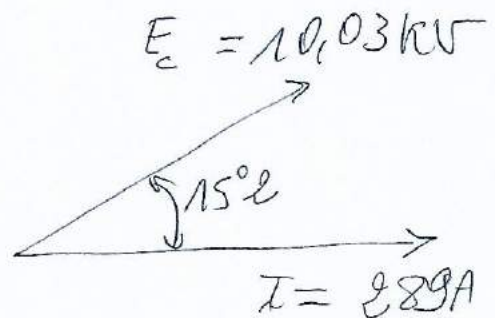
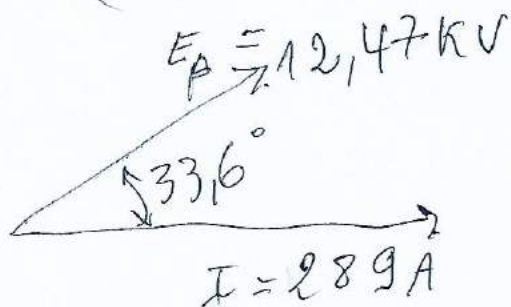
$$F_p = \frac{P_c}{S_c} = \frac{2,8 \text{ MW}}{2,9 \text{ MVA}} = 0,965 \Rightarrow F_p = 96,5\%$$

- déphasage (angle) entre le courant et la tension aux bornes de la charge

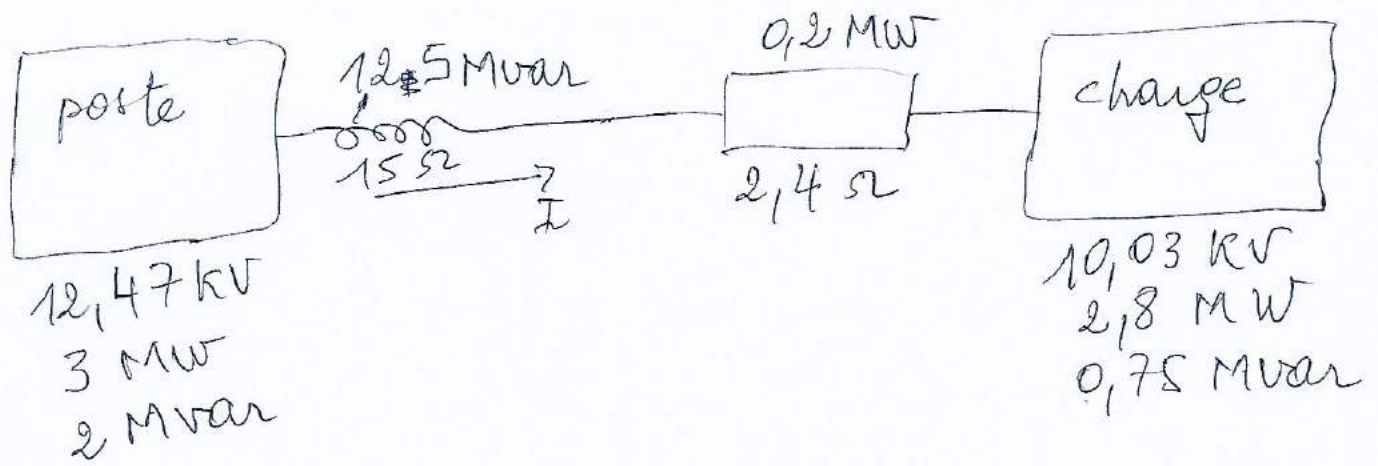
$$\theta_c = \arccos 0,965 \Rightarrow \theta_c = 15,2^\circ$$

Il s'ensuit (وحيث) que la tension aux bornes de la charge est en retard sur celle au poste par

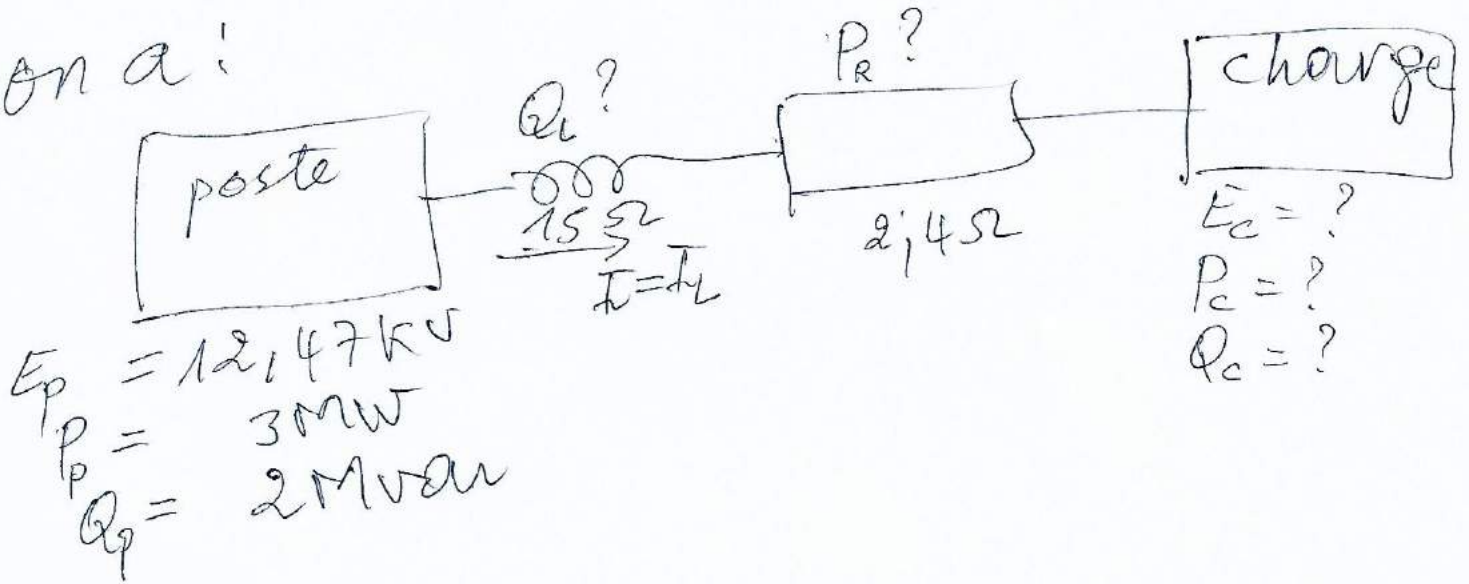
$$(33,6^\circ - 15,2^\circ) = 18,4^\circ$$



représentations courants, tensions et puissances sur le réseau (وتمثيل)



On a:



mini-projet L3 (Licence)

- 1) Donner la nomenclature des éléments et but de l'électricité industriel.
- 2) Contacteurs (~~à~~ déf. principe, schéma et explication. (symbole))
- 3) Relais (déf. principe, schéma et son objectif (symbole))
- 4) Sectionneur (principe et schéma explication) (symbole)
- 5) appareils de mesures.
- 5a) Disjoncteurs (schéma, explication, symbole)
- 7) installation électrique.
- 8) Temporisateur
- 9) armoire électrique.