Propriétés des circuits R, L, C.

Résistance R	1) La valeur de la résistance est indépendant de la fréquence 2) le courant résistif et en phase avec la tension 3) La puissance dissipée et une ~~puissance active~~ [watt]
Inductance	1) La réactance inductive X_L s'exprime en ohm, elle augmente avec la fréquence. $X_L = 2\pi f L$ 2) Le courant inductif et déphasé de 90° en arrière de la tension 3) La puissance reactive s'exprime volts-ampères (var) 4) L'inductance L d'une bobine ne varie pas avec la fréquence
capacitance	1) La réactance X_C s'exprime en ohms, elle diminue avec la fréquence $X_C = \frac{1}{2\pi f C}$ 2) le courant capacitif et de 90° en avant de la tension 3) la puissance réactive [var] 4) La capacitance c d'un d'un condensateur ne varie pas avec la fréquence.

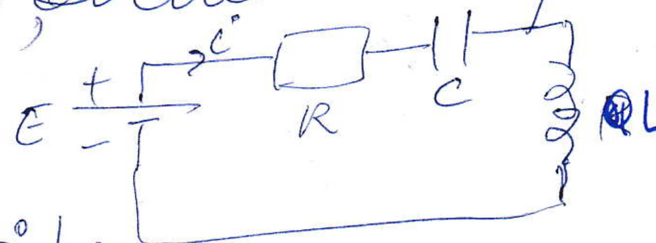
Circuit triphasé :

~~Inter~~ Introduction

Nous avons étudié le transport et l'utilisation de l'énergie électrique dans les circuits à ~~en~~ courant continu et dans les circuits à courant alternatif alimentés par une seule source.

Comme il ne contiennent qu'une source et deux lignes d'alimentation, ces circuits sont appelés ~~en~~ circuit monophasés

(Exemple)



(circuit contienent 2 fils :
1) phase
2) neutre)

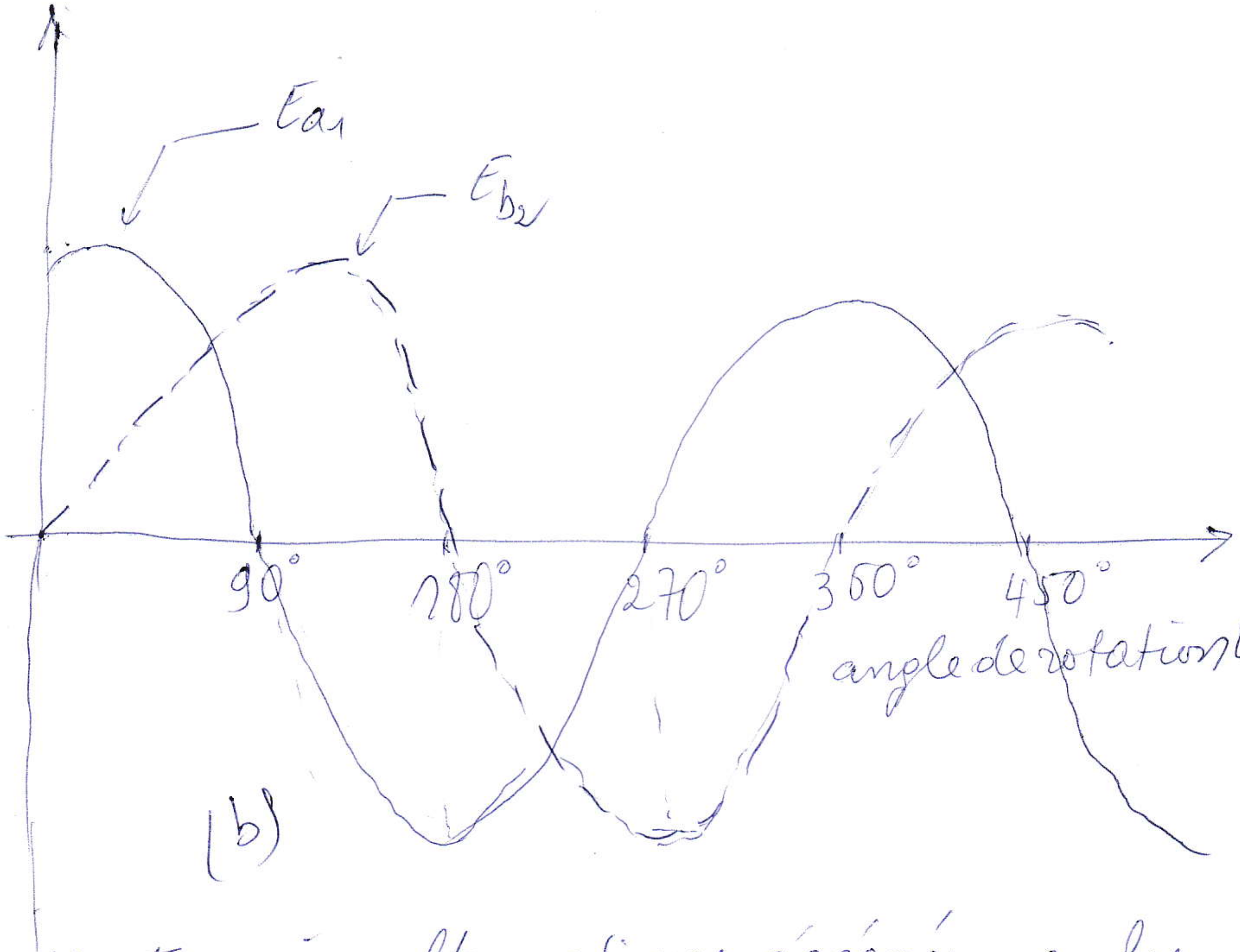
Alternateur triphasé

• Alternateur ~~di~~ biphasé

Considérons maintenant deux enroulements identiques montés sur un noyau et disposées en quadratures c-a-d. décalés de 90° l'un par rapport à l'autre (voir figure). ~~Reproduit~~

Quand on fait tourner le rotor, des tensions E_{a1} et E_{b2} sont induites dans chacun des enroulements. Ces tensions ont même valeur, même fréquence. Chacune des tensions E_{a1} et E_{b2} est une tension monophasée et l'~~en~~ ensemble constitue un système à deux phases et l'alternateur est dit ~~diphasé~~ (~~biphasé~~)

oui

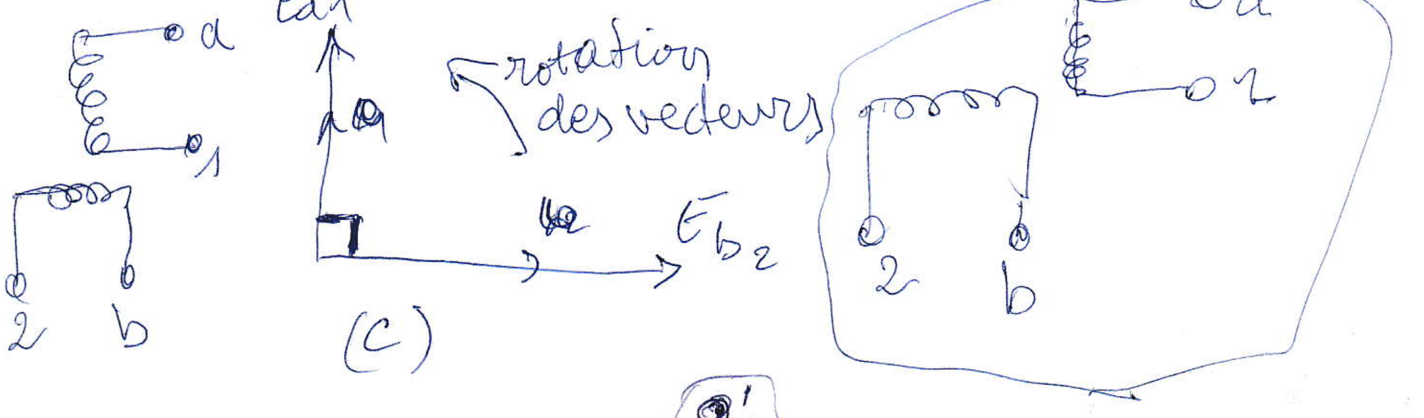


(b) : tension alternatives générés par les roulements a et b de l'alternateur.

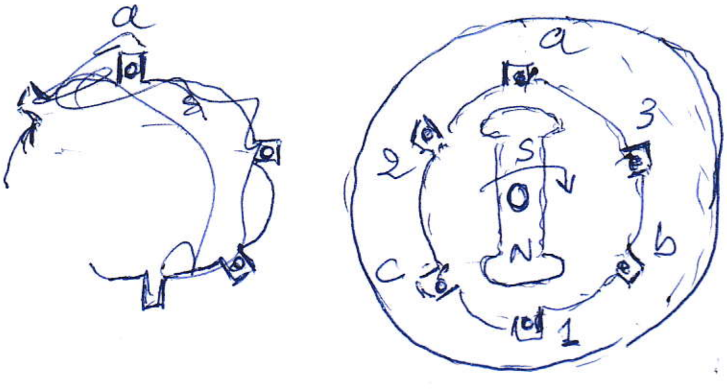
Remarque : ~~1 équivalent à~~ ~~360°~~

1 tour complet correspond à 360°

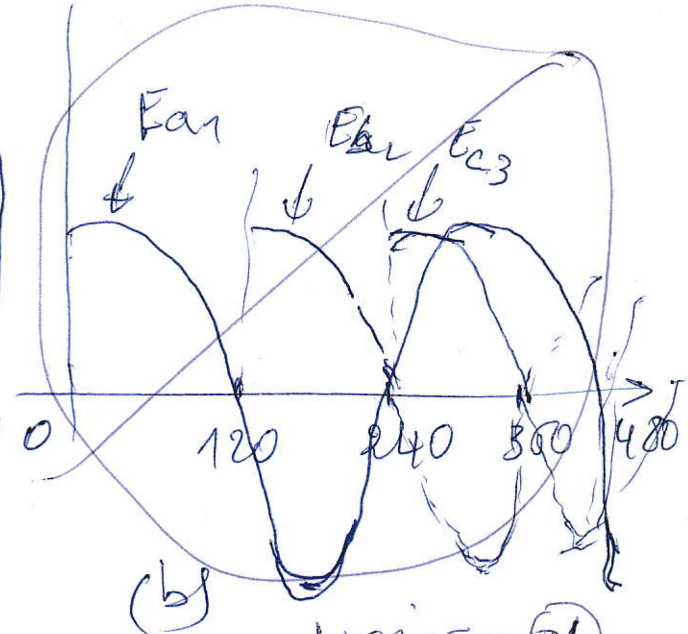
c-à-d une période T = 360°



Lorsque le rotor tourne, les tensions induites dans les trois enroulements ont même valeur efficace E.

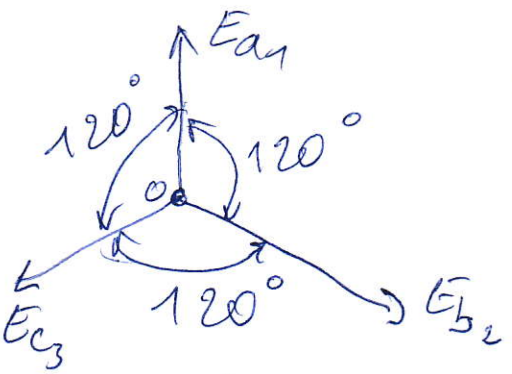


(a)



(b) voir p. 3'

(c)



(c)

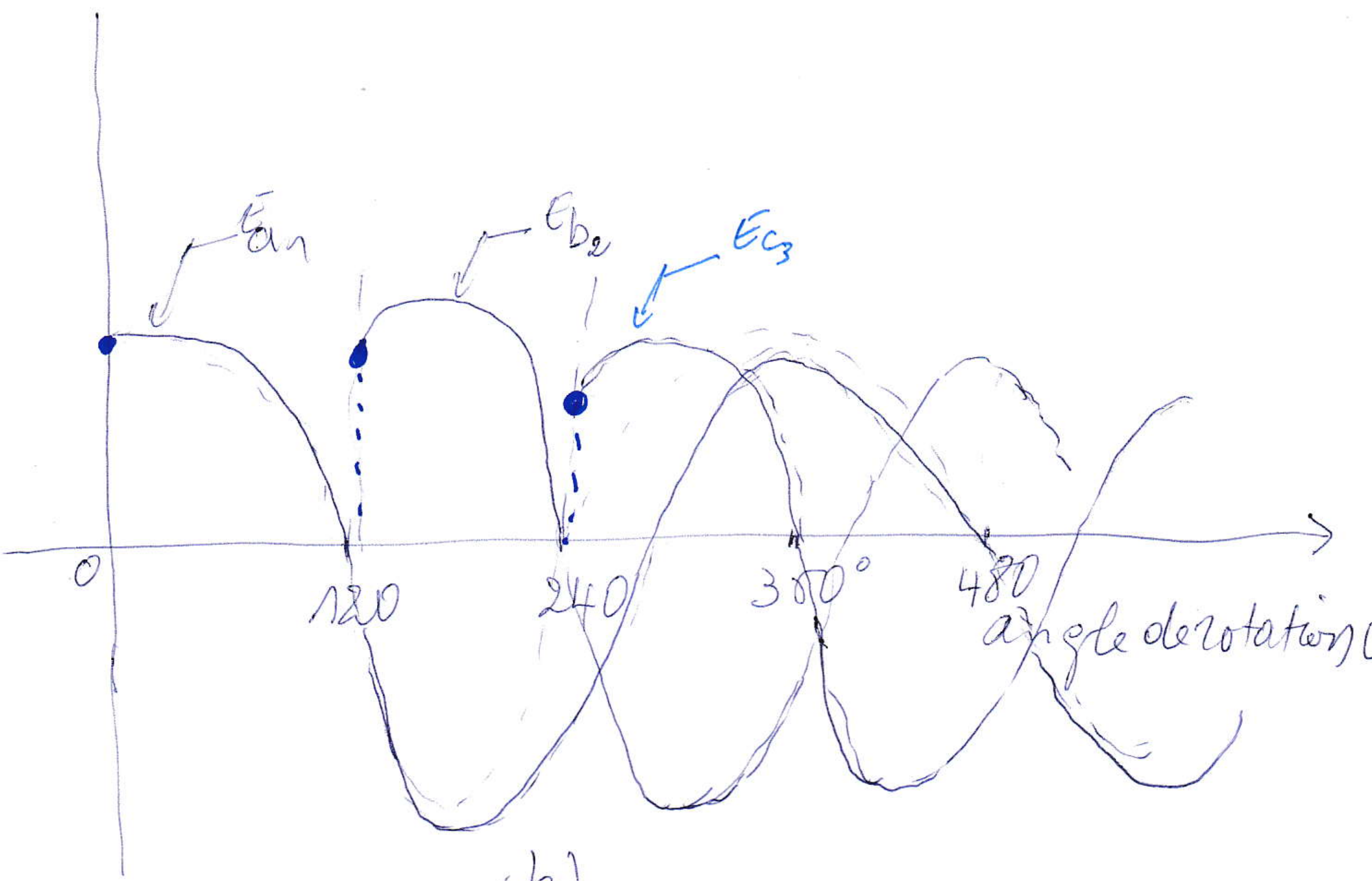
(a) alternateur triphasé en charge

(b) Tensions alternatives générés par trois enroulements p. 3'

Diagramme vectoriel des

(c) ~~Tensions induite et courants~~ Diagramme vectoriel des tensions

Les trois tensions E_{a1}, E_{b2}, E_{c3} sont déphasées l'une de l'autre de 120° sont représentées sous forme ~~forme~~ de courbes ~~sin~~ sinusoidales (b)

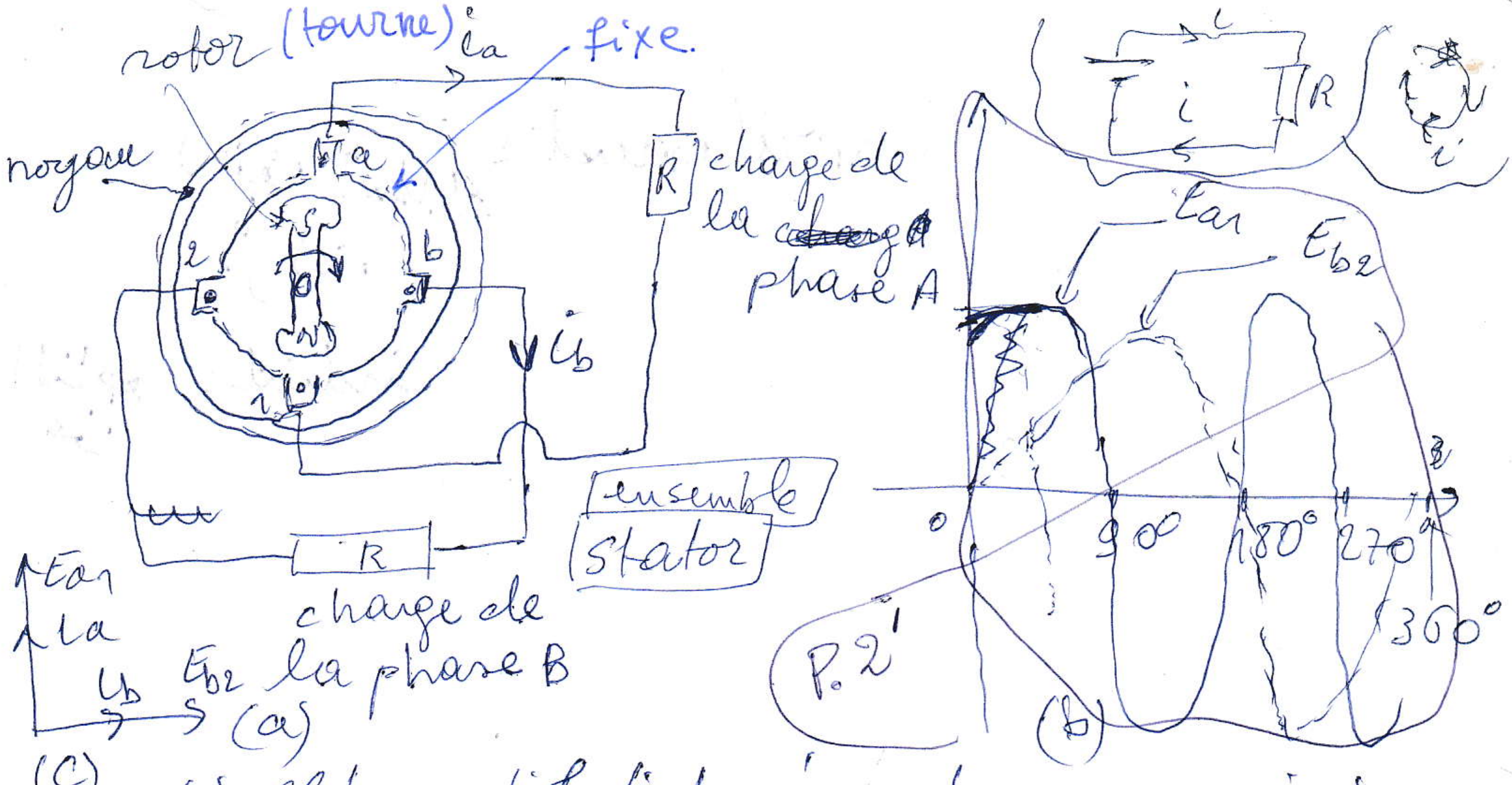


(b)

~~Tension~~

(c) ~~Alternateur triphasé~~

(b) Tension alternatives générées par trois enroulements a, b, c de l'alternateur



(a) : Alternatif diphasé en charge (i_a zéro)

(b) : Tensions alternatifs générés (i_b zéro) par les enroulements a et b de l'alternateur P.2'

(c) : tensions et courant en phase.

Remarque :

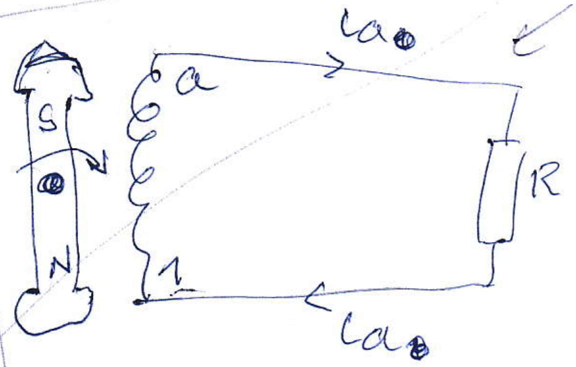
Si la charge résistive est branchée sur chacune des phases, les courants i_a et i_b sont ~~en phase~~ en phase avec E_{a1} et E_{b2}.

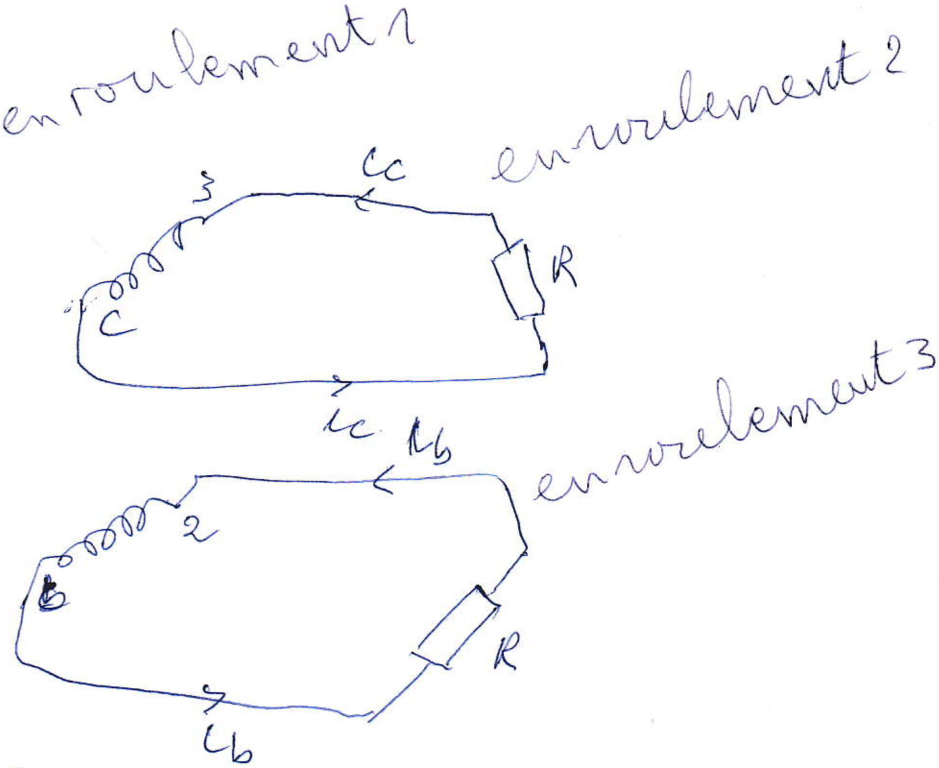
~~Alter~~

- Un alternateur triphasé est semblable à un alternateur diphasé, sauf que stator porte un enroulements identiques au lieu de deux.

Les enroulements sont disposés à 120° l'un de l'autre (voir figure) et vectoriellement de E_{a1}, E_{b2}, E_{c3} ~~voir figure(b)~~ voir figure (a)

donc on peut ~~les~~ schematisés les courants comme suit :





deviennent des circuit monophasé

• Montage en étoile.

Les trois enroulements d'un alternateur triphasé pourraient alimenter trois circuits distincts, cet arrangement exigerait 6 fils.

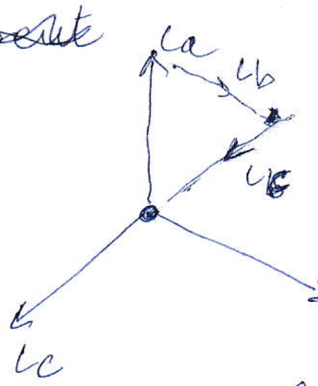
Les courants i_a, i_b, et i_c sont respectivement en phase avec les tentions E_{a1}, E_{b2}; E_{c3} l'un de l'autre (voir figure ~~b~~ (a)).

---

ds les enroulements : a : désigne la phase
1 " le neutre
de même b, 2 et c, 3

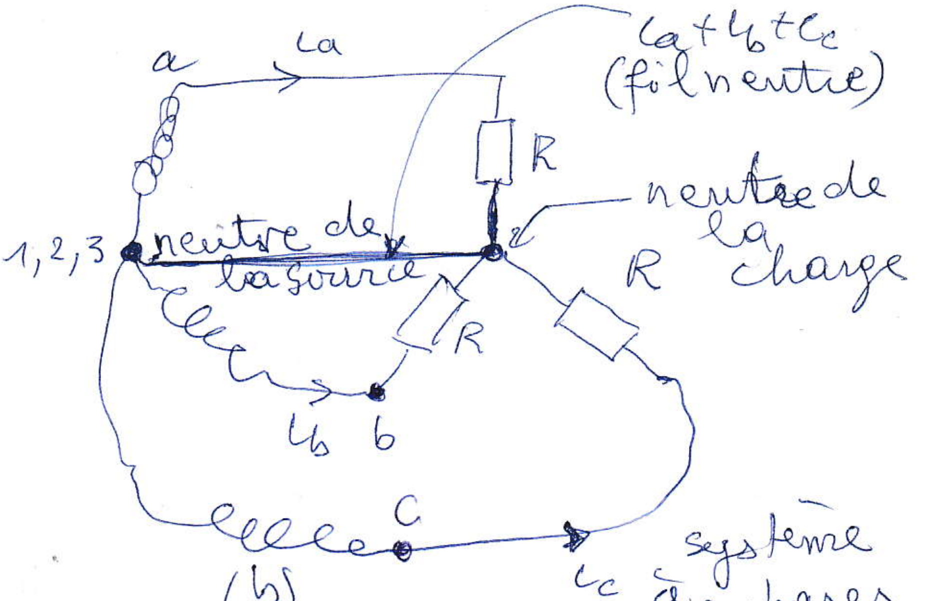
c-à-d : $i_a \rightarrow E_{a1}$, $i_b \rightarrow E_{b2}$; $i_c \rightarrow E_{c3}$

~~On peut~~



$i_a + i_b + i_c = 0$

(a)



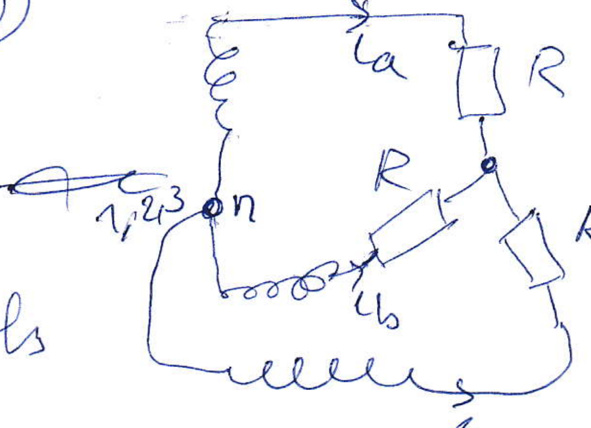
(b)

on peut réduire le nombre de fils de ligne en groupant les trois fils de retour en un seul (voir figure (b)). ce fil de retour, appelé fil neutre (ou phase neutre), de sorte que :

$i_{neutre} = i_a + i_b + i_c$.

La figure (a) montre que la somme vectorielle de ces trois courants est nulle ($i_{neutre} = 0$).

On peut donc enlever le fil neutre complètement sans que les tensions ou les courants soient affectés (voir figure (c))

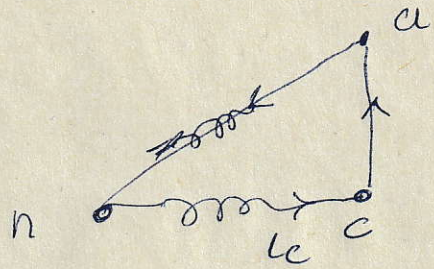


système à 3 phases, 3 fils

(c)

même pour $\hat{E}_{ca}$

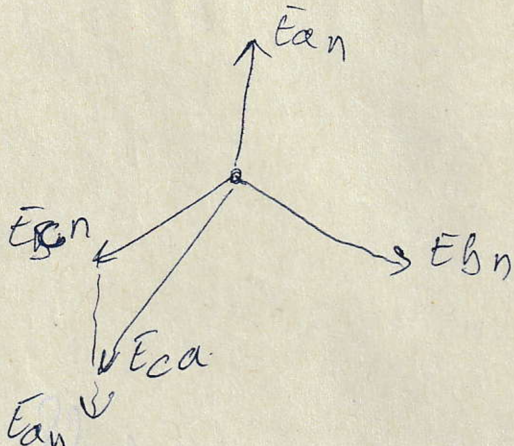
sens du courant :



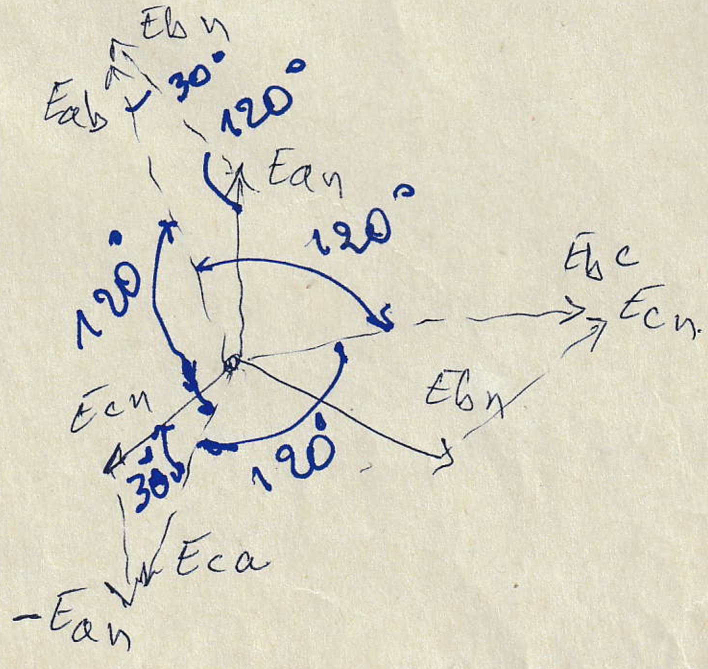
$E_{ca}+E_{an}+E_{nc}=0$

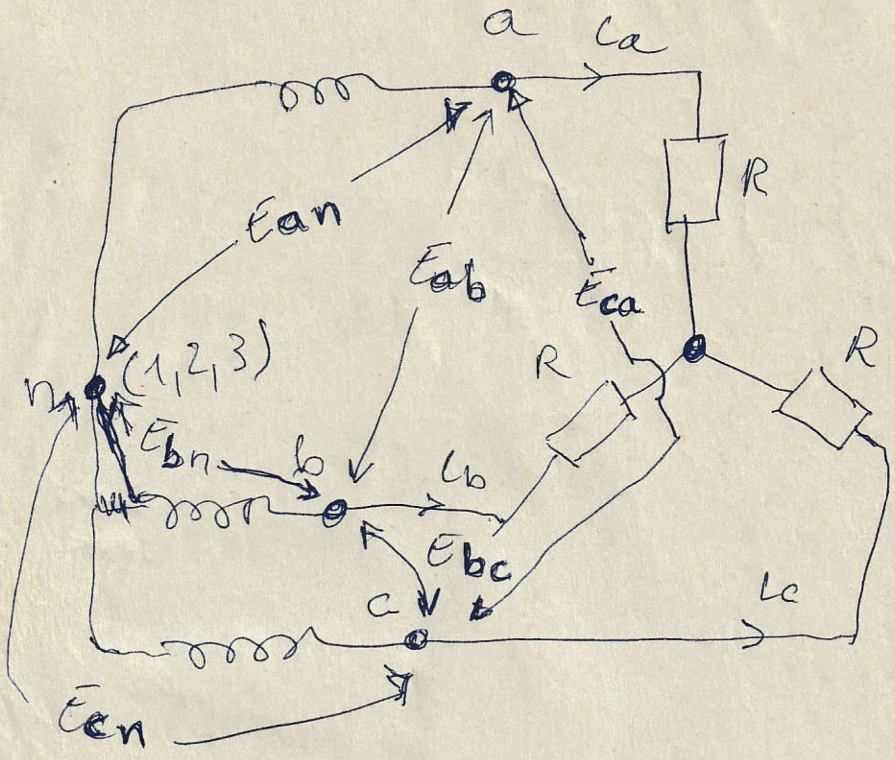
$E_{ca}=-E_{an}-E_{nc}$

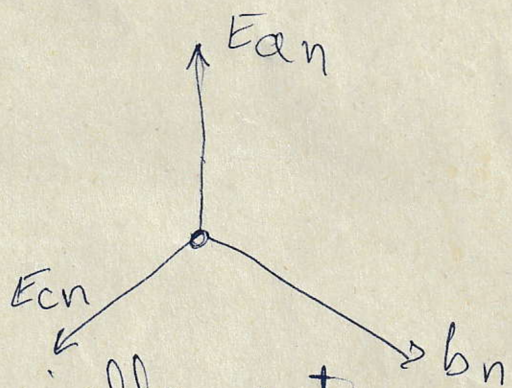
$=E_{cn}-E_{an}$



donc : $\begin{cases} E_{ab}=E_{an}-E_{bn} \\ E_{bc}=E_{bn}-E_{cn} \\ E_{ca}=E_{cn}-E_{an} \end{cases}$







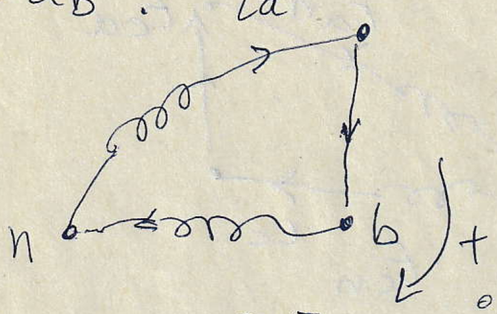
~~tea~~ représenter vectoriellement

E_{ab}, E_{bc}, ~~Ea~~ E_{ca}.

~~D'après la 1ère loi de Kirchoff on a une boucle a, b, n dans le sens " horaire~~

on utilise le sens du courant dans une boucle a, b, n.

E_{ab} ?

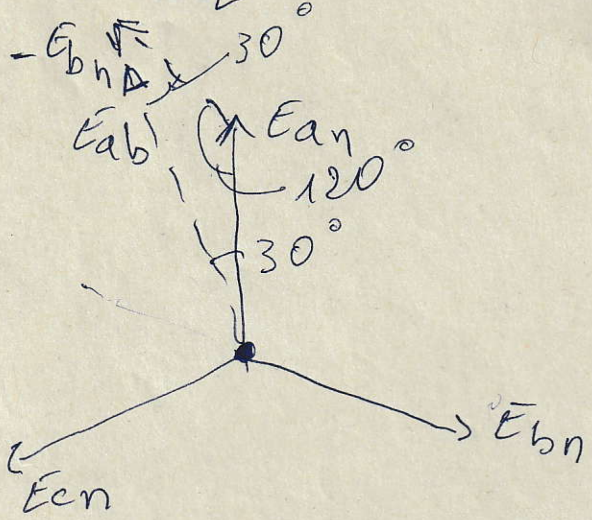


sens du courant

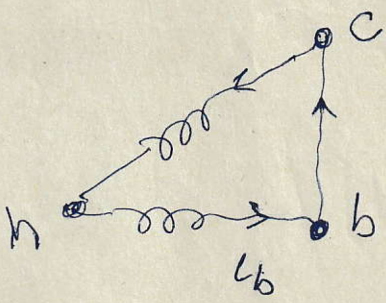
E_{ab} ?

$$E_{ab} + E_{bn} + E_{na} = 0$$

$$E_{ab} = -E_{bn} - E_{na}$$
$$= E_{an} - E_{bn}$$



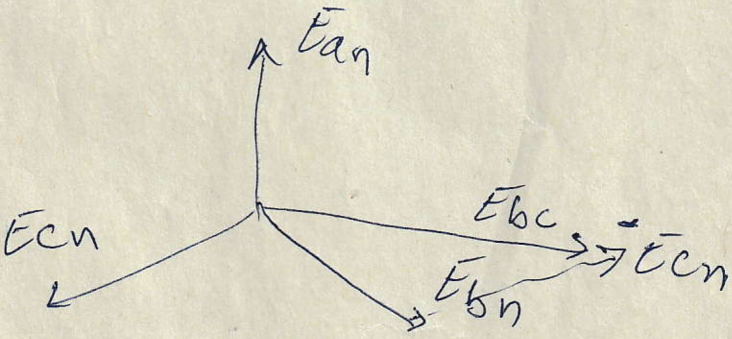
sens du courant



de même E_{bc}

$$E_{bc} + E_{cn} + E_{nb} = 0$$

$$E_{bc} = -E_{cn} - E_{nb}$$
$$= E_{bn} - E_{cn}.$$



• Propriétés du montage en étoile

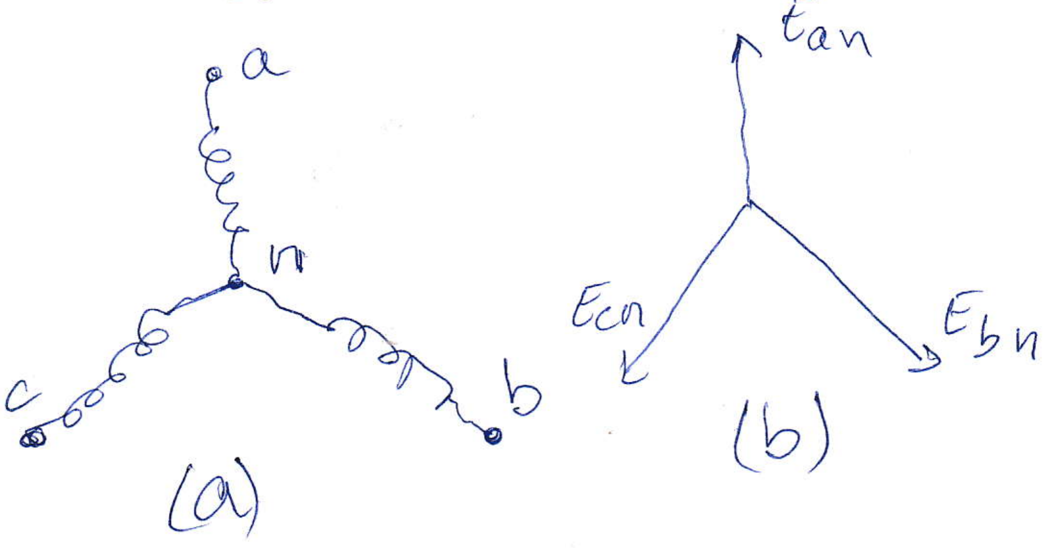
La fig. ~~a~~ a représente, de façon schématique, la disposition des trois enroulement sur l'induit d'un alternateur.

Les 1, 2, 3 sont raccordées ensemble pour former une seule borne n, appelée neutre.

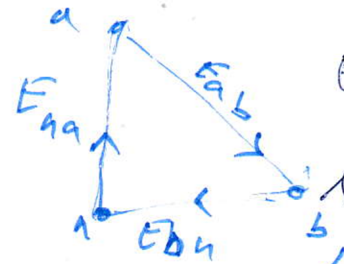
Le diagramme vectoriel des trois tensions induites E_{an}, E_{bn}, E_{cn} (fig. b).

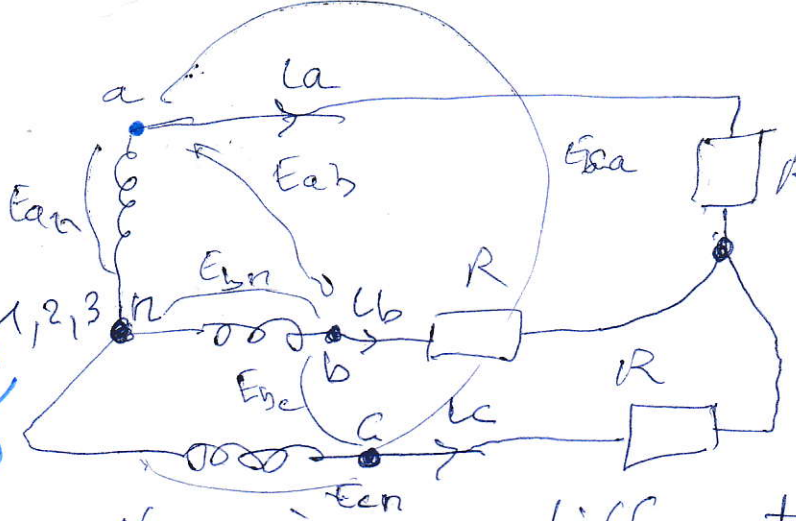
Supposons que leur valeur efficace soit de E_{LN} volts.

Quelles est alors la valeur des tensions entre les bornes a, b et c ?



Revenant ~~aa~~ à la figure ~~ci-dess~~ suivant.





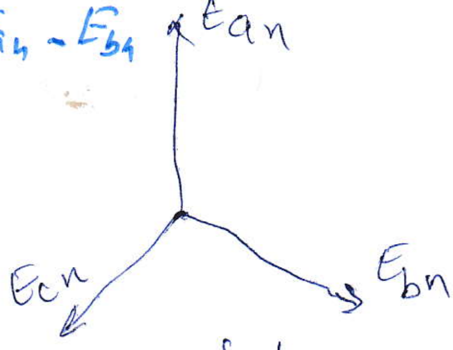
(voir feuille rose)

$E_{na} + E_{ab} + E_{bn} = 0$

$E_{ab} = E_{na} - E_{bn}$

$= E_{an} - E_{bn}$

~~on~~ d'après on a differents tensions : E_{an} ; E_{bn} ; E_{cn}



(I) (b)

tensions demandées E_{ab}, E_{bc} et E_{ca} ?

D'après la 1ère loi de kirchoff on a une boucle a, b, n dans le sens horaire :

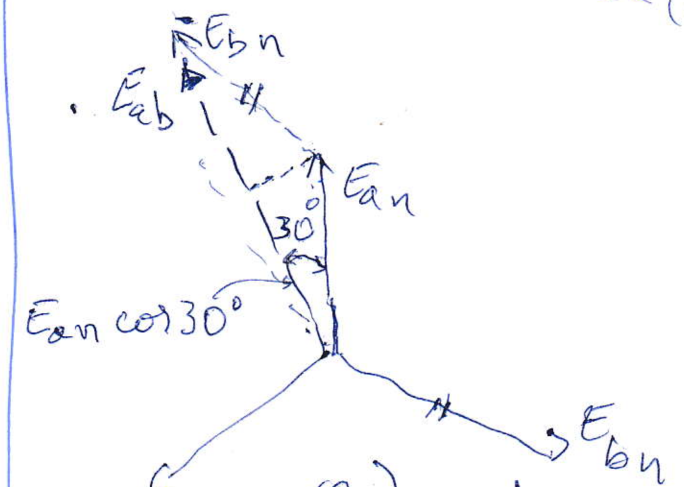
$E_{ab} + E_{bn} + E_{na} = 0$

représenter dans (I) l'expression $E_{ab} = E_{na} - E_{bn}$

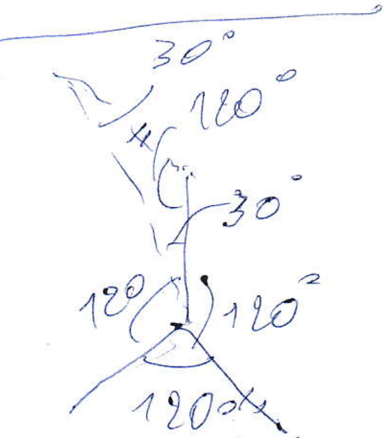
$\Rightarrow E_{ab} = - E_{bn} - E_{na}$

$\Rightarrow E_{ab} = E_{an} - E_{bn}$ ← (II)

indique les relations entre E_{ab}, E_{bn}, E. voir feuilles roses ?



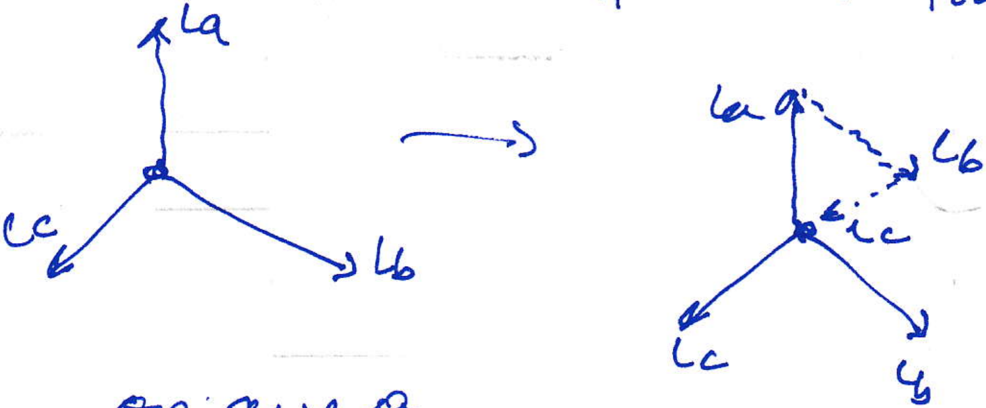
(c)



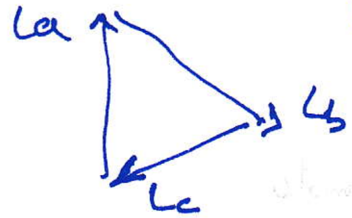
Pourquoi le fil neutre est enlever ?

on a : ~~fil neutre~~ D'après la démonstration suivante :

$i_{neutre} = i_1 + i_2 + i_3$



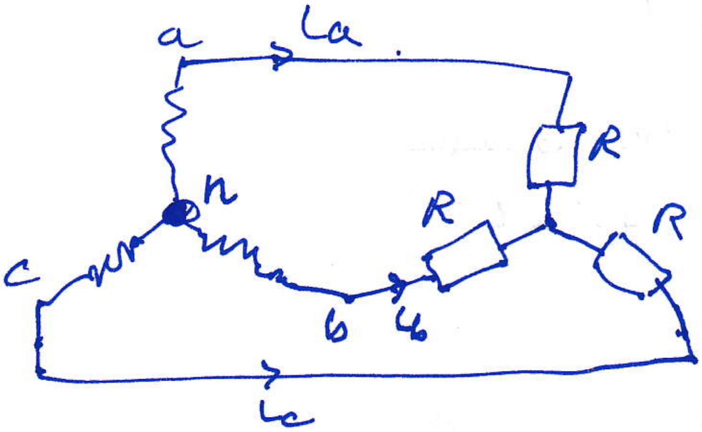
on aura



vectoriellement

$i_a + i_b + i_c = 0$

donc $i_{neutre} = 0$ sans affecter (تأثير) les tensions ou les courants

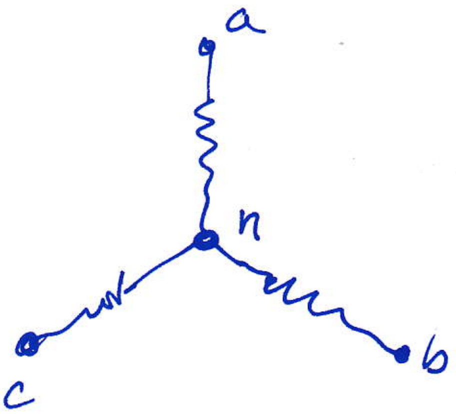


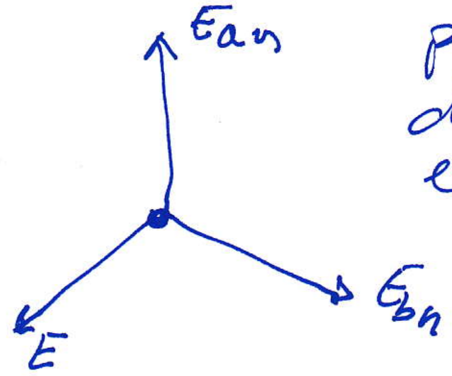
Remarque :

- les courants de phase sont équilibrés ? oui (signifie que les courants dans un montage triphasé sont égaux et décalés de 120°)
- Les courants des phases sont déséquilibrés oui (signifie les tensions d'une triphasée ne sont pas égales et qu'elles ne sont pas décalées de 120°) oui

(A)

propriétés du montage en étoile

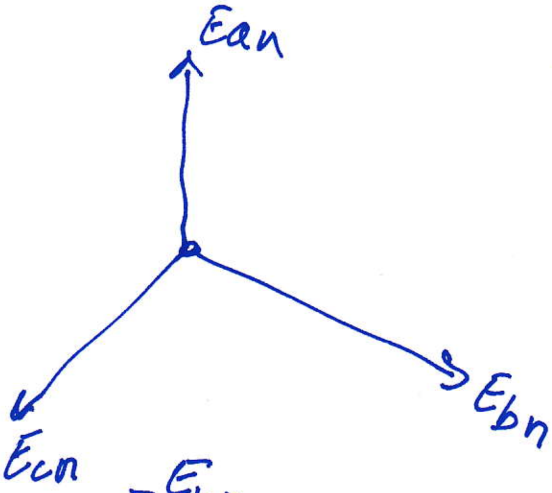


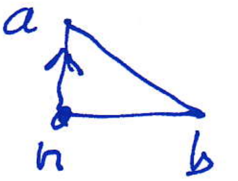


E_{ab}; E_{bc}, E_{ca} ?

E_{ab} ?

en choisisant la boucle a, b, n

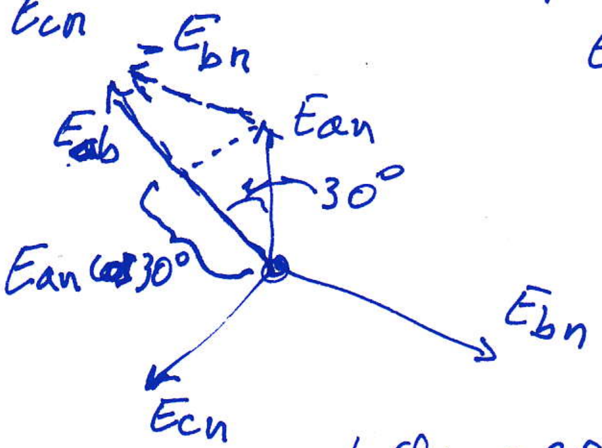




$E_{ab} + E_{bn} + E_{na} = 0$

$E_{ab} = -E_{bn} - E_{na} = E_{an} - E_{bn}$

et $\begin{cases} E_{bc} = E_{bn} - E_{cn} \\ E_{ca} = E_{cn} - E_{an}. \end{cases}$



• La valeur éfficace des tensions E_{an}, E_{bn} et E_{cn} soit E_N (volts). (chacune)
~~de même pour la valeur éfficace~~
de tension E_{ab}, E_{bc} et E_{ca} soit E_L. (chacune)

But pour déterminer la valeur éfficace

B

Cette somme vectorielle (II) donne le vecteur E_{ab} montré à la fig (d) sa valeur éfficace E_L est donnée par : voir p. A, B, C

$E_L = 2 \times$ (valeur éfficace de $E_{an}\cos 30°$)

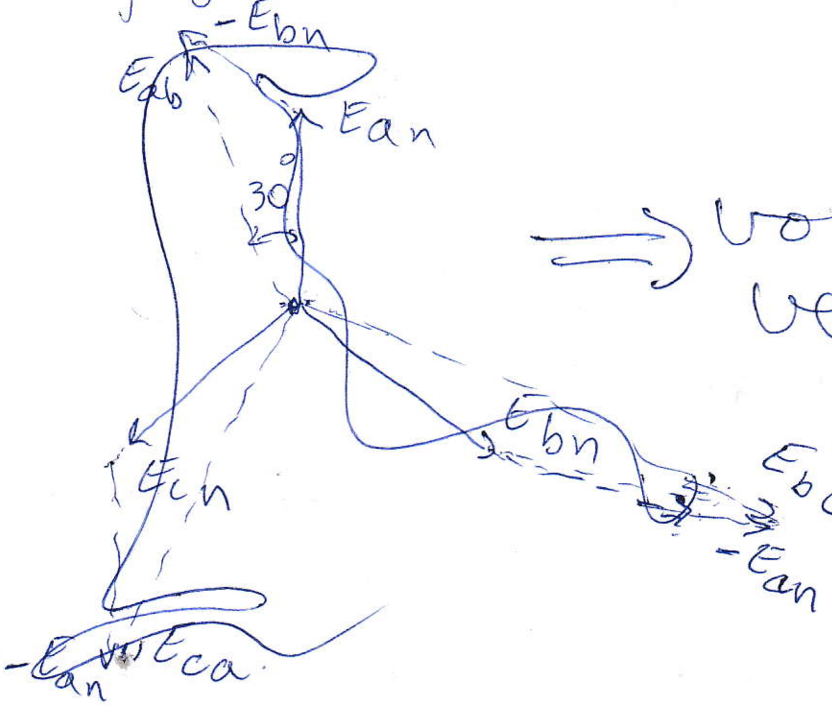
$\Rightarrow E_L = 2 \times E_{LN}\cos 30° = 2 \times E_{LN} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3}\,E_{LN}$

même procédure (calcul) pour E_{bc}, E_{ca}

et on a : $E_{bc} = E_{bn} - E_{cn}$

$E_{ca} = E_{cn} - E_{an}$

Le diagramme vectoriel complet est montré à la figure ci-dessous :

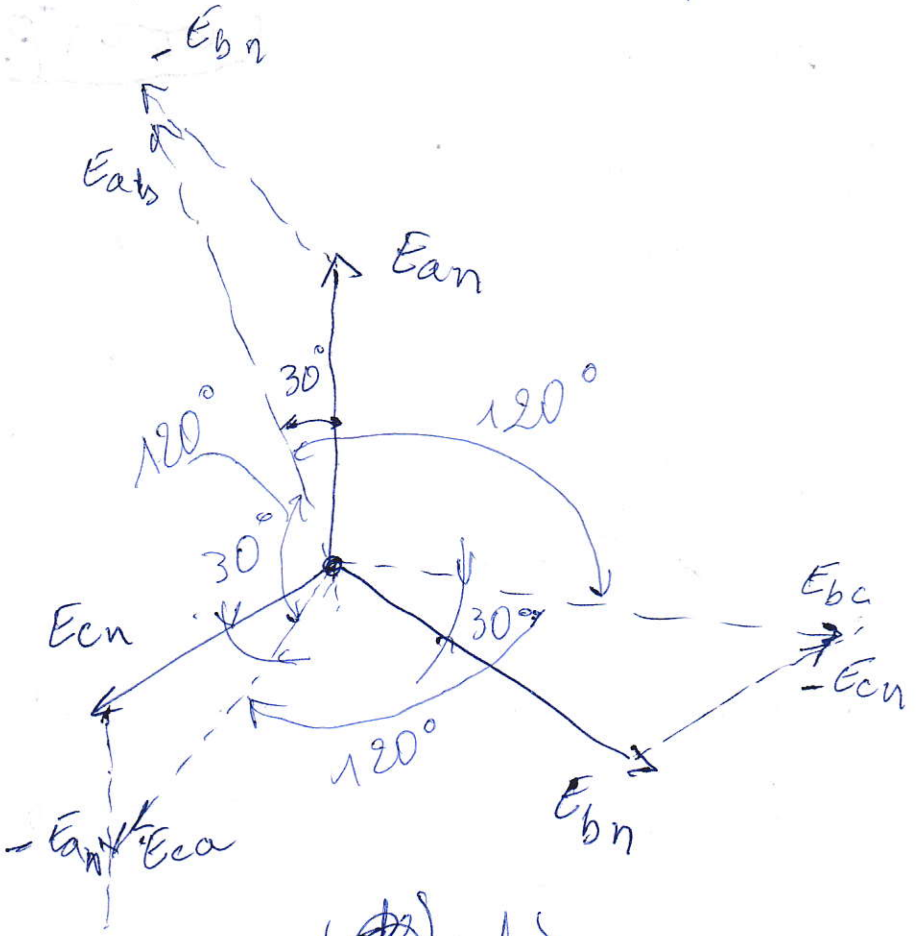


⟹ voir verso

~~de même pour :~~ $\cancel{E_{bc} = E_{bn} - E_{cn}}$

$\cancel{E_{ca} =}$

$$\begin{cases} E_{ab} = E_{an} - E_{bn} \\ E_{bc} = E_{bn} - E_{cn} \\ E_{ca} = E_{cn} - E_{an} \end{cases}$$



(d)

donc les figures :

(a) Enroulement d'un alternateur raccordé en étoile

(b) Diagramme vectoriel des tensions ligne à neutre

(c) contruction du vecteur de tension E_{ab}

(d) Les tensions E_{ab}, E_{bc}, E_{ca} sont égales et déphasées de 120°

On constate que les tensions E_{ab}; E_{bc}, et E_{ca} entre les lignes sont aussi déphasées entre elles de 120°.

Pour une ligne triphasée on peut écrire :

$$\boxed{E_L = \sqrt{3}\, E_{LN}}$$ relation entre E_L et E_{LN}

E_L : tension entre les lignes (V)

E_{LN} : tension entre lignes et le neutre (V)

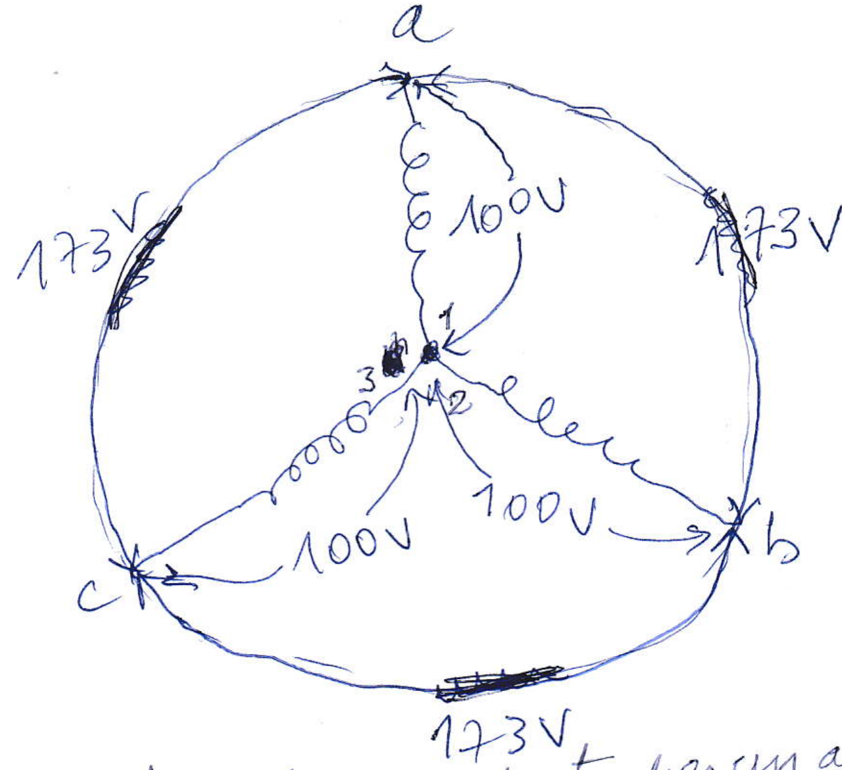
Exemple :

Un alternateur dont la tension ligne à neutre est de 100 V. Les tensions entre les lignes sont toutes égales et leur valeur est $100\sqrt{3}$ volts ou 173 V.

R/ : Pour le montage en étoile, les tensions de ligne à ligne sont : 1,73 fois plus grandes que les tensions de ligne à neutre.

$\sqrt{3} \simeq 1,73$

c-a-d. $100 \times \sqrt{3} \simeq$
$100 \times 1,73 = 173$ V
en E_L plus que E_{LN}



tension produits par un alternateur connecté en étoile

~~On constate que les tensions~~

Les tensions entre les lignes a, b, c constituent un système triphasé, mais la tension entre deux lignes quelconques (a et b, b et c, c et a) ~~deux~~ demeure (marche) une tension monophasée.

Exemple :

Un alternateur triphasé à 60 Hz génère une tension sinusoïdale de 23 900 V entre lignes.

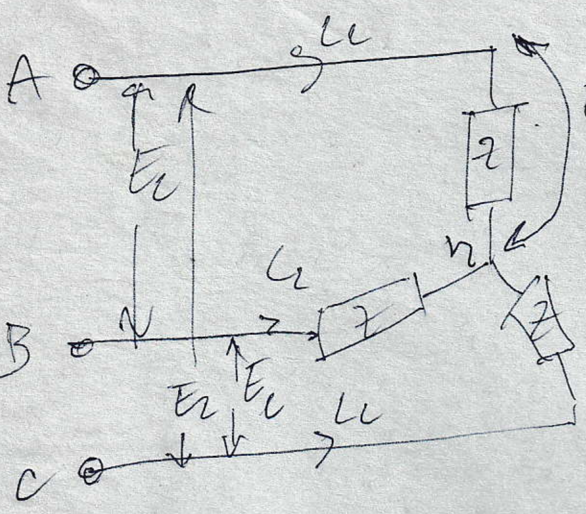
Calculer :

montage en étoile. équilibré

E_{LN}

"

$E_L/\sqrt{3}$



où: E_{LN}, i tension et courants aux bornes des impédances

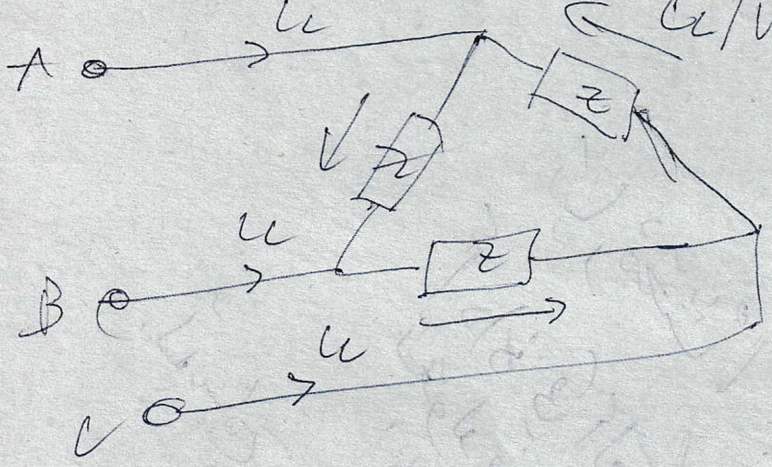
montage en triangle équilibré

i

"

$i_L/\sqrt{3}$

courant ~~aux~~ aux borne ~~des in~~ de chaque impédance



a) la tension efficace entre ligne et le neutre

b) la tension crête entre deux lignes
(ذروة)

c) l'intervalle de temps qui sépare les valeurs crête positives des tensions E_{ab} et E_{bc} (sachant qu'un cycle 360° à une durée 1/60 s)

on a :

a) la tension ligne à neutre E_{LN} est :

$$E_{LN} = \frac{E_L}{\sqrt{3}} = \frac{23900}{\sqrt{3}}$$
$$= 13800\ V$$

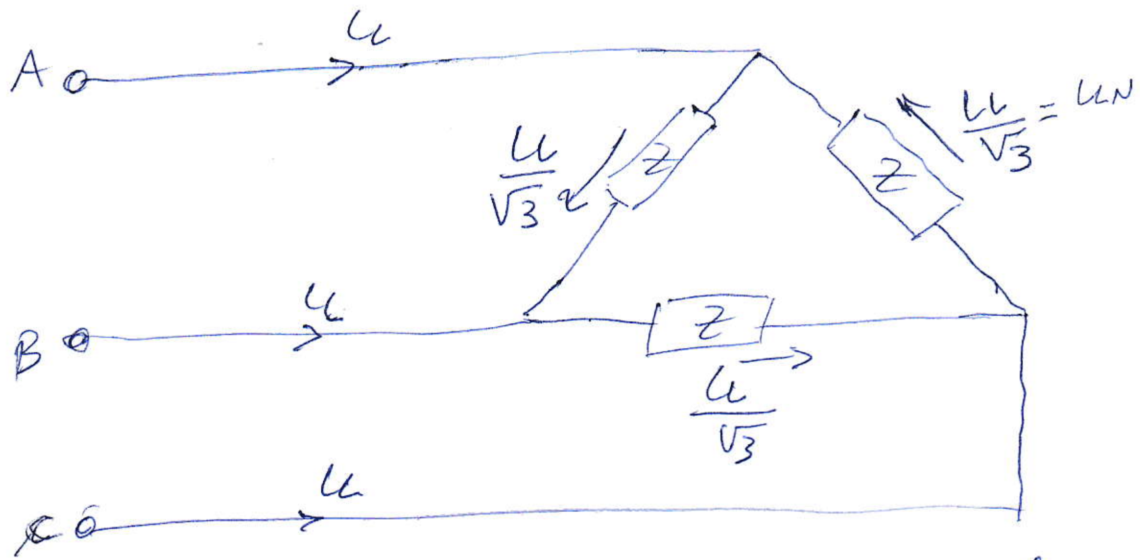
b) la tension crête entre deux lignes est :

$$E_{L\,crête} = \sqrt{2}\, E_L = 23900\sqrt{2}$$
$$= 33800\ V$$

c) Un angle de 120° sépare les vecteurs E_{ab} et E_{bc}

Comme un cycle (دورة) (360°) à une durée de 1/60 s ; l'intervalle entre les valeurs crêtes positives de E_{ab} et de E_{bc} est :

$$t = \frac{120°}{360°} \times \frac{1}{60} = 0,00556\,s = 5,56\ ms$$



(figure (b)) charge triphasée équilibrée montée en triangle.

~~Les trois impédances peuvent montées en étoile fig(a) ou en tri~~

Les relations entre les tensions et les courant de chaque élément A ou B, ou C par rapport à la tension de ligne E_L et au courant de ligne I_L sont indiquées sur les figures (a) et (b) (éléments: $E_{ab} = E_L$, $E_{bc} = E_L$ et $E_{ca} = E_L$)

En conclusion : oui

1. le courant en étoile dans chaque élément est égal au courant I_L dans la ligne

2. la tension aux bornes de ~~éléments (Eab, Ebc, Eca)~~ chaque élément égale à la tension E_L de ligne à ligne divisé par $\sqrt{3}$

3. les trois tensions aux bornes de élément sont déphasées de 120°

4° les courants dans les éléments sont déphasés de 120°

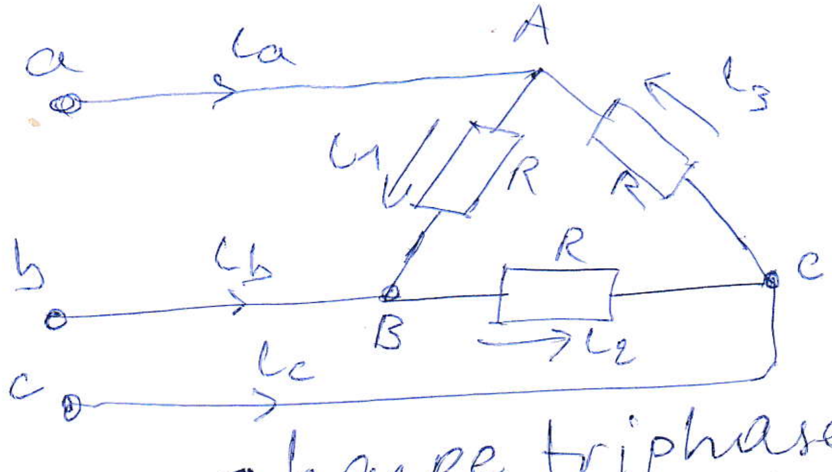
~~Montage en triangle~~ non

Montage en triangle.

non

En ce qui concerne le raccordement (δ, X_s) en triangle, déterminons les relations ~~des tensions~~ et les courants, entre tensions en supposant une charge résistive. ~~voir verso~~

Revenons à la figure suivante



charge triphasée équilibrée en triangle

Les résistances étant branchées entre lignes, les courants i_1, i_2, i_3 sont en phase avec les tensions correspondantes E_{ab}, E_{bc}, et E_{ca} (voir figure ci-dessous)

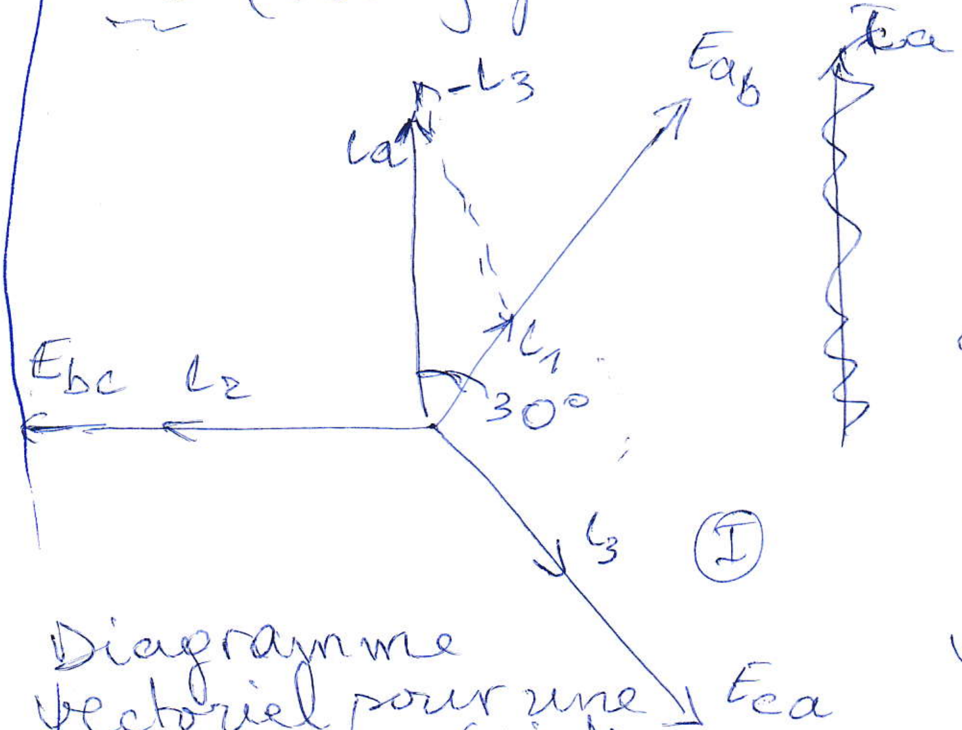


Diagramme vectoriel pour une charge résistive

représenter le courant i_a

~~or a : $i_a + i_3 = i_1$~~

$\Rightarrow$ ~~$i_a = i_1 - i_3$~~

déterminer vectoriellement i_a ?

ces (1) tensions sont créées par un alternateurs ~~triphasée~~

si on examine le noeud A de la ligne a la 2ème loi de kirchoff :

$i_a \mp i_1 + i_3 = 0 \Rightarrow i_a + i_3 = i_1 \Rightarrow i_a = i_1 - i_3$

voir fig I

~~et conclusion (à retenir)~~

~~charge triphasée équilibrée montée en triangle~~

non

non

On remarque que la ~~tension~~ valeur efficace de i_a est $\sqrt{3}$ fois plus grande que la valeur efficace de i_1 (ou de i_3).

A cause de la symétrie du montage pour les trois phases on a :

Pour les 3 phases ~~on a~~ pour chacune des branche on a :

$$\boxed{i_L = i\sqrt{3}}$$

i_L : courant dans les lignes (A)

i : courant dans chaque branche de la connexion en triangle [A]

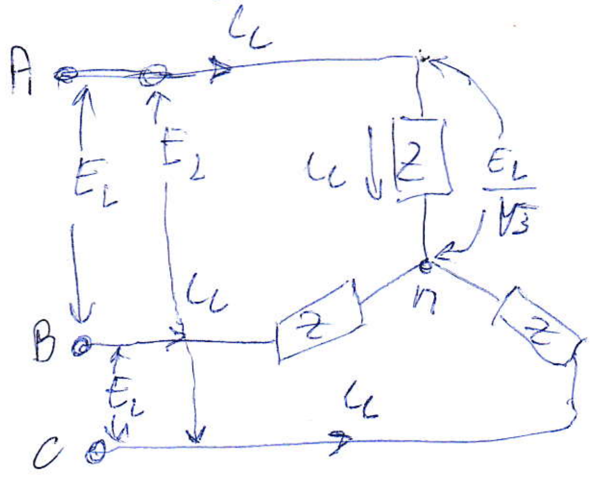
en conclusion pour un montage en triangle :

1. le courant dans chaque élement est égale au courant i_L dans la ligne divisé par $\sqrt{3}$.
2. La tension aux borne de chaque élement est égale à la tension E_L de ligne à ligne.
3. Les tensions aux bornes des élements ont déphasées de 120°
4. Les courants ~~des~~ dans les élements sont déphasés de 120°

- Puissance active transportée par une ligne triphasée

La puissance transportée par une ligne triphasée a une relation avec sa tension E_L et son courant ~~courant~~ de ligne i_L

Pour le montage en étoile suivant :

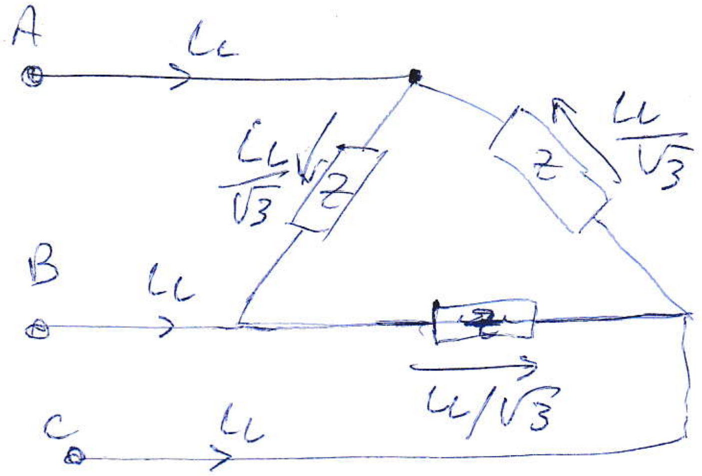


- le courant dans chaque résistance est i_L en (A)
- La tension aux borne de chaque résistance est de $E_L/\sqrt{3}$ en (V)
- La puissance active P_Z absorbée par chaque résistance est

$$P_Z = E_L\, i_L/\sqrt{3}\ ;\ P_Z = \frac{E_L\, i_L}{\sqrt{3}}$$

- La puissance totale absorbée par les trois résistances est trois plus grandes soit : $P = 3\, P_Z = \sqrt{3}\, E_L\, i_L$

• Pour le montage en triangle suivant :



• le courant dans chaque résistance est :

de $i_L/\sqrt{3}$ en (A)

• La tension aux bornes de chaque résistance est E_L en (V)

• La puissance active P_Z absorbée par chaque résistance est :

$$P_Z = \frac{E_L \cdot i_L}{\sqrt{3}}$$

• La puissance totale absorbée par les trois résistances est trois fois plus grande est :

$$P_T = 3 P_Z = \sqrt{3}\, E_L\, i_L$$

• Charges raccordées (أرتباط) en étoile et en triangle

Pour que les courants dans les trois lignes d'un système triphasé soient égaux, il faut que la charge soit <u>équilibré</u> (condition rencontrée dans les circuits triphasés).

Une charge triphasé et dite équilibré lorsqu'elle et constituée de trois impédances identiques.

Les trois impédances peuvent-être montées en étoile (voir figure ~~(a)~~ (a)) ou en triangle (voir figure (b))

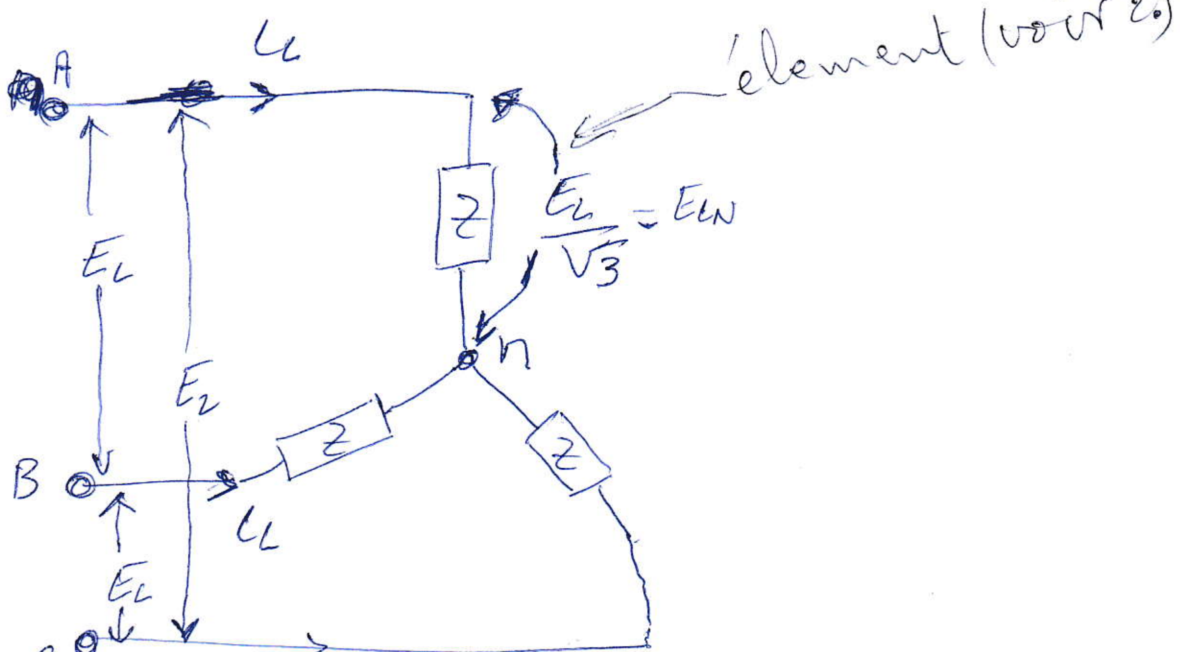


figure (a) charge triphasée équilibrée monté en étoile

D'une façon générale, et pour une charge équilibrée, la puissance apparente totale transportée par un ligne triphasée st donnée par la formule:

$$S = \sqrt{3}\, E_L \cdot I_L$$

Les relations entre les puissances: active P; réactive Q et apparente S sont les mêmes dans les circuits triphasés équilibrés que dans les circuits monophasés. Il en est de même pour le facteur de puissance d'un circuit triphasé:

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

et le facteur de puissance:

$F_p = \frac{P}{S}$; son but détermine le rendement de puissance en (%)

Exemple 1.

Une ligne triphasée à 550V (ligne à ligne) alimente trois résistances identiques montées en étoile.

Quelle est la tension aux borne de chaque résistance

On a:

La tension aux bornes de chaque résistance est égale à la tension de ligne-neutre divisé par $\sqrt{3}$.

$$E_{LN} = \frac{E_L}{\sqrt{3}} = \frac{550}{1,73} = 318V$$

Exemple 2.

Trois impédances identiques montés en triangle sur une ligne triphasée à 550V, tirent un courant de ligne de 10A.

Calculer:

a) le courant dans chaque impédance ~~et la tension à ses bornes)~~ oui

b) la valeur des impédances

Exemple 3-

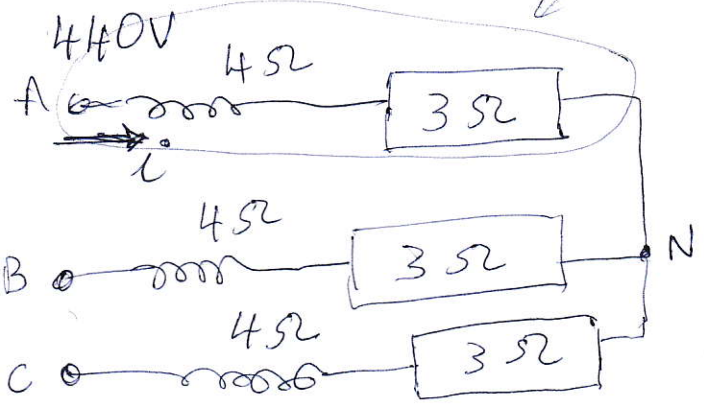
Dans le circuit monté en étoile de la figure suivante.

Calculer:

a) le courant dans chaque ligne-neutre

b) la tension aux bornes des inductances

élément, ligne



a) on a: • chacune des trois branches du circuit comprend une réactance inductive

$x_L = 4\,\Omega$ et une résistance $R = 3\,\Omega$

• Chaque branche est soumise à une tension monophasée ~~exprime~~ qui existe entre une ligne et le neutre.

sa valeur:

$$E_{LN} = \frac{E_L}{\sqrt{3}} = \frac{440}{1,73} = 254\,V$$

L'impédance dans chaque phase est:

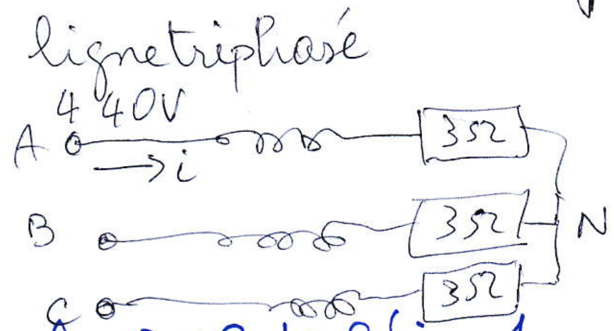
$$Z = \sqrt{R^2 + x_L^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5\,\Omega$$

Le courant est:

$$I_L = I_{LN} = \frac{E_{LN}}{Z} = \frac{254}{5} = 50,8\,A$$

(pour mont. en λ)

ce courant est aussi le courant de ligne



b) tension au borne de l'inductance

$$E = i\,x_L = 50{,}8 \cdot 4 = 203\ V$$

Exemple 3:

Une ligne triphasée à 550V, 60Hz, alimente trois condensateurs identiques montés en triangle (voir figure).

Le courant de ligne est de 22A.

Calculer la capacitance de chaque condensateur.

on a:

- courant dans chaque condensateur

$$i_{LN} = \frac{i_L}{\sqrt{3}} = \frac{22}{\sqrt{3}} = 12{,}7A$$

- Tension aux bornes de chaque condensateur

$$E_L = 550\ V$$

- Réactance capacitive x_c de chaque condensateur

$$x_c = \frac{E_L}{i_{LN}} = \frac{550}{12{,}7} = 43{,}3\ \Omega$$

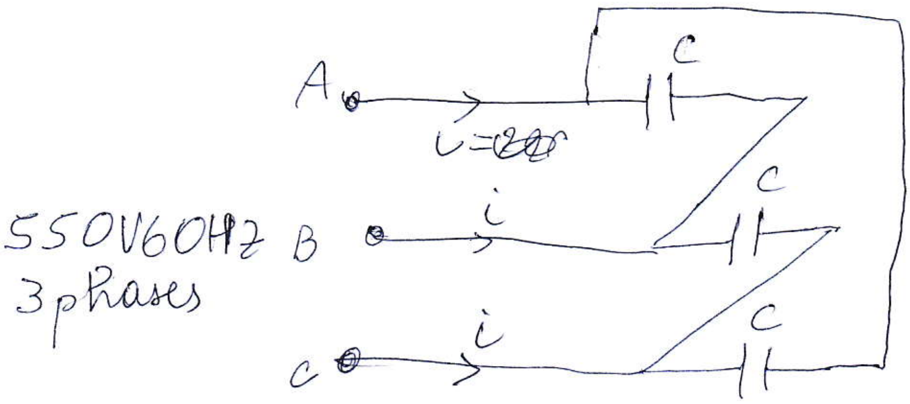
d'où la capacitance c

$$C = \frac{1}{2\pi \nu_0 x_c} = \frac{1}{2\pi \cdot 60 \cdot 43,3}$$

$$\Rightarrow C = 61,3 \cdot 10^{-6} F = 61,3 \mu F$$

$$C = \frac{1}{2\pi \nu_0 x_c}$$

$$\Rightarrow C = \frac{1}{2\pi \nu_0 \frac{E_L}{i/\sqrt{3}}}$$



Exemple : (EXAMEN)

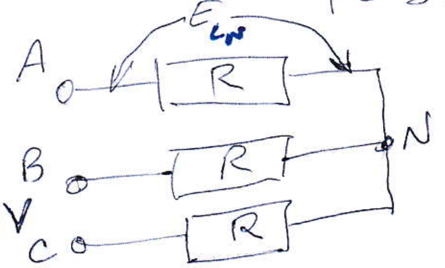
Trois résistances égales montées en étoiles sur une ligne triphasée à 600 V dissipent une puissance totale de 3000 W (voir figure)

Calculer

a) le courant dissipé par chaque résistance

b) La valeur de chaque résistance.

$P = 3000\,W$



ligne 600 V

- $P_R = E_{LN} \cdot I_{LN} = \frac{E_L}{\sqrt{3}} \cdot I_L$; $P_R = \frac{P}{3}$
- $E_{LN} = I_{LN} R \Rightarrow \frac{E_L}{\sqrt{3}} = I_L \cdot R$

a) Puissance dissipée par chaque résistance :

$$p = \frac{3000}{3} = 1000\,W$$

tension aux borne de chaque résistance :

$$E_{LN} = \frac{E_L}{\sqrt{3}} = \frac{600}{1{,}73} = 347\,V$$

courant dans chaque résistance :

$$i_{LN} = i_L = \frac{P}{E_{LN}} = \frac{1000}{347} = 2{,}88\,A$$

Le courant dans chaque résistance de 2,88 A

d'où : $$i_L = \frac{S}{E_L\sqrt{3}} = \frac{3000}{600 \cdot 1{,}73} = 2{,}89\,A$$

b) $$R = \frac{E_{LN}}{i_L} = \frac{347}{2{,}89} = 120\,\Omega.$$

ou connecte le m. car étoile

Transformateur :

- permet de modifier la tension et le courant dans un circuit. L'Energie électrique et distribuer ou transporter à grande distance dans les usines et les maisons.

- principe de l'induction électromagnétique

- Tension induite dans une bobine

La figure (a et b) suivante montre une bobine entourant un flux ϕ qui varie sinusoïdalement avec une fréquence périodiquement des crêts positifs et négatives.

Ce flux alternatif induit entre les bornes de la bobine une tension alternatif donnée par l'équation : $\rightarrow$ (1)

$$E = 4,44 f N \Phi max$$

(1) induction : عبارة عن قوة كهربائية

E : tension induite (V)

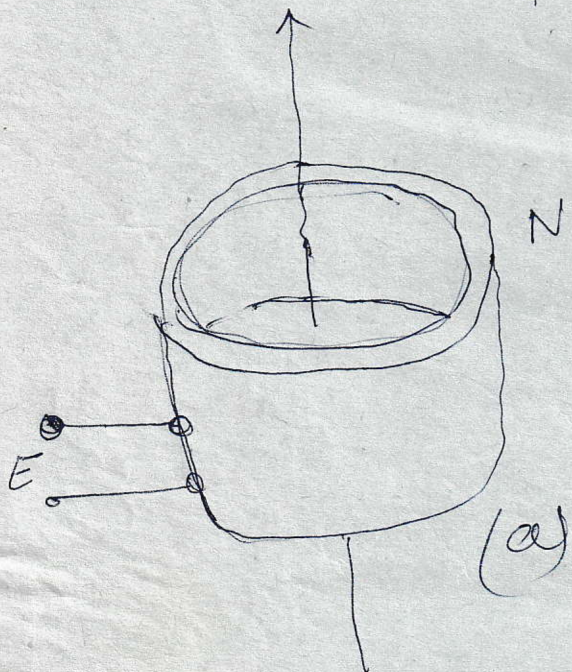
f : fréquence du flux [Hz]

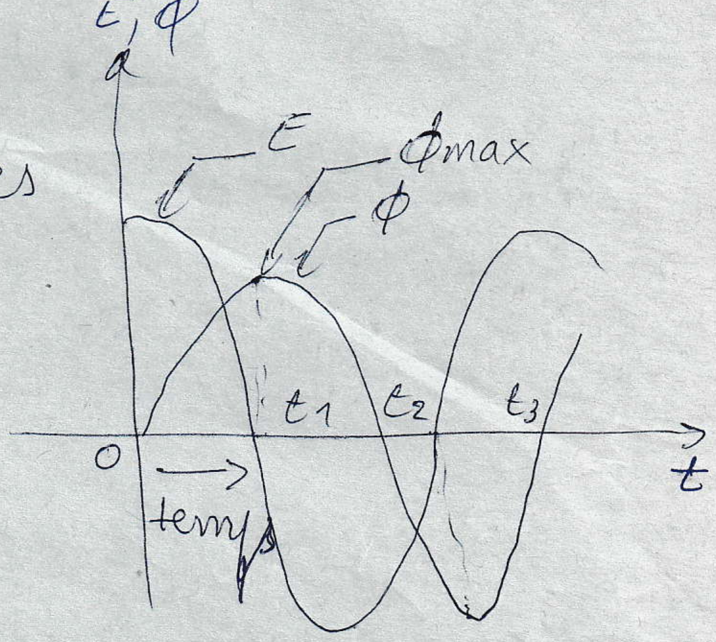
N : nombre de spires de la bobine

Φ_{max} : valeur maximale du flux en webers (Wb)

4,44 : cte (valeur exacte : $\pi\sqrt{2}$)

Φ : fréquence f





(b)

a) Une tension alternatif est induite au borne d'une bobine qui entoure un flux alternatif.

b) Le flux sinusoïdal induit une tension sinusoïdale.

Le flux peut-être crée par un enroulement extérieur, par un aimant en mouvement.

L'équation ① découle de la loi Faraday

$$E = N \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

ou $\frac{\Delta \phi}{\Delta t}$: st le taux de changement du flux (تغيّر تدفّق)

D'après la figure (b) durant l'intervalle de 0 à t_1 : $\frac{\Delta \phi}{\Delta t}$ ~~st~~ et positif donc la tension st positif. De ~~la~~ même ~~la tension~~ durant l'intervalle t_2 à t_3 : $\frac{\Delta \phi}{\Delta t}$ st négatif donc la tension induite st négatif. Enfin aux instants t_1 et t_3, $\frac{\Delta \phi}{\Delta t}$ ~~st~~ et nul donc la tension ~~nul~~ st nulle.

~~et~~ Et que : ~~$\frac{\Delta \phi}{\Delta t}$ st maximal E st maximal~~

ϕmax correspond au $E = 0$

au $\phi = 0$.

$E max$ //

non

• Une bobine possédant 400 spires entoure un flux sinusoïdal dont la valeur crête est 2 milliwebers et la fréquence est 60 HZ.

Calculer la valeur de la tension induite

on a : $E = 4{,}44 f . N . \Phi_{max}$

$= 4{,}44 . 60 . 400 . 0{,}002 = 213{,}2\ V$

~~et~~ la tension efficace induite est 213,2 V

et sa valeur crête est : $E_{crête} = \sqrt{2}\, E$

$\Rightarrow E_{crête} = 1{,}14 \cdot 2131 = 301{,}4\ V$

Transformateur élémentaire :

Sur la figure suivante, une bobine a noyau d'air est alimentée par une source de tension E_g.

Le courant magnétisant I_m produit un flux total ϕ qui dispersé autour de l'enroulement.

Si l'on approche de ce montage une deuxième bobine, une partie du flux ϕ est captée (ou accrochée) par les spires de cette deuxième bobine et une fois le tension E_2 est induite à ses bor~~nes~~nes

L'ensemble de ces deux bobines constituent un transformateur.

La bobine raccordée à la source est appelée enroulement primaire (ou primaire) et l'autre est appelée enroulement secondaire (ou secondaire).

Il existe une tension seulement entre les bornes 1-2 du primaire et les bornes 3-4 du secondaire.

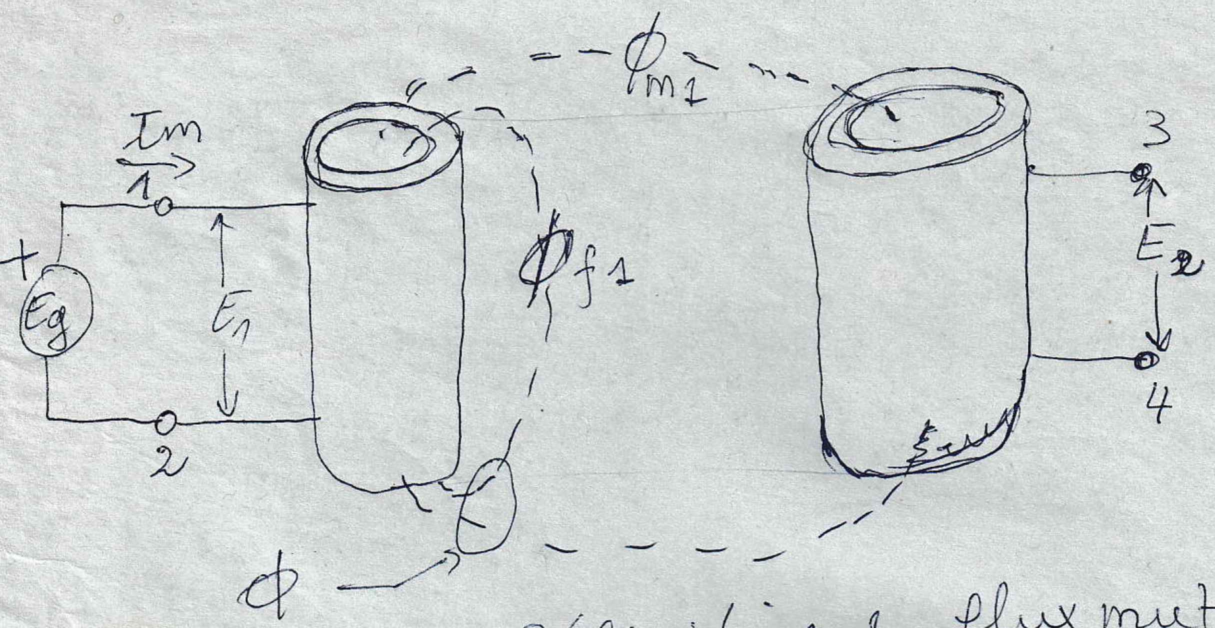
Il n'existe aucune tension entre une des bornes du primaire et une une des bornes du secondaire. non non

Le flux ϕ crée par le primaire peut-être subdivisé en deux partie : ~~le~~ un flux mutuel ϕ_{m_1} qui ~~ne~~ accroche les spires du secondaire, et un flux de fuite ϕ_{f_1} qui ne les accroches pas.

Lorsque les bobines sont éloignées l'une de l'autre, le flux mutuel est faible par rapport au flux total ϕ ; on dit alors que le couplage entre les bobines est faible.

On peut obtenir un meilleur couplage (et une tension E_2 plus grande), en rapprochant les deux enroulements.

Maintenant si l'on colle le secondaire contre le primaire, elle s'écrase dès qu'on non applique une charge entre les bornes du secondaire. [illegible]



Définition du flux mutuel et du flux de fuite

Le transformateur idéal

Par définition un transformateur idéal n'a aucune perte et son noyau est perméable. De plus le couplage entre le primaire et le secondaire est parfait, c'est-à-dire le transformateur idéal n'a aucun flux de fuite.

Les figures (a) et (b) ci-dessous montre un transformateur idéal dont le primaire et le secondaire possèdent respectivement N_1 et N_2 spires.
le primaire est raccordé à une source E_g et le secondaire est ouvert.
Les tensions induites ont respectivement E_1 et E_2 volts.
le flux Φm crée par le primaire et accrochés par le secondaire.

Les équations :

$$E_1 = 4{,}44\, f \cdot N_1 \cdot \Phi max$$

$$E_2 = 4{,}44\, f \cdot N_2 \cdot \Phi max$$

d'où le rapport de transformation d'un transformateur

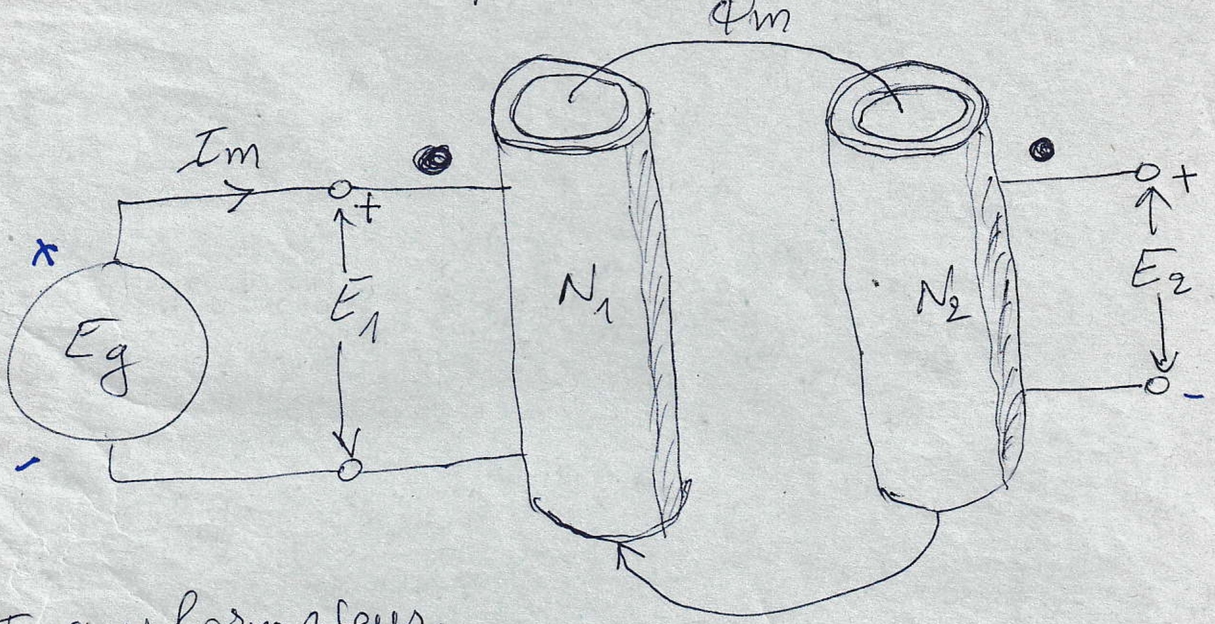
$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

où E_1 : tension induite au primaire (V)

E_2 : tension induite au secondaire (V)

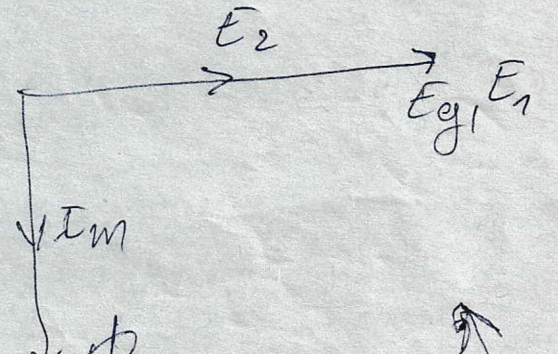
N_1 : nombre de spires du primaire

N_2 : nombre de spires du secondaire



a) Transformateur idéal à vide

b) Diagrammes vectoriel des grandeurs sinusoïdales.



(vu que les polarités (•, points noirs) du transformateur et les polarités des tensions E_1 et E_2 sont de signes positifs donc E_1 et E_2 sont en phase (comme inductance) le courant est déphasé de 90° en arrière de la tension E_1 et enfin ~~le~~ le vecteur flux Φ_m est en phase avec I_m &

Remarque : le flux est créé par le courant magnétisant.

Exemple :

On applique une tension efficace de 2400 V au primaire d'un transformateur abaisseur de tension, dont le primaire comporte 500 spires et le secondaire 25 spires.

a) calculer la tension efficace induite au secondaire

b) Quelle est la valeur de la tension instantanée au secondaire au moment où la tension au primaire est de 37 V la tension induite dans chacune des spires de l'enroulement primaire :

a) $\frac{2400}{500} = 4,8 V/spire$

cette valeur est celle de la tension induite dans chaque spire de l'enroulement secondaire.

la tension total aux bornes du secondaire :

$$E_2 = 4,8 \cdot 25 = 120 V$$

ou calcul directe :

$$E_2 = E_1 \frac{N_2}{N_1} = 2400 \cdot \frac{25}{500} = 120 V$$

b) la tension au secondaire st $\frac{25}{500} = 0,05$ s/V

fois la tension au primaire ;

$$E_2 = 37 \cdot 0,05 = 1,85 V$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} \qquad \frac{E_1}{N_1} = \frac{2400}{500} = \frac{E_2}{N_2}$$

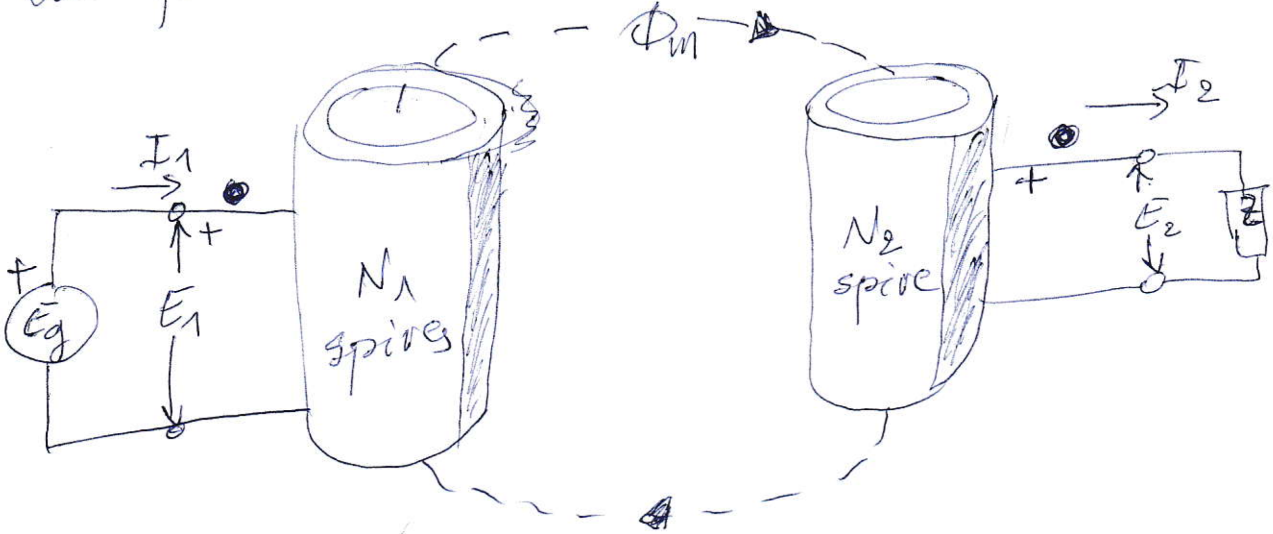
$$E_2 = E_1 \cdot \frac{N_2}{N_1}$$

$$E_2 = E_1 \frac{N_2}{N_1} = 2400 \cdot \frac{25}{500}$$

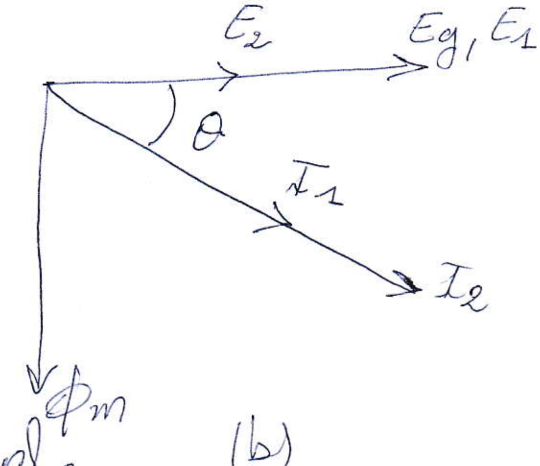
$$E_2 = E_1 \cdot \frac{N_2}{N_1} = 37 \cdot \frac{25}{500} = 1,85 V$$

Transformateur idéal en charge ; rapport des courants.

Raccordons une charge Z au secondaire d'un transformateur idéal (voir figures (a) et (b)).



(a)



(b)

(a) : transformateur idéal en charge : il produit un flux mutuel

(b) Diagramme vectoriel des grandeurs sinusoïdales

Un courant I_2 circulera immédiatement : ce courant est $I_2 = \frac{E_2}{Z}$.

Le courant I_2 circule dans la charge et dans les N_2 spires du secondaire.

A cet effet on a pour :

1- Un transformateur idéal, le primaire et le secondaire sont couplés par le flux mutuel Φ_m seulement dans ce cas :

$$E_1 N_2 = E_2 N_1 \Rightarrow \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} \rightarrow (1)$$

2)- la tension E_g de la source ~~deux~~ demeure constante la tension E_1 (induit par Φ_m) reste constante, il s'ensuit que E_2 ne change pas, lorsque la charge est branchée au secondaire.

D'où 1) et 2) permet d'écrire la relation suivant :

$$N_1 I_1 = N_2 I_2 \rightarrow (2)$$

où I_1 et I_2 sont en phase

dans le secondaire on a une branche charge (résistive et inductive) ; le courant I_2 sera en retard d'un angle θ sur la tension E_2 et le flux Φ_m est toujours 90° en arrière de E_g et d'après les relations précédents on a :

de (1) et (2) $\Rightarrow$ $E_1 I_1 = E_2 I_2$

---

on a : $E_1 \cdot N_2 = E_2 N_1$ et $N_1 I_1 = N_2 I_2$

$$N_2 = \frac{I_1}{I_2} N_1 \ ; \ \cancel{E_1 N_2 = E_2}$$

$$E_1 \frac{I_1}{I_2} \cancel{N_1} = E_2 \cancel{N_1} \Rightarrow E_1 I_1 = E_2 I_2$$

---

transformateur logé dans boîtier

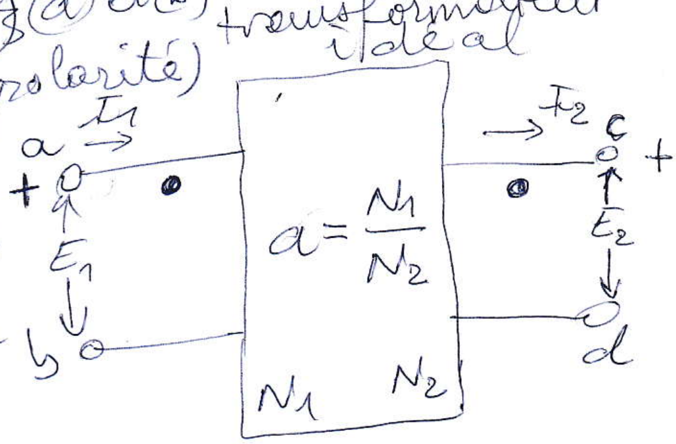
Un courant qui entre par une marque de polarité produit une FMM ds le sens +

• Convention et représentation symbolique d'un transformateur idéal

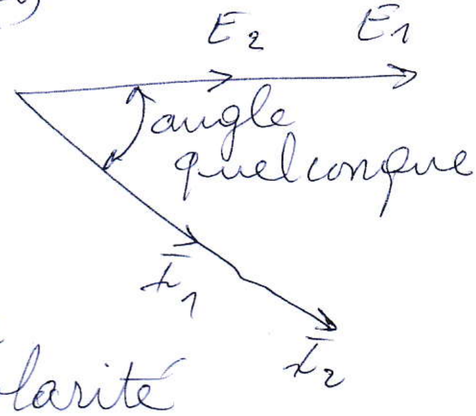
Soit un boitier possédant les bornes primaires et secondaires (voir figures (a) et (b))

1ère méthode (marques de polarité)

Les marques de polarité du transformateur (les deux points noirs) permettent d'indiquer la relation vectorielle entre les courants et les tensions au primaire et au secondaire.



(a)



Pour les courant, nous adoptons les règles suivants :

1. Le courant I_1 au primaire entre par la marque de polarité (تدخل)

2. le courant I_2 au secondaire sort par la marque de polarité

Il s'ensuit que I_1 et I_2 sont en phase

De même pour les tensions E_1 et E_2

c-a-d. :

? a? (voir 15' verso)

1. La tension primaire E_1 et sa polarité (+) est inscrite vis-à-vis de la marque de polarité du primaire

2. la tension secondaire E_2 et sa polarité (+) est inscrite vis-à-vis de la marque de polarité du secondaire.

cette règle assure que E_1 et E_2 sont en phase

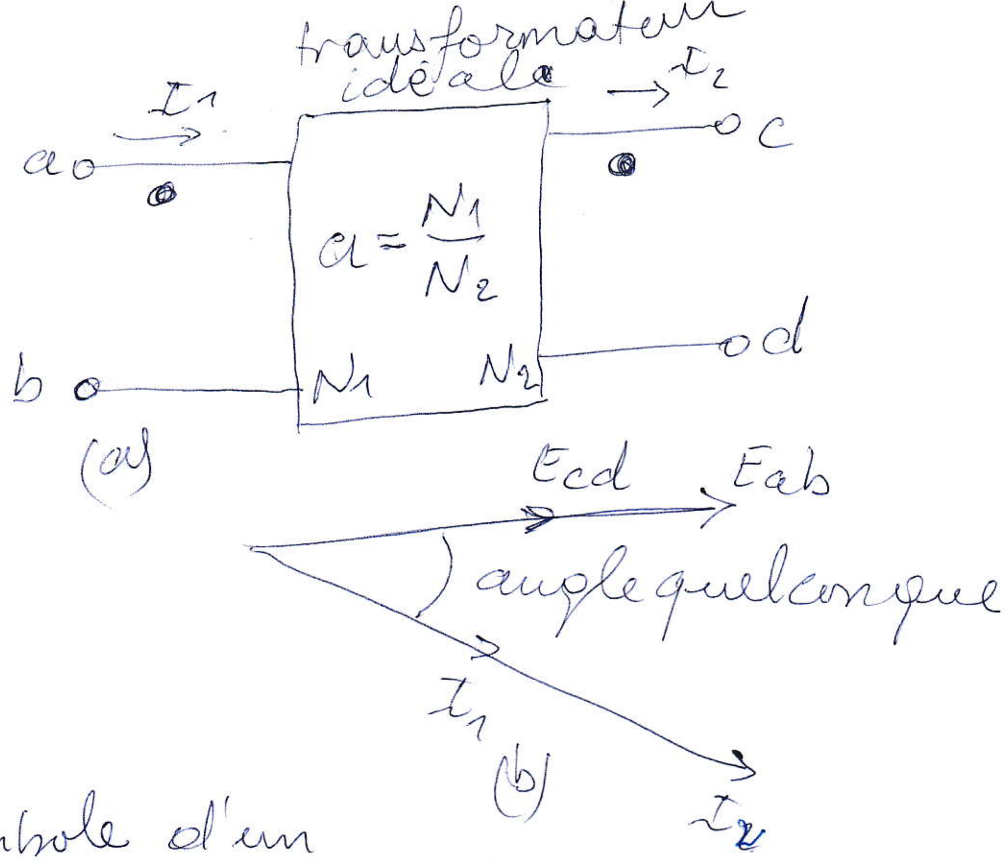
2ème ~~Autre~~ méthode : non

Lorsque les tensions sont indiquées selon la méthode des deux indices : nous adaptons la procédure suivante :

1. les bornes sont identifiées par des symboles tels que les lettres a, b, c, d.

2. En tenant compte des marques de polarité on peut écrire les tensions primaire et secondaire qui sont en phase.

voir figure (a) et (b)



(a) symbole d'un transformateur idéal

(b) Diagramme vectoriel des tensions et des courants. selon la méthode des indices.

Il s'ensuit que :

$E_1 = aE_2$

$E_{ab} = aE_{cd}$ juste $E_{ab} = a \cdot E_{cd}$

$I_2 = aI_1$

I_1 ou I_2 sont respectivement en ratard sur E_1 et E_2 d'angle θ :

$\theta = \arccos FP$

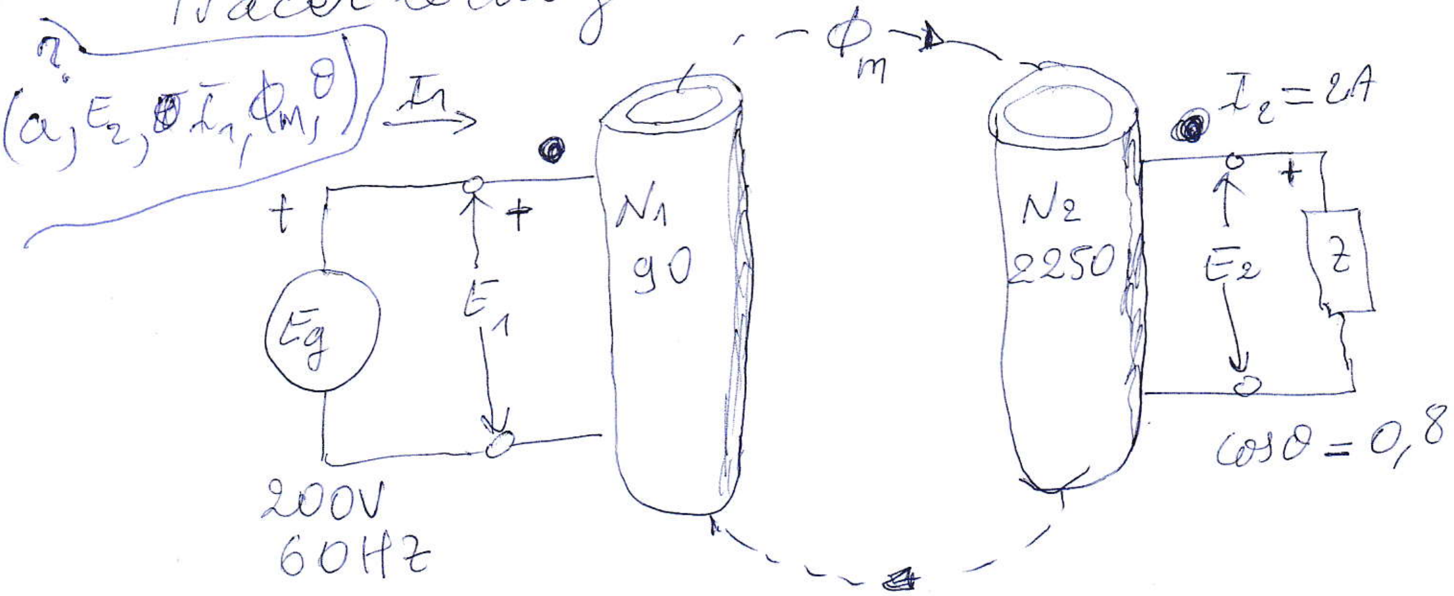
F_p : facteur de puissance en %

Exemple :

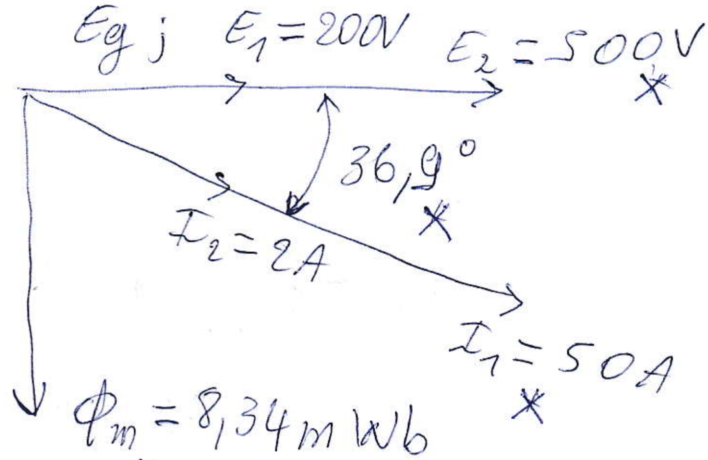
Un transformateur idéal ayant 90 spires au primaire et 2250 spires au secondaire est branché sur une source de 200V 60HZ (voir figure).
La charge tire un courant de 2A et son facteur de puissance ~~de~~ est de 80% en retard. (I_2 en retard sur E_2)

Tracer le diagramme vectoriel

?
(a, E_2, I_1, Φ_m, θ)



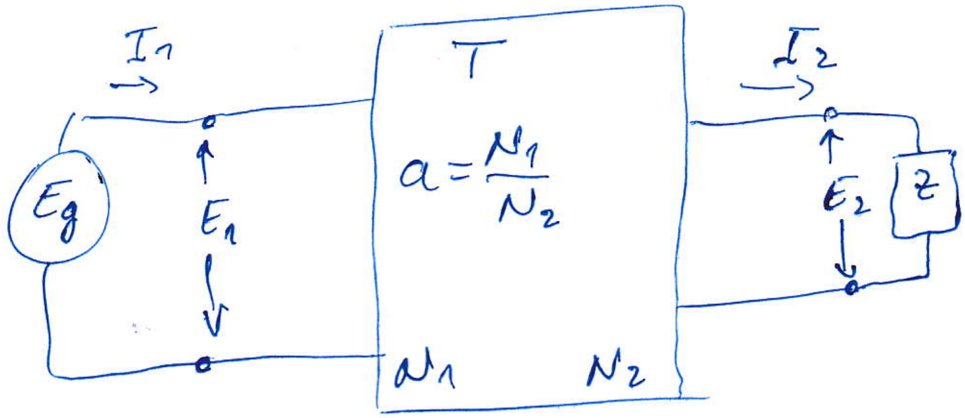
on a :
la polarité des tensions E_1, E_2 et la direction des courants I_1, I_2 sont indiquées aux règles précédentes :



- Rapport de transformation :

$$a = \frac{N_1}{N_2} = \frac{90}{2250} = 0,04$$

; ici $E_g = E_1$ car c'est un transformateur idéal.



on a : $E_1 \cdot N_2 = E_2 \cdot N_1 \longrightarrow ①$

$I_1 \cdot N_1 = I_2 N_2 \longrightarrow ②$

$E_1 \cdot I_1 = E_2 \cdot I_2 \longrightarrow E_1 = \frac{I_2}{I_1} E_2$

$a = \frac{N_1}{N_2}$

$E_1 = a \cdot E_2 \Leftrightarrow \frac{N_1}{N_2} E_2 = E_1$

D'après la figure et les relations

on a : $Z_S = \frac{E_2}{I_2}$ et ① $E_1 \cdot N_2 = E_2 \cdot N_1 \Rightarrow \boxed{E_1 = a \cdot E_2}$

② $\Rightarrow I_1 \cdot N_1 = I_2 \cdot N_2 \Rightarrow I_1 = \frac{N_2}{N_1} I_2 = \frac{1}{a} I_2 \Rightarrow \boxed{I_1 = \frac{I_2}{a}}$

or $Z_S = \frac{E_2}{I_2} = \frac{E_1/a}{a \cdot I_1} = \frac{E_1}{a^2 I_1}$ Z_p

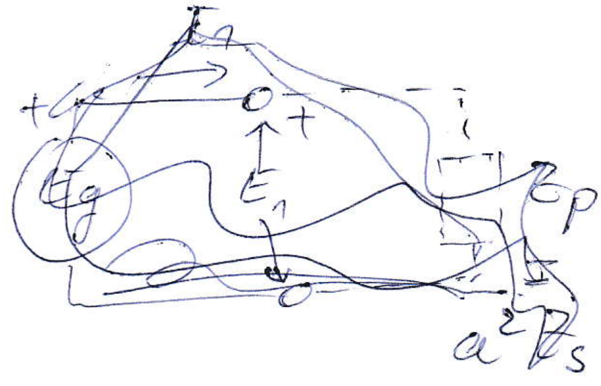
d'où ~~$Z_p = Z_p$~~ $Z_S = \frac{Z_P}{a^2} \Rightarrow \boxed{Z_p = a^2 \cdot Z_S}$

Rapport d'impédance

Le transformateur est utilisé pour modifier une tension ou un courant.

Considérons les figures suivante :

ou un tranformateur idéal est branché entre une source E_g et une charge ayant une impédance Z_s.



Le rapport de transformation a et :

$$E_1 = a E_2 \; ; \; et \; I_1 = \frac{I_2}{a}$$

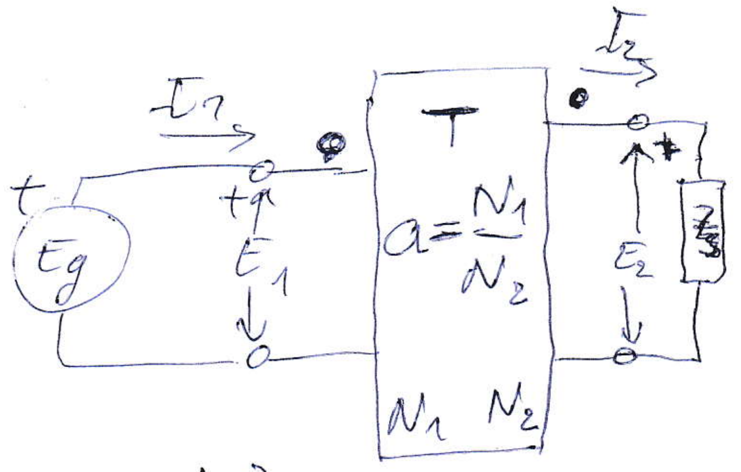
Les bornes secondaires "voient" une impédance Z_s donnée par : $Z_s = \frac{E_2}{I_2}$

D'autre part la source E_g "voit" une impédance Z_p donnée par : $Z_p = \frac{E_1}{I_1}$? (comment) (voir p. 18 verso)

par substitution on obtient :

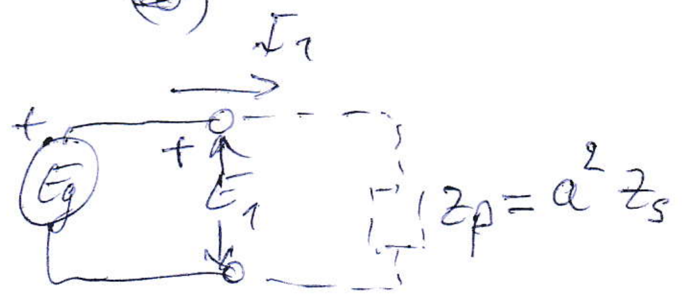
$$Z_p = \frac{E_1}{I_1} = \frac{a E_2}{I_2 / a} = a^2 \frac{E_2}{I_2} = a^2 Z_s$$

(a) transformateur idéal peut transformer la valeur d'une impédance



(a)

(b) L'impédance vue par la source est a^2 fois l'impédance réelle



(b)

on peut ecrire :

Z_p : impédance entre les bornes primaire (Ω)

Z_s : impédance réelle entre les bornes du secondaire (Ω)

a : rapport de transformation

en conclusion : Un transformateur permet de changer la valeur de n'importe quelle composante que ce soit une R, un C ou une inductance.

par exemple :
si on branche une résistance de 100 Ω
au secondaire d'un transformateur ayant
un rapport de transformation $a = 0{,}2$
d'où la résistance au primaire est :

$$R_p = 100 \cdot (0{,}2)^2 = 4\,\Omega$$

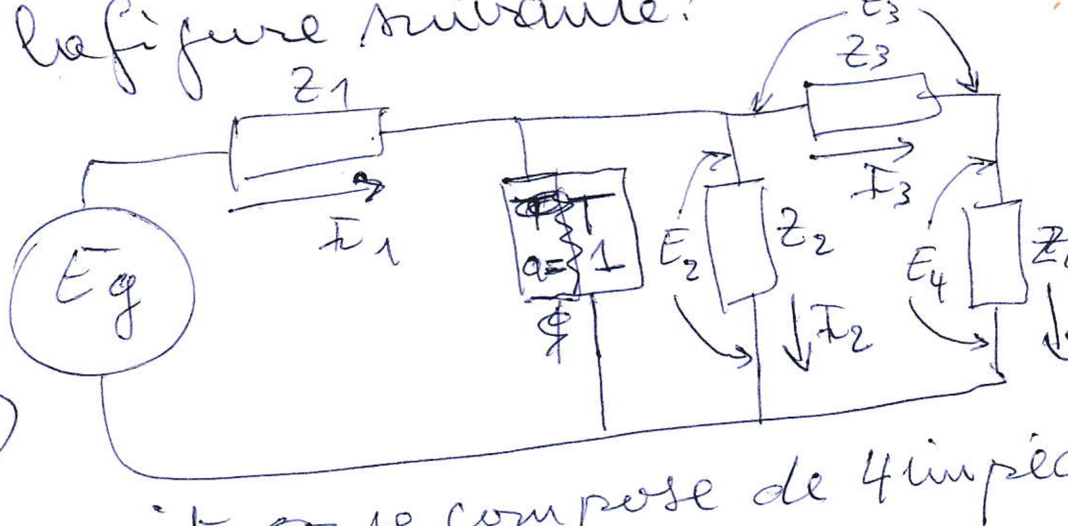
$$R_p = R_s \cdot a^2$$

R_p : résistance au primaire
R_s : // au secondaire
a : rapport de transformation.

Déplacement des impédances
du secondaires au primaire
et vice versa.

Pour résoudre un circuit comprenant un transformateur, il est parfois utile (s,g,p) de l'éliminer afin de simplifier le circuit. Cela peut se réaliser en transférant les impédances du coté secondaires au côté primaire.

soit la figure suivante:



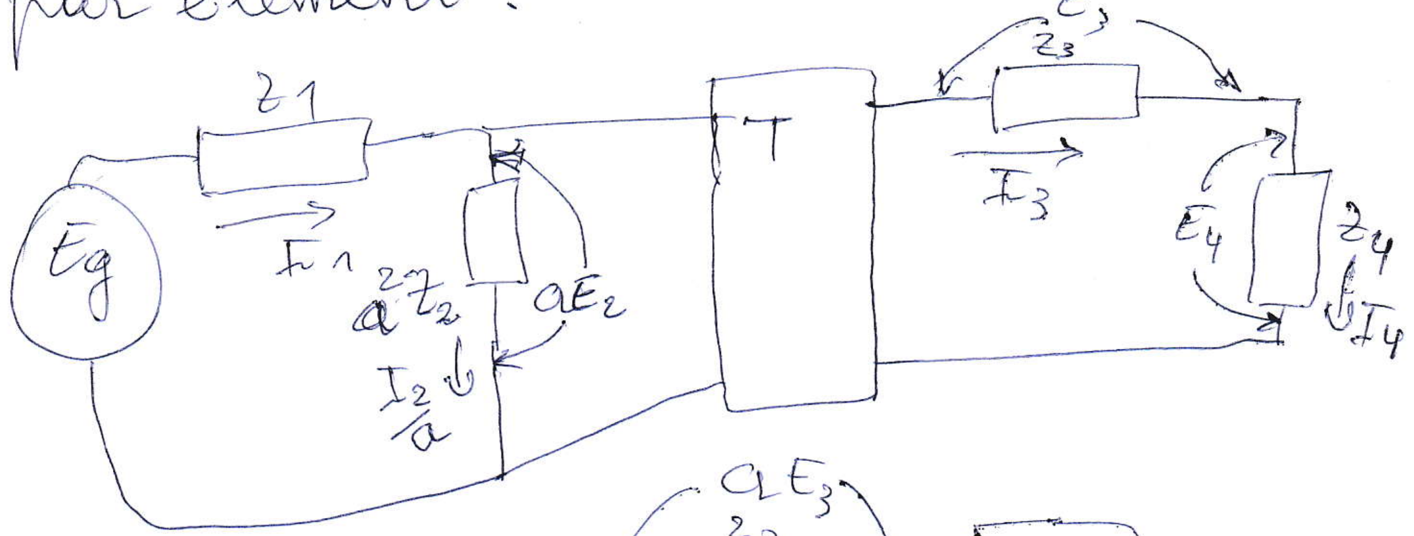
(a)

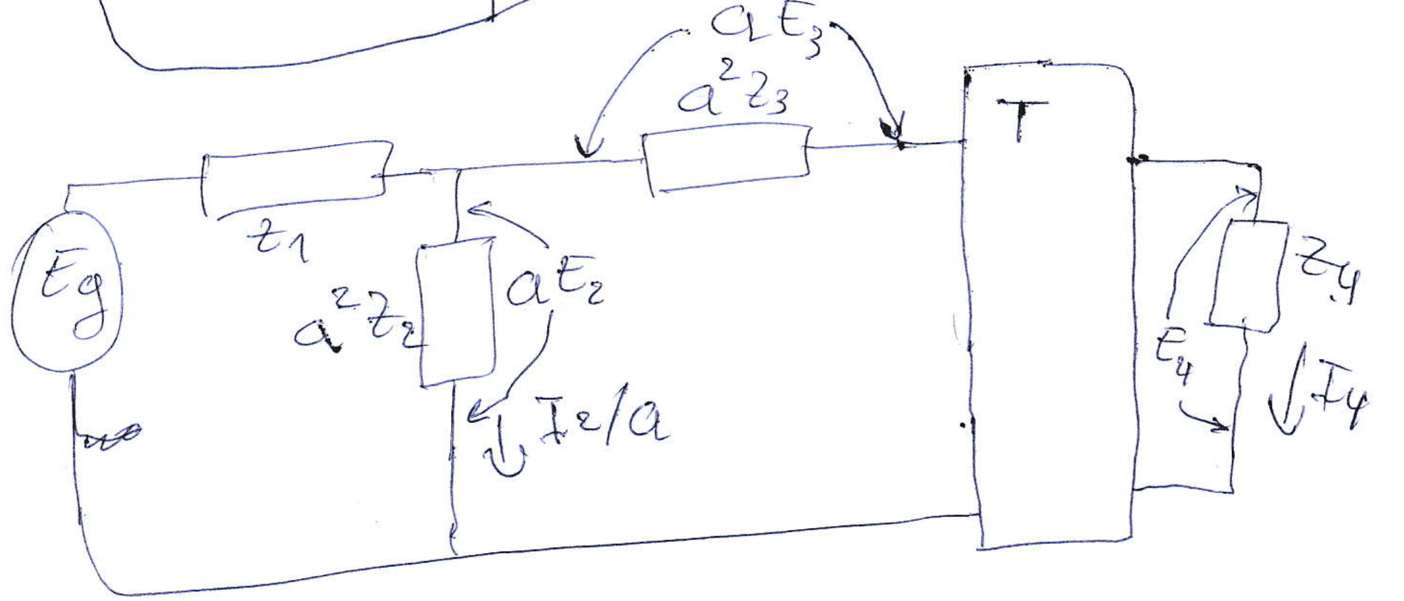
le circuit ~~a~~ se compose de 4 impédances et d'~~un~~ 1 transformateur alimenter par une source Eg. (~~a~~ le transformateur à un rapport de transformation a)

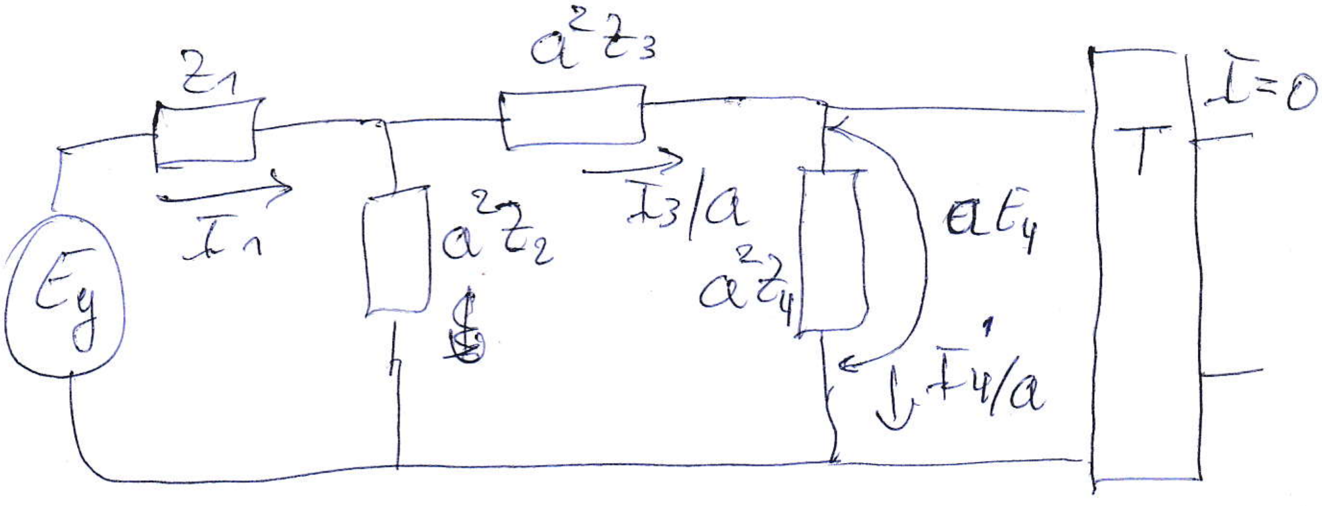
(~~ici~~ transfert touts les impédances à gauches)

I

or le transfert se fait élément (2) par élément :



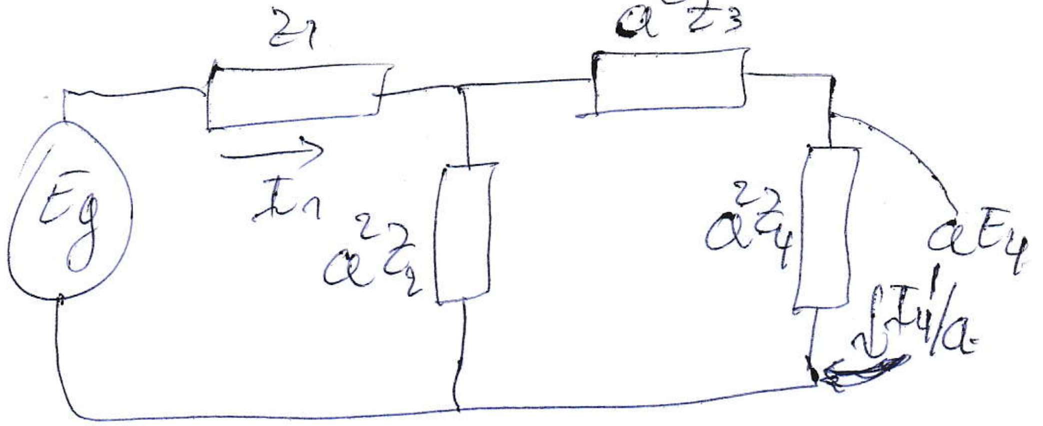




en tenant compte de

- $Z_p = a^2 \cdot Z_s$
- $E_1 = a\, E_2$
- $I_1 = \dfrac{I_2}{a}$

II

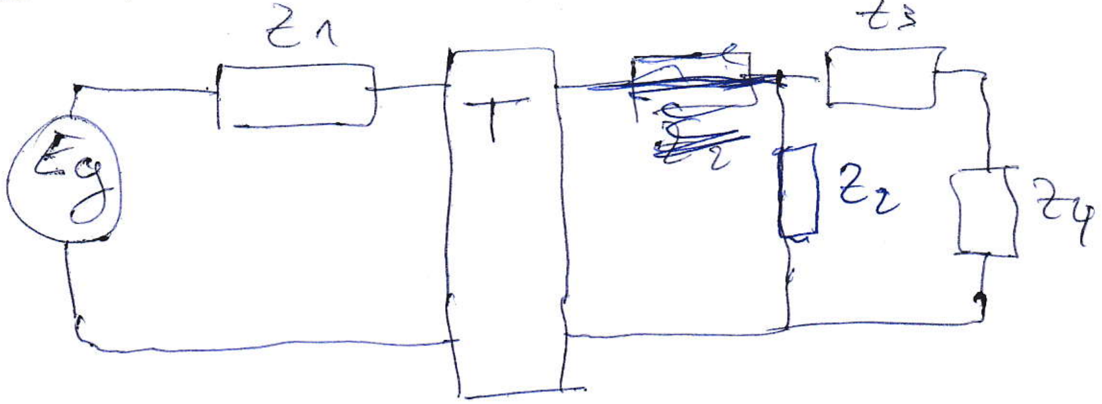


(a) Montage composé de 4 impédances et d'un transformateur idéal.

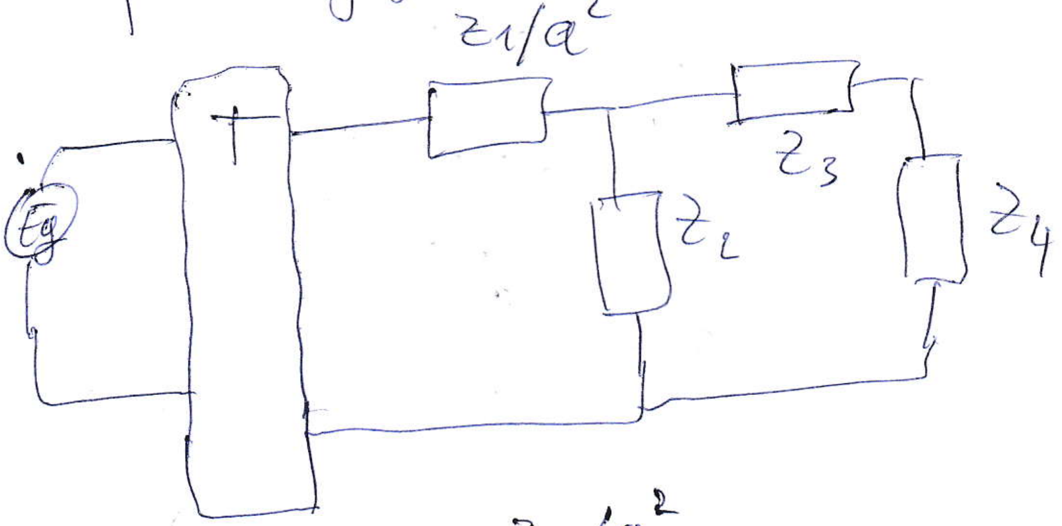
pour les autres montages, toutes les impédances sont rapportées au côté primaire (le transformateur ne porte plus aucune charge.)

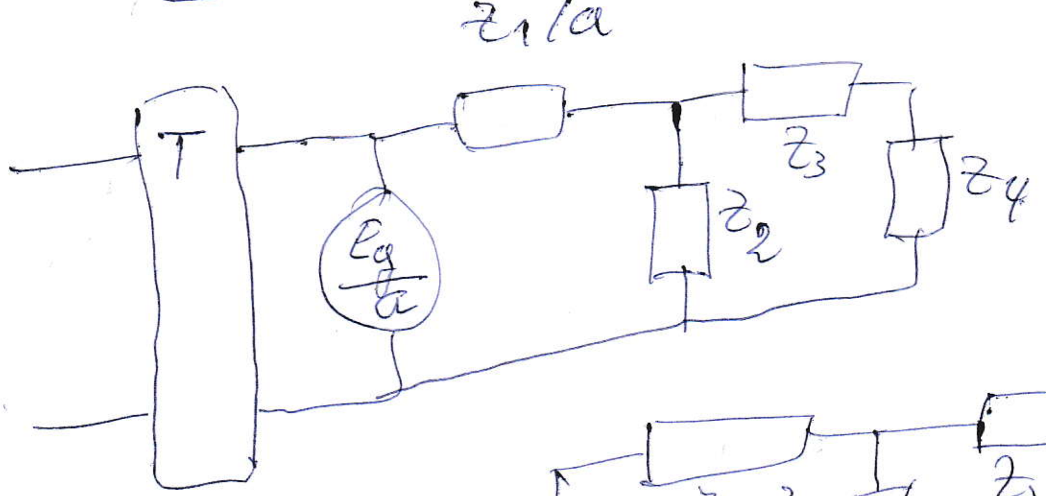
Dernier montage équivalent après élimination du transformateur.

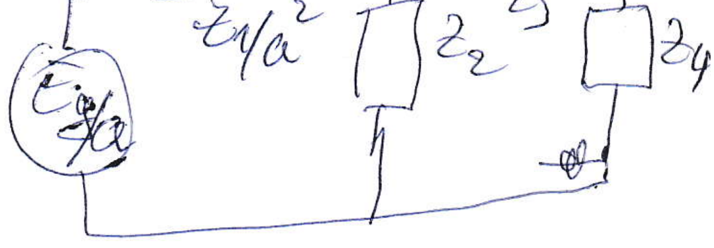
Remarque : Il est parfois utile de transférer les éléments du primaire au côté secondaire. On procède de la même manière mais la valeur des impédance transférées divisée par a^2 et on peut même transférer la source au côté secondaire et sa tension devient Eg/a.



(transfert Eg, Z1 à droite)







Exemple :

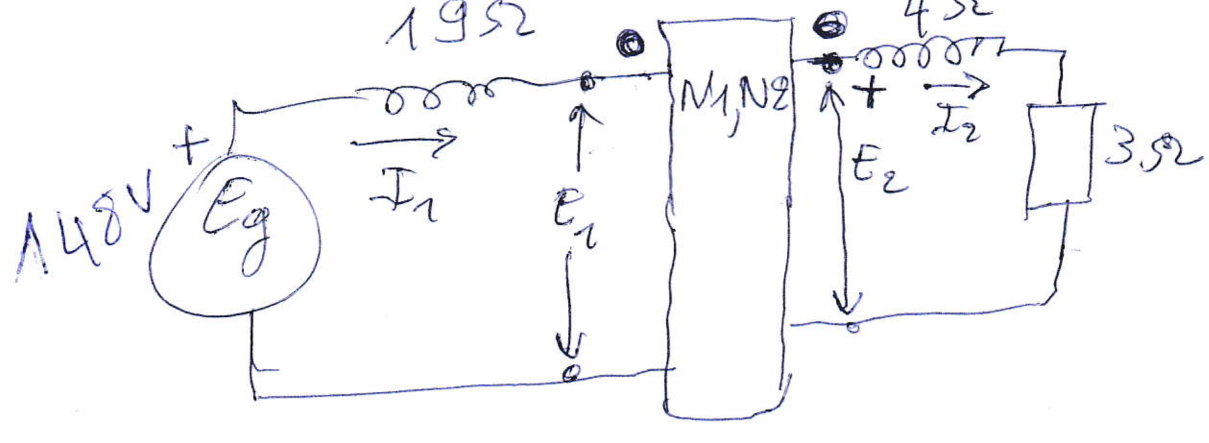
Soit le montage de la figure suivante dans lequel le transformateur idéal à un rapport de transformation

$$a = \frac{N_1}{N_2} = 2$$

a) Tracer le circuit équivalent en rapportant toutes les impédances au côté primaire. calculer la valeur de I_1 et I_2

b) Tracer le circuit équivalent en rapportant au côté secondaire toutes les impédances

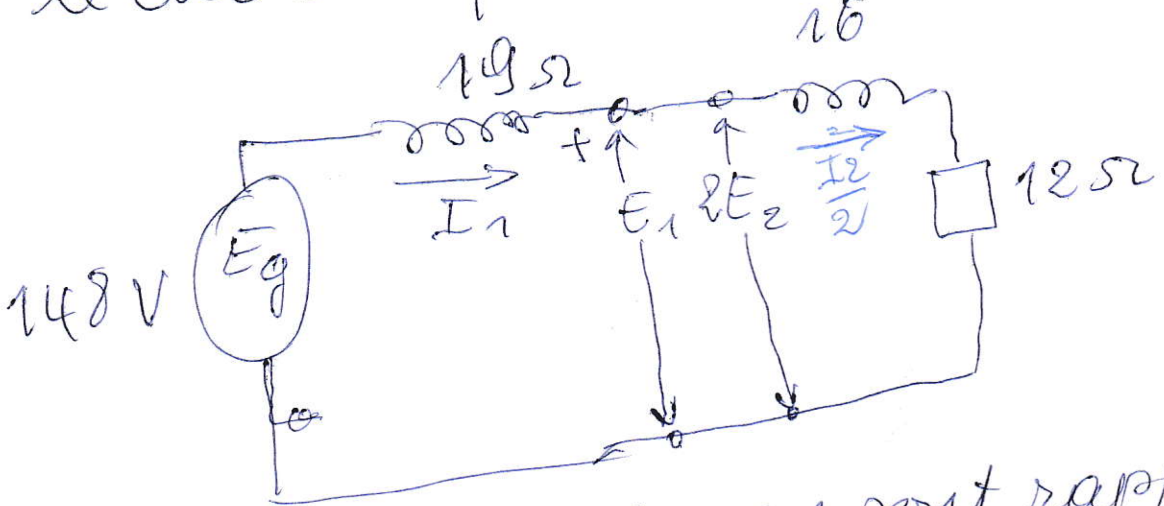
Calculer le courant I_2



a) Le rapport de transformation est :

$a = 2 \Rightarrow a^2 = 4$

les impédances 4 Ω et 3 Ω sont rapportées au primaire (celà donne le circuit équivalent)



les impédances sont rapportés au côté primaire.

L'impédance de ce circuit est :

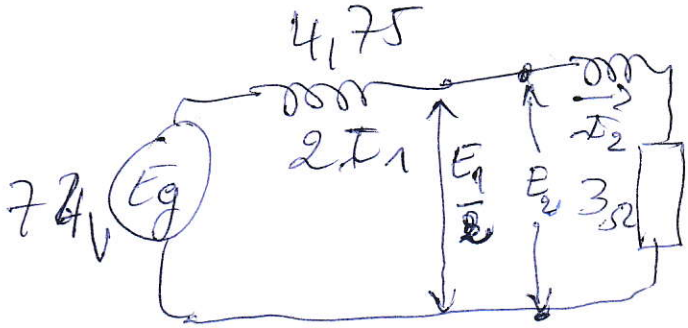
$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{12^2 + (19+16)^2} = 37\,\Omega$$

d'où : $I_1 = \frac{E_g}{Z} = \frac{148}{37} = 4\,A$

puisque : $I_1 = \frac{I_2}{a} \Rightarrow I_2 = a I_1 = 2 \cdot 4 = 8\,A$

b) Lorsque les éléments sont tous rapportés au côté secondaire

$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$; X_L ?



~~X_L~~

l'impédance $X_{L_1} = 19\,\Omega$ devient :

$X_{L_1} = a^2 X_2$

$X_L = \frac{X_{L1}}{a^2} = \frac{19}{4} = 4{,}75\,\Omega$

Les impédances sont rapportées au secondaire côté (circuit équivalent)

La tension de 148 V est :

$E'_g = \frac{148}{a} = \frac{148}{2} = 74\,V$

L'impédance du circuit est :

$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{3^2 + \cancel{4{,}75}^2} = \cancel{5{,}6}$ - -

$(4{,}75+4)$ $\quad 9{,}25\,\Omega$

d'où I_2 est :

$I_2 = \frac{E'_g}{Z} = \frac{74}{\cancel{5{,}6}\ 9{,}25} = \cancel{14{,}A}$ $8\,A$

Diagramme vect ?

suité de la solution :

b) Lorsque les éléments sont tous rapportés au coté secondaire, l'impédance de 19Ω est :

$$X_L = \frac{19}{a^2} = \frac{19}{4} = 4,75\,\Omega$$

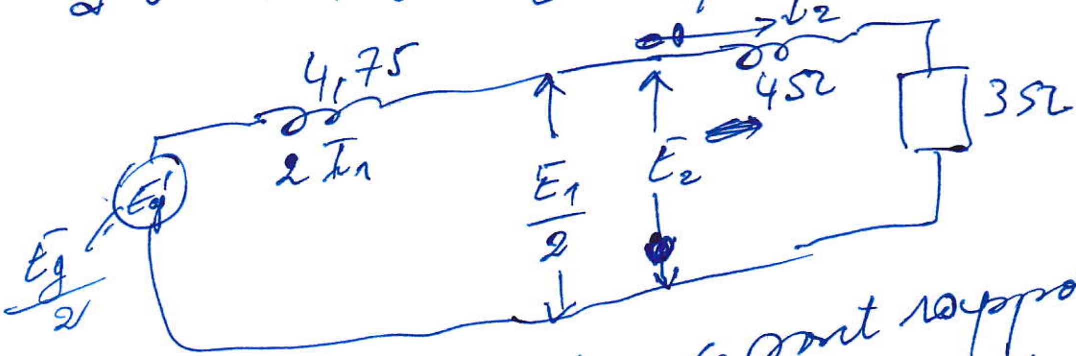
- La tension de 148 V est :

$$E_g' = \frac{E_g}{a} = \frac{148}{2} = 74\,V$$

donc l'impédance :

$$Z = \sqrt{R^2 + (4 + 4,75)^2} = 9,25\,\Omega$$

d'où : $$I_2 = \frac{E_g'}{Z} = \frac{74}{9,25} = 8\,A$$



les impédances sont rapportés au coté secondaire

$$\frac{E_1}{2} = \frac{E_g}{2} = E_g'$$

Une fois les puissances sont définies on a : par definition

Puissance active : $P = V.I \cos\varphi$ (W)

" réactive : $Q = V.I \cdot \sin\varphi$ (var)

" apparente : $S = V.I$ (V.A)

$V = V_{eff} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}}$; $I = I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$ $V = E$

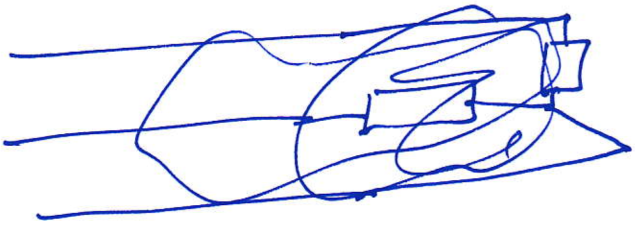
Relation : $S^2 = P^2 + Q^2$

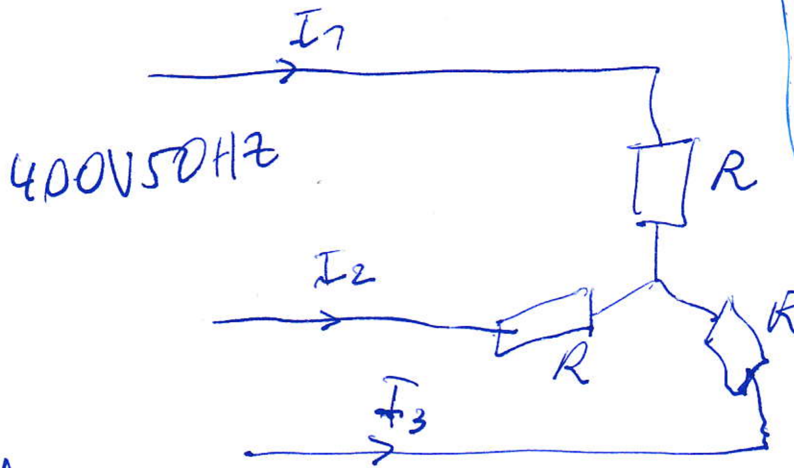
Facteur de puissance : $K = \frac{P}{S} = \cos\varphi$

$tg\varphi = \frac{Q}{P}$

court-circuit : إنقطاع

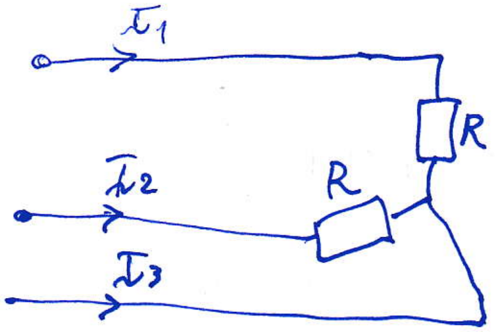
- Un réseau triphasé ($E = 400V$ entre phases, 50HZ) alimente un recepteur résistif (couplage étoile sans neutre) ; $R = 50$





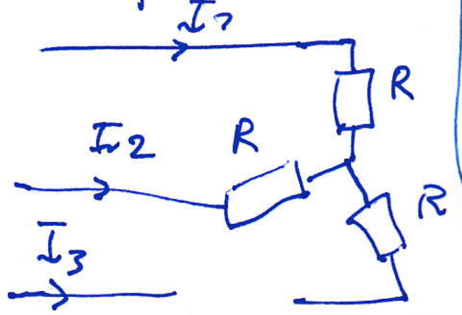
- calculer les valeurs efficace de ligne I_1, I_2, I_3
calculer la puissance active P consommée par les trois résistances
Un court-circuit a lieu sur la phase 3 :

(A)



- calculer les valeurs efficaces des courants de ligne I_1 et I_2

La phase 3 est coupée :



le montage étoile :
$I_1 = I_2 = I_3 = I = I_{LN} = I_L$
et $E_{LN} = \frac{E_L}{\sqrt{3}}$

calculer les valeurs efficaces des courants de ligne I_1, I_2, I_3.

solution.

- courants efficaces de ligne I_1, I_2, I_3

$$I_1 = \frac{E_L}{R} = \frac{E_{LN}/\sqrt{3}}{50} = 4{,}62\,A$$

$I_2 = 4{,}62\,A$ et $I_3 = 4{,}62\,A$

- puissance active consommée par 3 résistances

$$P = \sqrt{3}\,E I = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 4{,}62 = 3200\,W$$

- court-circuit a lieu sur la phase 3

$I_1 = \frac{E}{R} = \frac{400}{50} = 8A$ et $I_2 = 8A$; devient monophasé

- phase 3 coupée :

$I_1 = \frac{E}{2R} = \frac{400}{2 \cdot 50} = 4\,A$; $I_2 = 4A$, $I_3 = 0$

Exercice :

Une ligne triphasée moyenne tension alimente un recepteur triphasé équilibré qui consomme une puissance active de 4,20 MW et qui impose un facteur de puissance de 0,938.

chaque fil de ligne a pour resistance $R = 2,43\Omega$ et pour inductance $L = 11,2$ mH.

La tension efficace entre phase-ligne st $E = 20$ kV.

La fréquence de la tension est 50 Hz.

$(E = U_A)$

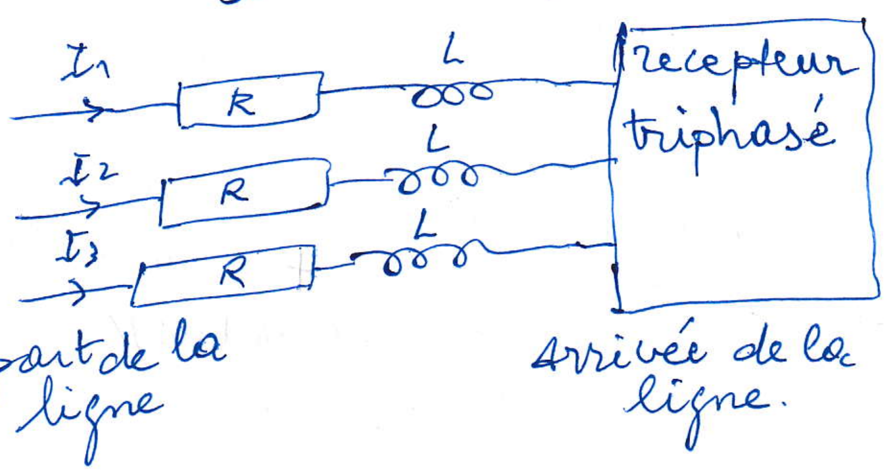
1) calculer l'intensité efficace I du courant dans un fil de ligne

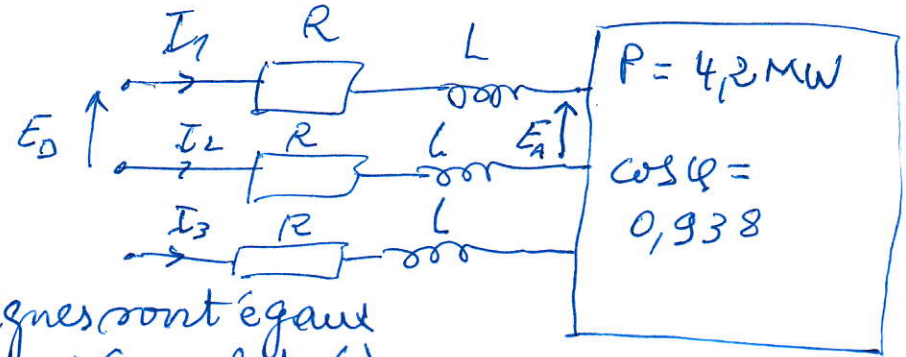
2) Pour la ligne, Calculer
- la puissance active consommée
- la puissance réactive consommée (rappel : la puissance réactive consommée par une bobine d'inductance L parcourue par un courant I et de pulsation w est $Q = L w I^2$)

3) Pour l'ensemble (ligne + recepteur) Calculer
- puissance active consommée
- puissance réactive consommée
- puissance apparente ~~conson~~ consommée

$(E' = U_D)$

4) En deduire la tension éfficace entre phases E' au départ de la ligne.





1) les courants en lignes sont égaux (recepteur triphasé équilibré)

$I_1 = I_2 = I_3 = I$: puissance active

$$P = \sqrt{3}\, E_A I \cos\varphi \Rightarrow I = \frac{P}{\sqrt{3}\, E_A \cos\varphi} = 129\,A$$

2) puissance active dans la ligne

$P = EI$ et $E = RI \rightarrow P = RI^2$ dans chaque ligne

pour 3 fils de ligne d'où $P' = 3RI^2$

$$\Rightarrow P' = 3 \cdot 2{,}43 \cdot 129^2 \Rightarrow P' = 121\,kw$$

de même pour puissance réactive dans la ligne

$$Q' = 3\,L\omega I^2 = 176\,kvar$$

3) Ensemble (on utilise Boucherot)

$$P_t = P' + P = 4200 + 121 = 4321\,kw$$

$$Q_t = Q' + Q = P\,tg\varphi + Q' = 1552 + 176 = 1728\,kvar$$

$$S = \sqrt{P_t^2 + Q_t^2} = 4655\,kVA$$

4) $S = \sqrt{3}\, E_D \cdot I \Rightarrow E_D = \dfrac{S}{\sqrt{3} \cdot I} = \dfrac{4655000}{\sqrt{3} \cdot 129} = 20830\,V$

Université Med KHIDER Biskra

Faculté des sciences et de la technologie
Institut de génie mécanique.
option energitique.
1ème année master 1.

EXAMEN de Rattrapage

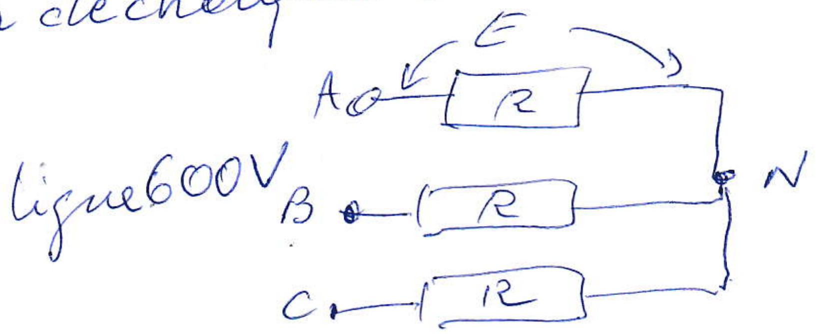
Exercice 1.

Trois résistances égales montées en étoiles sur une ligne triphasée à 600 V dissipent une puissance totale de 3000 W.

calculer

a) le courant dissipé dans chaque résistance

b) la valeur de chaque résistance



voir verso →

solution : I

- $S = E_2 \cdot I_2 \Rightarrow I_2 = \frac{S}{E_1} = \frac{2000}{380} = 5{,}26\,A$
- $S = E_1 \cdot I_1 \Rightarrow I_1 = \frac{S}{E_1} = \frac{2000}{220} = 9{,}09\,A$
- $a = \frac{E_1}{E_2} = \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow a = \frac{220}{380} = 0{,}57$

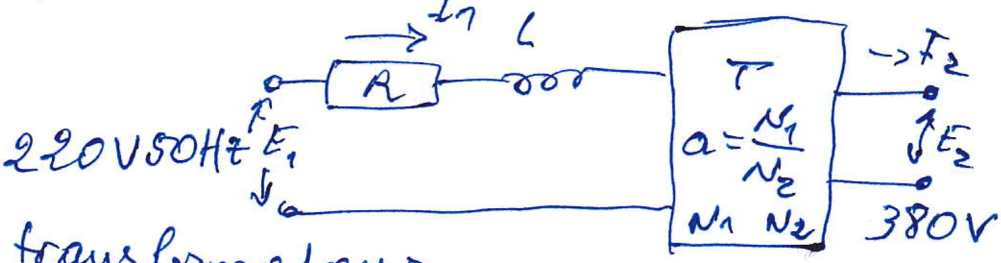
. L'impédance Z - - - -

$Z = [R^2 + (L\omega)^2]^{1/2} \Rightarrow Z = 25{,}43\,\Omega$

facteur de puissance :

$tg\varphi = \frac{L\omega}{R} = 0{,}785 \rightarrow \varphi = \arctg 0{,}785 = 38{,}14°$

$F_p = \cos\varphi = 0{,}786 = 78{,}6\,\%$



- Les courants du transformateur et puissance active :

$I_1 = \frac{E_1}{Z} = \frac{220}{25{,}43} = 8{,}65\,A$; $I_1 = \frac{I_2}{a} \Rightarrow I_2 = a \cdot I_1$

$I_2 = 5{,}26\,A$.

. $\cos\varphi = F_p = \frac{P}{S} \Rightarrow P = S \cdot F_p = 2000 \cdot 0{,}786 = 1572\,W$.

(II)

$a = \frac{N_1}{N_2}$; $Z_p = a^2 Z_s$; $E_1 = a E_2$; $I_1 = \frac{I_2}{a}$

$m = a = \frac{E_1}{E_2} = \frac{I_2}{I_1}$

Exemple : I

soit un transformateur $\underbrace{380V}_{E_2}$ / $\underbrace{220V\,50Hz}_{E_1}$ de puissance apparente $S = 2kVA$. E_2 source.

Determiner

- les courants I_1, I_2 et le rapport de tranformation a
- La charge inductive est constituée d'une charge (résistance) $R = 20\Omega$ avec inductance $L = 50mH$ (serie).

determiner

- l'impédance de la charge et son facteur de puissance. En deduire les courants du transformateur et la puissance active fournie. (du transformateur)

Exemple : II

un transformateur à les caracteristiques suivants :

- tension primaire : $E_1 = 5375V\,50HZ$
- rapport du nombres de spires $\frac{N_2}{N_1} = 0{,}044$
- resistance de l'enroulement primaire $R_1 = \cancel{15\Omega}\ 12\Omega$ (15Ω)
- résistance de l'enroulement secondaire $R_2 = 25m\Omega$ (20 mΩ)
- inductance de fuite du primaire $L_1 = 50mH$
- inductance de fuite du secondaire $L_2 = 100\mu H$

charge
charge

1 - calculer la tension à vide au secondaire
2 - calculer la résistance des enroulements ramenée au secondaire R_s
3 - calculer l'inductance de fuite ramenée au secondaire L_s. En déduire la réactance de fuite X_s ($X_s = 2\pi\nu L_s$)

Le transformateur débite dans une charge $R = 1\Omega$

4 - Calculer la tension aux ~~bornes~~ (2) du secondaire E_2 et le courant dans la charge I_2. et (1) qui circule

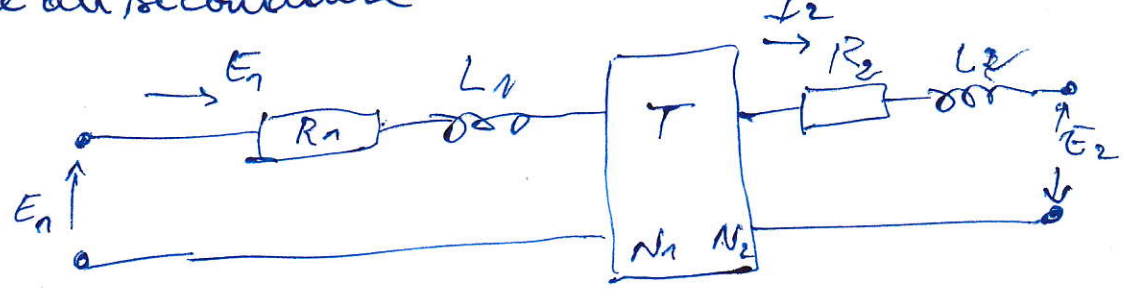
(I)

$\cancel{1{,}000085}$ $1{,}0201$

$I_1 = I_{1N}$; $I_2 = I_{2N}$ / $m = a$

solution (II)

- tension à vide au secondaire



1 tension à vide au secondaire E_2.

$$E_2 = \frac{E_1}{a} = \frac{E_1}{\frac{N_1}{N_2}} = \frac{N_2}{N_1} E_1 \Rightarrow E_2 = 0{,}044 \cdot 5375 = 236{,}5\,V$$

2 - résistance de l'enroulement secondaire :

$$R_s = R_2 + \frac{R_1}{a^2} = R_2 + \frac{R_1}{\left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2} = R_2 + \frac{N_2^2}{N_1^2} R_1$$

$$\Rightarrow \cancel{R_s = R_2 +} \; R_s = 25 \cdot 10^{-3} + (0{,}044)^2 \cdot 12 = 48{,}2\,m\Omega$$

3 - ~~l~~ inductance de fuite ramenée au secondaire :

$$L_s = L_2 + \frac{L_1}{a^2} = L_2 + \frac{N_2^2}{N_1^2} L_1 = 100 \cdot 10^{-6} + (0{,}044)^2 \cdot 50 \cdot 10^{-3}$$

$$\Rightarrow L_s = 61{,}3\,mH.$$

réactance X_s ← voir verso

4 - Transf. débite une charge de $1\Omega = R$

tension au borne du secondaire E_2 et I_2

$$Z = \left[(R_s + R)^2 + X_s^2\right]^{1/2} \quad \text{et} \quad I_2 = \frac{E_2}{Z}$$

$$I_2 = \frac{E_2}{\sqrt{(R_s + R)^2 + X_s^2}} = 225{,}2\,A$$

Fin

Loi d'hom : $E_2 = R \cdot I_2 = 1 \cdot 225{,}2 = 225{,}2\,V$

car $R = 1\Omega$

$X_s = 2\pi \nu_0 L_s$

$\sqrt{\cancel{1{,}0054}}$ 2 16,42