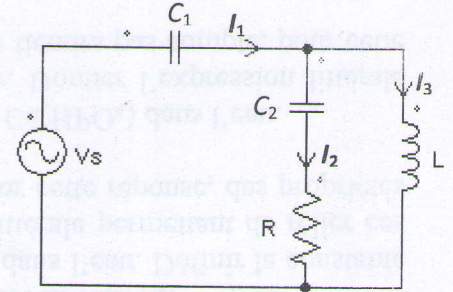


Examen de Rattrapage d'Electrotechnique

(02 heures)

Exercice 01: (08 points)

Soit le récepteur présenté ci-contre. Il est alimenté sous la tension alternative sinusoïdale V_s , de fréquence 50 Hz et de valeur efficace 220 V (prise comme référence des phases).



- 1- Calculer l'impédance complexe équivalente \underline{Z} de ce récepteur.
- 2- Déterminer les 3 courants I_1 , I_2 et I_3 (modules et arguments).
- 3- Calculer les puissances active et réactive du récepteur.
- 4- Déterminer le facteur de puissance et la nature du circuit.
- 5- Quelle est la valeur de la capacité C_1 qui permettrait d'avoir un facteur de puissance unitaire.
- 6- Calculer alors la nouvelle valeur du courant I_1 (module et argument).

AN: $R=20\ \Omega$, $C_1=76\ \mu\text{F}$, $C_2=342\ \mu\text{F}$, $L=49\ \text{mH}$.

Exercice 02: (07 points)

Une installation triphasée 220/380 V, 50Hz comprend :

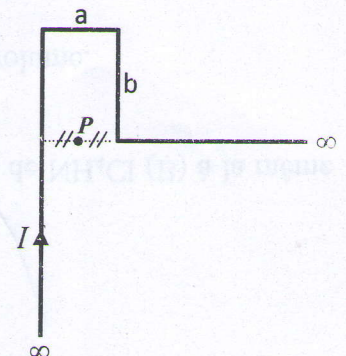
- Un moteur triphasé dont les caractéristiques nominales sont :
Puissance utile $P_u = 4\ \text{kW}$, rendement $\eta = 0,8$ et $\cos \varphi = 0,75$;
- 24 lampes de 75 W chacune montées entre phases et neutre de façon équilibrée.
- Une charge triphasée équilibrée d'impédance $\underline{z} = 30 + 25j$ montée en triangle.

1. Calculer les puissances active, réactive et apparente de l'installation complète.
2. Calculer l'intensité du courant de ligne et le facteur de puissance de l'installation.
3. Pour améliorer le facteur de puissance on monte entre les fils de phase trois condensateurs identiques de capacité C .
 - 3.1. Calculer la valeur de C pour que le facteur de puissance de l'installation soit égal à 0.95 AR.
 - 3.2. Quelle est alors la nouvelle intensité du courant de ligne ? Conclure.

Exercice 03: (05 points)

Un fil de longueur infinie, parcouru par un courant I , est coudé en trois endroits à 90 degrés comme le montre la figure ci-contre.

Déterminer le champ magnétique total \underline{B} (module et sens) au point P , en précisant, avec schéma, pour chaque segment les bornes (angles) d'intégration et les distances utilisées.



AN : $I = 250\ \text{A}$, $a=2\text{cm}$, $b=3\text{cm}$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\ \text{H/m}$

Solution Exo1 (8 pts)

1) $Z_{eq} = z_1 + (z_2 // z_3)$

$$z_1 = 1/(jC_1\omega) = 41.9 \angle -90^\circ \Omega$$

Avec : $z_2 = R + 1/(jC_2\omega) = 22 \angle -25^\circ \Omega$ (0,5)

$$z_3 = jL\omega = 15.4 \angle 90^\circ \Omega$$

$$z_2 // z_3 = 10.84 + 12.1j = 16.24 \angle 48.1^\circ \Omega$$
 (0,5)

$$\Rightarrow Z_{eq} = 10.84 - 29.8j = 31.7 \angle -70^\circ \Omega$$
 (01)

2) $I_1?$, $I_2?$ et $I_3?$

$$I_1 = \frac{V}{Z_{eq}} = \frac{220 \angle 0^\circ}{31.7 \angle -70^\circ} \Rightarrow I_1 = 6.94 \angle 70^\circ A$$
 (0,5)

$$I_2 = \frac{z_3}{z_2 + z_3} I_1 = 5.11 \angle 143^\circ A$$
 (01)

$$I_3 = \frac{z_2}{z_2 + z_3} I_1 = 7.32 \angle 28.1^\circ A$$
 (01)

3) La puissance apparente complexe :

$$S = V \times I^* = 220 \angle 0^\circ \times 6.94 \angle -70^\circ = 1526.7 \angle -70^\circ VA$$

$$S = 522.25 - 1434.6j$$

$$\Rightarrow P = 522.25 W$$
 (0,5)

$$\Rightarrow Q = -1434.6 \text{ var}$$
 (0,5)

$$P = R(z_2) \cdot I_2^2 = 522,1 W$$

$$Q = j(z_3) I_3^2 = -1435,3 \text{ var}$$

4) Le facteur de puissance : $FP = \cos(\varphi_{z_{eq}}) = \cos(-70^\circ) = 0,34 AV$ (0,5)

Le circuit est **capacitif**, car $(\varphi_{z_{eq}} < 0 \text{ ou } Q < 0)$, le courant est en avance par rapport à la tension.

(0,5)

5) $Z_{eq} = z_1 + (z_2 // z_3) = 10.84 - 29.8j$

Pour avoir $\cos(\varphi_{z_{eq}}) = 1 \Rightarrow \text{Im}(Z_{eq}) = 0 \Rightarrow Z'_{eq} = 10.84 \Omega$

Sachant que: $(z_2 // z_3) = 10.84 + 12.1j \Rightarrow z'_1 = -12.1j$

$$z'_1 = 1/(jC'_1\omega) \Rightarrow C'_1 = 1/(z'_1\omega) = 263.2 \mu F$$
 (01)

6) $I'_1 = \frac{V}{Z'_{eq}} = 20,3 \angle 0^\circ A$ (0,5)

1. $P_T = P_m + P_{LT} + P_z$

$$P_T = \frac{4000}{0,8} + 24 \times 75 + 3 \times R \times J^2 = 5000 + 1800 + 8522 = 15,32 \text{ kW} \quad (01)$$

$$Q_T = Q_m + Q_{LT} + Q_z$$

$$Q_T = P_m \operatorname{tg}(\varphi_m) + 0 + P_z \operatorname{tg}(\varphi_z) = 4409.6 + 0 + 7101.6 = 11.5 \text{ kvar} \quad (01)$$

$$S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2} = 19,16 \text{ kVA} \quad (01)$$

2. $I_T = \frac{S_T}{(\sqrt{3}U)} = 29,11 \text{ A} \quad (01)$

$$\cos \varphi = \frac{P_T}{S_T} = 0,8 \text{ AR} \quad (0,5)$$

3.1 Si $\cos \varphi' = 0,95 \text{ AR}$

$$Q_c = -3C\omega U^2 = +(Q_T' - Q_T) = -P_T (\operatorname{tg}(\varphi) - \operatorname{tg}(\varphi')) = -6475.1 \text{ var}$$

$$C = 47,6 \mu\text{F} \quad (01)$$

3.2 $I_T' = \frac{P_T}{\sqrt{3}U \cos \varphi'} = 24,5 \text{ A} \quad (01)$

Après compensation, le courant total I est réduit ce qui minimiserait les pertes joules dans la ligne et les chutes de tension. 0,5

Solution Exo3 (5 pts)

$$\mu_0 = 4 \times \pi \times 10^{-7}; \quad I = 250; \quad a = 0.02; \quad b = 0.03;$$

%
%1/

$$d1 = a/2;$$

$$\theta_{11} = -\pi/2;$$

$$\theta_{12} = \operatorname{atan}(2 \times b/a) = 71.6^\circ$$

$$B1 = \mu_0 \cdot I \cdot (\sin(\theta_{12}) - \sin(\theta_{11})) / (4 \times \pi \times d1) = 4.8 \text{ mT} \quad (01)$$

%

%2/

$$d2 = b;$$

$$\theta_2 = \operatorname{atan}(0.5 \times a/b) = 18.43^\circ;$$

$$B2 = \mu_0 \cdot I \cdot \sin(\theta_2) / (2 \times \pi \times d2) = 0.527 \text{ mT} \quad (01)$$

%

%3/

$$d3 = a/2;$$

$$\theta_{31} = 0;$$

$$\theta_{32} = \operatorname{atan}(2 \times b/a) = 71.6^\circ;$$

$$B3 = \mu_0 \cdot I \cdot (\sin(\theta_{32}) - \sin(\theta_{31})) / (4 \times \pi \times d3) = 2.37 \text{ mT} \quad (01)$$

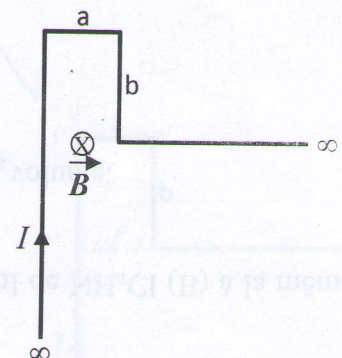
%

%4/

$$\vec{idl} \text{ parallele avec } \vec{u}_{MP} \quad (01)$$

$$B4 = 0;$$

$$B_t = B1 + B2 + B3 + B4 = 7.77 \text{ mT} \quad (0,5)$$



Le champ \vec{B} est perpendiculaire au plan formé par \vec{idl} et \vec{u} et il est entrant (donné par le tire bouchon de Maxwell). 0,5

Examen Final d'Electrotechnique *Rempl*

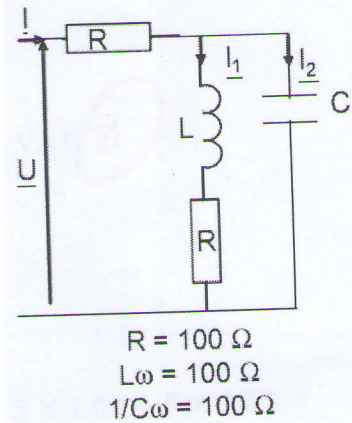
(02 heures)

Questions de cours : (04 points)

- Citer les différentes classes des matériaux (du point de vue magnétique) et par quoi est caractérisée chaque catégorie.
- Par quoi sont caractérisés les matériaux ferromagnétiques doux et dur.
- Pour quelle(s) raison(s) on compense l'énergie réactive.

Exercice 01 : (06 points)

Soit le récepteur présenté ci-contre. Il est alimenté sous la tension alternative sinusoïdale U , de fréquence 50 Hz et de valeur efficace $U = 220$ V (prise comme référence des phases).



1. Calculer l'impédance équivalente Z de ce récepteur (module et argument).
2. Quelle est sa nature ?
3. Déterminer les 3 courants I_1 , I_2 et I (module et argument).
4. Calculer la puissance active consommée et la puissance réactive mise en jeu par ce récepteur.

Exercice 02 : (05 points)

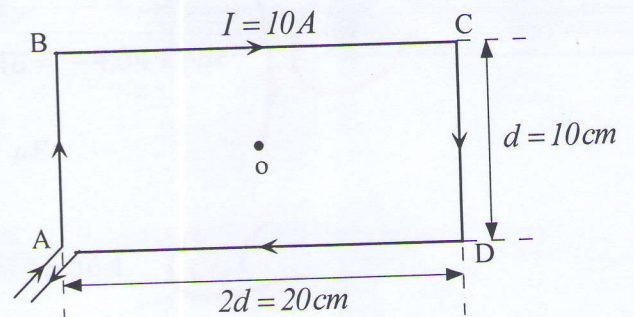
Une installation triphasée équilibrée est alimentée par un réseau triphasé 220/380 V, 50 Hz. Elle comporte :

- 2 moteurs triphasés M_1 et M_2 dont les caractéristiques nominales sont :
 - ✓ M_1 : Puissance absorbée $P_1 = 3$ kW, $\cos \phi_1 = 0,7$;
 - ✓ M_2 : Puissance absorbée $P_2 = 5$ kW, $\cos \phi_2 = 0,75$;
- 15 lampes de 100 W chacune montées entre phases et neutre de façon équilibrée.

1. Calculer les puissances active, réactive et apparente de l'installation complète.
2. Calculer le courant dans la ligne et le facteur de puissance de l'installation.
3. Pour améliorer le facteur de puissance, on monte en triangle entre les fils de phase, trois condensateurs de capacité C .
 - 3.1. Calculer la valeur de C pour que le facteur de puissance soit égal à 0,94 AR.
 - 3.2. Quel est alors le nouveau courant de ligne ?

Exercice 03: (05 points)

Un courant $I = 10$ A circule dans un circuit électrique (une spire) ABCD de forme rectangulaire, de largeur $d = 10$ cm et de longueur $2d$ (voir la figure).



1. Quel est le champ magnétique H créé par ce courant au centre O du rectangle,
2. Indiquer la direction de H ?

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H / m}$

Solution Exo1 (6 pts)

$$\triangleright Z = R + (1/jC\omega) // (R + jL\omega) \Rightarrow Z = 200 - 100j = 223,6 \angle -26,56^\circ \Omega$$

\triangleright Le récepteur est *capacitif*

$$\triangleright \underline{I} = \underline{U} / \underline{Z} = \frac{220 \angle 0}{223,6 \angle -26,56} = 0,98 \angle 26,56^\circ \text{ A}$$

$$I_1 = -jI = 0,98 \angle -63,44^\circ \text{ A}$$

$$I_2 = (1+j) \cdot I = 1,38 \angle 71,56^\circ \text{ A}$$

$$\triangleright P = R \cdot I^2 + R \cdot I_1^2 = 192 \text{ W}; \quad Q = L\omega \cdot I_1^2 - \frac{1}{C\omega} \cdot I_2^2 = -94,4 \text{ VAR}$$

Solution Exo2 (5 pts)

$$1. P_T = P_1 + P_2 + P_{LT} = 3 + 5 + 15 \times 0,1 = 9,5 \text{ kW}$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_{LT} = P_1 \tan(\cos^{-1} \varphi_1) + P_2 \tan(\cos^{-1} \varphi_2) + 0 = 3 \times 1,02 + 5 \times 0,88 = 7,46 \text{ kvar}$$

$$S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2} = \sqrt{9,5^2 + 7,46^2} = 12,08 \text{ kVA}$$

$$2. I_T = \frac{S_T}{(\sqrt{3}U)} = \frac{12080}{(\sqrt{3} \times 380)} = 18,35 \text{ A}$$

$$\cos \varphi_T = \frac{P_T}{S_T} = \frac{9,5}{12,08} = 0,786 \text{ AR}$$

3.

$$3.1 \text{ Si } \cos \varphi'_T = 0,95 \text{ AR donc } \tan \varphi'_T = 0,36$$

$$Q'_T = P_T \tan(\cos^{-1} \varphi'_T) = 9,5 \times 0,36 = 3,42 \text{ kvar}$$

$$Q_c = -3C\omega U^2 = Q'_T - Q_T = 3,42 - 7,46 = -4,04 \text{ kvar}$$

$$C = -Q_c / 3\omega U^2 = 4040 / (3 \times 314 \times 380^2) = 29,7 \mu\text{F}$$

$$3.2 I'_T = \frac{P_T}{\sqrt{3}U \cos \varphi'_T} = \frac{9500}{(\sqrt{3} \times 380 \times 0,94)} = 15,36 \text{ A}$$

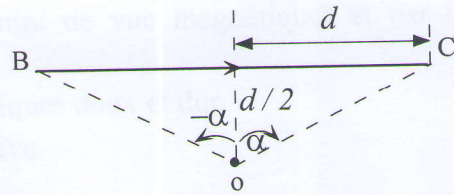
Quatre côtés égaux deux à deux. Chaque côté de longueur crée le même champ magnétique $H_C = 2 \times H_{1C}$. De même pour les deux autres côtés $H_P = 2 \times H_{1P}$.

0,15

Le champ magnétique total est $H = H_C + H_P = 2 \times H_{1C} + 2 \times H_{1P}$.

- Pour un côté de longueur

$$H_{1C} = \frac{I}{4\pi d/2} \int_{-\alpha}^{\alpha} \cos \alpha d\alpha \quad \text{0,15}$$

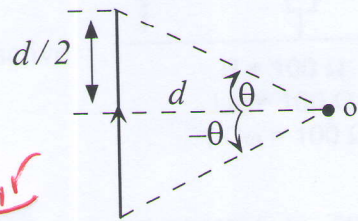


$$\Rightarrow H_{1C} = \frac{2I}{2\pi d} \sin \alpha \quad \text{et} \quad \alpha = \arctan\left(\frac{d}{d/2}\right) = 63,47^\circ \quad \text{0,15}$$

$$H_{1C} = \frac{10}{\pi \times 10^{-2} \times 10} \sin(63,47^\circ) \Rightarrow H_{1C} = 28,48 \text{ A/m} \quad \text{0,15}$$

- Pour un côté de largeur

$$H_{1P} = \frac{I}{4\pi d} \int_{-\theta}^{\theta} \cos \theta d\theta \quad \text{0,15}$$



$$\Rightarrow H_{1P} = \frac{2I}{4\pi d} \sin \theta \quad \text{et} \quad \theta = \arctan\left(\frac{d/2}{d}\right) = 26,57^\circ \quad \text{0,15}$$

$$H_{1P} = \frac{10}{2 \times \pi \times 10^{-2} \times 10} \sin(26,57^\circ) \Rightarrow H_{1P} = 7,11 \text{ A/m} \quad \text{0,15}$$

Le champ magnétique total :

$$H = 2 \times H_{1C} + 2 \times H_{1P} = 2 \times 28,48 + 2 \times 7,11 \Rightarrow H = 71,18 \text{ A/m} \quad \text{0,15}$$

- Le champ magnétique est dirigé vers la feuille de papier (à l'intérieur) **Entrant.**

1

Question de cours: /4

voir le cours

Examen de Génie Electrique « Electrotechnique »

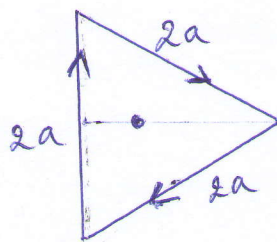
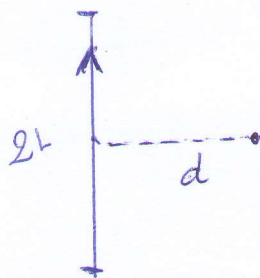
Exo I - Un moteur monophasé, de puissance mécanique utile **3cv**, de rendement **0,8** consomme un courant de **36A** sous la tension sinusoïdale de valeur efficace **127V** et de fréquence **50Hz**.

- 1) Calculer les puissances, active, apparente et réactive ainsi que son facteur de puissance
- 2) Calculer le condensateur nécessaire à placer en parallèle avec le moteur pour relever le facteur de puissance à **0,9**.
- 3) Calculer la nouvelle intensité du courant absorbé en ligne

Exo II - Une usine alimentée en courant alternatif triphasé de tension simple **220V -50Hz** possède :

- 4 moteurs de **9cv** chacun, de facteur de puissance **0,7** et de rendement **0,9**
 - 3 moteurs de puissance utile **3kW** chacun, de rendement **0,82** absorbant chacun **6A**
- 1) Calculer les puissances, active, réactive et apparente de l'installation
 - 2) Calculer le facteur de puissance de l'installation et le courant total qu'elle absorbe.

Exo III – Déterminer l'induction magnétique créée par un fil fin de longueur finie **2L** en un point situé à une distance **d** du fil et à mi-hauteur. Le fil est parcouru par un courant **I**.
Utiliser ce résultat pour calculer l'induction au centre d'un conducteur en forme de triangle équilatéral de côté **2a** et parcouru par le courant **I**.



IV

- 1) Donner le schéma de montage de la mesure de la puissance par la méthode des 2 wattmètres en précisant les formules de calcul des puissances active et réactive.
- 2) - Donner la constitution d'un transformateur.
 - Quel est son rôle et son intérêt dans les réseaux électriques.
 - Quel est le but des essais à vide et en court-circuit d'un transformateur

N.B : 1cv = 736W

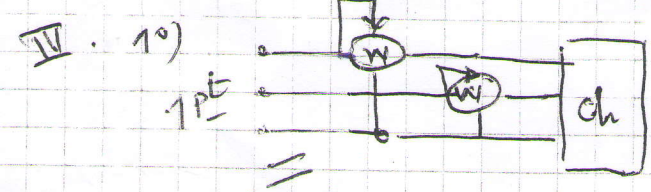
EX01 $P = \frac{3 \cdot 736}{0,8} = 2760 \text{ W}$, $S = UI = 127 \cdot 36 = 4572 \text{ VA}$, $Q = \sqrt{S^2 - P^2} = 3645 \text{ Var}$ $\circ 15$
 $\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{2760}{4572} = 0,60$ $c = P \frac{(tg \varphi - tg \varphi')}{\omega U^2} = \frac{2760(1,32 - 0,484)}{2\pi \cdot 50 \cdot 127^2} = 415 \mu\text{F}$ $\equiv 2 \text{ PC}$
 $P = P'$; $\cos \varphi' = 0,9$ $I' = \frac{P}{U \cos \varphi'} = \frac{2760}{127 \cdot 0,9} = 24,14 \text{ A}$ $\equiv 1 \text{ PC}$

EX02 $P_{M1} = 9 \cdot 736 = 7360 \text{ W}$ 4 moteurs $P_1 = 4 P_{M1} = 29440 \text{ W}$
 $Q_{M1} = P_{M1} tg \varphi = 7360 \cdot 1,02 = 7507,2 \text{ Var}$ 4 moteur $Q_1 = 4 Q_{M1} = 30028,8 \text{ Var}$
 $P_{M2} = \frac{3000}{0,82} = 3658,5 \text{ W}$ $\cos \varphi = \frac{P_{M2}}{\sqrt{3} UI} = \frac{3658,5}{\sqrt{3} \cdot 220 \sqrt{3} \cdot 6} = 0,923$; $Q_{M2} = P_{M2} tg \varphi$
 $Q_{M2} = 3658,5 \cdot 0,414 = 1514,6 \text{ Var}$; 3 moteur $P_2 = 3 P_{M2} = 10975,5 \text{ W}$; $Q_2 = 3 Q_{M2} = 4543,8 \text{ Var}$
 $P_t = P_1 + P_2 = 40415,5 \text{ W}$; $Q_t = Q_1 + Q_2 = 34572,6 \text{ Var}$ $S_t = \sqrt{P_t^2 + Q_t^2} = 53185,3 \text{ VA}$
 $\cos \varphi = \frac{P_t}{S_t} = 0,76$ $I_t = \frac{S_t}{\sqrt{3} U} = 80,8 \text{ A}$ \equiv fb/ mehda abderrahmane

EX03 $d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi r^2} d\vec{l} \times \vec{u}$; $dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi r^2} dl \sin \alpha$; $z dB = dl \sin \alpha$

$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{1}{r^2} dl \sin \alpha$; $\cos \theta = \frac{d}{r} \Rightarrow dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{1}{d^2} \cos \theta dl$
 $B = \int_{-\alpha}^{+\alpha} dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi d} \int_{-\alpha}^{+\alpha} \cos \theta d\theta = \frac{\mu_0 I}{4\pi d} \cdot 2 \sin \alpha$; $\sin \alpha = \frac{l}{\sqrt{l^2 + d^2}}$

pour le triangle equilateral $\alpha = 60^\circ$
 $B = 3 \cdot \frac{\mu_0 I}{4\pi d} \cdot 2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{3\sqrt{3} \mu_0 I}{4\pi d}$ $tg 30^\circ = \frac{d}{a} = \frac{\sqrt{3}}{3} \Rightarrow d = \frac{a\sqrt{3}}{3}$
 $B = \frac{3\sqrt{3} \cdot \mu_0 I}{4\pi \cdot \frac{a\sqrt{3}}{3}} = \frac{9\mu_0 I}{4\pi a}$ $\boxed{B = \frac{9\mu_0 I}{4\pi a}}$ $3 \parallel$



IV. 10) $P = W_1 + W_2$ $Q = \sqrt{3} \cdot (W_1 - W_2)$

- 20) a) 2 enroulements (primaire et secondaire) couplé par un circuit magnétique feuilleté. $\circ 15$
 b) Transport a HT (diminuer les pertes), disposer d'un niveau de tension voulu. $\circ 15$
 c) essai à vide (Rapport de transformation - pertes fer) $\circ 7,5$
 d) essai en cc (Pertes joules) - paramètres ramenés (R_s et X_s) $\circ 7,5$