Solution

Exercice Machine Synchrone

EXO 1

1) Pour un enroulement du stator couplé en triangle :

$\vec{E_s} = \vec{U} + R_s . \vec{J} + \vec{U_L}$ avec $U_L = X_s J$

J : courant de la phase $(J = I/\sqrt{3})$;

I : Courant de ligne :

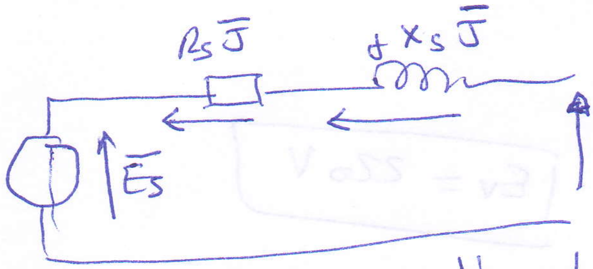
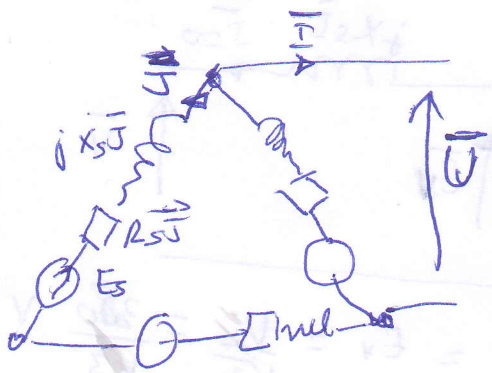
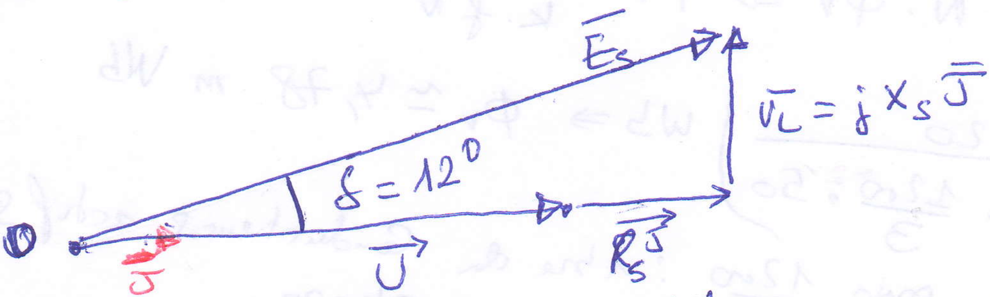


Schéma équivalent d'une phase
(Montage triangle)



La charge étant résistive $(\varphi = 0)$, J et U sont en phase.



$$E_s = \left(\frac{220 + (2{,}5 . 8/\sqrt{3})}{\cos(12^0)} \right) V$$

$$\boxed{E_s = 237 \text{ V}}$$

2) $\mathrm{tg}\,\delta = \dfrac{X_s . J}{U + R_s J} \Rightarrow X_s = \dfrac{(U + R_s J) . \mathrm{tg}\,\delta}{J}$

$X_s = \left(\dfrac{U}{J} + R_s \right) \mathrm{tg}\,\delta = \left(\dfrac{220}{8/\sqrt{3}} + 2{,}5 \right) . 0{,}213 \ \Omega$

$$\boxed{X_s \simeq 10{,}7 \ \Omega}$$

EX 02

Supplément : en utilisant le coefficient de kapp k.

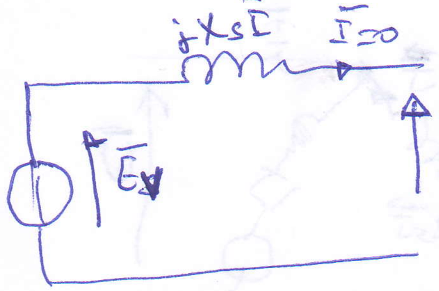
$$E = \frac{\pi}{\sqrt{2}} p N n \phi \qquad \frac{\pi}{\sqrt{2}} = 2,22 : \text{coefficient de kapp } k$$

$= k \cdot p N \cdot n \phi$

dans notre exercice, k est pris égal à $\underline{2,3}$

1) Fonctionnement de la machine à vide

1.1) $R_s \simeq 0$



$$V = E_V = \frac{U}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} \; V \Rightarrow \boxed{E_V = 220\,V}$$

1.2) ~~$E_V = \ldots$~~ $p \cdot n = f$ $\quad$ (avec $n = \frac{n'}{60}$)

$$E_V = k\, f\, N \cdot \phi_V \Rightarrow \phi_V = \frac{E_V}{k \cdot f N}$$

$$\phi_V = \frac{220}{\left(2{,}3 \cdot \frac{1200}{3} \cdot 50\right)} \; Wb \Rightarrow \phi_V \simeq 4,78 \; m\,Wb$$

nous avons pris $\frac{1200}{3}$: nbre de conducteurs actifs par phase.

1.3) $I_{rv} = ?$

Elle peut être déterminée à l'aide de la caractéristique et le point à vide. C'est une droite qui passe par l'origine de coordonnées.

$I_r = 2\;A$, $E_V = 90\;V$.

$E_V = \frac{90}{2} I_r$ soit $E_V = 45\, I_r$.

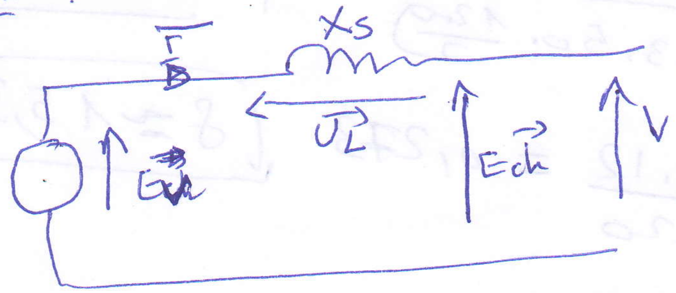
$$\boxed{I_{rv} = \frac{220}{45} \simeq 4,89\;A}$$

1.4 Direction du vecteur $\vec{\Phi_V}$

Une f.é.m induite est en quadrature arrière par rapport au flux qui la produit, c'est à dire par rapport au champ magnétique correspondant, le vecteur flux $\vec{\Phi_V}$ est donc décalé de $\frac{\pi}{2}$ rad par rapport au vecteur $\vec{E_V}$ qui est associé à la f.é.m à vide.

2) Fonctionnement de l'alternateur en charge.

2.1 F.é.m en charge Ech.



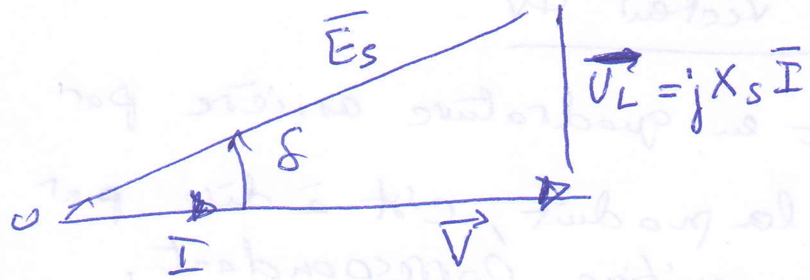
Comme $R_s \simeq 0 \Rightarrow E_{ch} = V \Rightarrow \boxed{E_{ch} = 220\ V}$

2.2 En charge le flux est produit par à la fois par l'inducteur et par l'induit.

La f.é.m induite dans un enroulement du stator restant la même, le flux reste aussi le même.

$$\boxed{\Phi = \Phi_V = 4{,}78\ mWb}$$

2.3 , E_s



$\overline{E_s} = \overline{V} + jX_s\overline{I}$

$E_s = \sqrt{V^2 + (X_s I)^2} = \sqrt{(220)^2 + (5.12)^2}$

$\Rightarrow \boxed{E_s = 228\ V}$

$E_s = 45\,I_r$.

2.4 . I_r ;

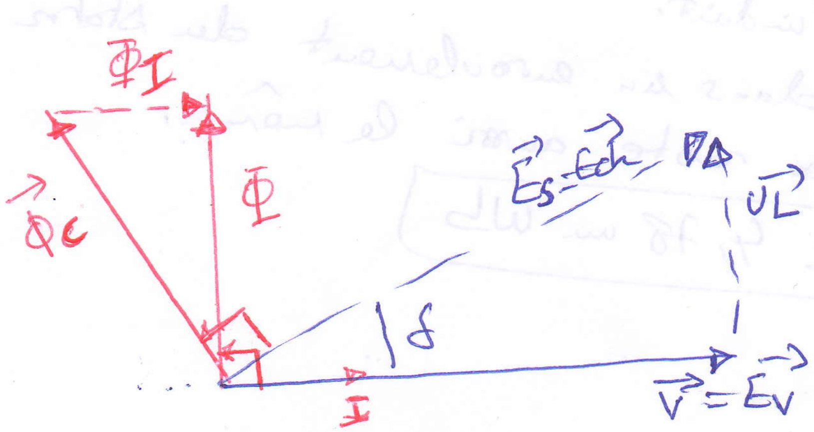
$\boxed{I_r = \frac{228}{45} = 5,07\,A}$

2,5 . Φ_r produit par la roue polaire :

$\Phi_r = \frac{E_s}{K.f.N} = \frac{228}{(2,3 . 50 . \frac{120}{2})} = \boxed{4,96\ \text{mWb}}$

2.6 $tg\,\delta = \frac{XI}{V} = \frac{5.12}{220} = 0,273$ $\boxed{\delta = 15,3^\circ}$

2.7 **Direction des différents flux**



Fin de l'exercice 2

Exo 3

1) I (ligne)

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$I = \frac{S}{U\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{U\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{(18.10^3)^2 + (12.10^3)^2}}{220\sqrt{3}}$$

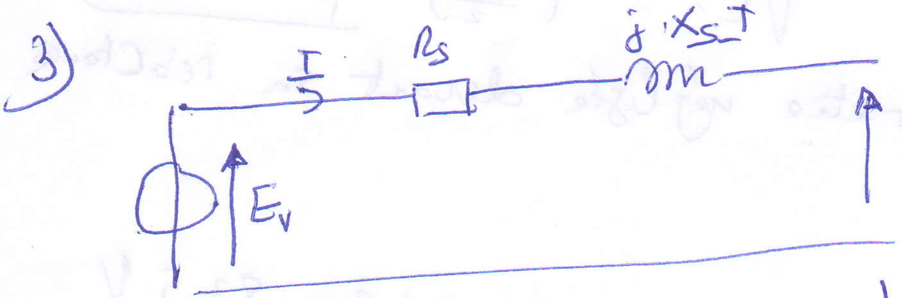
$$\boxed{I = 56,8\ A}$$

2) $\cos\varphi = ?$ $\quad \cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$

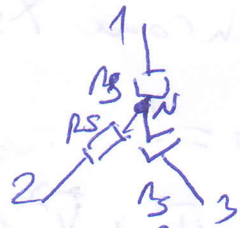
$$\cos\varphi = \frac{18.10^3}{\sqrt{(18.10^3)^2 + (12.10^3)^2}} = \frac{18}{21,6}$$

$$\boxed{\cos\varphi = 0,83}$$

3)



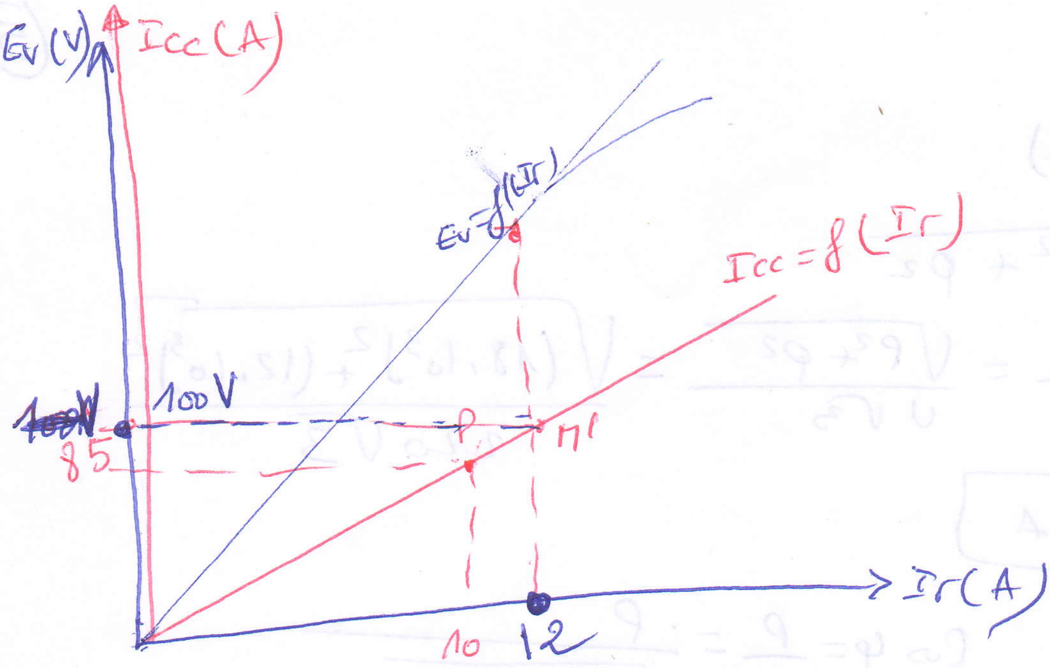
Les enroulements sont couplés en λ



La résistance mesurée entre 2 Bornes est $R = 0,1\Omega$

$$\boxed{R_s = \frac{R}{2} = 0,05\Omega}$$

Sur le même graphique nous traçons la caractéristique à vide $E_v(I_r)$ et la caractéristique en Court-Circuit



$I_{cc} = 100\,A \Rightarrow E_v = E_{cc} = 147\,V.$

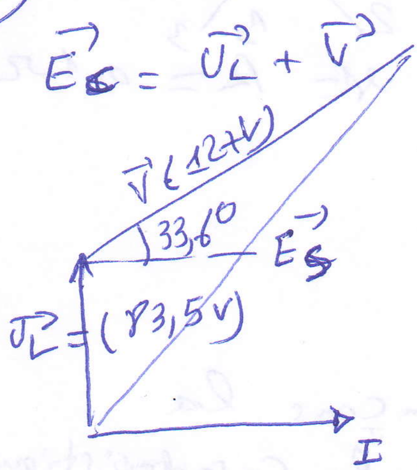
$$\frac{Z}{S} = \frac{E_{cc}}{I_{cc}} = \frac{147}{100} = 1,47\,\Omega.$$

4) $X_s = \sqrt{Z_s^2 - R_s^2} = \sqrt{(1,47)^2 - \left(\frac{0,1}{2}\right)^2} \Rightarrow \boxed{X_s = 1,47\,\Omega}$

La résistance R_s peut être négligée devant sa réactance synchrone X_s.

5) $E_s = ?$ $\qquad U_L = XI = 1,47 \cdot 56,8 = 83,5\,V$

$\vec{E_s} = \vec{U_L} + \vec{V}$



$\boxed{E_s = 187\,V}$ graphiquement

On peut calculer E_s (théorème de Pythagore pour un triangle quelconque

6) Par lecture directe sur le graphe :

$\boxed{I_r = 15\,A} \Rightarrow E_v = 183\,V.$

7) $\eta = \dfrac{P}{P + \Sigma p}$

$P_{js} = \frac{3}{2} R I^2 = 3 R_s I^2 = \left(\frac{3}{2} \cdot 0{,}1 \cdot (56{,}8)^2\right] = 484\,W.$

$P_{jr} = R_r I_r^2 = 2{,}4 \cdot 15^2 = 540\,W.$

$P_c = 630\,W$

$\eta = \dfrac{18 \cdot 10^3}{18 \cdot 10^3 + (484 + 540 + 630)} = 0{,}918$

$\boxed{\eta\% = 91{,}8\%}$

Fin de l'exercice

Exo 4

a) 1) $I = I_{min} \Rightarrow \cos\varphi = 1$

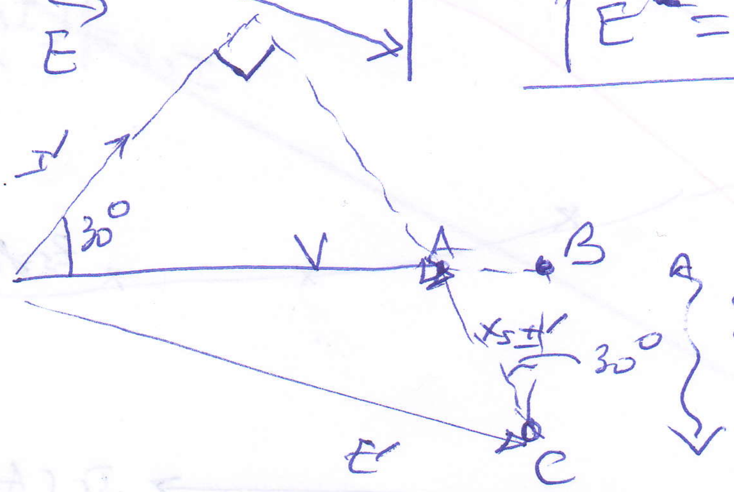
$I_{min} = \dfrac{P}{3V} = \dfrac{1{,}49 \cdot 10^6}{3 \cdot 2300} = 216\,A$

2)

$E^2 = X_s I^2 + V^2$

$\boxed{E = 2460\,V}$

b)



AC: 864 V.

1) $AB = 864 \; tg \; 30° = 498 V$

$E'^2 = (2300 + 498)^2 + 864^2 = 8,59 . 10^6 V^2$

$\boxed{E' = 2930 V}$

$\cos 30 = \frac{BC}{AC} = \frac{I}{I'}$

2) $I' = \frac{216}{\cos 30} = 250 A$

3) $Q = 3 V I' \sin 30 = 3 . 2300 . 250 . \frac{1}{2}$

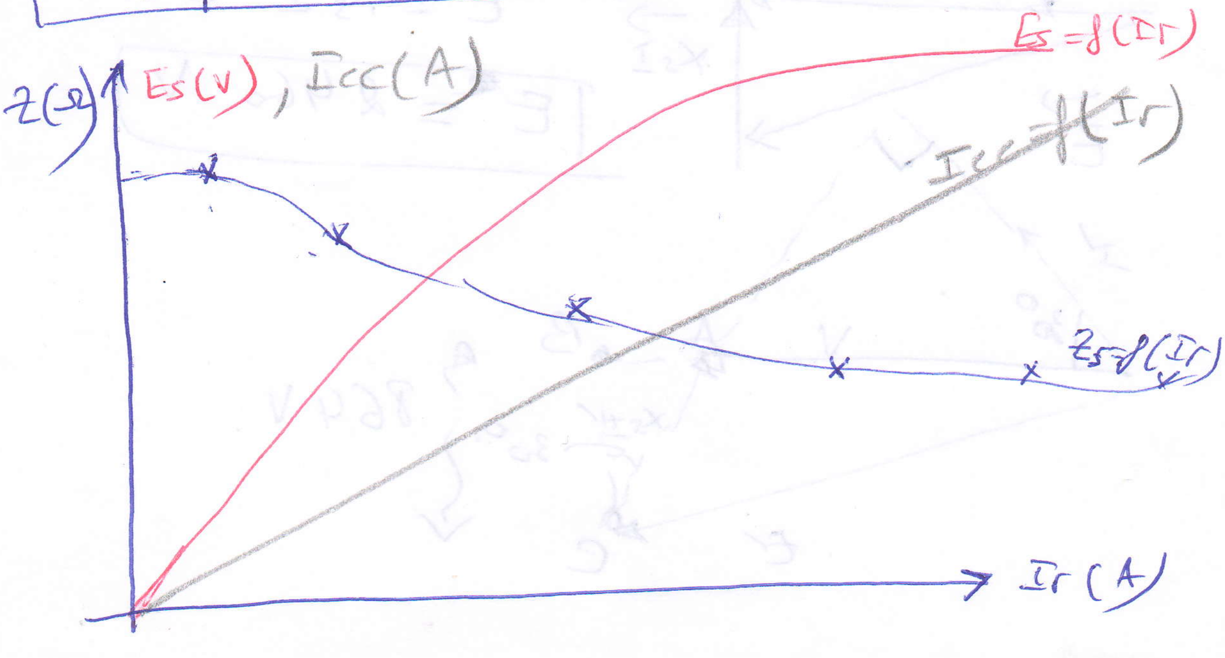
$= 862\,000$ VAR

$\boxed{Q = 0,862 \text{ M VAR}}$ fournit au réseau

EXo 5

1) IL suffit de faire pour chaque valeur de I_r le quotient $Z_s = \frac{E_s(cc)}{I_{cc}}$

I_r(A)	2	5	8	10	15	18
Z_s(Ω)	11,65	9,25	7,5	6,67	5,3	4,84



2) Calcul de I_r

Approximativement après plusieurs points.

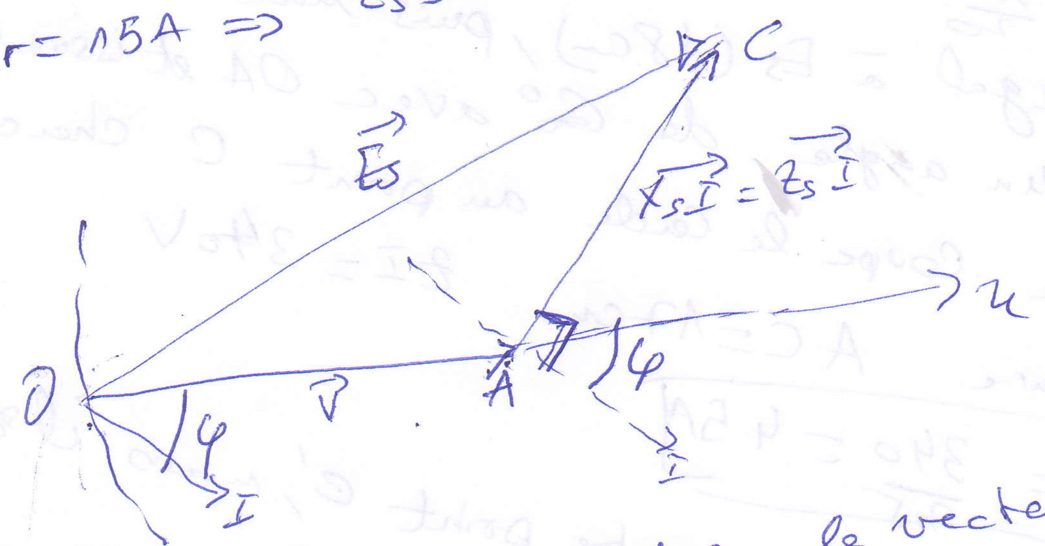
$I_r(A)$	5	10	15	20
$Z_s(\Omega)$	9,25	6,67	5,3	4,84
$Z_s I (V)$	370	267	212	194

$V = E_s - Z I$.

On trouve $\boxed{I_r \simeq 14A}$

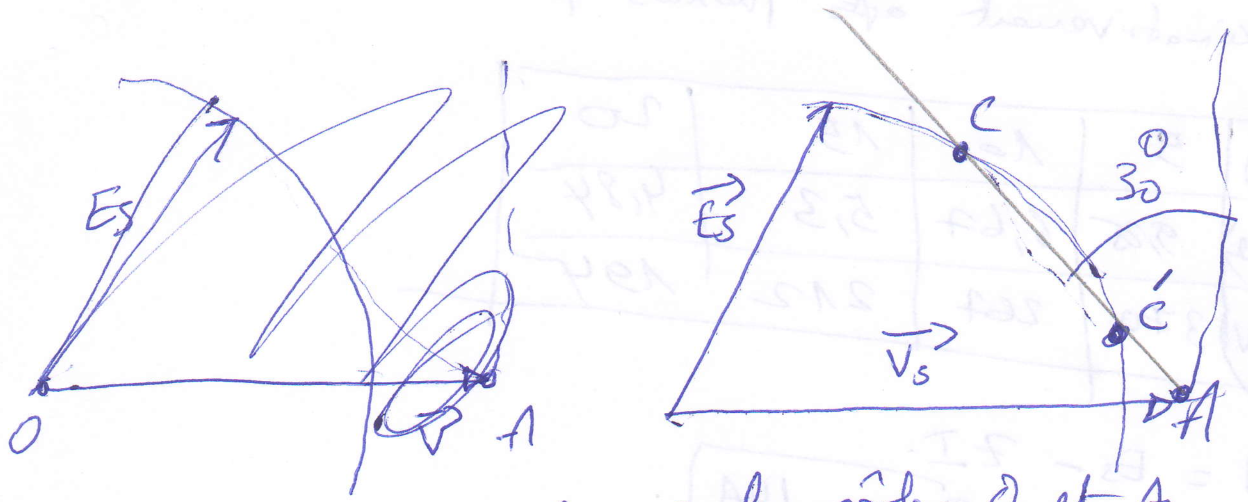
$E_s = 460\,V$, $Z = 5,3\,\Omega$

3) $I_r = 15A \Rightarrow$



→ On peut donc mettre en place le vecteur AC dans la figure. de C comme centre, on tracera un arc de cercle de rayon égal à E_s, qui coupera l'axe des x en O. On mesurera $OA = V \simeq 264\,V$.

4) Calcul de I.



On peut mettre en place : les pôles O et A ($OA = \frac{380}{20} = 19$ cm), puis un cercle de centre O de rayon égal à E_S (18 cm), puis une demi droite faisant un angle de 60° avec OA et issue de A. La droite coupe le cercle au point C cherché. $ZI = 340$ V

On mesure $AC = 17$ cm

$$\boxed{I = \frac{340}{7{,}5} = 45\ A}$$

(il y a ~~les~~ un autre point C', mais il est instable)

5) Calcul du facteur de puissance

On connait ; $V = OA$ — $I_r = 18$ A donc $E_S = 484$ V

(On trace un cercle de centre O) $Z = 4{,}84\ \Omega$; $I = 41$ A, $ZI = 200$ V, On trace donc un cercle de rayon A ; les deux cercles se coupent en C cherché, On trace AC ; on relève $\varphi = 20°$

$$\cos\varphi = 0{,}94.$$

6 $I_e = 15A$ $Z = 5{,}3\,\Omega = X_s$

$V = E_s - jX_sI = RI$

$I = \frac{E_s}{R + jX_s}$ ou $I = \frac{E_s}{\sqrt{R^2 + X_s^2}}$

$\boxed{I = \frac{460}{8{,}8} = 52\,A}$

$\boxed{V = 7 \cdot 52 = 364\,V}$