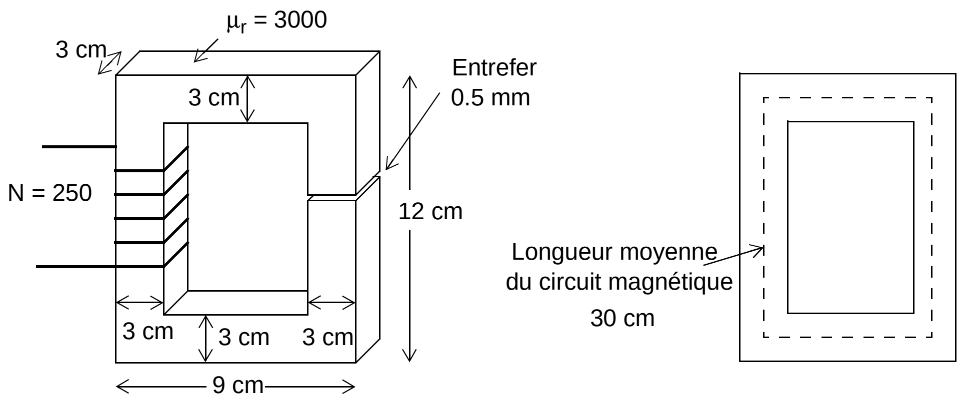
CORRIGÉ DES EXERCICES DU CHAPITRE 3

3.1



a) Réluctance du circuit magnétique:

$$\mathcal{R} = \mathcal{R}_{Fer} + \mathcal{R}_{air} = \frac{l}{\mu A} + \frac{e}{\mu_0 A} = \frac{0.3}{3000(4\pi\times10^{-7})(9\times10^{-4})} + \frac{0.5\times10^{-3}}{(4\pi\times10^{-7})(9\times10^{-4})}$$

$$\mathcal{R} = 8.842\times10^{4} + 4.42\times10^{5} = 5.305\times10^{5}$$

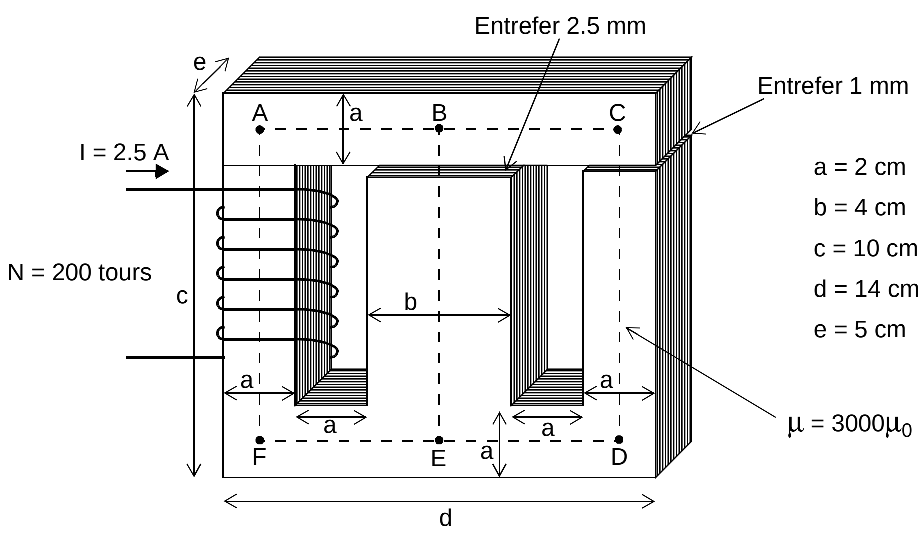
L'inductance de la bobine: $L = \frac{N^2}{\mathcal{R}} = \frac{(250)^2}{5.305\times10^5} = 0.1178\ \text{H}$

b) Flux magnétique dans le noyau: $\phi = BA = 1.2\times9\times10^{-4} = 1.08\times10^{-3}$ Wb

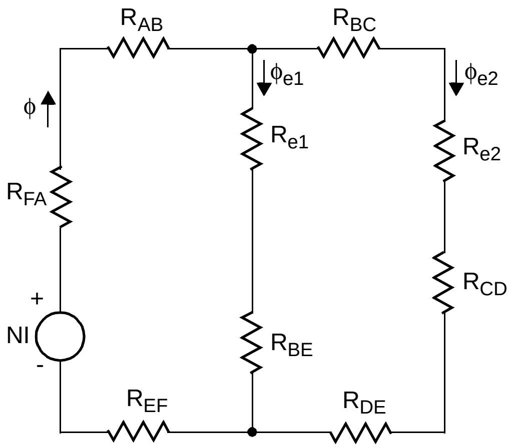
On a: $\phi = \frac{Ni}{R}$

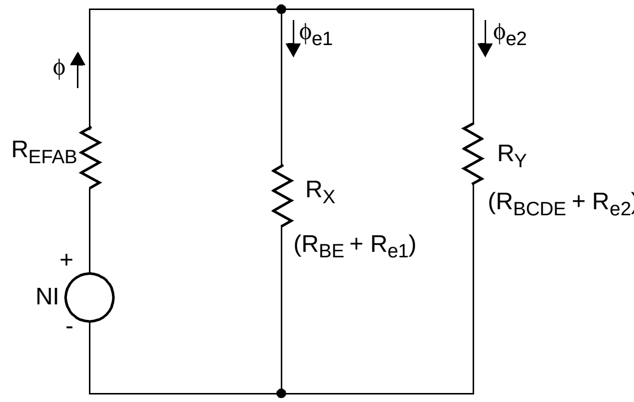
Alors: $i = \frac{R\phi}{N} = \frac{5.305\times10^{5}\times1.08\times10^{-3}}{250} = 2.29$ A

3.2



a) Circuit équivalent du système électromagnétique:





On calcule les valeurs des réluctances.

$$R_{e1} = \frac{e_1}{\mu_0 A} = \frac{2.5\times10^{-3}}{(4\pi\times10^{-7})(2\times10^{-3})} = 0.9947\times10^{6}\ \text{A.t/Wb}$$

$$R_{e2} = \frac{e_2}{\mu_0 A} = \frac{1\times10^{-3}}{(4\pi\times10^{-7})(1\times10^{-3})} = 7.9577\times10^{5}\ \text{A.t/Wb}$$

$$R_{EFAB} = \frac{l_{EFAB}}{\mu A} = \frac{0.2}{3000(4\pi\times10^{-7})(1\times10^{-3})} = 5.3052\times10^{4}\ \text{A.t/Wb}$$

$$R_{BCDE} = R_{EFAB} = 5.3052\times10^{4}\ \text{A.t/Wb}$$

$$R_{BE} = \frac{l_{BE}}{\mu A} = \frac{0.08}{3000(4\pi\times10^{-7})(2\times10^{-3})} = 1.061\times10^{4}\ \text{A.t/Wb}$$

$$R_X = R_{BE} + R_{e1} = 1.061\times10^{4} + 0.9947\times10^{6} = 1.005\times10^{6}\ \text{A.t/Wb}$$

$$R_Y = R_{BCDE} + R_{e2} = 5.3052\times10^{4} + 7.9577\times10^{5} = 0.8488\times10^{6}\ \text{A.t/Wb}$$

b) L'inductance de la bobine est égale à:

$$L = \frac{N^2}{R_{eq}}$$ où R_{eq} est la réluctance vue par la bobine.

On a: $$R_{eq} = R_{EFAB} + (R_X \parallel R_Y) = 5.3052\times10^{4} + (1.005\times10^{6} \parallel 0.8488\times10^{6}) = 5.1321\times10^{5}\ \text{A.t/Wb}$$

Donc: $$L = \frac{200^2}{5.1321\times10^{5}} = 77.9\ \text{mH}$$

c) On calcule les flux magnétiques circulant dans le circuit magnétique:

$$\phi = \frac{NI}{R_{EFAB} + (R_X \parallel R_Y)} = \frac{200\times2.5}{5.3052\times10^{4} + (1.005\times10^{6} \parallel 0.8488\times10^{6})} = 9.7426\times10^{-4}\ \text{Wb}$$

Les flux magnétiques dans les entrefers sont calculés à l'aide de la loi du diviseur de courant:

$$\phi_{e1} = \frac{R_Y}{R_X + R_Y}\times\phi = \frac{0.8488\times10^{6}}{1.005\times10^{6} + 0.8488\times10^{6}}\times9.7426\times10^{-4} = 4.4608\times10^{-4}\ \text{Wb}$$

$$\phi_{e2} = \phi - \phi_{e1} = 9.7426\times10^{-4} - 4.4608\times10^{-4} = 5.2818\times10^{-4}\ \text{Wb}$$

Les densités de flux dans les entrefers sont:

$$B_{e1} = \frac{\phi_{e1}}{A_1} = \frac{4.4608\times10^{-4}}{2\times10^{-3}} = 0.223\ \text{T}$$

$$B_{e2} = \frac{\phi_{e2}}{A_2} = \frac{5.2818\times10^{-4}}{1\times10^{-3}} = 0.528\ \text{T}$$

3.3 a) Le flux maximal (valeur crête) dans le noyau magnétique est égal à:

$$\phi_m = \frac{V_m}{N\omega} = \frac{240\times\sqrt{2}}{750\times120\pi} = 0.0012\ \text{Wb}$$

La densité maximale de flux dans le noyau magnétique est: $B_m = \frac{\phi_m}{A} = \frac{0.0012}{3\times10^{-2}\times4\times10^{-2}} = 1.0\ \text{T}$

b)
La réluctance du noyau magnétique est égale à:

$$R = \frac{l}{\mu A} = \frac{0.42}{2500(4\pi\times10^{-7})(3\times10^{-2}\times4\times10^{-2})} = 1.114\times10^{5}\ \text{At/Wb}$$

L'inductance de la bobine est: $L = \frac{N^2}{R} = \frac{750\times750}{1.114\times10^5} = 5.05\ \text{H}$

La réactance de la bobine à 60 Hz est: $X_L = \omega L = 120\pi\times5.05 = 1903\ \Omega$

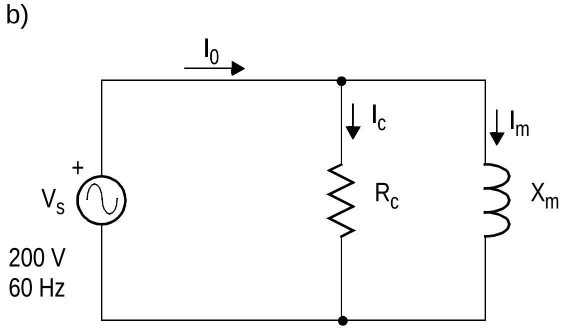
Le courant dans la bobine est: $I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{240}{1903} = 0.126\ \text{A}$

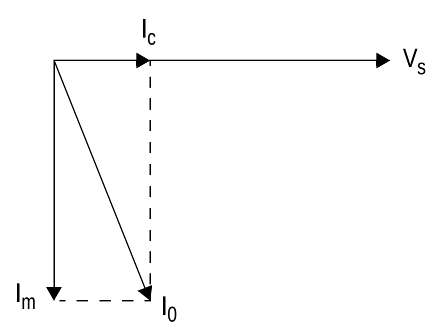
3.4 a) Le flux maximal (valeur crête) dans le noyau magnétique est égal à:

$$\phi_m = \frac{V_m}{N\omega} = \frac{200\times\sqrt{2}}{200\times120\pi} = 0.0038\ \text{Wb}$$

La densité maximale de flux dans le noyau magnétique est: $B_m = \frac{\phi_m}{A} = \frac{0.0038}{5\times10^{-2}\times5\times10^{-2}} = 1.5\ \text{T}$

b)





Le courant d'excitation est égal à: $I_0 = \frac{S}{V} = \frac{500}{200} = 2.5\ \text{A}$

La composante active du courant I_0: $I_c = \frac{50}{200} = 0.25\ \text{A}$

La composante réactive du courant I_0: $I_m = \sqrt{I_0^2 - I_c^2} = \sqrt{2.5^2 - 0.25^2} = 2.4875\ \text{A}$

Le facteur de puissance à l'entrée: $fp = \frac{P}{S} = \frac{50}{500} = 0.1$

La résistance R_c (pertes Fer) est: $R_c = \frac{V_s}{I_c} = \frac{200}{0.25} = 800\ \Omega$

La réactance magnétisante X_m est: $X_m = \frac{V^2}{Q} = 80.4\ \Omega$

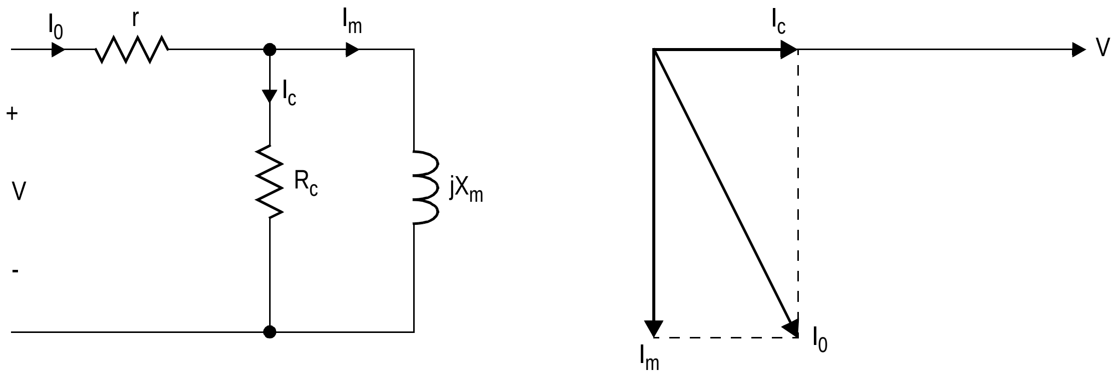
3.5

La réluctance du noyau magnétique: $R = \frac{l}{\mu A} = \frac{0.56}{2500(4\pi\times10^{-7})(4\times10^{-2}\times6\times10^{-2})} = 7.4272\times10^{4}$ At/Wb

L'inductance de la bobine: $L = \frac{N^2}{R} = \frac{218\times218}{7.4272\times10^4} = 0.6399$ H

La réactance magnétisante: $X_m = \omega L = 120\pi\times0.6399 = 241.22\ \Omega$

La résistance du fil de cuivre: $r = 218\times0.2\times0.0338 = 1.474\ \Omega$



Courant magnétisant: $I_m \approx \frac{V - rI_0}{X_m} = \frac{240 - 1.474}{241.22} = 0.9888$ A

Courant I_c: $I_c = \sqrt{I_0^2 - I_m^2} = \sqrt{1^2 - 0.9888^2} = 0.149$ A

La résistance R_c: $R_c = \frac{V}{I_c} = \frac{240}{0.149} = 1610\ \Omega$

b) Pertes Cuivre: $P_{Cu} = rI_0^2 = 1.474$ W

Pertes Fer $P_{Fer} = V\times I_c = 240\times0.149 = 35.78$ W

c) Le facteur de puissance à l'entrée: $fp = \frac{P}{S} = \frac{1.474 + 35.78}{240\times1} = 0.155$

On a: $fp = \cos\phi = 0.155$

On déduit: $\phi = 81°$

3.6

Remarque: *Il n'y a pas de solution unique pour ce problème*
On peut commencer par écrire différentes relations entre les paramètres de la bobine.
La tension appliquée est sinusoïdale. Par conséquent, le flux est aussi sinusoïdal avec une valeur crête de

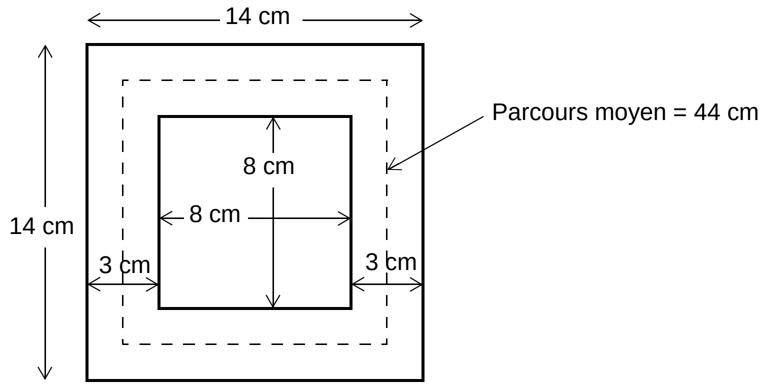
$\phi_m = \frac{V_m}{N\omega}$, avec $V_m = 170$ V, N = nombre de tours, et $\omega = 120\pi$ rad/s.

La densité de flux maximale (valeur crête) est donnée par:

$$B_m = \frac{\phi_m}{A} = \frac{V_m}{NA\omega}$$ où A est la section effective du circuit magnétique.

Cette valeur doit être inférieure ou égale à 1.4 T. On choisit donc B_m = 1.4 T.
La relation entre le champ magnétique H et le courant I peut être écrite comme:

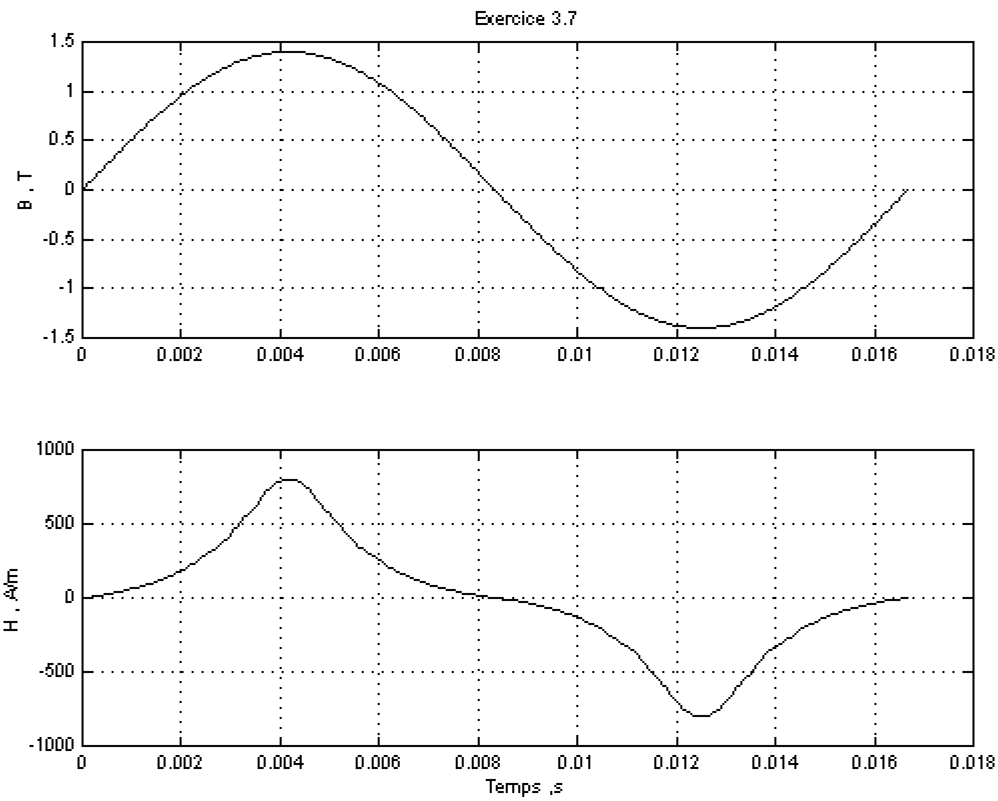
$$H_{eff} = \frac{NI_{eff}}{l}$$ où H_{eff} = valeur efficace de H, I_{eff} = valeur efficace de I, et l = longueur moyenne du parcours magnétique = 0.44 m.



Le courant efficace est donné par: $I_{eff} = \dfrac{V_{eff}}{120\pi \times L}$, avec V_{eff} = 120 V, L = inductance de la bobine = 100 mH.

Alors: $I_{eff} = \dfrac{120}{37.7} = 3.183\ \text{A}$

La forme d'onde de H est obtenue à l'aide de la caractéristique de magnétisation CC.



La valeur efficace de H peut être estimée graphiquement: H_{eff} = 385 A/m.

On peut déduire N: $N = \dfrac{H_{eff} \times l}{I_{eff}} = \dfrac{385 \times 0.44}{3.183} = 53$ tours

On déduit la section du circuit magnétique: $A = \dfrac{V_m}{NB_m\omega} = \dfrac{170}{53 \times 1.4 \times 377} = 60.8\ \text{cm}^2$

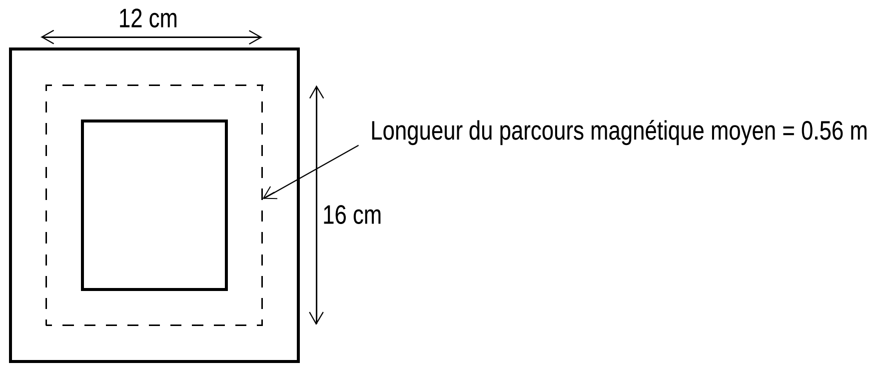
L'épaisseur du circuit magnétique est égale à: $\dfrac{60.8\text{cm}^2}{3\text{cm}}$ = 20.27 cm.

Le nombre de laminations est: $\dfrac{20.27\,cm}{(0.3556\,mm)\times 0.95} = 600$ laminations

Avec une densité de courant de 4 A/mm^2, la section du fil de cuivre sera: $s = \dfrac{3.183}{4} = 0.796$ mm^2.

Donc, le fil no. 18 (section = 0.821 mm^2) peut être utilisé.

3.7 a)



Réluctance de la bobine 1: $R_1 = \dfrac{l}{\mu A} = \dfrac{0.56}{2800(4\pi\times10^{-7})(4\times10^{-2}\times6\times10^{-2})} = 6.6315\times10^{4}$ At/Wb

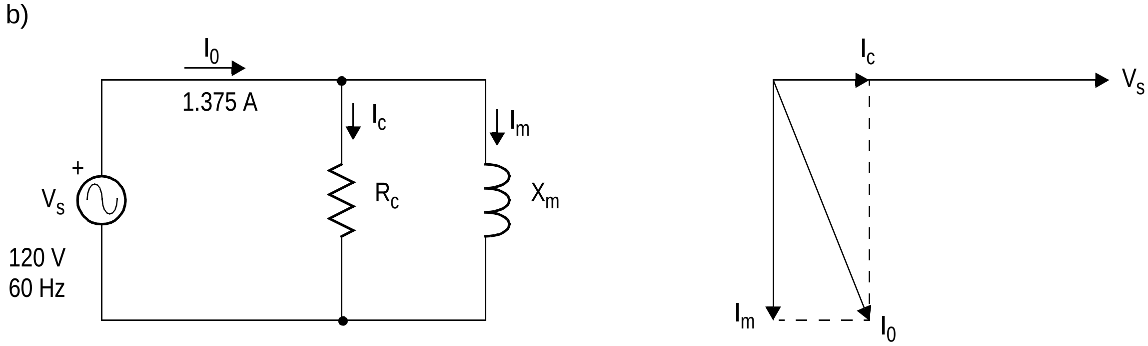
L'inductance de la bobine 1: $L_1 = \dfrac{N_1^2}{R_1} = \dfrac{125^2}{6.6315\times10^{4}} = 0.2356$ H = 235.6 mH

Réluctance de la bobine 2:

$$R_2 = \frac{l}{\mu A} + \frac{e}{\mu_0 A} = \frac{0.56}{2800(4\pi\times10^{-7})(4\times10^{-2}\times6\times10^{-2})} + \frac{1\times10^{-3}}{(4\pi\times10^{-7})(4\times10^{-2}\times6\times10^{-2})} = 3.9789\times10^{5}\ \text{At/Wb}$$

L'inductance de la bobine 2: $L_2 = \dfrac{N_2^2}{R_2} = \dfrac{125^2}{3.9789\times10^{5}} = 0.0471$ H = 47.1 mH

b)



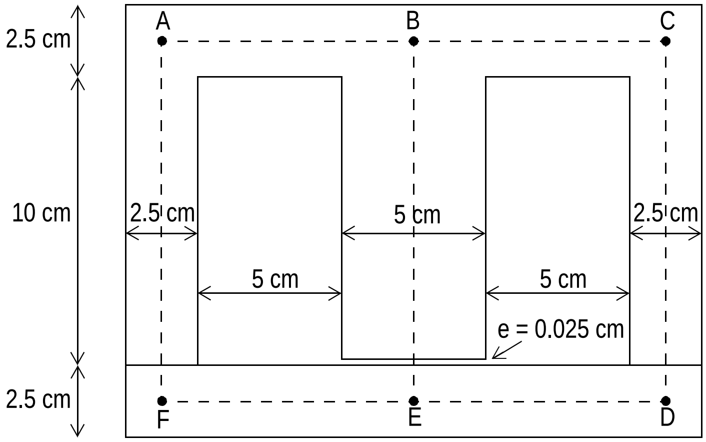
La réactance de la bobine 1: $X_m = \omega L_1 = 120\pi\times0.2356 = 88.83\,\Omega$

Le courant magnétisant: $I_m = \dfrac{V_s}{X_m} = \dfrac{120}{88.83} = 1.3509$ A

Le courant dans R_c: $I_c = \sqrt{I_0^2 - I_m^2} = 0.256$ A

Les pertes Fer dans le noyau: $P_{Fer} = V_s\times I_c = 120\times0.256 = 30.72$ W

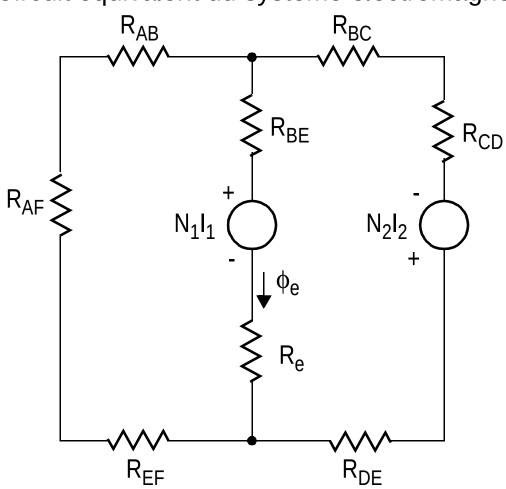
3.8



AB = BC = DE = EF = 8.75 cm

AF = BE = CD = 12.5 cm

a) Circuit équivalent du système électromagnétique:



Épaisseur réelle du noyau magnétique: $d = 120 \times 0.5 \times 0.95 = 57\text{ mm}$

On calcule la réluctance des parcours magnétiques:

$$R_{AB} = R_{BC} = R_{DE} = R_{EF} = \frac{l_{AB}}{\mu A} = \frac{8.75\times10^{-2}}{2000(4\pi\times10^{-7})(2.5\times10^{-2}\times5.7\times10^{-2})} = 2.4432\times10^{4}\text{ At/Wb}$$

$$R_{AF} = R_{CD} = \frac{l_{AF}}{\mu A} = \frac{12.5\times10^{-2}}{2000(4\pi\times10^{-7})(2.5\times10^{-2}\times5.7\times10^{-2})} = 3.49\times10^{4}\text{ At/Wb}$$

$$R_{BE} = \frac{l_{BE}}{\mu A_1} = \frac{12.5\times10^{-2}}{2000(4\pi\times10^{-7})(5\times10^{-2}\times5.7\times10^{-2})} = 1.745\times10^{4}\text{ At/Wb}$$

La réluctance de l'entrefer:

$$R_e = \frac{e}{\mu_0 A} = \frac{0.025\times10^{-2}}{(4\pi\times10^{-7})(5\times10^{-2}\times5.7\times10^{-2})} = 6.9805\times10^{4}\text{ A.t/Wb}$$

b)

L'inductance propre de la bobine no. 1 est $L_1 = \dfrac{N_1^2}{R_{eq1}}$ avec R_{eq1} = réluctance équivalente vue par la bobine no.1.

On a: $$R_{eq1} = R_{BE} + R_e + \frac{(R_{BC}+R_{CD}+R_{DE})(R_{AB}+R_{AF}+R_{EF})}{(R_{BC}+R_{CD}+R_{DE})+(R_{AB}+R_{AF}+R_{EF})} = 1.2914\times10^{5}\text{ At/Wb}$$

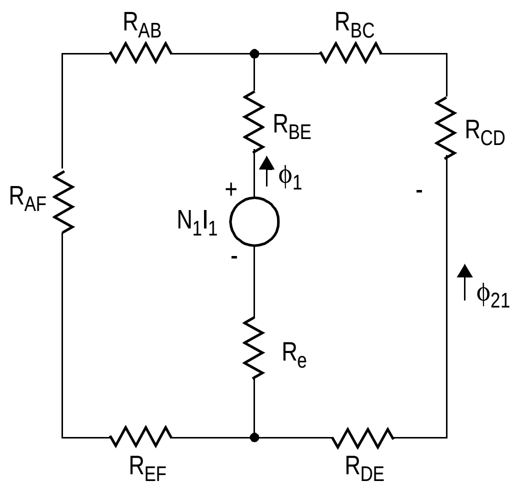
Alors: $L_1 = \dfrac{100 \times 100}{1.2914\times10^5} = 0.0774\ \text{H} = 77.4\ \text{mH}$

L'inductance propre de la bobine no. 2 est $L_2 = \dfrac{N_2^2}{R_{eq2}}$ avec R_{eq2} = réluctance équivalente vue par la bobine no.2.

On a: $R_{eq2} = R_{BC} + R_{CD} + R_{DE} + \dfrac{(R_{BE} + R_e)(R_{AB} + R_{AF} + R_{EF})}{(R_{BE} + R_e) + (R_{AB} + R_{AF} + R_{EF})} = 1.265\times10^5$ At/Wb

Alors: $L_2 = \dfrac{125 \times 125}{1.265\times10^5} = 0.1235\ \text{H} = 123.5\ \text{mH}$

On calcule l'inductance mutuelle entre la bobine 1 et la bobine 2 en calculant le flux injecté dans la bobine 2 par la bobine 1 (avec $I_1 \neq 0$ et $I_2 = 0$).



Le flux créé par la bobine 1est $\phi_1 = \dfrac{N_1 I_1}{R_{eq1}}$, avec R_{eq1} = réluctance équivalente vue par la bobine 1.

Le flux injecté dans la bobine 2 est calculé à l'aide de la loi du diviseur de courant:

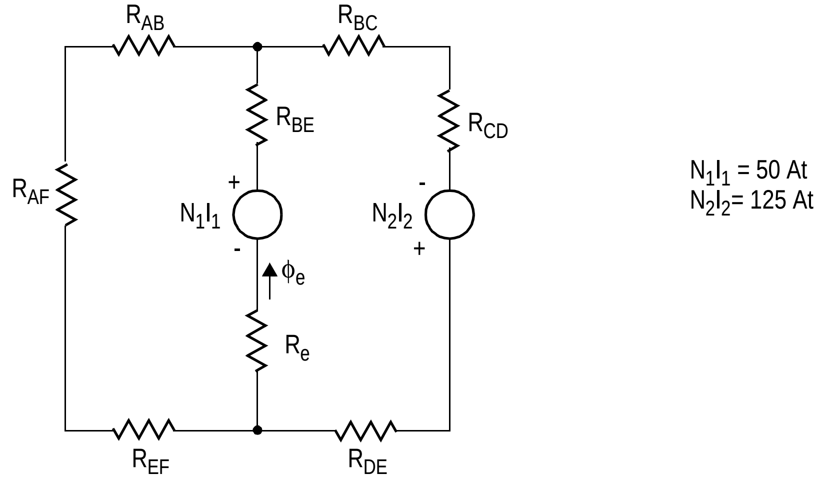
$$\phi_{21} = \frac{(R_{AB} + R_{AF} + R_{EF})}{(R_{AB} + R_{AF} + R_{EF}) + (R_{BC} + R_{CD} + R_{DE})} \times \phi_1 = 0.5\phi_1$$

Alors: $\phi_{21} = 0.5 \times \dfrac{N_1 I_1}{R_{eq1}} = \dfrac{50}{1.2914\times10^5} \times I_1 = 3.8718\times10^{-4} \times I_1$

L'inductance mutuelle est: $M_{21} = \dfrac{N_2\phi_{21}}{I_1} = \dfrac{125 \times 3.8718\times10^{-4} \times I_1}{I_1} = 0.0484\ \text{H} = 48.4\ \text{mH}$

On a aussi: $M_{12} = M_{21}$

c) On fait circuler des courants continus dans les bobines: I_1 = 0.5 A et I_2 = 1 A.



On calcule le flux dans l'entrefer en appliquant le principe de superposition.

Le flux d'entrefer créé par la bobine 1 seule est $\phi_{e1} = \frac{N_1 I_1}{R_{eq1}}$, avec R_{eq1} = réluctance équivalente vue par la bobine 1.

$$\phi_{e1} = \frac{50}{1.2914\times10^5} = 3.8718\times10^{-4}\text{ Wb}$$

Le flux d'entrefer créé par la bobine 2 seule est $\phi_{e2} = \frac{N_2 I_2}{R_{eq2}} \times \frac{(R_{AB} + R_{AF} + R_{EF})}{(R_{AB} + R_{AF} + R_{EF}) + (R_{BE} + R_e)}$, avec R_{eq2} = réluctance équivalente vue par la bobine 2.

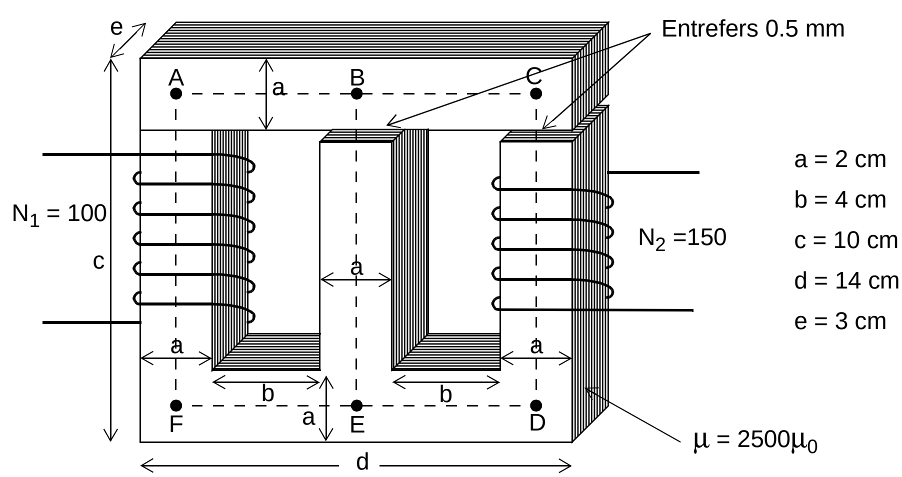
$$\phi_{e2} = \frac{125}{1.265\times10^5} \times \frac{8.3766\times10^4}{8.3766\times10^4 + 8.7256\times10^4} = 4.8398\times10^{-4}\text{ Wb}$$

Le flux d'entrefer total (créé par bobine 1 et bobine 2) est égal à:

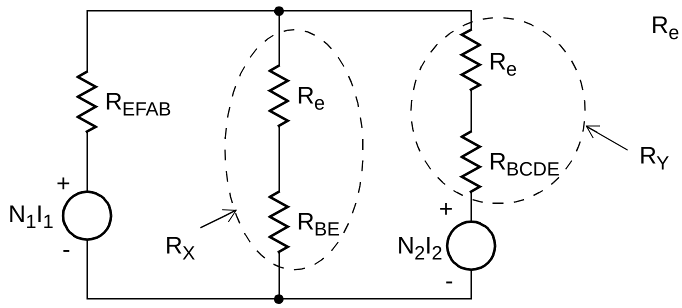
$$\phi_e = \phi_{e1} + \phi_{e2} = 3.8718\times10^{-4} + 4.8398\times10^{-4} = 8.7116\times10^{-4}\text{ Wb}$$

La densité de flux dans l'entrefer est: $B_e = \frac{\phi_e}{A} = \frac{8.7116\times10^{-4}}{5\times10^{-2}\times5.7\times10^{-2}} = 0.306\text{ T}$

3.9



Circuit équivalent du système électromagnétique:



Réluctance de l'entrefer: $R_e = \dfrac{e}{\mu_0 A} = \dfrac{0.5\times10^{-3}}{(4\pi\times10^{-7})(2\times10^{-2}\times3\times10^{-2})} = 6.6315\times10^{5}$ At/Wb

Réluctances des parcours en fer:

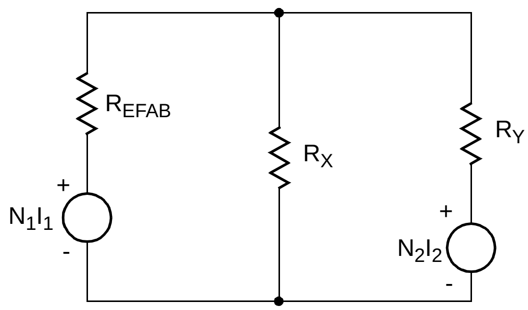
$$R_{EFAB} = R_{BCDE} = \frac{l_{EFAB}}{2500\mu_0 A} = \frac{0.2}{2500\times4\pi\times10^{-7}\times2\times10^{-2}\times3\times10^{-2}} = 1.061\times10^{5}\ \text{At/Wb}$$

$$R_{BE} = \frac{l_{BE}}{2500\mu_0 A} = \frac{0.08}{2500\times4\pi\times10^{-7}\times2\times10^{-2}\times3\times10^{-2}} = 4.244\times10^{4}\ \text{At/Wb}$$

On calcule R_X et R_Y:

$$R_X = R_{BE} + R_e = 4.244\times10^{4} + 6.6315\times10^{5} = 7.0559\times10^{5}\ \text{At/Wb}$$

$$R_Y = R_{BCDE} + R_e = 1.061\times10^{5} + 6.6315\times10^{5} = 7.6925\times10^{5}\ \text{At/Wb}$$



La réluctance équivalente vue par la bobine 1:

$$R_{eq1} = R_{EFAB} + (R_X \parallel R_Y) = 4.7413\times10^{5}\ \text{At/Wb}$$

L'inductance de la bobine 1: $L_1 = \dfrac{N_1^2}{R_{eq1}} = \dfrac{100^2}{4.7413\times10^{5}} = 0.0211\ \text{H} = 21.1\ \text{mH}$

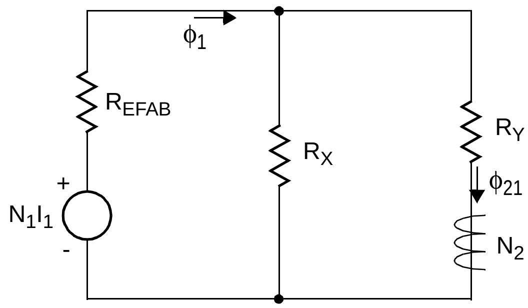
La réluctance équivalente vue par la bobine 2:

$$R_{eq2} = R_Y + (R_X \parallel R_{EFAB}) = 8.6148\times10^{5}\ \text{At/Wb}$$

L'inductance de la bobine 2: $L_2 = \dfrac{N_2^2}{R_{eq2}} = \dfrac{150^2}{8.6148\times10^{5}} = 0.0261\ \text{H} = 26.1\ \text{mH}$

On calcule l'inductance mutuelle entre la bobine 1 et la bobine 2 en calculant le flux injecté dans la bobine

2 par la bobine 1 (avec $I_1 \neq 0$ et $I_2 = 0$).



Le flux créé par la bobine 1est $\phi_1 = \frac{N_1 I_1}{R_{eq1}}$, avec R_{eq1} = réluctance équivalente vue par la bobine 1 =

$R_{eq1} = 4.7413 \times 10^5$.

Le flux injecté dans la bobine 2 est calculé à l'aide de la loi du diviseur de courant:

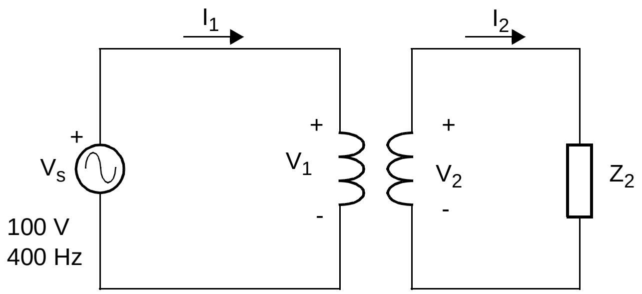
$$\phi_{21} = \frac{R_X}{R_X + R_Y} \times \phi_1 = \frac{R_X}{R_X + R_Y} \times \frac{N_1 I_1}{R_{eq1}}$$

Alors: $$\phi_{21} = \frac{7.0559}{7.0559 + 7.6925} \times \frac{100}{4.7413 \times 10^5} \times I_1 = 1.009 \times 10^{-4} \times I_1$$

L'inductance mutuelle est: $$M_{21} = \frac{N_2 \phi_{21}}{I_1} = \frac{150 \times 1.009 \times 10^{-4} \times I_1}{I_1} = 0.0151\ \mathrm{H} = 15.1\ \mathrm{mH}$$

On a aussi: $M_{12} = M_{21}$

b)

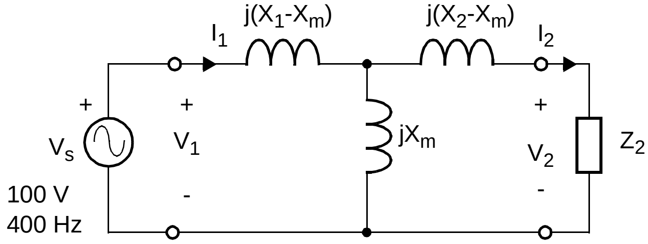


$$X_1 = \omega L_1 = 800\pi \times L_1 = 53\Omega$$

$$X_2 = \omega L_2 = 800\pi \times L_2 = 65.64\Omega$$

$$X_m = \omega M = 800\pi \times M = 38.04\Omega$$

Circuit équivalent:

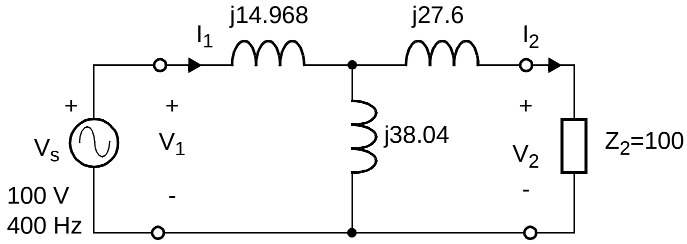


$$X_1 - X_m = 14.968\Omega$$

$$X_2 - X_m = 27.6\Omega$$

$$X_m = 38.04\Omega$$

Cas où $\underline{Z_2}$ = 100 Ω



Impédance équivalente vue par la source V_S:

$$Z_1 = j14.968 + \frac{(j38.04)(100 + j27.6)}{j38.04 + 100 + j27.6} = 47.46\angle 77.7°\ \Omega$$

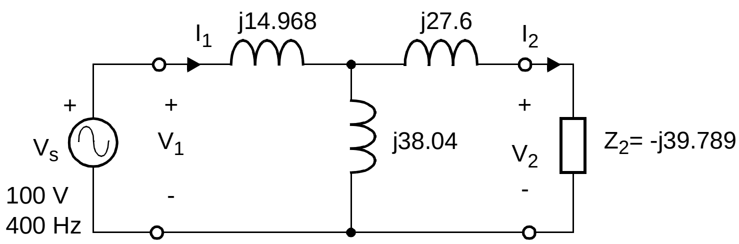
Le courant I_1 est: $$I_1 = \frac{V_s}{Z_1} = \frac{100\angle 0°}{47.46\angle 77.7°} = 2.107\angle -77.7°\ A$$

Le courant I_2 est calculé par la loi du diviseur de courant:

$$I_2 = \frac{j38.04}{j38.04 + 100 + j27.6} \times I_1 = 0.67\angle -21°\ A$$

La tension V_2 est: $V_2 = 100 I_2 = 67\angle -21°\ V$

Cas où $\underline{Z_2}$ = condensateur 10 μF



$$Z_2 = -\frac{j}{10\times10^{-6}\times 800\pi} = -j39.789\Omega$$

Impédance équivalente vue par la source V_S:

$$Z_1 = j14.968 + \frac{(j38.04)(-j39.789 + j27.6)}{j38.04 - j39.789 + j27.6} = -j2.966\ \Omega$$

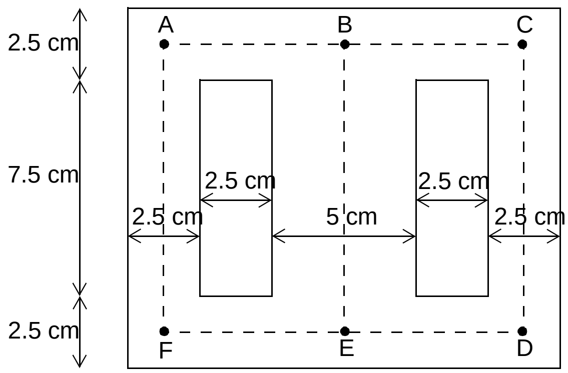
Le courant I_1 est: $$I_1 = \frac{V_s}{Z_1} = \frac{100\angle 0°}{-j2.966} = 33.71\angle 90°\ A$$

Le courant I_2 est calculé par la loi du diviseur de courant:

$$I_2 = \frac{j38.04}{j38.04 - j39.789 + j27.6} \times I_1 = 49.61\angle 90°\ A$$

La tension V_2 est: $V_2 = -j39.789 \times I_2 = -j39.789 \times 49.61\angle 90° = 1973.8\ V$

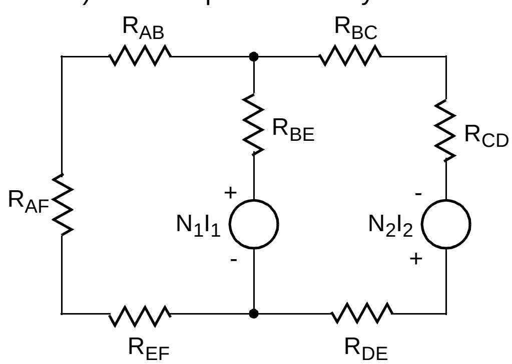
3.10 Structure du circuit magnétique:

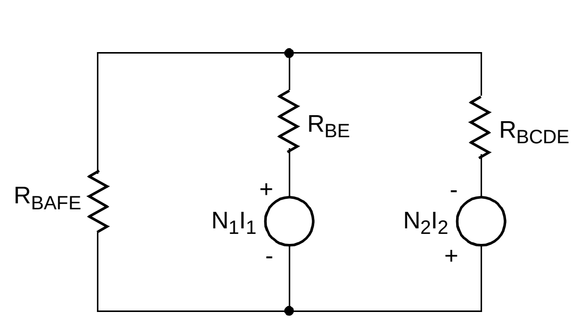


AB = BC = DE = EF = 6.25 cm

AF = BE = CD = 10 cm

a) Circuit équivalent du système électromagnétique:





On calcule la réluctance des parcours magnétiques:

$$R_{BAFE} = R_{BCDE} = \frac{l_{BAFE}}{\mu A} = \frac{0.225}{2500(4\pi\times10^{-7})(2.5\times10^{-2}\times4\times10^{-2})} = 7.162\times10^{4}\ \text{At/Wb}$$

$$R_{BE} = \frac{l_{BE}}{\mu A_1} = \frac{0.1}{2500(4\pi\times10^{-7})(5\times10^{-2}\times4\times10^{-2})} = 1.5915\times10^{4}\ \text{At/Wb}$$

L'inductance propre de la bobine no. 1 est $L_1 = \frac{N_1^2}{R_{eq1}}$ avec R_{eq1} = réluctance équivalente vue par la bobine no.1.

On a: $$R_{eq1} = R_{BE} + \frac{(R_{BAFE})(R_{BCDE})}{R_{BAFE} + R_{BCDE}} = 5.1725\times10^{4}\ \text{At/Wb}$$

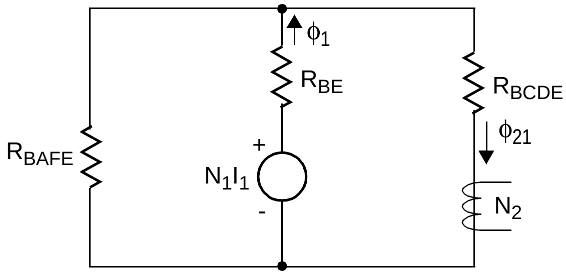
Alors: $$L_1 = \frac{180\times180}{5.1725\times10^{4}} = 0.626\ \text{H}$$

L'inductance propre de la bobine no. 2 est $L_2 = \frac{N_2^2}{R_{eq2}}$ avec R_{eq2} = réluctance équivalente vue par la bobine no.2.

On a: $$R_{eq2} = R_{BCDE} + \frac{(R_{BAFE})(R_{BE})}{R_{BAFE} + R_{BE}} = 8.464\times10^{4}\ \text{At/Wb}$$

Alors: $$L_2 = \frac{150\times150}{8.464\times10^{4}} = 0.266\ \text{H}$$

On calcule l'inductance mutuelle entre la bobine 1 et la bobine 2 en calculant le flux total couplé à la bobine 2 par la bobine 1 (avec $I_1 \neq 0$ et $I_2 = 0$).



$$\phi_{21} = \frac{\phi_1}{2} \quad \text{car } R_{BCDE} = R_{BAFE}$$

$$\phi_1 = \frac{N_1 I_1}{R_{eq1}}$$

Le flux créé par la bobine 1 est $\phi_1 = \dfrac{N_1 I_1}{R_{eq1}}$, avec R_{eq1} = réluctance équivalente vue par la bobine 1.

Le flux injecté dans la bobine 2 est calculé à l'aide de la loi du diviseur de courant:

$$\phi_{21} = \frac{R_{BAFE}}{R_{BAFE} + R_{BCDE}} \times \phi_1 = 0.5\phi_1$$

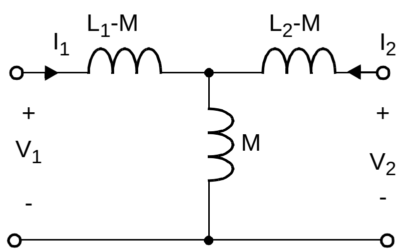
Alors: $$\phi_{21} = 0.5 \times \frac{N_1 I_1}{R_{eq1}} = \frac{90}{5.1725 \times 10^4} \times I_1 = 0.0017 \times I_1$$

L'inductance mutuelle est: $$M_{21} = \frac{N_2 \phi_{21}}{I_1} = \frac{150 \times 0.0017 \times I_1}{I_1} = 0.261 \text{ H}$$

On a aussi: $M_{12} = M_{21}$

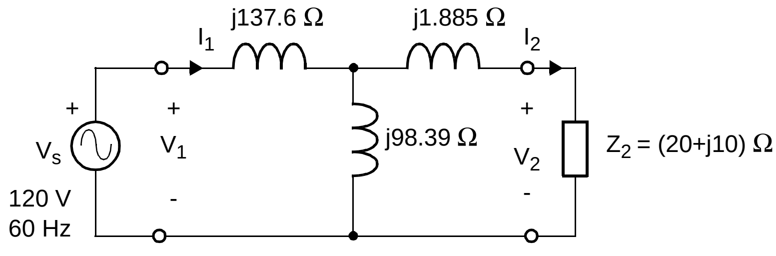
Le coefficient de couplage est égal à: $$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}} = \frac{0.261}{\sqrt{0.626 \times 0.266}} = 0.64$$

b) Circuit équivalent du système:



$$L_1 - M = 0.365\text{H}$$
$$L_2 - M = 0.005\text{H}$$
$$M = 0.261\text{H}$$

c) Une source de tension sinusoïdale 120 V /60 Hz est connectée à la bobine no. 1:



Le courant I_1 est égal à:

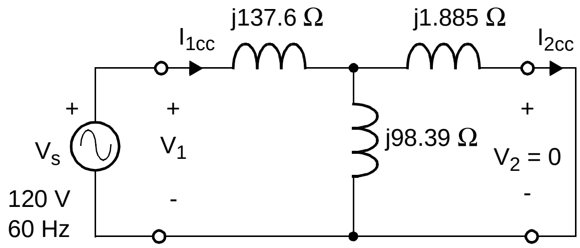
$$I_1 = \frac{V_s}{j137.6 + \dfrac{(j98.39)(j1.885 + 20 + j10)}{j98.39 + j1.885 + 20 + j10}} = \frac{120\angle 0°}{151.78\angle 81.2°} = 0.79\angle{-81.2°} \text{ A}$$

Le courant I_2 est calculé par la loi du diviseur de courant:

$$I_2 = \frac{j98.39}{j98.39 + j1.885 + 20 + j10} \times I_1 = 0.69\angle{-73.9°} \text{ A}$$

La tension V_2 est égale à: $V_2 = Z_2 I_2 = (20 + j10)(0.69\angle{-73.9°}) = 15.52\angle{-47.3°}$ V

d) Les bornes de la bobine no. 2 sont court-circuitées:



Le courant I_{1cc} est égal à: $$I_{1cc} = \frac{120\angle 0°}{j137.6 + \frac{(j98.39)(j1.885)}{j98.39 + j1.885}} = \frac{120\angle 0°}{j139.45} = 0.86\angle{-90°}\ \text{A}$$

Le courant I_{2cc} est égal à: $$I_{2cc} = \frac{j98.39}{j98.39 + j1.885} \times I_{1cc} = 0.844\angle{-90°}\ \text{A}$$