EXERCICE 1 : REALISATION D'UNE INDUCTANCE

1. $S = 10\,cm \times 10\,cm = 100\,cm^2 = 10^{-2}\,m^2$
2. La longueur moyenne du profil en fer est : $L_f = L - e \times L = 80\,cm$

On considère que la section du circuit est constante (on néglige les effets de coins) et la perméabilité relative du fer est : $\mu_R = 528.6\,SI$, On écrit donc la réluctance : $R_f = \frac{L}{\mu \times S} = \frac{L}{\mu_0 \times \mu_R \times S} = \frac{0.8}{4 \times \pi \times 10^{-7} \times 528.6 \times 10^{-2}} = 120423\,SI$

3) Dans la couche d'air que forme l'entrefer : $R_a = \frac{e}{\mu_0 \times S} = \frac{10^{-3}}{4 \times \pi \times 10^{-7} \times 10^{-2}} = 79577\,SI$

4) Les deux circuits, fer et air, sont associés en série. La réluctance totale du circuit magnétique formé sera donc : $R = R_f + R_a = 200000\,SI$

5) L'inductance que représentent les 100 spires du bobinage sur ce circuit est :

$$L = \frac{N^2}{R} = 50\,mH$$

6) L'induction maximale dans le circuit magnétique est donnée par la formule :

$V = 4.44 \times N \times B_{max} \times S \times f$ où N = 100, f = 50 Hz et $S = 10^{-2}\,m^2$. On en déduit : $B_{max} = \frac{V}{4.44 \times N \times S \times f} = 1.03\,T$

Si on ne décide de bobiner que 10 spires, l'application de la formule donne :

$B_{max} = 1.03\,T$ Cette valeur est impossible à obtenir dans du fer et on en conclut que le circuit magnétique saturerait très fortement, ce qui ne correspond plus du tout à la linéarité attendue entre le courant et le flux. Il est donc évident que ce choix de nombre de spires ne permet pas d'aboutir à la réalisation d'une inductance constante.

7) Si le circuit magnétique bobiné forme une inductance de valeur L = 50 mH, alors on peut écrire en notation complexe : $\overline{V} = j \times L \times w$, En passant aux modules :

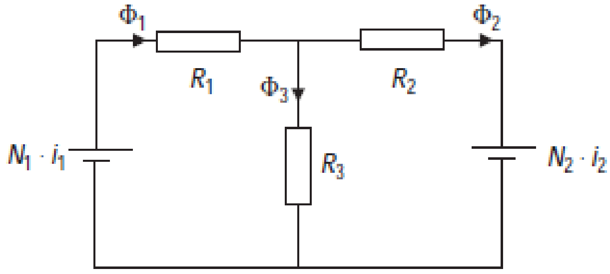
$$I = \frac{V}{L \times w} = \frac{230}{50 \times 10^{-3} \times 2 \cdot\times \pi \times 50} = 14.65\,A$$

Pour ne pas dépasser une densité de courant de 5 A/mm2, il faut assurer la relation suivante :

$\frac{I_{max}}{S_{conducteur}} < 5\,A/m^2$ Donc : $S_{conducteur} = \frac{I_{max}}{5} = \frac{I\sqrt{2}}{5} =' 4.14\,mm^2$

EXERCICE 2: CIRCUIT COUPLES ET INDUCTANCE DE FUITE

1) On représente le schéma équivalent en analogie électrique sur la *figure*



Fig

2) $$\Phi_1 = \Phi_2 + \Phi_3$$

3) $\Phi_2 = \frac{1}{R_2} N_1 \times i_1 \times \frac{R_2//R_3}{R_1+R_2//R_3} = \frac{1}{R_2} N_1 \times i_1 \times \frac{R_2 \times R_3}{R_1 \times R_2 + R_2 \times R_3 + R_1 \times R_3} = N_1 \times i_1 \times \frac{R_3}{R_1 \times R_2 + R_2 \times R_3 + R_1 \times R_3}$

4) De même : $\Phi_3 = \frac{1}{R_3} N_1 \times i_1 \times \frac{R_2 \times R_3}{R_1 \times R_2 + R_2 \times R_3 + R_1 \times R_3} = N_1 \times i_1 \times \frac{R_2}{R_1 \times R_2 + R_2 \times R_3 + R_1 \times R_3}$

5) L'inductance mutuelle *M* est définie comme le rapport du flux intercepté par le bobinage 2 (N_2, Φ_2) par le courant i_1

ICI : $M = \frac{N_2 \times \Phi_2}{i_1} = N_1 \times N_2 \times \frac{R_3}{R_1 \times R_2 + R_2 \times R_3 + R_1 \times R_3}$

6) L'inductance demandée correspond au rapport du flux dans le tronçon 3 intercepté par le bobinage 1 par le courant i_1:

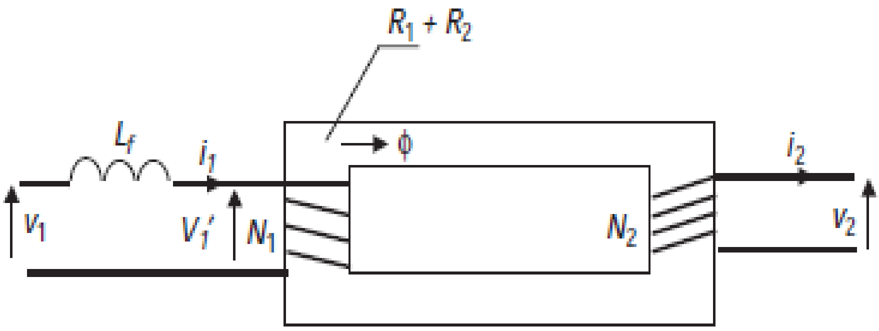
ICI : $L_f = \frac{N_1 \times \Phi_3}{i_1} = {N_1}^2 \times \frac{R_3}{R_1 \times R_2 + R_2 \times R_3 + R_1 \times R_3}$ on écrira alors que :

$$N_1 \times \Phi_3 = L_f \times i_1$$

7) La loi de Lenz permet d'écrire :

$$v_1(t) = N_1 \times \frac{d\Phi_1}{dt} = N_1 \times \frac{d(\Phi_2+\Phi_3)}{dt} = N_1 \times \frac{d\Phi_2}{dt} + L_f \times \frac{di_1}{dt}$$

Cette équation de maille correspond au circuit représenté sur la *figure*



Le circuit magnétique proposé correspond à un transformateur dans lequel on tient compte des fuites magnétiques sous la forme de l'inductance de fuite et de l'inductance équivalente au primaire *L*, qu'on appelle en général l'inductance magnétisante.

9) Pour représenter les fuites au secondaire, un raisonnement identique à celui conduit dans cet exercice amènerait à représenter une autre inductance de fuite au secondaire de ce transformateur,

c'est-à-dire en série avec le bobinage 2.

EXERCICE 3: CIRCUIT MAGNETIQUE NON LINEAIRE : ELECTROAIMANT

Dans cet exercice, le matériau n'est pas linéaire, il est donc impossible d'utiliser la formule d'Hopkinson : $NI = R\Phi$. Il est donc impératif de n'utiliser que le théorème d'Ampère appliqué aux circuits magnétiques simplifiés :$N \times I = \int_C \vec{H}.\vec{dl}$ où *C* est le libre parcours moyen, c'est-à-dire en utilisant les hypothèses classiques $N \times I = \int_C H.dl = H.L$

Où *L* est la longueur du circuit homogène.

1) On désire avoir : $\Phi = 2 \times 10^{-3} Wb$ c'est-à-dire : $B = \frac{\Phi}{S} = \frac{2.10^{-3}}{20..10^{-4}} = 1\,T$

On lit alors dans le tableau que le champ correspondant est : *H* = 760 A/m. Le théorème d'Ampère s'écrit alors : $NI = H \cdot L$ c'est-à-dire que :$N_{mini} = \frac{H.L}{I_{max}} = \frac{760.80.10^{-2}}{20} = 30.4\ soit\ donc\ \mathbf{31\ spires}$. On considère donc à présent que *N* = 62 spires.

2) L'apparition de l'entrefer rend le circuit magnétique non homogène. La décomposition de l'intégrale du théorème d'ampère se réduit à : $N \times I = H_{acier} \times L \times H_{air} \times 2 \times e$

L'air représente un milieu linéaire dans lequel $= \frac{B}{\mu_0} = \frac{1}{4.\pi.10^{-7}} = 795.7KA/m$

Dans l'acier, on lit toujours dans le tableau : $H_{air} = 760\ A/m$

On en déduit : $I = \frac{H_{acier}.H_{air}.L.2.e}{N} = \frac{760 \times 80 \times 10^{-2} + 795.7 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^{-3}}{62} = 35.47\ A$

Le courant étant limité à 20 A, il est nécessaire de prévoir un nombre de spires tel que

$$N \times I = 35.47 \times 62 = 2200\ avec\ I = 20\ A\ c'est\grave{a}\ dire: N = 110\ spires$$

3) Il faut noter que le flux et l'induction sont proportionnels puisqu'on écrit : $\boldsymbol{\Phi = B.S}$

De même, le champ magnétique et le courant sont également proportionnels puisque $N \times I = H \cdot L$. Ainsi, les courbes $B(H)$ ou $\boldsymbol{\Phi(I)}$ ont exactement les mêmes formes, mais évidement pas les mêmes échelles. On représente ainsi sur la *figure* l'allure des courbes $\Phi(\mathrm{H_{acier}, L})$ et $\Phi(\mathrm{H_{air}, 2e})$ en fonction de $\boldsymbol{\Phi = B.S}$ Les points correspondant à $\boldsymbol{B = 1.3\ T}$ (c-à-d $\boldsymbol{\Phi = 2.6.10^{-4} Wb)}$ sont côtés sur chaque dessin On en déduit l'allure de : $N \times I = H_{acier} \cdot L + H_{air} \cdot 2 \cdot e$, qui caractérise les ampères tours en fonction de Φ pour le circuit magnétique avec entrefer. On constate sur ces schémas de principe que l'entrefer a un effet dé-saturant sur la courbe d'aimantation du circuit magnétique