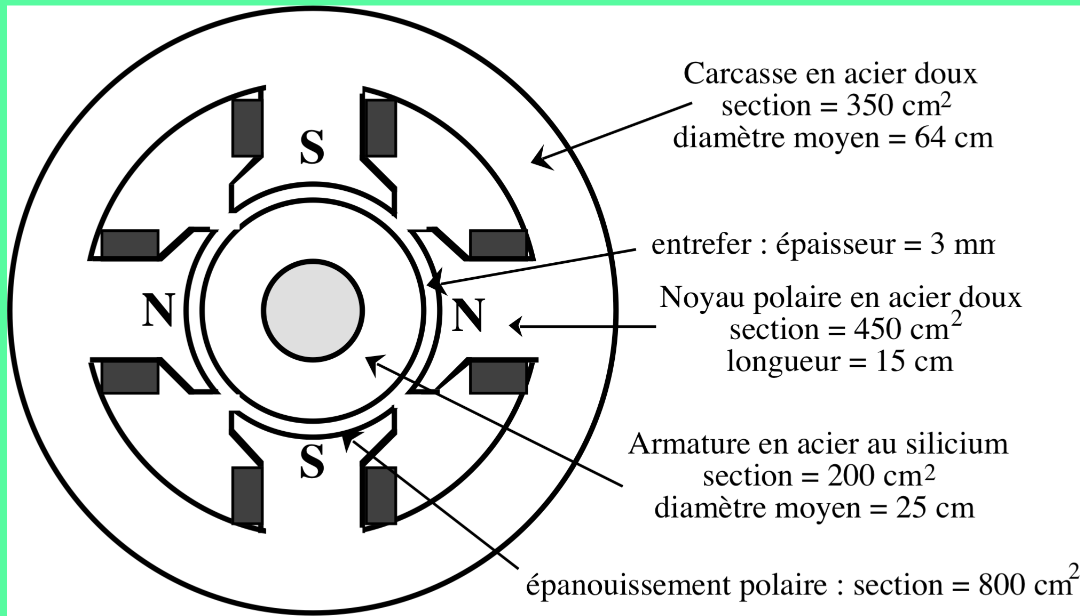
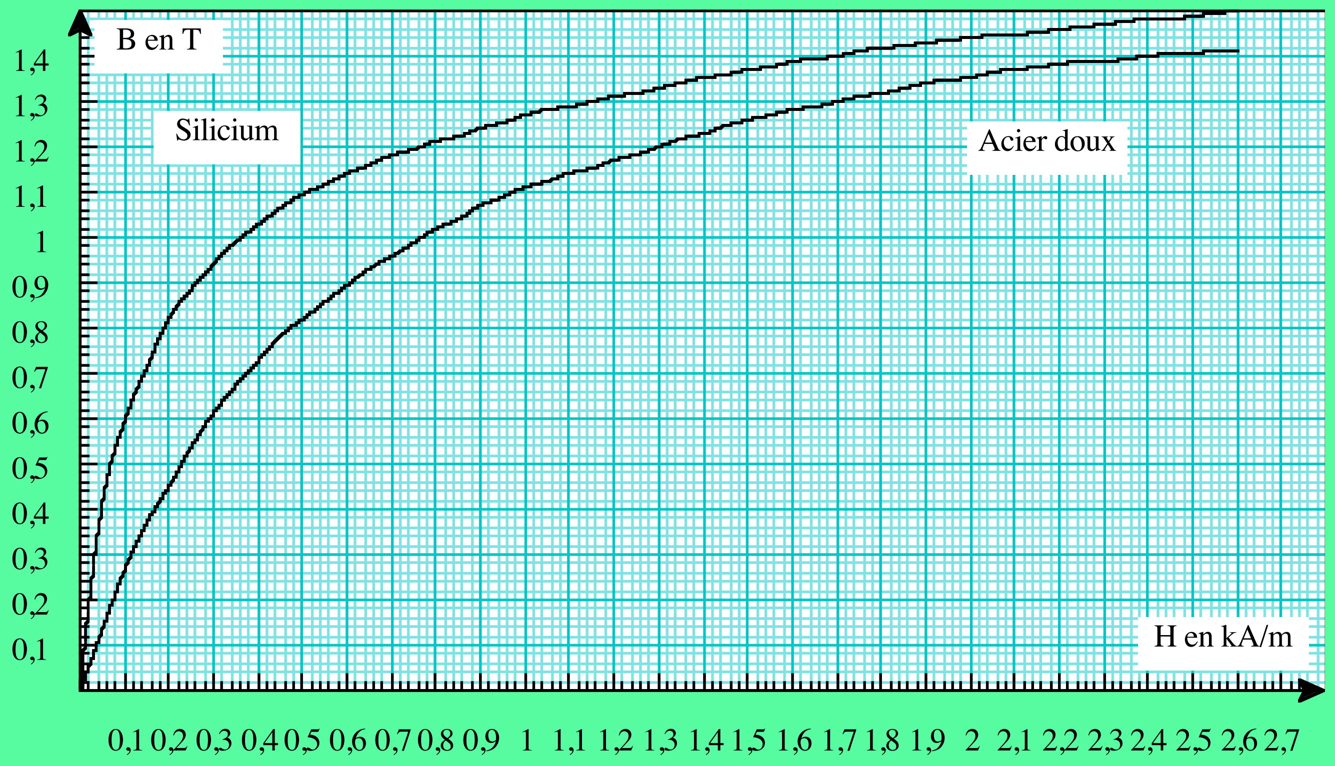
Exercice 1

On considère le circuit magnétique ci dessous où l'on souhaite obtenir au niveau des entrefers une induction supposée constante de 0,75 T. Evaluer le courant d'excitation parcourant les 4 bobines identiques de 1200 spires chacune. Le circuit magnétique est supposé sans fuites.



Exercice 1

On considère le circuit magnétique ci dessous où l'on souhaite obtenir au niveau des entrefers une induction supposée constante de 0,75 T. Evaluer le courant d'excitation parcourant les 4 bobines identiques de 1200 spires chacune. Le circuit magnétique est supposé sans fuites.



Exercice 1

On prend en compte les différentes parties homogènes le long d'une ligne d'induction.
On constate que dans ce circuit le flux se divise en 2 parties égales au niveau de la carcasse et de l'armature. De plus les A-t concernés sont ceux créés par 2 bobines.

Parties homogènes	Flux Φ (mWb)	Section S (cm^2)	Induction B (T)	champ H (A/m)	longueur L (m)	f.m.m. «N.I» (A-t)
Entrefers (2)	60	800	0,75	596.831	0,006	3581
Noyaux polaires	60	450	1,333	1850	0,3	555
Carcasse	30	350	0,857	550	0,503	276,5
Armature	30	200	1,5	2600	0,196	510,5
					A-t totaux	4923

AN : $2N\,I = 4923 \Rightarrow I = 2{,}05\ A$

Exercice 2

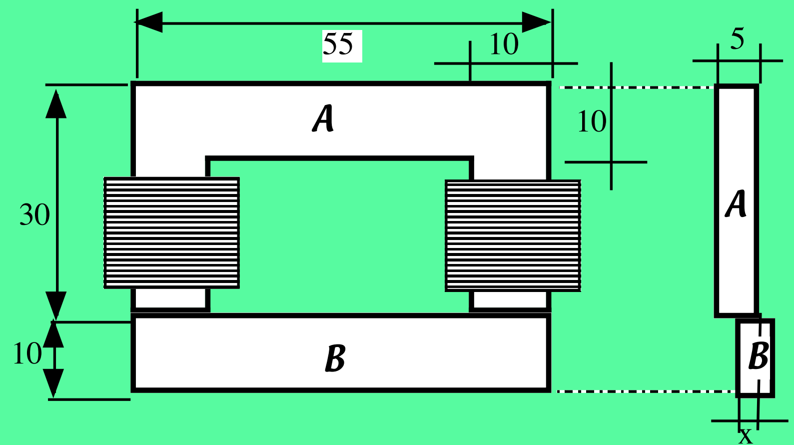
Le circuit magnétique ci-dessous est composé de deux parties A et B en fer doux séparées par un entrefer constant e = 0,05 mm. Les bobines comportent N spires chacune et sont parcourues par un courant I. On admettra que le circuit magnétique est sans fuites et que le fer doux a une perméabilité relative constante $\mu r = 1500$. On peut décaler A et B l'une par rapport à l'autre tel que le montre la figure avec $2{,}5 \leq x \leq 5$ mm.

1° - Sans décalage, calculer NI pour que l'induction dans les entrefers soit de 1,25 T.

2° - Avec les mêmes A.t mais x = 2,5 mm., que devient cette induction ?

3° - Pour x = 2,5 mm, calculer la force qui tend à ramener A en face de B.

On rappelle la formule de Picou : $\boxed{F_x = \frac{1}{2}\left(NI_{air}\right)^2 \frac{\partial P_{air}}{\partial x}}$



Exercice 2

1° On peut établir le tableau suivant :

Parties homogènes	Flux Φ (μWb)	Section S (mm^2)	Induction B (T)	champ H (A/m)	longueur L (mm)	f.m.m. «N.I» (A-t)
Entrefers (2)	62,5	50	1,25	994.718	0,1	99,5
Partie A	62,5	50	1,25	663	95	63
Partie B	62,5	50	1,25	663	55	36,5
					A-t totaux	199

AN : $2N\,I = 199 \Rightarrow NI = 99{,}5\ A.t$

Exercice 2

2° S_e passe de 50 à 25 mm² . Comme on admet $\mu_r = C^{te}$, on peut définir la réluctance des 3 parties homogènes de ce circuit. Celles-ci étant en série, on pourra calculer la réluctance totale par simple addition.

$$\Re_T = \Re_e + \Re_A + \Re_B = \frac{e}{\mu_0 \, S_e} + \frac{L_A}{\mu_0 \mu_r \, S_A} + \frac{L_B}{\mu_0 \, \mu_r S_B}$$

AN : $\Re_T = \dfrac{10^{-4}}{\mu_0 \times 25.10^{-6}} + \dfrac{95.10^{-3}}{\mu_0 \times 1500 \times 50.10^{-6}} + \dfrac{55.10^{-3}}{\mu_0 \times 1500 \times 50.10^{-6}} = \dfrac{6}{\mu_0} = 4.774.648 \; H^{-1}$

$$\Phi = B_e . S_e = \frac{2 \, N \, I}{\Re_T}$$

AN : $B_e = \dfrac{\mu_0 199}{6 \times 25.10^{-6}} = 1,667 \; T$

Exercice 2

3° Pour un x donné $S_e = 10\,x.10^{-6}$ (x en mm). D'où :

$$\Re_T = \frac{2x+10}{\mu_0\,x} \Rightarrow B_e = \frac{2\,N\,I}{\Re_T\,S_e} = \frac{199\,\mu_0\,10^5}{2x+10}$$

Pour chaque entrefer :

($x_* = x$ en m)

$$\begin{cases} (N\,I)_{air} = H_e.e = \dfrac{B_e}{\mu_0}.e = \dfrac{995}{2x+10} \\ \Re_e = \dfrac{5}{\mu_0\,x} \Rightarrow \dfrac{\partial P_e}{\partial x_*} = \dfrac{\partial P_e}{\partial x}\,\dfrac{\partial x}{\partial x_*} = \dfrac{\mu_0}{5}\times 10^3 \end{cases}$$

$$\boxed{F(x) = \frac{1}{2}(N\,I)^2_{air}\,\frac{\partial P_e}{\partial x_*}}$$

AN : $F(x) = \dfrac{1}{2}\left(\dfrac{995}{2x+10}\right)^2 \dfrac{\mu_0}{5}10^3$

Soit pour les 2 entrefers et x = 2,5 mm $F = 1{,}106\ N$

Remarque : La masse de la partie A est de 37 gr et celle de la partie B de 21,5 gr

Exercice 3

Les circuits magnétiques ci-dessous seront supposés sans fuites et les tôles employées ont la courbe d'aimantation ci-jointe.

1° - Déterminer les A.t à créer dans le noyau B pour obtenir une induction de 0,8 T dans l'entrefer A de la fig 1.

2° - Même question dans le cas du circuit de la fig 2.

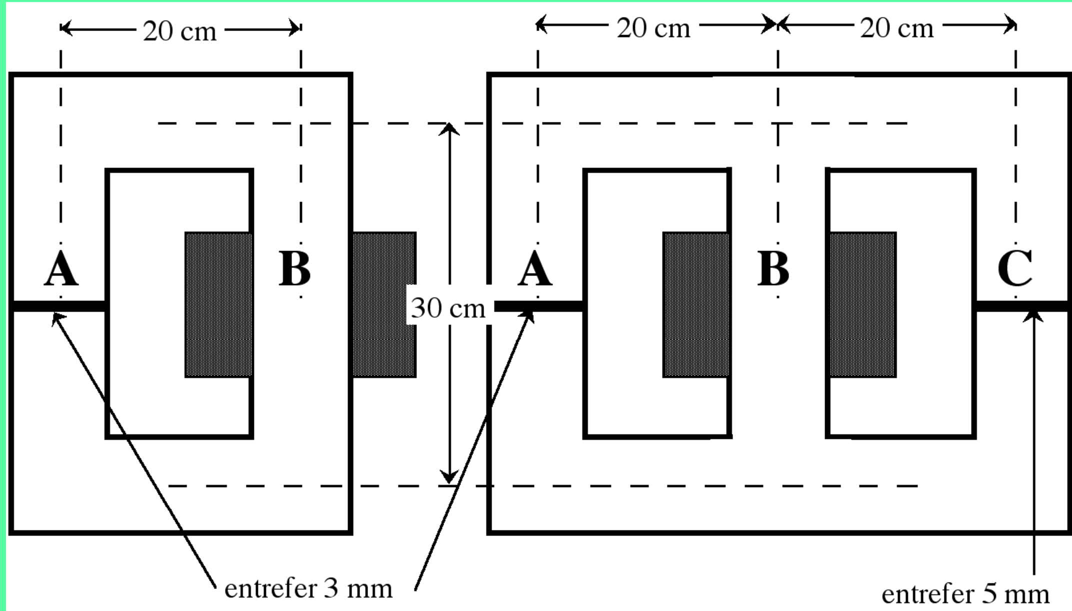


Figure 1 Toutes les sections sont de 40 cm^2 **Figure 2**

Exercice 3

1° Dans le cas de la fig. 1, le tableau est limité à 2 parties : l’entrefer et le fer :

Parties homogènes	Flux Φ (mWb)	Section S (cm^2)	Induction B (T)	champ H (A/m)	longueur L (m)	f.m.m. «N.I» (A-t)
Entrefer A	3,2	40	0,8	636.620	0,003	1910
Partie B	3,2	40	0,8	450	0,997	449
					A-t totaux	2359

Exercice 3

2° Dans le cas de la fig. 2, le circuit comporte maintenant une branche commune B de longueur 0,3 m et 2 branches latérales, A de longueur 0,697 m et C de longueur 0,695 m. **Les 2 branches latérales consomment les mêmes A.t**, soit en reprenant les résultats du 1° :

$$NI = 1910 + 450 \times 0,697 = 2224 \;\; A.t$$

Dans la branche C, ces A.t s'écrivent : $N\,I = 2224 = \dfrac{B_f}{\mu_0} \times 0,005 + H_f \times 0,695$

Ce qui est l'équation d'une droite que l'on peut tracer dans le même plan que la courbe d'aimantation, soit : $B_f = -1,75 \times 10^{-4} H_f + 0,559$

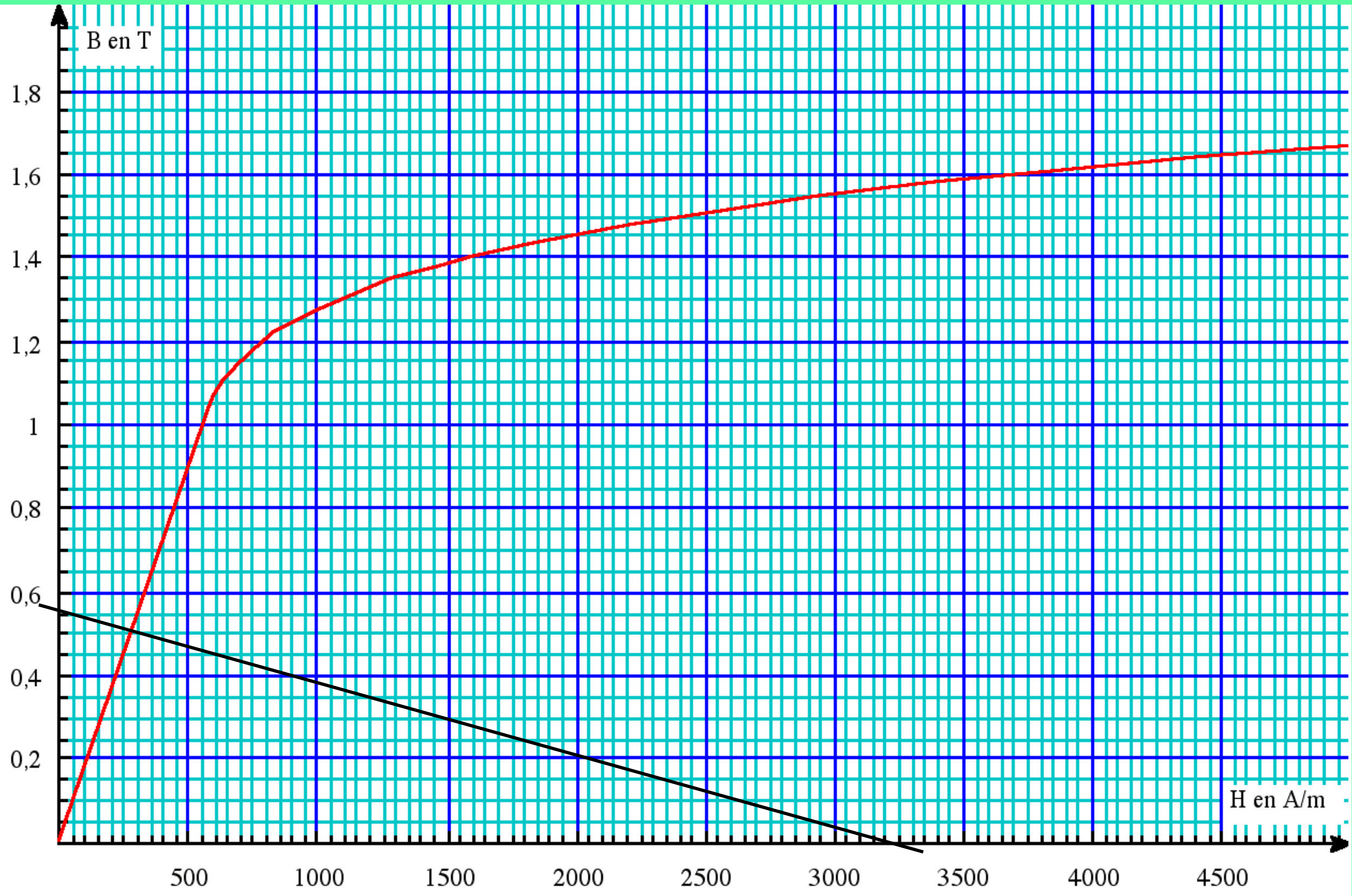
L'intersection des 2 courbes donne : $H_f = 270 \;\; A/m \;\; et \;\; B_f = 0,51 \; T$

L'induction dans la branche commune est donc : $B = 0,51 + 0,8 = 1,31 \; T$

Ce qui donne un champ H = 1100 A/m et donc des A.t consommés de 1100 x 0,3 = 330 A-t

Les A.t totaux seront donc : $N\,I = 2224 + 330 = 2554 \;\; A.t$

Exercice 3



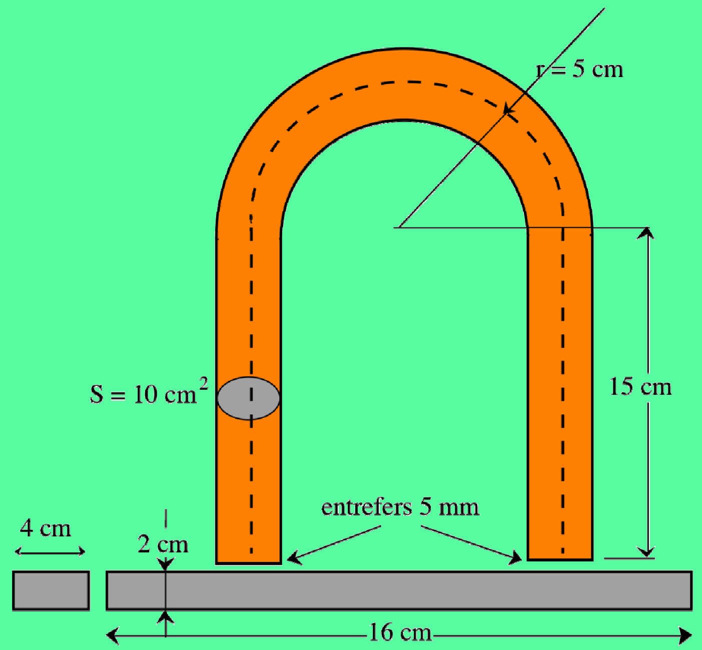
COURBE D'AIMANTATION DU FER DOUX

Exercice 4

Soit le circuit magnétique, supposé sans fuites, d'un électro-aimant en fer (courbe d'aimantation jointe). La partie fixe porte un enroulement de 100 spires. On donne la masse volumique du fer : 7800 kg/m^3 et g = 10 m/s^2 .

1° - Donner la valeur minimum du courant permettant l'attraction de l'armature.

2° - Avec le courant du 1°, déterminer la force à appliquer à l'armature pour ouvrir à nouveau le circuit magnétique (on admettra un entrefer de 0,1 mm).



Exercice 4

1° Au niveau de chaque entrefer, apparaît une force $F = \frac{B_e^2 S_e}{2\mu_0}$ donc le poids de l'armature

$\boxed{P = 2F = \frac{B_e^2 S_e}{\mu_0}}$ Masse de l'armature : $m = 8 \times 16.10^{-6} \times 7800 = 0{,}9984\ kg \Rightarrow P \simeq 10\ N$

D'où, avec S_e = 10cm$_2$: $\boxed{B_e = \sqrt{\frac{\mu_0 P}{S_e}} = 0{,}112\ T}$

On peut alors dresser le tableau :

Parties homogènes	Flux Φ (μWb)	Section S (cm^2)	Induction B (T)	champ H (A/m)	longueur L (m)	f.m.m. «N.I» (A-t)
Entrefers (2)	112	10	0,112	89.127	0,01	891
Culasse	112	10	0,112	50	0,457	23
Armature	112	8	0,14	70	0,12	8
					A-t totaux	922

Soit pour 100 spires : **I = 9,22 A**

Exercice 4

2° L'entrefer passe à 0,2 mm et on doit procéder par approximations successives. On essaie 1,2 T puis 1,25 T pour se fixer à **1,23 T**.

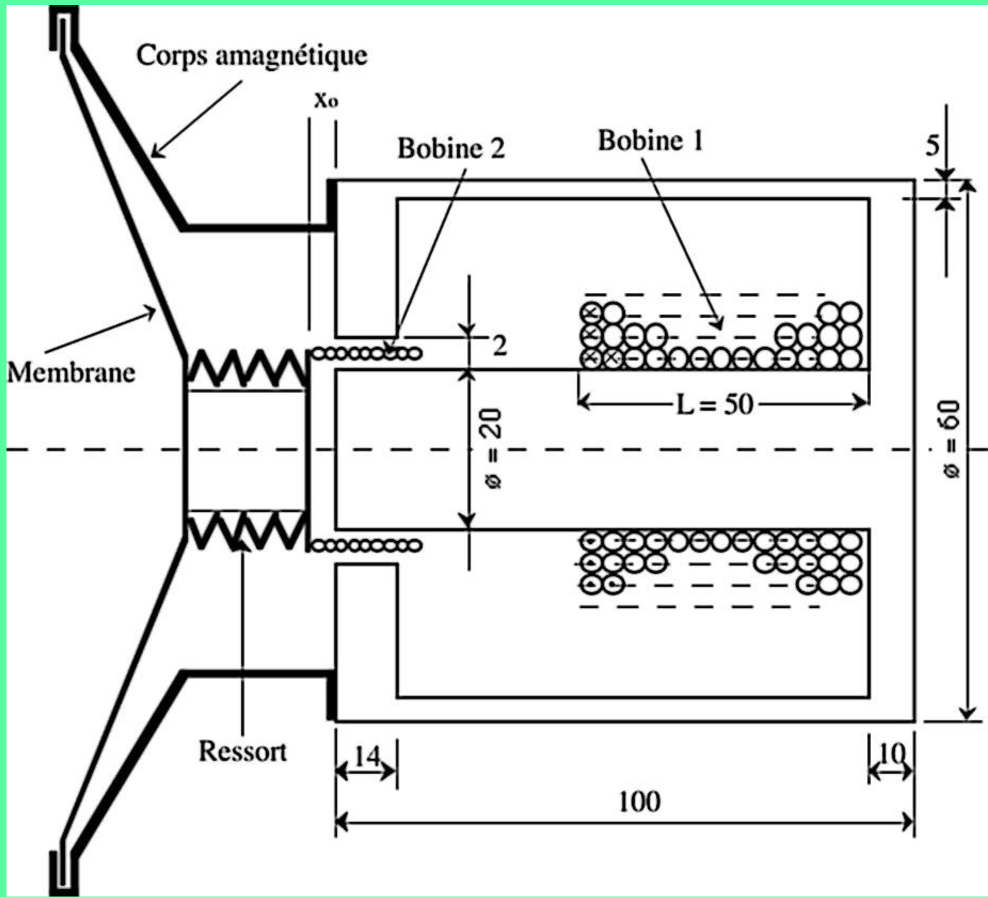
vérification :

Parties homogènes	Flux Φ (mWb)	Section S (cm^2)	Induction B (T)	champ H (A/m)	longueur L (m)	f.m.m. «N.I» (A-t)
Entrefers (2)	1,23	10	1,23	978.803	0,0002	196
Culasse	1,23	10	1,23	850	0,457	388
Armature	1,23	8	1,54	2800	0,12	336
					A-t totaux	920

La force sera donc : $F = \dfrac{B_e^2 S_e}{\mu_0} = \dfrac{1{,}23^2 \times 10^{-3}}{\mu_0} = 1204\ N$

Exercice 5

Un haut-parleur, figure ci-contre, est un système assurant la conversion d'énergie électrique en énergie acoustique. La membrane, assimilée à un ressort de raideur k = 1 N/mm, réalise la transformation mécanique-acoustique. La bobine 1, de 200 spires, alimentée en courant continu, crée la force magnétomotrice nécessaire au circuit magnétique.
La bobine 2, liée au ressort, est parcourue par le courant i représentatif du son; en se déplaçant, elle transmet à la membrane l'énergie mécanique; elle comporte 35 spires de diamètre moyen 22 mm réalisées en fil de 0,5 mm de diamètre. Le circuit magnétique sera supposé parfait.



Exercice 5

1° - Calculer l’induction dans l’entrefer pour un courant de 6 A dans la bobine 1 et préciser son sens.

Exercice 5

1° - Calculer l'induction dans l'entrefer pour un courant de 6 A dans la bobine 1 et préciser son sens.

Si le circuit magnétique est parfait, tous les A.t sont consommés dans l'entrefer, soit :

$$N\,I = 200 \times 6 = 1200 \;\; A.t$$

Calcul approché : On suppose la surface de l'entrefer constante et on prend la valeur moyenne du diamètre soit : D_m = 22 mm

D'où, avec e = 2 mm : $$\boxed{N\,I = 1200 = \frac{B_e}{\mu_0} e \Rightarrow B_e = 0{,}754 \;\; T}$$

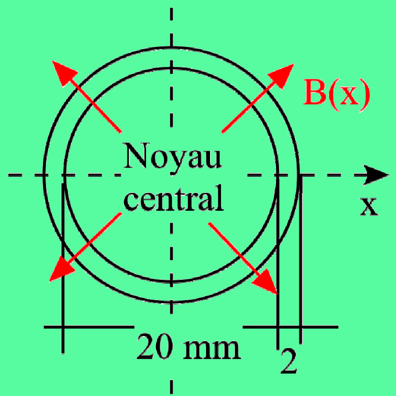
Exercice 5

1° - Calculer l'induction dans l'entrefer pour un courant de 6 A dans la bobine 1 et préciser son sens.

Si le circuit magnétique est parfait, tous les A.t sont consommés dans l'entrefer, soit :

$$N\,I = 200 \times 6 = 1200 \;\; A.t$$

Calcul exact :



La section S_e de l'entrefer varie continûment à la traversée de l'entrefer. Soit x la position dans l'entrefer : $0 \leq x \leq 2$ mm

Le diamètre est alors : $D(x) = (20 + 2x).10^{-3} \Rightarrow S_e(x) = 2\pi h(10 + x).10^{-3}$

D'où la réluctance :

$$\Re_e = \int_0^e \frac{dx}{\mu_0 S_e} = \frac{1}{2\pi h \mu_0}\int_0^e \frac{dx}{10 + x} = \frac{1}{2\pi h \mu_0} Ln\left(1 + \frac{e}{10}\right) = 1.649.378 \;\; H^{-1}$$

Par suite : $\Phi = B_e . S_e = \dfrac{N\,I}{\Re_e} = 0{,}728 \;\; mWb$

Ce qui donne pour l'induction : $\begin{cases} B_e.\max i(x = 0) = 0{,}827 \;\; T \\ B_e.\min i(x = 2) = 0{,}689 \;\; T \\ B_e.\mathrm{m}oy(x = 1) = 0{,}752 \;\; T \end{cases}$

Exercice 5

2° - La bobine 2 est parcourue par un courant de 1 A dans un sens puis dans l'autre. Déterminer les forces s'exerçant sur celle-ci et les deux positions d'équilibre x_1 et x_2 (on négligera la masse de la bobine et on prendra x_0 = 2 mm pour i = 0 A).

Exercice 5

2° - La bobine 2 est parcourue par un courant de 1 A dans un sens puis dans l'autre. Déterminer les forces s'exerçant sur celle-ci et les deux positions d'équilibre x_1 et x_2 (on négligera la masse de la bobine et on prendra $x_0 = 2$ mm pour i = 0 A).

La force de Laplace est de la forme : $F = \int_{n\ tours} i\,B\,dl = i\,B\,n\pi D_m$

AN : $\left.\begin{array}{l} D_m = 22\ mm \\ n = 35\ spires \end{array}\right\} \Rightarrow F = 1{,}82\ N$

$$\boxed{F = k\,\Delta x \Rightarrow x_{1,2} = x_0 \pm \frac{F}{k} \Rightarrow \begin{cases} x_1 = 3{,}82\ mm \\ x_2 = 0{,}18\ mm \end{cases}}$$

Exercice 5

3° - Pour une densité de courant de 5 A/mm^2 dans la bobine 1 et si celle-ci est alimentée directement par une source de tension continue de 2 V, évaluer la section du fil de cette bobine si l’on dispose du volume intérieur du haut-parleur sur une longueur L = 50 mm (on prendra la résistivité du cuivre ρ = 20 nΩ.m).

Exercice 5

3° - Pour une densité de courant de 5 A/mm^2 dans la bobine 1 et si celle-ci est alimentée directement par une source de tension continue de 2 V, évaluer la section du fil de cette bobine si l'on dispose du volume intérieur du haut-parleur sur une longueur L = 50 mm (on prendra la résistivité du cuivre ρ = 20 nΩ.m).

Les conditions imposent la longueur moyenne d'une spire, en effet :

$$V = R\,I = \rho\, L\,\delta = \rho\, N\, L_m\,\delta \qquad \text{AN :} \quad \left.\begin{aligned} N &= 200 \\ V &= 2\ V \\ \delta &= 5\ A/mm^2 \end{aligned}\right\} \Rightarrow L_m = 0{,}1\ m$$

Exercice 5

3° - Pour une densité de courant de 5 A/mm^2 dans la bobine 1 et si celle-ci est alimentée directement par une source de tension continue de 2 V, évaluer la section du fil de cette bobine si l'on dispose du volume intérieur du haut-parleur sur une longueur L = 50 mm (on prendra la résistivité du cuivre ρ = 20 nΩ.m).

Les conditions imposent la longueur moyenne d'une spire, en effet :

$$V = R\,I = \rho\,L\,\delta = \rho\,N\,L_m\,\delta \qquad \text{AN :} \quad \left.\begin{array}{l} N = 200 \\ V = 2\ V \\ \delta = 5\ A/mm^2 \end{array}\right\} \Rightarrow L_m = 0{,}1\ m$$

Par ailleurs, si **c** est le nombre de couches et **d** le diamètre du fil, alors :

$$L_m = \left(D_0 + c.d\right).10^{-3}$$ avec D_0 = 20 mm diamètre du support de bobinage

AN : $c.d = 11{,}831\ mm$

Exercice 5

3° - Pour une densité de courant de 5 A/mm^2 dans la bobine 1 et si celle-ci est alimentée directement par une source de tension continue de 2 V, évaluer la section du fil de cette bobine si l'on dispose du volume intérieur du haut-parleur sur une longueur L = 50 mm (on prendra la résistivité du cuivre ρ = 20 nΩ.m).

Les conditions imposent la longueur moyenne d'une spire, en effet :

$$V = R\,I = \rho\,L\,\delta = \rho\,N\,L_m\,\delta \quad \text{AN :} \left.\begin{array}{l} N = 200 \\ V = 2\ V \\ \delta = 5\ A/mm^2 \end{array}\right\} \Rightarrow L_m = 0{,}1\ m$$

Par ailleurs, si **c** est le nombre de couches et **d** le diamètre du fil, alors :

$$L_m = \left(D_0 + c.d\right).10^{-3} \quad \text{avec } D_0 = 20 \text{ mm diamètre du support de bobinage}$$

AN : $c.d = 11{,}831\ mm$

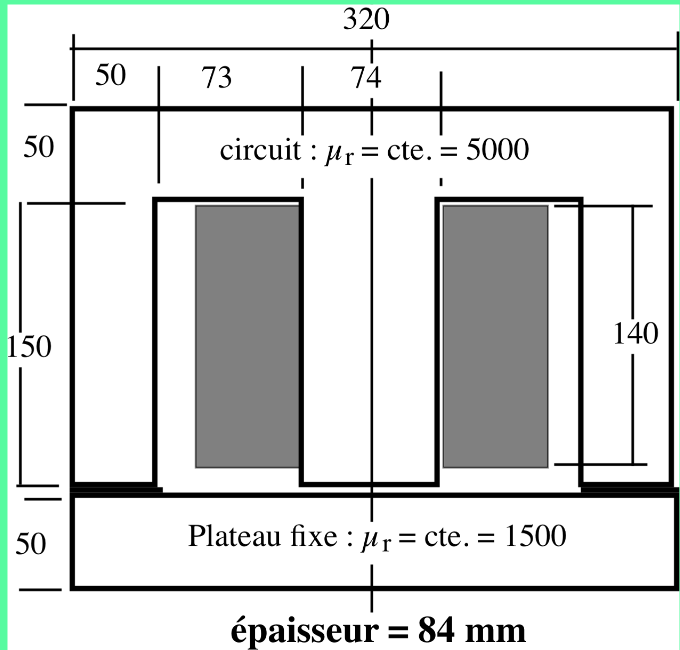
Le nombre de spires par couche est de 50/d donc le nombre de spires total s'écrit :

$$N = 200 = \frac{50}{d}.c \Rightarrow c = 4d \Rightarrow d = 1{,}72\ mm\ et\ c = 7$$

$$\boxed{D'où\ environ\ 7\ couches\ de\ 29\ spires}$$

Exercice 6

Soit le circuit magnétique ci-contre; les fuites seront négligées et deux cales, en matériau amagnétique, fixent un entrefer minimum e = 1 mm.



1° - Le bobinage est constitué de 1000 spires en fils de cuivre (ρ = 22 nΩ.m) de section 6 mm^2 . Evaluer la longueur moyenne d'une spire et en déduire la résistance R de la bobine (dans la suite R = 2 Ω).

2° - Un objet cylindrique de 10 mm. de hauteur en matériau amagnétique, est disposé dans l'entrefer central pour y être comprimé. On souhaite appliquer à l'objet une force de 1500 N. Déterminer V la tension nécessaire aux bornes de la bobine.

En déduire la force obtenue si V = 24 V.

3° - Exprimer V = f(t) ($0 \leq t \leq 10$ s) si la force varie linéairement de 0 à 1500 N en 10 s

4° - L'objet s'écrase à partir d'une force de 1500 N. Pour étudier cet écrasement, jusqu'à l'entrefer minimum, on maintient cette force constante de 1500 N. Déterminer la loi V = f(x) où x est le taux d'écrasement (x = e (en mm)/10).

5° - Le fer du plateau se sature brutalement à B = C^{te} = 1,2 T et le matériau du circuit à B = C^{te} = 1,5 T. Déterminer la force extérieure verticale à appliquer pour décoller le circuit si V = 24 V et l'entrefer minimum.

Exercice 6

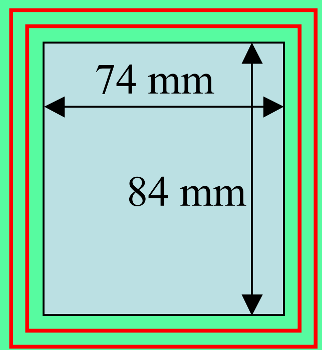
1° Le diamètre du fil est : $d = 2\sqrt{\dfrac{s}{\pi}} \simeq 2,8\ mm$

Sur une hauteur de 140 mm, cela donne donc 50 spires par couche. Il y aura donc 20 couches

et les côtes de la spire moyenne seront : $\begin{aligned} L &= 84 + 20 \times 2,8 = 140 \\ l &= 74 + 20 \times 2,8 = 130 \end{aligned}$

La longueur moyenne sera L_m = 0,54 m et la résistance de la bobine :

$$R = 22 \times 10^{-3} \frac{1000 \times 0,54}{6} = 1,98\ \Omega$$



Exercice 6

2° La force totale exercée au niveau des 3 entrefers, s'écrit : $\boxed{F = \dfrac{B_C^2\, S_C}{2\,\mu_0} + \dfrac{B_L^2\, S_L}{\mu_0}}$

Le flux développé dans la branche centrale se divise en 2 parties égales dans les 2 branches latérales, soit : $\Phi_C = 2\,\Phi_L \;\Rightarrow\; B_C = 2\,B_L\,\dfrac{S_L}{S_C}$

D'où : $$\boxed{F = \left(2B_L\,\frac{S_L}{S_C}\right)^2 \frac{S_C}{2\,\mu_0} + \frac{B_L^2\, S_L}{\mu_0} = \frac{B_L^2}{\mu_0}\,S_L\left(1+2\,\frac{S_L}{S_C}\right) \;\Rightarrow\; B_L = \sqrt{\frac{\mu_0 F}{S_L\left(1+2\,\frac{S_L}{S_C}\right)}}}$$

AN : $B_L = 0{,}437\ T \;\Rightarrow\; B_C = 0{,}59\ T$

Ayant l'induction nécessaire, il convient de trouver les A.t , d'où la tension à appliquer puisque : $N\,I = N\,\dfrac{V}{R} = 500\,.V$ Il s'agit donc d'un problème direct que l'on peut traiter de 2 façons : Par les réluctances, puisqu'on suppose $\mu_r = C^{te}$, ou par le tableau habituel.

Exercice 6

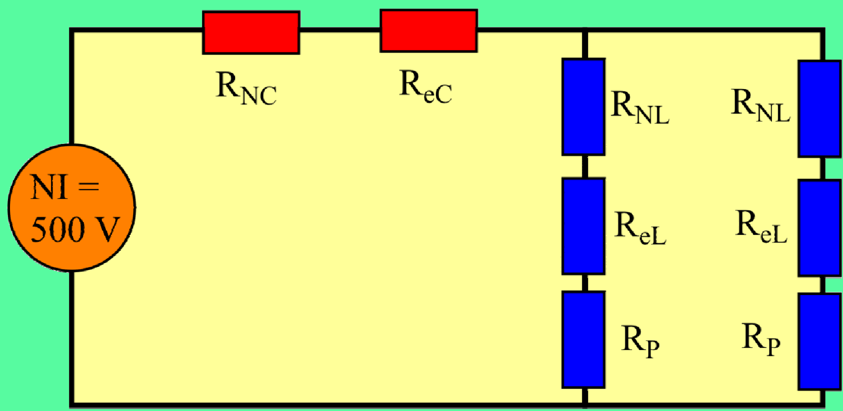
2° Par le tableau usuel, on obtient :

Parties homogènes	Flux Φ (mWb)	Section S (mm^2)	Induction B (T)	champ H (A/m)	longueur L (mm)	f.m.m. «N.I» (A-t)
Entrefer central	3,67	74x84	0,59	469.814	10	4698
Noyau central	3,67	74x84	0,59	94	175	16,4
Entrefer latéral	1,834	50x84	0,437	347.662	10	3476,6
Noyau latéral	1,834	50x84	0,437	69,5	310	21,55
Plateau	1,834	50x84	0,437	232	185	42,9
					A-t totaux	8255,4

$$N\,I = 500\,.\,V = 8255 \Rightarrow V = 16{,}51\ V$$

Exercice 6

2° Par les réluctances, le schéma analogue du circuit sera :
La réluctance globale se calcule comme en électricité :



$$\Re_G = \Re_{NC} + \Re_{eC} + \frac{1}{2}\left(\Re_{NL} + \Re_{eL} + \Re_P\right)$$

$$\Re_G = \frac{0,175}{\mu_0 \times 5000 \times 74 \times 84.10^{-6}} + \frac{0,01}{\mu_0 \times 74 \times 84.10^{-6}} + \frac{0,5}{\mu_0 \times 50 \times 84.10^{-6}}\left(\frac{0,31}{5000} + 0,01 + \frac{0,185}{1500}\right)$$

$$\Re_G = 2.249.593 \ H^{-1}$$

Il vient : $NI = 500 \,.\, V = \Re_G B_C S_C \Rightarrow V = 16,51 \ V$

Pour V = 24 V, les inductions seront dans le rapport des tensions et la force dans le rapport des tensions au carré.

$$F = 1500 \times \left(\frac{24}{16,51}\right)^2 = 3169,4 \ N$$

Exercice 6

3° La force dans le rapport des tensions au carré donc si F varie linéairement de 0 à 1500 N en 10 s :

$$\boxed{F = \frac{1500}{10}t = 1500\left(\frac{v}{16,51}\right)^2 \Rightarrow v(t) = 5,22\sqrt{t}}$$

Exercice 6

4° **Ecrasement à F = C^{te} = 1500 N :**

Le flux et les inductions sont donc les mêmes qu'au 2°.
Dans le calcul de la réluctance globale, seules les réluctances des entrefers évoluent en fonction de x et l'on a :

$$\Re_{eC}(x) = \Re_{eC}(10).x$$
$$\Re_{eL}(x) = \Re_{eL}(10).x$$

Il vient :

$$\boxed{\Re_G = \Re_{NC} + \frac{1}{2}\left(\Re_{NL} + \Re_P\right) + \left(\Re_{eC} + \frac{\Re_{eL}}{2}\right).x}$$

AN : $\boxed{\Re_G = 22.038,6 + 2.227.555\,x}$

Comme nous avons toujours : $N\,I = 500.V = \Re_G\,B_C\,S_C$

On obtient :

$$\boxed{V(x) = 16,35\,x + 0,162}$$

Exercice 6

5° Le rapport des sections donne des inductions telles que : $B_L = 0{,}74\ B_C$.
Donc si $B_C = 1{,}5$ T alors $B_L = 1{,}1$ T; c'est donc le noyau central qui sature le premier.
D'où l'expression de la force d'attraction totale :

$$\boxed{F = \frac{1}{2\mu_0}\left(1{,}5^2\, S_C + 2 \times 1{,}11^2\, S_L\right)}$$

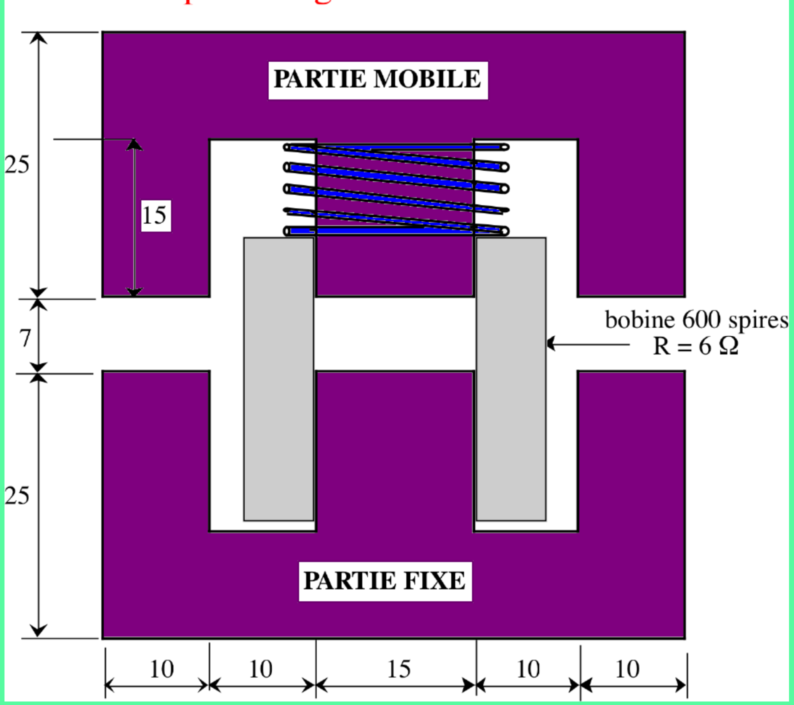
AN : $\boxed{F = 9.683\ N}$

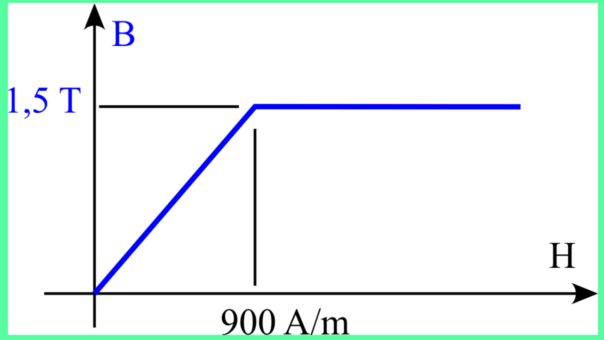
Exercice 7

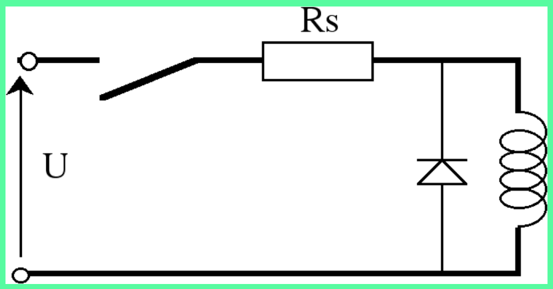
Le schéma ci-dessous représente le circuit magnétique, supposé sans fuites, d'un contacteur. La bobine, autour du noyau central, de résistance R = 6 Ω, comporte 600 spires réalisées en fil de cuivre de résistivité 22,5 nΩ.m; la spire moyenne est un carré de 25 mm de coté. La courbe d'aimantation des tôles utilisées est supposée linéaire de B = 0 à 1,5 T pour H = 0 à 900 A/m; au delà de 900 A/m, la saturation est atteinte et B est constante et égale à 1,5 T.

On rappelle l'expression de la force d'attraction magnétique : $F = \dfrac{B^2 S}{2\mu_0}$

épaisseur générale : 15 mm







Exercice 7

1° - Le contacteur étant maintenu ouvert (entrefer e = 7 mm), quelle tension continue U doit-on appliquer à la bobine pour obtenir une induction de 0,24 T dans l’entrefer du noyau central ?
A quelle force d’attraction la partie mobile est-elle alors soumise ?

Exercice 7

1° - Le contacteur étant maintenu ouvert (entrefer e = 7 mm), quelle tension continue U doit-on appliquer à la bobine pour obtenir une induction de 0,24 T dans l'entrefer du noyau central ?
A quelle force d'attraction la partie mobile est-elle alors soumise ?

Il s'agit d'un problème direct que nous pouvons traiter par le tableau ci-dessous qui, rappelons-le suit le parcours d'une ligne d'induction.

Parties homogènes	Flux Φ (μWb)	Section S (mm^2)	Induction B (T)	champ H (A/m)	longueur L (mm)	f.m.m. «N.I» (A-t)
Entrefer central	54	225	0,24	190.986	7	1337
Noyau central	54	225	0,24	144	40	6
Entrefer latéral	27	150	0,18	143.239	7	1003
Branche latéral	27	150	0,18	108	85	9
					A-t totaux	2355

$$600\ spires \Rightarrow I = 3{,}925\ A \Rightarrow U = R\,I = 23{,}55\ V$$

Exercice 7

1° - Le contacteur étant maintenu ouvert (entrefer e = 7 mm), quelle tension continue U doit-on appliquer à la bobine pour obtenir une induction de 0,24 T dans l'entrefer du noyau central ?
A quelle force d'attraction la partie mobile est-elle alors soumise ?

Le flux développé dans la branche centrale se divise en 2 parties égales dans les 2 branches latérales, soit : $\Phi_C = 2\,\Phi_L \Rightarrow B_C = 2\,B_L \dfrac{S_L}{S_C} \Rightarrow B_L = 0,75\,B_C$

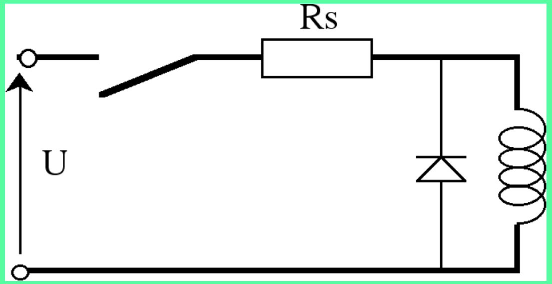
La force d'attraction qui s'exerce sur la partie mobile s'écrit :

$$\boxed{F = \frac{B_C^2\,S_C}{2\,\mu_0} + \frac{B_L^2\,S_L}{\mu_0}}$$

AN : $$F = \frac{0,24^2 \times 225.10^{-6}}{2\,\mu_0} + \frac{0,18^2 \times 150.10^{-6}}{\mu_0} = 9,02\ N$$

Exercice 7

2° - Le contacteur est fermé (entrefer e = 0,2 mm), et U = 24 V. On souhaite un courant maximum de 0,45 A. Donner la densité de courant dans la bobine et la valeur Rs de la résistance à placer en série avec la bobine. Calculer la force d'attraction sur la partie mobile et la valeur de l'inductance de la bobine.



Exercice 7

2° - Le contacteur est fermé (entrefer e = 0,2 mm), et U = 24 V. On souhaite un courant maximum de 0,45 A. Donner la densité de courant dans la bobine et la valeur Rs de la résistance à placer en série avec la bobine. Calculer la force d'attraction sur la partie mobile et la valeur de l'inductance de la bobine.

Le fil de la bobine a pour longueur : $l = 600 \times 4 \times 25.10^{-3} = 60 \ m$

Connaissant la résistance : $R = 6 = \rho \dfrac{l}{s} \Rightarrow s = 0,225 \ mm^2$

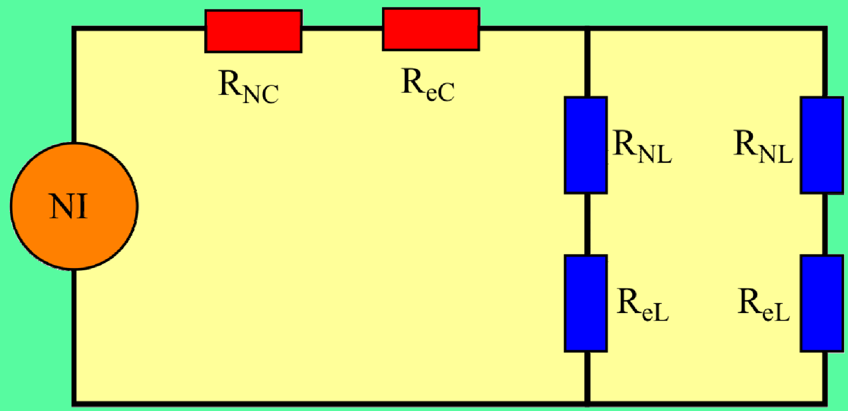
D'où la densité de courant : $\boxed{\delta = \dfrac{I}{s} = 2 \ A / mm^2}$

Et la valeur de R_S : $\boxed{U = \left(R + R_S\right) I \Rightarrow R_S = 47,3 \ \Omega}$

Exercice 7

2° - Le contacteur est fermé (entrefer e = 0,2 mm), et U = 24 V. On souhaite un courant maximum de 0,45 A. Donner la densité de courant dans la bobine et la valeur Rs de la résistance à placer en série avec la bobine. Calculer la force d'attraction sur la partie mobile et la valeur de l'inductance de la bobine.

Avec N I = 600 x 0,45 = 270 A.t, on reste dans la zone linéaire et on peut donc calculer les réluctances. Le circuit est analogue du schéma ci-contre :



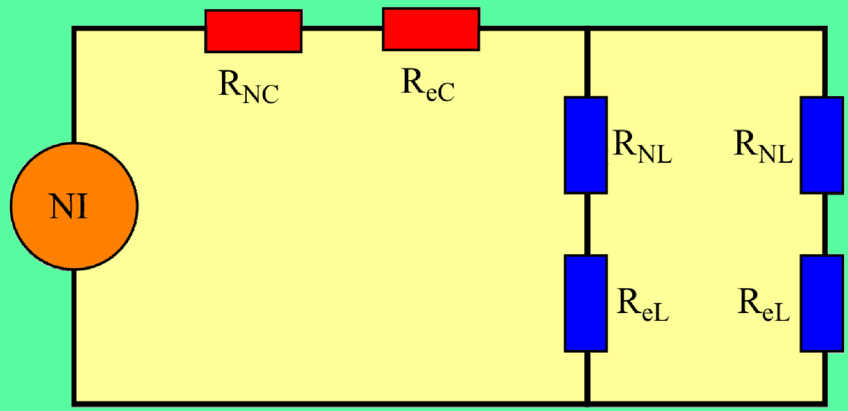
$$\boxed{\Re_G = \Re_{NC} + \Re_{eC} + \frac{1}{2}\left(\Re_{NL} + \Re_{eL}\right)}$$

$$\Re_G = \frac{600 \times 0,04}{225.10^{-6}} + \frac{0,0002}{\mu_0 \times 225.10^{-6}} + \frac{1}{2}\left(\frac{600 \times 0,085}{150.10^{-6}} + \frac{0,0002}{\mu_0 \times 150.10^{-6}}\right) = 1.514.538\ H^{-1}$$

Exercice 7

2° - Le contacteur est fermé (entrefer e = 0,2 mm), et U = 24 V. On souhaite un courant maximum de 0,45 A. Donner la densité de courant dans la bobine et la valeur Rs de la résistance à placer en série avec la bobine. Calculer la force d'attraction sur la partie mobile et la valeur de l'inductance de la bobine.

Avec N I = 600 x 0,45 = 270 A.t, on reste dans la zone linéaire et on peut donc calculer les réluctances. Le circuit est analogue du schéma ci-contre :



$$\Re_G = \Re_{NC} + \Re_{eC} + \frac{1}{2}\left(\Re_{NL} + \Re_{eL}\right)$$

$$\Re_G = \frac{600 \times 0{,}04}{225.10^{-6}} + \frac{0{,}0002}{\mu_0 \times 225.10^{-6}} + \frac{1}{2}\left(\frac{600 \times 0{,}085}{150.10^{-6}} + \frac{0{,}0002}{\mu_0 \times 150.10^{-6}}\right) = 1.514.538 \ H^{-1}$$

D'où le flux : $\Phi = \dfrac{N\,I}{\Re_G} = 178{,}27 \ \mu Wb \Rightarrow \begin{cases} B_C = 0{,}792 \ T \\ B_L = 0{,}594 \ T \end{cases} \Longrightarrow F = \dfrac{B_C^2\,S_C}{2\,\mu_0} + \dfrac{B_L^2\,S_L}{\mu_0} = 98{,}35 \ N$

Quant à l'inductance : $L = \dfrac{N\,\Phi}{I} = \dfrac{600 \times 178{,}27.10^{-6}}{0{,}45} = 0{,}238 \ H$

Exercice 7

3° - Le ressort de rappel, de raideur 3200 N/m, est au repos en position contacteur ouvert. Pour retarder l’ouverture du contacteur en cas de disparition de la tension U, on dispose une diode en parallèle sur la bobine (voir schéma). La tension aux bornes de la diode à l’état passant est constante et égale à 0,6 V. Au bout de combien de temps se produira l’ouverture à partir de l'annulation de U ?

Exercice 7

3° - Le ressort de rappel, de raideur 3200 N/m, est au repos en position contacteur ouvert. Pour retarder l’ouverture du contacteur en cas de disparition de la tension U, on dispose une diode en parallèle sur la bobine (voir schéma). La tension aux bornes de la diode à l’état passant est constante et égale à 0,6 V. Au bout de combien de temps se produira l’ouverture à partir de l'annulation de U ?

Le ressort est comprimé sur 6,8 mm. Il exerce donc une force de rappel :

$$F_R = 3200 \times ,0068 = 21,76 \ N$$

Exercice 7

3° - Le ressort de rappel, de raideur 3200 N/m, est au repos en position contacteur ouvert. Pour retarder l'ouverture du contacteur en cas de disparition de la tension U, on dispose une diode en parallèle sur la bobine (voir schéma). La tension aux bornes de la diode à l'état passant est constante et égale à 0,6 V. Au bout de combien de temps se produira l'ouverture à partir de l'annulation de U ?

Le ressort est comprimé sur 6,8 mm. Il exerce donc une force de rappel :

$$F_R = 3200 \times ,0068 = 21,76\ N$$

Le contacteur s'ouvrira donc pour F = F_R, soit :

$$F_R = \frac{B_C^2\, S_C}{2\,\mu_0} + \frac{B_L^2\, S_L}{\mu_0} = \frac{\Phi^2}{2\,\mu_0}\left(\frac{1}{S_C} + \frac{1}{2\,S_L}\right) = \frac{1}{2\,\mu_0}\left(\frac{N\,I}{\Re_G}\right)^2\left(\frac{1}{S_C} + \frac{1}{2\,S_L}\right) = 485,7.I^2$$

Le courant minimal est donc **I = 0,212 A**

Exercice 7

3° - Le ressort de rappel, de raideur 3200 N/m, est au repos en position contacteur ouvert. Pour retarder l'ouverture du contacteur en cas de disparition de la tension U, on dispose une diode en parallèle sur la bobine (voir schéma). La tension aux bornes de la diode à l'état passant est constante et égale à 0,6 V. Au bout de combien de temps se produira l'ouverture à partir de l'annulation de U ?

Le ressort est comprimé sur 6,8 mm. Il exerce donc une force de rappel :

$$F_R = 3200 \times ,0068 = 21{,}76\ N$$

Le contacteur s'ouvrira donc pour F = F_R, soit :

$$F_R = \frac{B_C^2\, S_C}{2\,\mu_0} + \frac{B_L^2\, S_L}{\mu_0} = \frac{\Phi^2}{2\,\mu_0}\left(\frac{1}{S_C} + \frac{1}{2\,S_L}\right) = \frac{1}{2\,\mu_0}\left(\frac{N\,I}{\Re_G}\right)^2\left(\frac{1}{S_C} + \frac{1}{2\,S_L}\right) = 485{,}7.I^2$$

Le courant minimal est donc **I = 0,212 A**

L'équation de décroissance du courant est : $L\frac{di}{dt} + R\,i = -0{,}6\ \ avec\ \ i(0) = 0{,}45\ \ A$

D'où : $i(t) = 0{,}55\exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) - 0{,}1\ \ avec\ \ \tau = \frac{L}{R} = \frac{0{,}238}{6} = 40\ \ ms$

i(t) met une durée Δt pour atteindre le courant minimal : $\Delta t = \tau\, Ln\left(\frac{0{,}55}{0{,}312}\right) = 22{,}5\ \ ms$

Exercice 7

4° - Le contacteur étant fermé et la tension étant de 24 V sans Rs, donner l'induction dans chacune des parties du circuit magnétique, la force d'attraction sur la partie mobile et les A.t consommés dans le noyau central.

Le courant est : $I = \frac{24}{6} = 4 \ A$ donc le flux serait : $\Phi = \frac{N\,I}{\Re_G} = 1{,}585 \ mWb \Rightarrow B_C = 7{,}04 \ T$

Ceci est impossible et il y a donc **saturation dans le noyau central** : $B_C = 1{,}5$ T

Parties homogènes	Flux Φ (μWb)	Section S (mm^2)	Induction B (T)	champ H (A/m)	longueur L (mm)	f.m.m. «N.I» (A-t)
Entrefer central	337,5	225	1,5	1.193.662	0,2	239
Noyau central	337,5	225	1,5	48.125	40	1925
Entrefer latéral	168,75	150	1,125	895.247	0,2	179
Branche latéral	168,75	150	1,125	675	85	57
					A-t totaux	2400

D'où : $\boxed{F = \frac{B_C^2\, S_C}{2\,\mu_0} + \frac{B_L^2\, S_L}{\mu_0} = 353 \ N}$

et les A.t du noyau central **par différence.**