Bienvenue !

Visiter

“Physique Fine enjah “

sur youtube

Pour plus comprendre le cours

Partie : 2 Eléctricité et magnétisme

- Les chapitres qu'on va étudiées , dans cette partie :

1. Induction éléctromagnétique

2. Charge et décharge d'un condensateur

3. Auto Induction éléctromagnétique (Partie SV + SG et partie SG)

4. Courant alternative sinusoïdale

5. Les transformateurs (**)

6. Oscillations éléctromagnétiques (**)

Chapitre : 1 *Induction éléctromagnétique*

- *Champ magnétique :*

- *Les sources de champ magnétique :*

✓ *Voie naturel : Aimant* (Fe_3O_4) .
✓ *Voie artificielle : courant traversant un conducteur .*

- *Expréssion d'un champ magnétique :*

$B = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N\,I}{L}$ *, On pose* $K = 4\pi \times 10^{-7} N/L$
On a K est une constante , parsuite $B = K\,I$.
La valeur $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ *est appelée perméabilité du vide .*

Avec :
$$\begin{cases} N : Nombre\ de\ spires\ . \\ L : longueur\ de\ la\ partie\ du\ conducteur\ traversé\ par\ le\ courant\ I\ . \\ B : Valeur\ du\ champ\ magnétique\ en\ tesla\ (T). \\ I : intensité\ du\ courant\ éléctrique\ traversant\ le\ conducteur\ en\ (A). \end{cases}$$

- *Flux magnétique :*

Forme général : $d\varphi = N\,\vec{B}\,.d\vec{S}$
Dans ce cours on va considérée que S est l'aire d'une surface plane , et que :

$$\varphi = N\,\vec{B}\,.\vec{S} = N \times\ B \times\ S \times\ cos\theta\ , avec\ \theta = (\,\vec{B}\ ;\ \vec{S}\,)$$

L'unité de flux magnétique est le Wber de symbole : (Wb)

$\vec{S}$ *est appelée vecteur surface , c'est un vecteur colinéaire avec le vecteur normal* $\vec{n}$ *à la surface considérée , Càd :* $\vec{S} = L'aire\ \vec{n}$

- *Remarque :*

Le flux d'un champ unifprme à travers une surface engendrée par un volume fermé est nul .

$1\,Wb = 1\,T.m^2$.

➢ *Induction éléctromagnétique :*

✓ *Définition :*

L'induction éléctromagnétique est l'apparition d'une force éléctromotrice (f . e . m) en volt , dans une circuit par variation du flux magnétique à travers cet circuit . Quand ce circuit est fermé , il sera alors traversé par un courant induit .

✓ *Variation de flux magnétique :*

$$\varphi = N \times \ B \times \ S \times \ cos\theta \ , avec\ \theta = (\ \vec{B}\ ;\ \vec{S}\ )$$

On supposons que N est une constante , φ est variables si :

$$\begin{cases} B\ est\ variable\ ou \\ S\ est\ variable\ ou \\ \theta\ est\ variable \end{cases}$$

- *Variation du champ magnétique $\vec{B}$:*

B est variable , si B augmente ou B diminue .

$$\varphi = N \times B \times S \times cos\theta = (N \times S \times cos\theta) \times B = constant \times B$$

- *Loi de Faraday :*

$$e_{(volt)} = -\frac{d\,\varphi}{dt}$$

Dans notre cas : $e = -\frac{d\,\varphi}{dt} = -(N \times S \times cos\theta)\frac{dB}{dt}$.

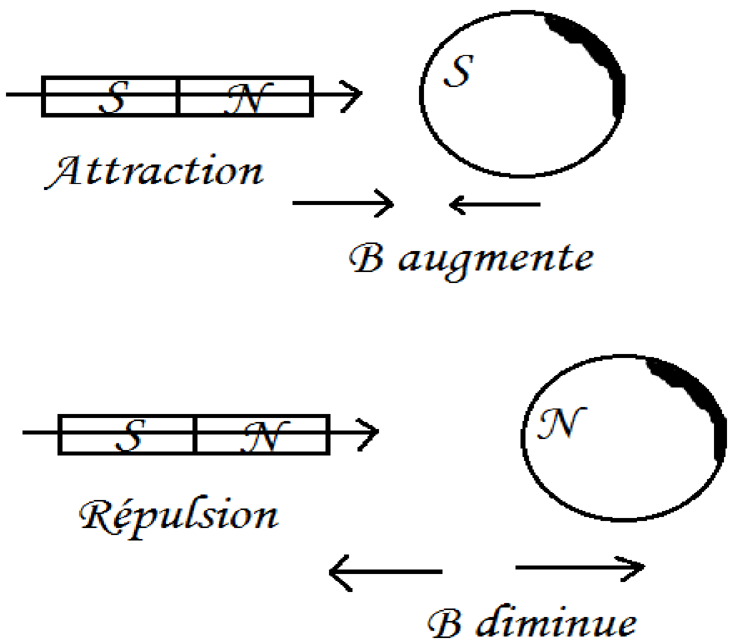
1. *Si B augmente , alors* $\frac{d\,B}{dt} > 0$.
2. *Si B diminue , alors* $\frac{d\,B}{dt} < 0$.
3. *Si B est égal constante , alors* $\frac{d\,B}{dt} = 0$ *, donc* $e = 0$.

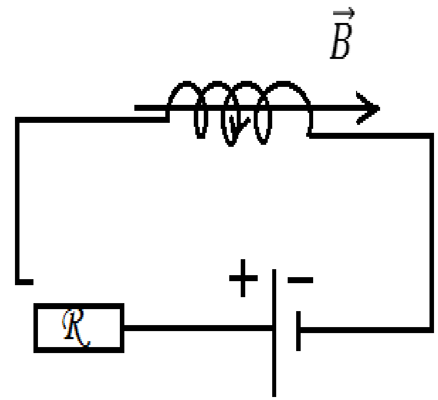
- *Loi d'Ohm pour un circuit fermé :*

$$U = ir - e$$

$$Donc : i = \frac{U + e}{r}$$

- *Méthode de variations de B :*





$B = K\,I$, R diminue , alors I augmente et parsuite B

$B = K\,I$, R augmente , alors I diminue et parsuite B

Loi de Lenz

Le sens du courant induit est tel que , par ses effets éléctromagnétiques , il s’oppose à la cause qui lui donne naissance .

- <u>*Loi de Lenz :*</u>

- ✓ *B augmente , le courant dans le circuit circule de façon à produire $\vec{B}$ induit sens contraire de $\vec{B}$, le sens du courant induit est détérminer par la règle de la main droite .*

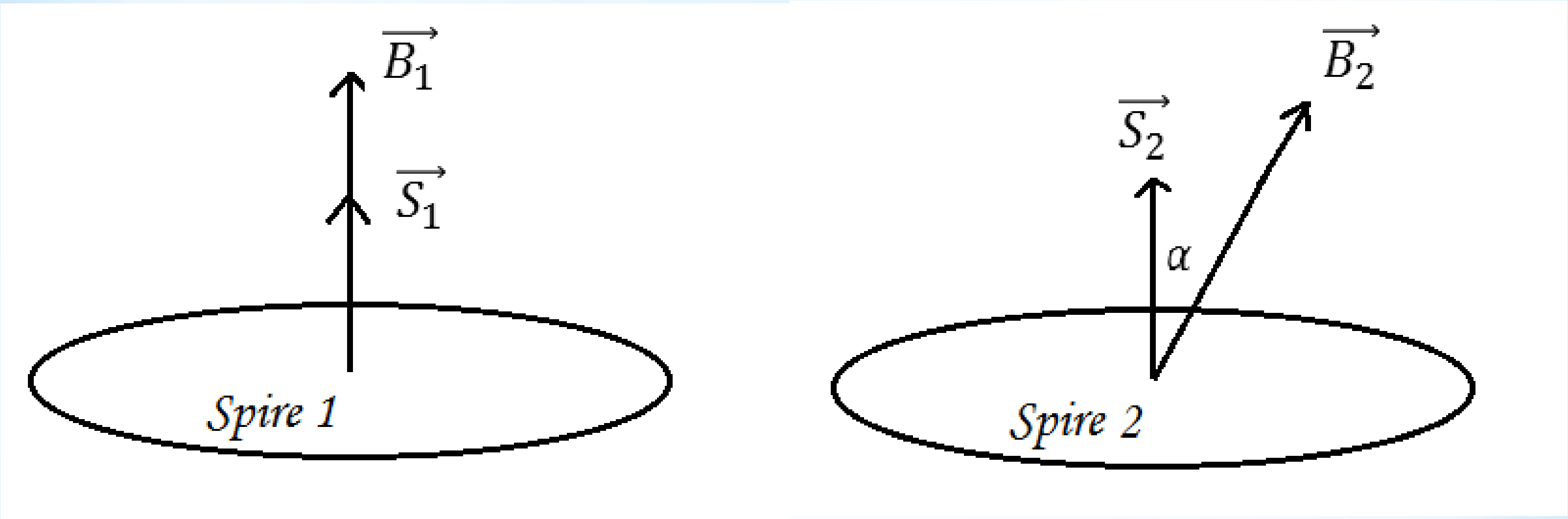
- ✓ *B diminue , le courant dans le circuit circule de façon à produire $\vec{B}$ induit même sens de $\vec{B}$, le sens du courant induit est détérminer par la règle de la main droite .*

- <u>*Application :*</u>

On conisdère une spire circulaire de surface $S_1 = 10\ cm^2$, traversé par un champ magnétique $B_1 = 0.08\ (T)$, on suppose que $\overrightarrow{B_1}$ et $\overrightarrow{n_1}$ sont colinéaires et de même sens . $\overrightarrow{n_1}$ est un vecteur normal à la surface S_1 .
Une deuxième spire circulaire de surface $S_2 = 15\ cm^2$ traversé par un champ magnétique $B_2 = 0.1\ (T)$, faisant un angle $\alpha = 30^0$ avec le vecteur normal $\overrightarrow{n_2}$ à la spire .

- ❑ *Calculer les flux φ_1 et φ_2 des champs magnétiques traversants les surfaces S_1 et S_2 respectivement .*

✓ <u>*Sol:*</u>



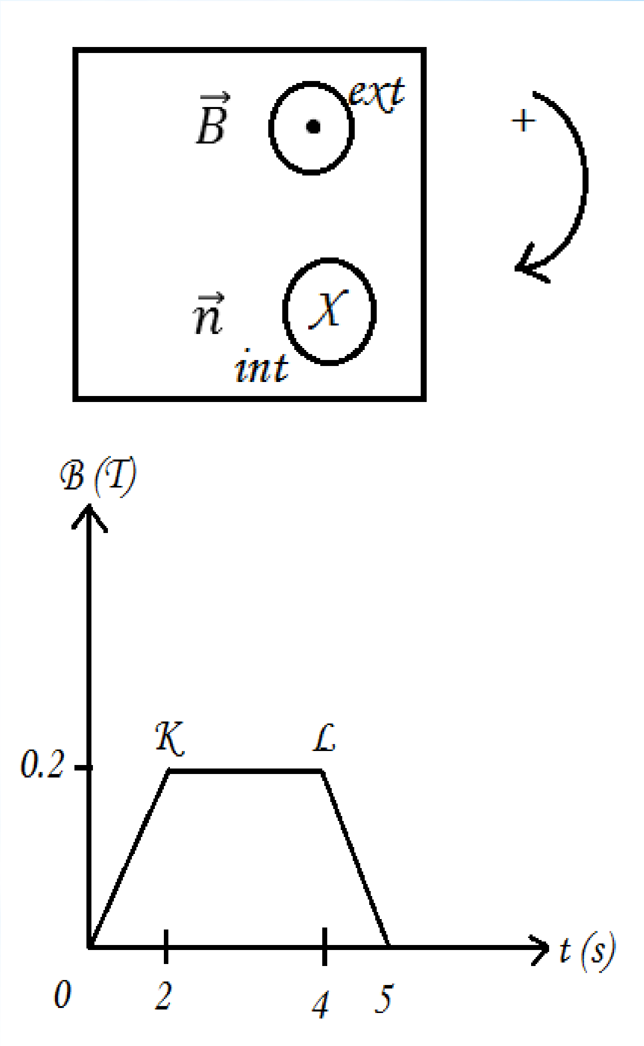
$$\varphi_1 = N \times B_1 \times S_1 \times cos0 = 1 \times 0.08 \times 10 \times 10^{-4} \times 1 = 8 \times 10^{-5}\ (Wb)$$

$$\varphi_2 = N \times B_2 \times S_2 \times cos30^0 = 1 \times 0.1 \times 15 \times 10^{-4} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 13 \times 10^{-5}\ (Wb)$$

Exercice :

On considère une spire carré de côté $a = 10\ cm$ et de résistance $r = 0.1\ \Omega$ traversé par un champ magnétique $\vec{B}$ dirigé vers l'extérieur .

Le graphe ci – dessous donne les variations de $\vec{B}$ par rapport au temps .



1. *Ecrire l'expréssion du flux magnétique en fonction de B .*

✓ Sol: $\varphi = N \times B \times S \times cos\theta$

Mais $\theta = \left(\vec{B}\ ;\ \vec{S}\right) = \pi(rd), donc$:

$$\varphi = 1 \times B \times (10 \times 10^{-2})^2 \times (-1) = -0.01\ B$$

2. *a) Détérminer à chaque phase l'expréssion* de B en fonction du temps .

✓ <u>*Sol:*</u>

Phase : 1 , $t \in [\,0\,; 2(s)]$, B *augmente sous forme linéaire :* $B = at + b$

À $t_0 = 0$, $B = 0$ *alors* $b = 0$,

$$a = \frac{B_K - B_0}{t_K - t_0} = \frac{0.2 - 0}{2 - 0} = 0.1\ (T/S)$$

Alors : $B = 0.1\ t$

Phase : 2 , $t \in [\,2(s); 4(s)]$, B *est constante* , $B = 0.2\ (T)$.

Phase : 3 , $t \in [\,4(s); 5\ (s)]$, *B est diminue sous forme linéaire :* $B = a't + b'$

À $t = 5(s)$, $B = 0$, *alors* : $0 = 5a' + b'$, *donc* $b' = -5a'$

$a' = \frac{0.2-0}{4-5} = -0.2$, *donc :* $b' = 1$ *alors :* $B = -0.2\ t + 1$.

b) En déduire l'expréssion du flux magnétique en fonction du temps .

✓ *<u>Sol :</u>*

Phase : 1 , $t \in [0\,;2(s)]$, $B = 0.1\, t$,

$$\varphi = -0.01\, B = -0.01(0.1t) = -10^{-3}\, t$$

Phase : 2 , $t \in [\, 2(s); 4(s)]$, $B = 0.2\ (T)$

$$\varphi = -0.01\, B = -0.01(0.2) = -2 \times 10^{-3}\ (Wb)$$

Phase : 3 , $t \in [\, 4(s); 5(s)]$, $B = -0.2\, t + 1$

$$\varphi = -0.01\, B = -0.01(-0.2\, t + 1) = (2 \times 10^{-3})\, t - 0.01$$

3. a) Détérminer la valeur de la f . e . m . induit dans chaque phase .

✓ <u>Sol:</u>

Phase : 1 , $t \in [\,0\,;2\,(s)]$, $e = -\frac{d\,\varphi}{dt} = -\frac{d\left(-10^{-3}\,t\right)}{dt} = 10^{-3}\,(V)$

Phase : 2 , $t \in [\,2(s);4(s)], e = -\frac{d\left(-2\times 10^{-3}\right)}{dt} = 0$

Phase : 3 , $t \in [\,4(s);5(s)], e = -\frac{d\left(\left(2\times 10^{-3}\right)t - 0.01\right)}{dt} = -2\times 10^{-3}\,(V)$

b) En déduire la valeur et le sens du courant induit .

✓ <u>Sol:</u>

$$u = ir - e\ (le\ circuit\ est\ fermé), donc : i = \frac{U+e}{r}$$

Phase : 1 , $t \in [\,0\,;2(s)],\ i = \frac{0+10^{-3}}{0.1} = 10^{-2}(A), sens\ positif$

Phase : 2 , $t \in [\,2(s); 4(s)]$, $i = \frac{0+0}{0.1} = 0\ (A) pas\ de\ courant\ induit$.

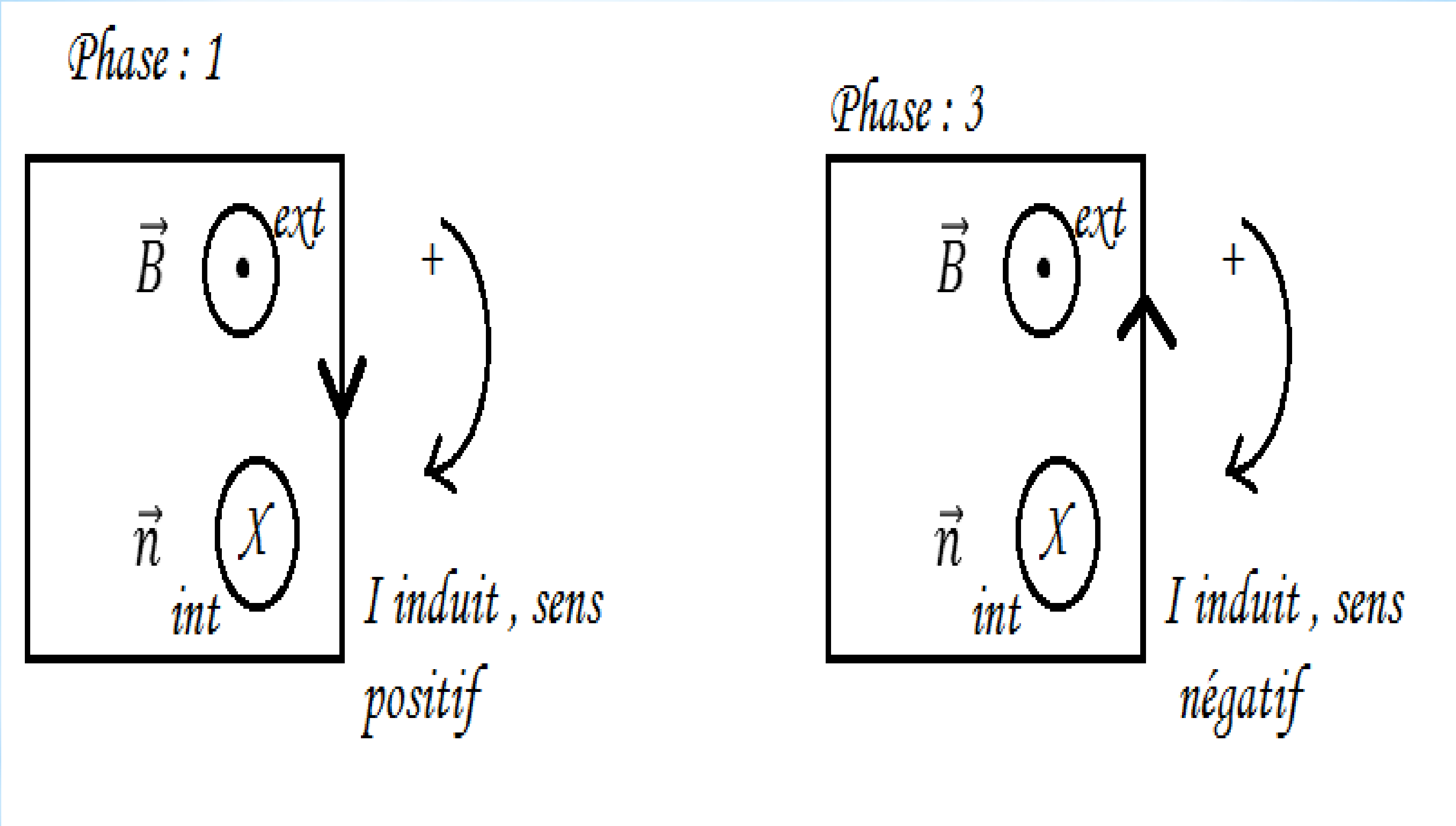
Phase : 3 , $t \in [4(s); 5(s)]$, $i = \frac{0-2\left(10^{-3}\right)}{0.1} = -2 \times 10^{-2}\ (A), sens\ négatif$.

4. *Appliquer la loi de Lenz pour vérifier le sens du courant dans chaque phase .*

✓ *Sol:*

Phase : 1 , $t \in [\,0\,; 2(s)]$ *, B augmente , d'après Lenz , le courant induit dans le circuit circule de façon à produire* $\vec{B}$ *induit , sens contraire à* $\vec{B}$ *. Le sens de courant induit est détérminer par la règle de la main droite .*

Phase : 3 , $t \in [\,4(s); 5(s)]$ *, B diminue , d'après Lenz , le courant induit dans le circuit circule de façon à produire* $\vec{B}$ *induit , même sens de* $\vec{B}$ *. Le sens de courant induit est détérminer par la règle de la main droite .*


Phase : 1
$\vec{B}_{ext}$
$\vec{n}_{int}$
+
I induit , sens positif
Phase : 3
$\vec{B}_{ext}$
$\vec{n}_{int}$
+
I induit , sens négatif

- <u>*Variation de la surface S :*</u>

$$\varphi = N \times B \times S \times cos\theta = (N \times B \times cos\theta) \times S = Constante \times S$$

- *Loi de Faraday :*

$$e = -\frac{d\,\varphi}{dt} = -(N \times B \times cos\theta)\frac{d\,S}{dt}$$

Si S augmente , alors : $\frac{d\,S}{dt} > 0$

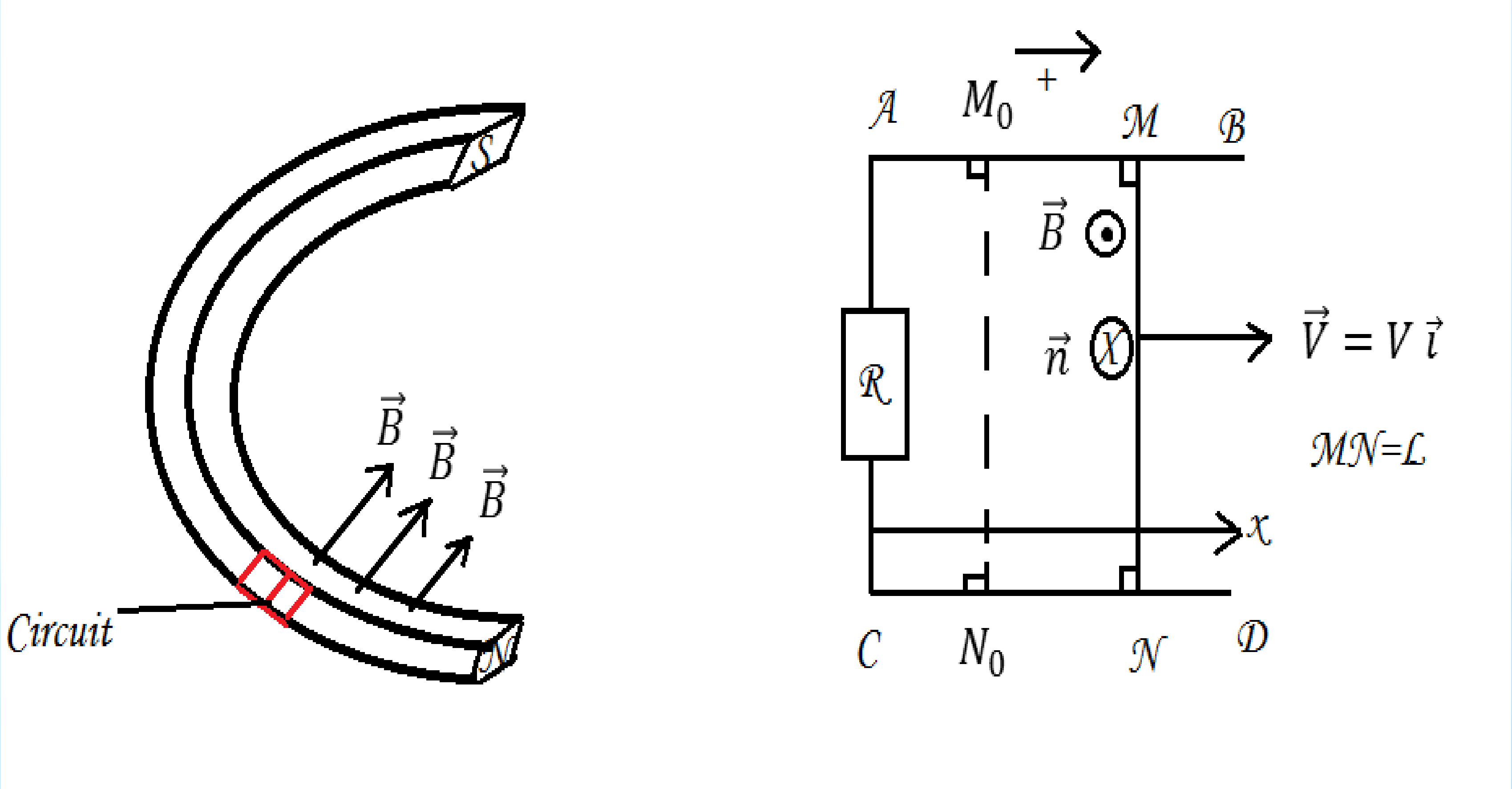
Si S diminue , alors : $\frac{d\,S}{dt} < 0$

Si S est constante , alors : $\frac{d\,S}{dt} = 0\,, alors : e = 0$

- *Loi d'ohm pour une circuit fermé :* $U = ir\ - e$

➢ *Mouvement dans un champ magnétique uniforme :*

Deux tiges AB et CD parallèles et dans un plan horizantale . Un tige MN déplace avec une vitesse $\vec{V}$ parallèle à $\overrightarrow{AB}$. Le tige MN est toujours perpendiculaire à AB et CD , on ferme le circuit par un résistance R .



- *Etude théorique :*

$$\varphi = N \times B \times cos\theta \times S$$

Or $N = 1$ *et* $\theta = (\vec{B}\, ; \vec{S}) = \pi(rd)$

Donc : $\varphi = -\, B \times S$

- *Force éléctromotrice :* $e = -\frac{d\,\varphi}{dt} = -(-B\frac{d\,S}{dt})$ *, (B est un champ uniforme)*

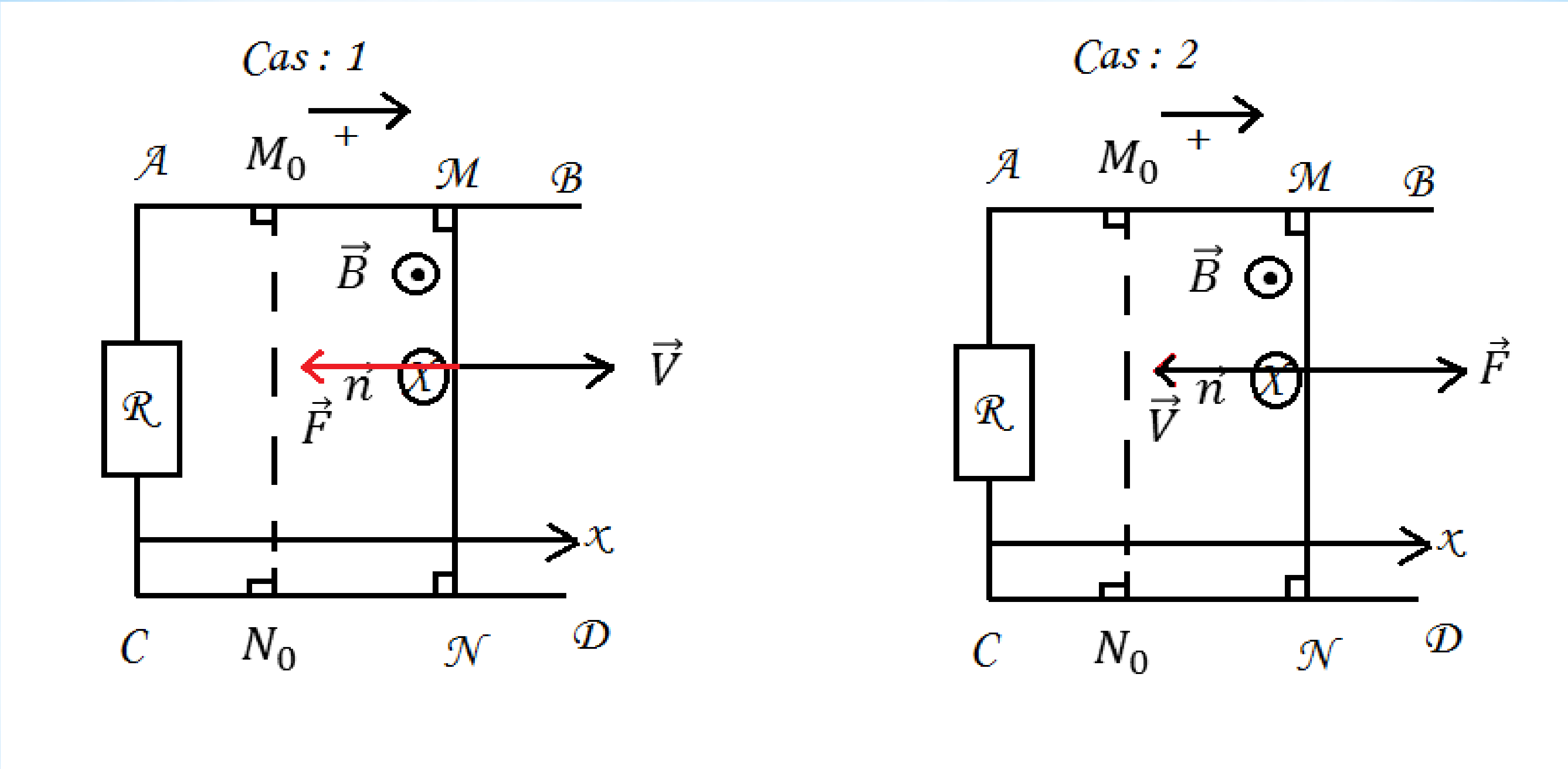
Alors : $e = B\frac{d(L \times x)}{dt} = BL\frac{dx}{dt}$

Donc : $e = +\,BLV\ (volt)$

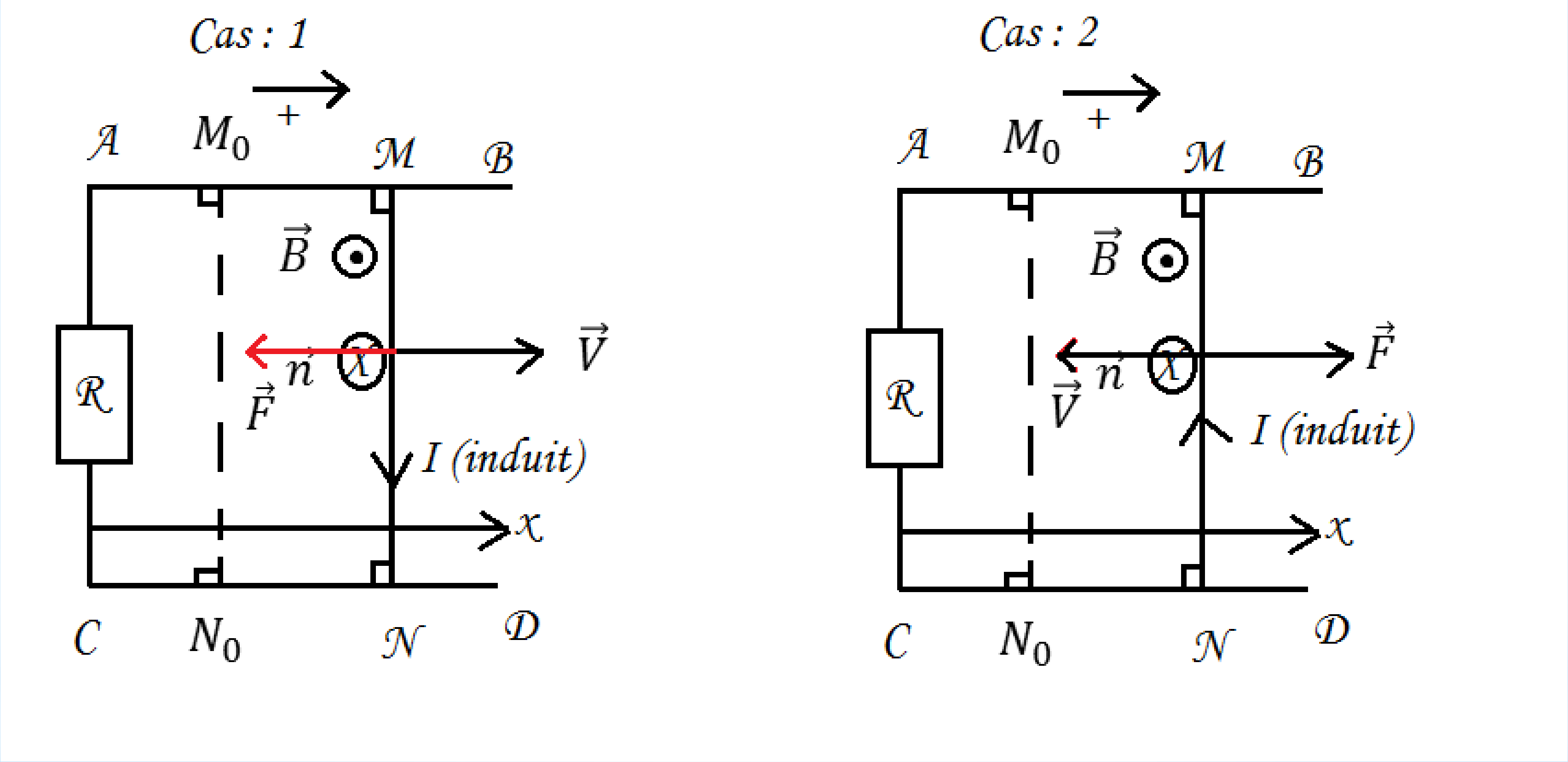
- *Loi d'ohm :* $U_{AC} + U_{CA} = 0$ *, donc :* $ir - e + iR = 0$

Mais $r = 0$ *, alors :* $i = \frac{e}{R} = \frac{BLV}{R}$ *.*

➢ Loi de Lenz :



Le courant dans le circuit circule d'une façon à produire une force éléctromagnétique $\vec{F}$ (appelée force de Laplace) de sens contraire à $\vec{V}$. Le sens du courant induit est détérminer par la règle des trois doigts de la main droite .



Cas : 1 , le courant induit circule de M vers N (sens positif du circuit)
Cas : 2 , le courant induit circule de N vers M (sens négatif du circuit)

- ***Remarque:***

$$\vec{F} : \begin{cases} Origine : \ Milieu\ de\ [MN] \\ Direction : \ \perp au\ plan\ (\vec{B}\ ;\ \overrightarrow{MN}) \\ Sens : utiliser\ la\ règle\ de\ trois\ doigts\ de\ la\ main\ droite \\ Intensité : \ \vec{F} = I\ \vec{L} \wedge \vec{B}\ , F = I\ \times L \times B \times sin(\vec{L}\ ;\ \vec{B}) \end{cases}$$

- ***Puissances :***

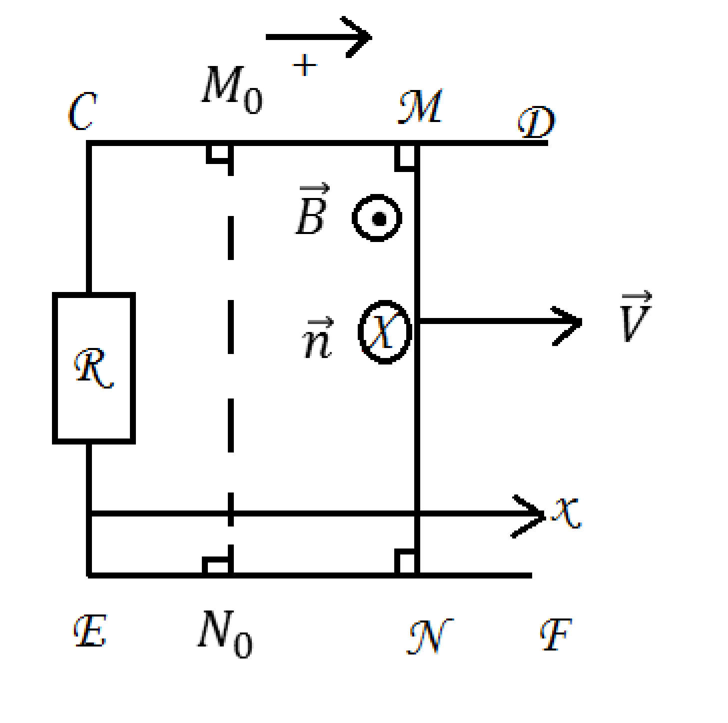
- *Puissance mécanique :* $\overrightarrow{P_m} = \overrightarrow{F_{\underset{(mécanique)}{observateur}}} . \vec{V}$

- $U = IR - e \Rightarrow UI = RI^2 - eI$

- ✓ $P_r = R\ I^2$: Puissance perdu
- ✓ $P = U\ I$: Puissance éléctrique extérieur
- ✓ $P = e\ I$: Puissance éléctrique totale

- ***Exercice complémentaire :***

- *On considère le circuit suivantes , formé des tiges CD et EF qui sont parallèles entre eux . Un tige MN se déplace avec une vitesse $\vec{V}$ parallèles aux tiges CD et EF . MN reste perpendiculaire à CD et EF .*



✓ *On donne :* $MN = d = 5cm$

$$B = 0.4\ (T)$$
$$V = 2m/s$$
$$R = 2\Omega$$

1. *Montrer que le courant induit dans le circuit est non nul (I(induit)≠0) .*

✓ <u>Sol:</u> $\varphi = NBS\ cos\theta = 1 \times B \times S \times (-1) = -B\ S$.

$$e = -\frac{d\ \varphi}{dt} = +B\frac{dS}{dt} = +B\frac{d(d \times x)}{dt} = B\ d\ \frac{dx}{dt} = +B\ d\ V\ (\ \text{Loi de Faraday}\ )$$

Loi d'Ohm : $U_{CE} + U_{EC} = 0 \Rightarrow ir - e + iR = 0$

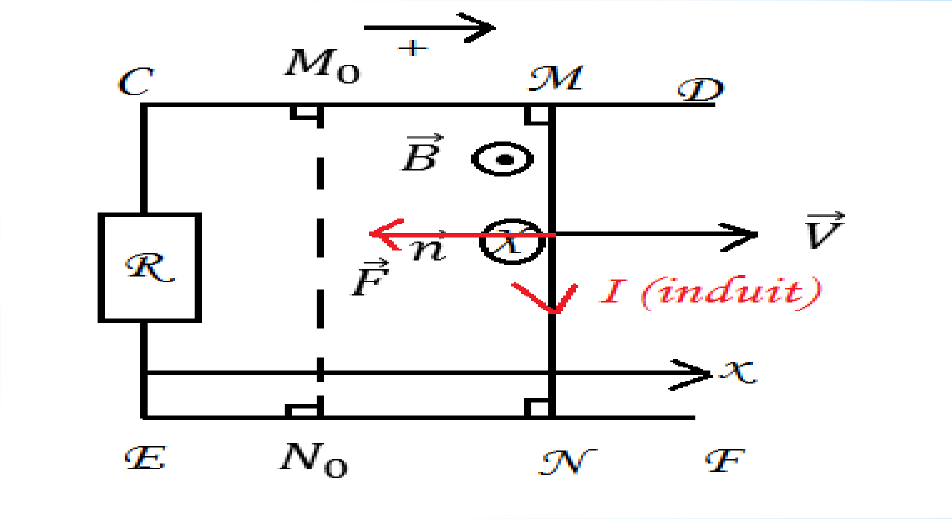
Donc : $i = \frac{e}{R} = \frac{B\,d\,V}{R} \neq 0$ *C.q.f.d*

2. *Utiliser la loi de Lenz correspondante pour déduire .*

✓ <u>*Sol:*</u>

D'après Lenz , le courant dans le circuit circule de façon à produire une force éléctromagnétique $\vec{F}$, le sens de courant induit est détérminer par la règle de trois doigts de la main droite .

Donc : $\vec{F}$ *est dirigé de M vers N*



3. *On suppose que la vitesse est constante . Montrer que $\varphi = at + b$, avec a et b sont à détérminer .*

✓ <u>*Sol:*</u>

$$V = constante\ , donc : x = Vt + x_0$$

$$\varphi = -B\,S = -B\,d\,x = -B\,d\,(Vt + x_0)$$

Alors : $\varphi = -BdV\,t - Bd\,x_0 = -(0.4 \times 5 \times 10^{-2} \times 2)t - (0.4 \times 5 \times 10^{-2})x_0$

Alors : $\varphi = -0.04\,t - 0.02\,x_0$ *, de la forme* $\varphi = at + b$

Avec : $a = -0.04$ *et* $b = -0.02x_0$

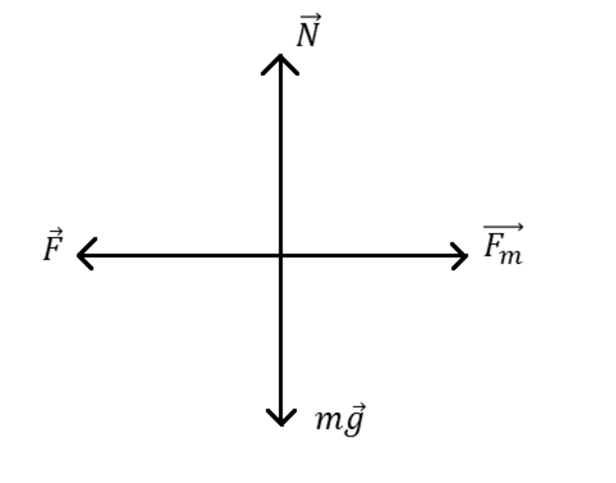
4. *Calculer l'intensité du courant induit i .*

✓ <u>*Sol:*</u> *On a déjà montré que :* $i = \frac{e}{R}$ *, donc :* $i = -\frac{1}{R}\frac{d\varphi}{dt} = -\frac{1}{2}(-0.04) = 0.02(A)$

5. Détérminer les caractéristiques de la force $\vec{F}$.

✓ Sol: $\vec{F}$: $\begin{cases} Origine : Milieu\ de\ [MN] \\ Direction : perpendiculaire\ au\ plan\ formé\ par\ \overrightarrow{MN}\ et\ \vec{B} \\ Sens : selon\ les\ x\ négatives \\ Valeur : F = I\ d\ B\ sin(\frac{\pi}{2}) = 0.02 \times 0.05 \times 0.4 \times 1 = 4 \times 10^{-4}\ N \\ Alors : \vec{F} = -4 \times 10^{-4}(N)\ \vec{\imath} \end{cases}$

6. Calculer la puissance mécanique du circuit .



✓ Sol:

Sys : { Tige MN } , $\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \vec{0}$ $(Vitesse\ constante)$

Alors : $m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F} + \overrightarrow{F_m} = \vec{0}$

Projection selon l'horizantale → : $0 + 0 - F + F_m = 0 \Rightarrow F_m = F = 4 \times 10^{-4}\ N$

Alors : $\overrightarrow{F_m} = 4 \times 10^{-4}(N)\,\vec{\imath}$, $P_m = \overrightarrow{F_m} . \vec{V} = 4 \times 10^{-4} \times 2 \times cos0 = 8 \times 10^{-4} W$.

7. *Calculer la puissance éléctrique totale du circuit . Déduire .*

✓ *Sol:*

$$P = e\, I = B\, d\, V\, I = 0.4 \times 0.05 \times 2 \times 0.02 = 8 \times 10^{-4}\, W$$

Alors : $P_m = P_{e.T}$ *puisque la résistance de la tige MN est nul .*

➢ *Décroissance exponentielle du vitesse:*

En appliquant le principe fondamental de la dynamique :

Sys : { tige }

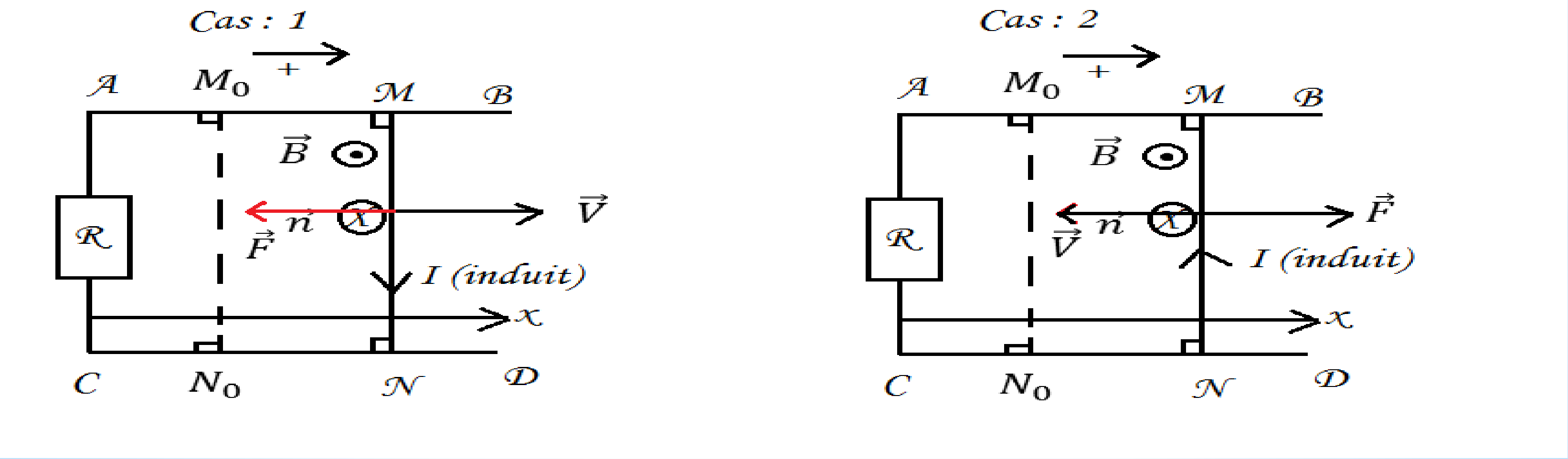
$$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \frac{d\vec{P}}{dt} = m\frac{d\vec{V}}{dt} \Rightarrow m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F} = m\frac{d\vec{V}}{dt}$$

Projection selon le déplacement horizantale (vers la droite ou vers la gauche)

$:F = IBL\,\sin\frac{\pi}{2}$

$$-F = m\frac{dV}{dt} \Rightarrow -IBL = m\frac{dV}{dt} \Rightarrow -\frac{B\,L\,V}{R}(B \times L) = m\frac{dV}{dt} \Rightarrow m\frac{dV}{dt} + \frac{B^2L^2V}{R} = 0$$

$$\frac{dV}{dt} + \frac{B^2L^2}{m\,R}V = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{dP}{dt} + \frac{B^2L^2}{m\,R}P = 0$$



➢ Vérfier que $V = V_L e^{-\frac{B^2L^2}{m\,R}t}$ est une solution . V_L est appelée vitesse limite .

$$\frac{dV}{dt} = -\frac{B^2L^2}{m\,R}V_L e^{-\frac{B^2L^2}{m\,R}t} = -\frac{B^2L^2}{m\,R}V \Rightarrow \frac{dV}{dt} + \frac{B^2L^2}{m\,R}V = 0$$

Alors : V décroit exponentiellement de même la quantité de mouvement sera :

$P = P_L e^{-\frac{B^2L^2}{m\,R}t}$

<u>Croissance exponentielle du vitesse :</u>

<u>Remarque :</u> Si une force est appliquée pour entretenir le mouvement sous forme $\vec{T} = +T\,\vec{i}$:

$$T - F = m\frac{dV}{dt} \Rightarrow T - IBL = m\frac{dV}{dt} \Rightarrow T - \frac{B\,L\,V}{R}(B \times L) = m\frac{dV}{dt}$$

$$\Rightarrow m\frac{dV}{dt} + \frac{B^2L^2V}{R} = T$$

$$\frac{dV}{dt} + \frac{B^2L^2}{m\,R}V = \frac{T}{m} \quad \Rightarrow \quad \frac{dP}{dt} + \frac{B^2L^2}{m\,R}P = T$$

$$V = V_L\left(1 - e^{-\frac{B^2L^2}{m\,R}\,t}\right) et\ P = P_L\left(1 - e^{-\frac{B^2L^2}{m\,R}\,t}\right)$$

- *Variations de θ :*

$$\varphi = (N\ B\ S)\ cos\theta = constante\ (cos\theta)$$

$$e = -\frac{d\varphi}{dt} = -(N\ B\ S)(-\theta')(sin\theta), alors : e = NBS\theta' sin\theta$$

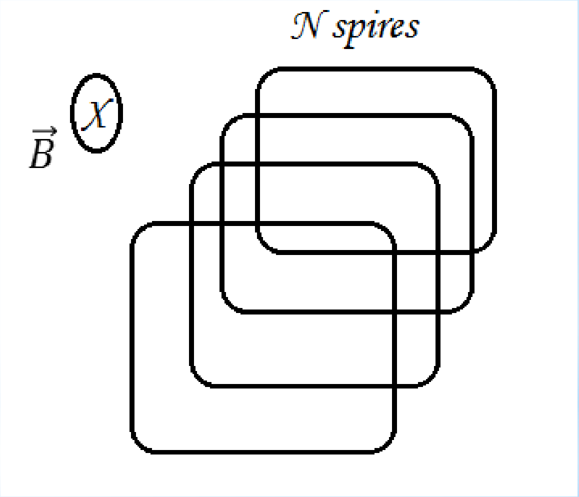
$$\theta' = \omega = constante\ \Rightarrow Mouvement\ de\ rotation\ uniforme$$

Alors : $\theta = \omega t + \theta_0$

Mais on a : $\varphi = N\ B\ S\ cos\theta = NBS\ cos\ (\omega t + \theta_0)$

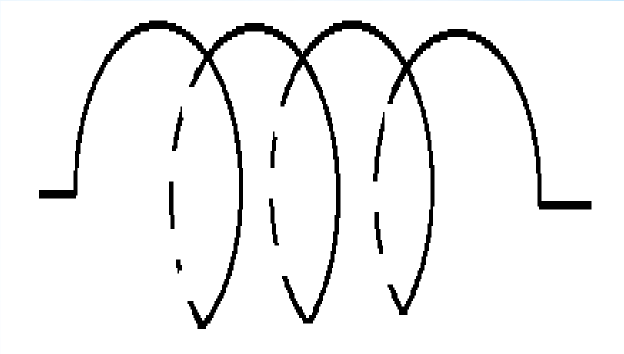
$$e = -\frac{d\varphi}{dt} = NBS\omega\ sin\ (\omega t + \theta_0)$$

Alors : $e_{(V)} = e_m\ sin\ (\omega t_{(S)} + \theta_0)$, avec $e_m = NBS\omega$



➢ *Exercice :*

On considère un solénoïde comportant $N = 1500$ *spires de longueur* $L = 0.5\ m$.



1. *Sachant que le solénoïde est traversé par un champ magnétique uniforme de valeur* $B = 2 \times 10^{-2}\ (T)$. *Calculer l'intensité du courant éléctrique induit .*

✓ *Sol:*

$$B = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{N\ I}{L}$$

Alors : $I = \frac{B \times L}{4\pi \times 10^{-7} \times N} = \frac{0.02 \times 0.5}{4\pi \times 10^{-7} \times 1500} = 5.3\ (A)$

2. *Un autre solénoïde comportant* $N' = 250\ spires$ *est placé à l'intérieur de solénoïde de la partie (1) , de surface* $S = 10\ cm^2$ *.*

a) *Calculer le flux magnétique maximal* φ_m *.*

✓ <u>*Sol:*</u>

$$\varphi = N\ B\ S\ cos\theta$$

Le flux maximal correspond à un $cos\theta$ *maximal , or la fonction cosinus est une fonction décroissante , alors : le flux maximal qui correspond au cosinus maximal est corrpond à un valeur de* θ *minimal qui est zéro .*

$$\varphi_m = 250 \times 0.02 \times 10 \times 10^{-4} \times 1 = 5 \times 10^{-3}\ (Wb)$$

b) On suppose que $\theta_0 = 0$, et le nombre de tours par minutes est $N' = 3000$.
Détérminer l'expréssion de e en fonction du temps .

✓ <u>Sol:</u>

$$\varphi = N\ B\ S\ cos\theta$$

Vitesse angulaire : $\omega = 2\pi N' = 2\pi\left(\frac{3000}{60}\right) = 100\ \pi\ (\ rd/s\ )$

$$e = -\frac{d\varphi}{dt} = +N\ B\ S\ \omega\ sin\theta = 250 \times 0.02 \times 10 \times 10^{-4} \times 100\pi\ sin(\omega t + \theta_0)$$

Alors : $e = 1.57\ sin(100\pi t)$