

### Induction, Loi de Faraday et loi de LENZ

d'après [http://fr.wikipedia.org/wiki/Michael\\_Faraday](http://fr.wikipedia.org/wiki/Michael_Faraday)

#### Bref historique :

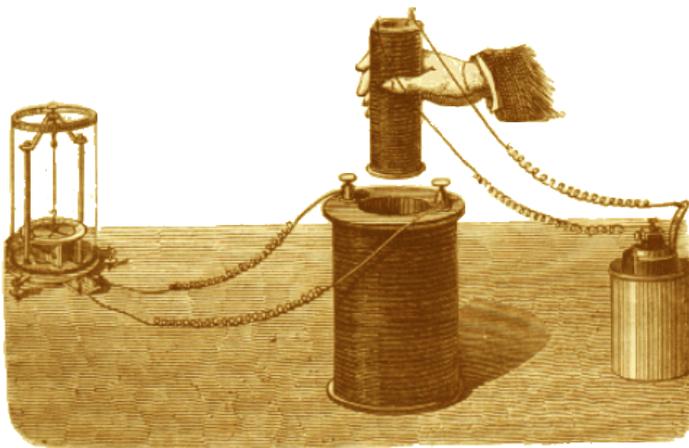
D'après: <http://dspt.club.fr/FARADAY.htm>

**Michael Faraday (1791 –1867)**

**Physicien et chimiste britannique né à Southwark (Surrey) près de Londres**

FARADAY n'est pas un scientifique sorti du sérail. Ce fils de forgeron du SURREY, autodidacte est animé très jeune par une insatiable curiosité scientifique qui le pousse à dévorer les livres de la bibliothèque dans laquelle il a été embauché.

- Il montre expérimentalement qu'un changement de l'état magnétique dans laquelle est placé un conducteur induit un courant dans ce conducteur , et il établit les **lois de l'induction**.



- Il a de plus l'intuition que les variations de courant induit ne sont pas instantanées et que le temps intervient dans le phénomène.

#### LENZ:

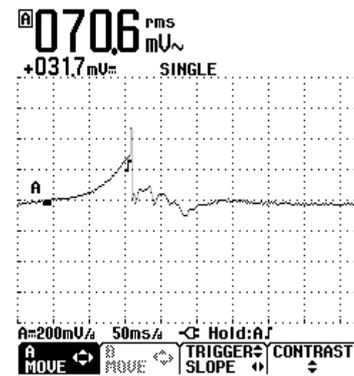
**Heinrich LENZ (1804-1865) physicien russe d'origine allemande, publie en 1833, la loi donnant le sens des courants induits (loi de Lenz).**

#### Les six principes de Faraday

Dans un ouvrage intitulé *L'amélioration de l'esprit*, Michael Faraday avait retenu six principes fondateurs de la discipline scientifique :

1. **Avoir toujours sur soi un petit carnet afin de prendre sans cesse des notes ;**
2. **Entretenir une correspondance ;**
3. **Avoir des collaborations afin d'échanger des idées ;**
4. **Vérifier tout ce qu'on vous dit ;**
5. **Éviter les controverses ;**
6. **Ne pas généraliser hâtivement, parler et écrire de la façon la plus précise.**

#### Phénomène d'induction de FARADAY :



écran du Fluke lors de l'étude de la variation d'une tension dans une bobine lors du rapprochement du pôle sud de l'aimant.

Relevé des élèves du poste 9 .

Une tension positive apparait quand on approche le pôle S de l'aimant. Elle s'annule quand on arrête le mouvement.

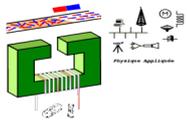
Ici, il y a quelques tremblements de la main qui tient l'aimant .

Si l'on approche un pôle N, la tension devient négative.

Voir la description de l'expérience faite en TP en fin de document **Page 11**.

- Dans l'expérience ci-dessus, réalisée par Faraday , comment fait on varier « l'état magnétique » de la bobine ?





**Notion de Flux Magnétique  $\phi$ (Wb):**

[http://www.guyane-education.org/physique/physiqueappliquee/ressources/TSTI\\_TP\\_Cours\\_flux\\_Magnetique.pdf](http://www.guyane-education.org/physique/physiqueappliquee/ressources/TSTI_TP_Cours_flux_Magnetique.pdf)

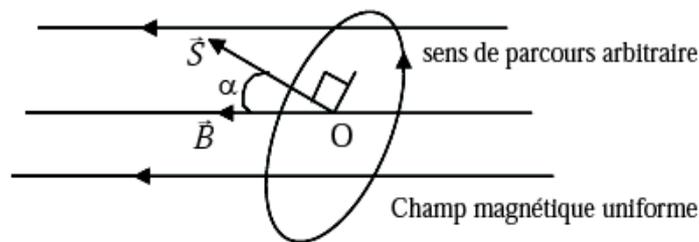
On a montré par diverse expériences (**Voir TP induction, pendule bobiné et aimant passant devant une bobine**) que la **tension induite e**, ou (fem), **dans les spires** dépendait de la **surface offerte par les spires FACE** aux lignes de champ, de l'intensité  $\|\vec{B}(M)\|$  et de la vitesse de variation de ces deux paramètres.

On peut donc combiner les paramètres,  $\|\vec{B}(M)\|$  et Surface FACE aux lignes **par la notion de FLUX  $\phi$ (Wb)**.

**1. Explication grossière:**

**Le flux magnétique**, à travers une spire, peut s'expliquer comme la **quantité de lignes de champ** qui traversent la spire conductrice.

- $\phi > 0$  si les lignes de champ ont le sens positif déterminé par la règle de la main droite et l'orientation arbitraire de la spire.
- $\phi < 0$  si les lignes de champ ont le sens négatif déterminé par la règle de la main droite et l'orientation arbitraire de la spire.

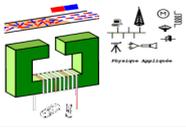


Par définition, le Flux  $\Phi$  du vecteur champ magnétique  $\vec{B}$  à travers une spire  $\vec{S}$  orientée suivant la règle de la main droite vaut :

$\Phi$  en webers (Wb) ; B en teslas (T) ; S en  $m^2$

Quelques exemples		
<p><math>\alpha = 0</math></p>	<p><math>0 &lt; \alpha &lt; 90^\circ</math></p>	<p><math>\alpha = 90^\circ</math></p>





L'induction magnétique est modélisée par Deux lois :

1. Loi d'induction de Faraday :

La fem ou tension  $e(t)$  induite dans un circuit qui embrasse le flux  $\phi(t)$  qui varie de  $d\phi(t)$  pendant la durée  $dt$  est :

$$e(t) = - \frac{d\phi(t)}{dt}$$

Cette fem est de signe contraire à  $d\phi(t)$ , Si  $\phi(t)$  augmente,  $d\phi(t) > 0$  et  $e < 0$ .

L'unité de flux magnétique est le Weber (Wb), en hommage au physicien allemand Wilhelm Eduard Weber (1804-1891).  
Comme  $e(t)$  est exprimé en volt et  $t$  en seconde,  $[Wb] = [V] \cdot [s]$

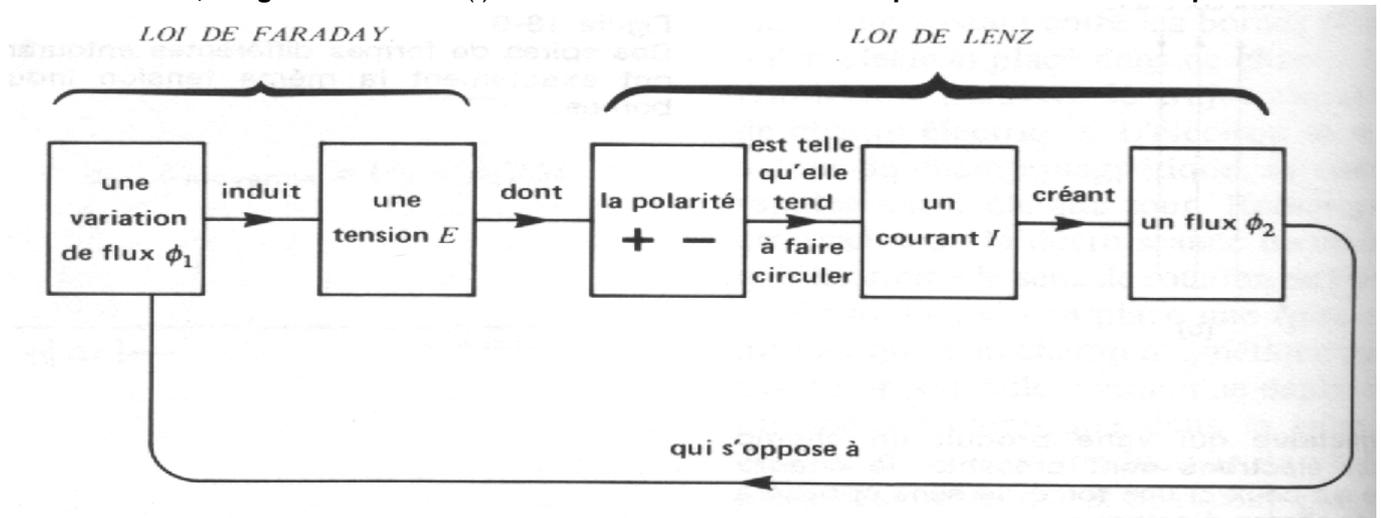
2. Loi de modération de LENZ :

C'est une loi qualitative qui découle du signe opposé de  $e(t)$  et  $d\phi(t)$ .

**Le courant induit, par ses effets, s'oppose à la cause qui lui a donné naissance .**

Ainsi, si  $\phi(t)$  augmente (augmentation du champ B, augmentation de la surface embrassant les lignes de champ...),  $d\phi(t) > 0$ ,  $e < 0$  va créer un courant induit générant un champ  $\vec{B}_{INDUIT}$  qui va s'opposer à  $\vec{B}$ , l'inducteur .

**Ainsi, l'augmentation de  $\phi(t)$  est atténuée . La nature n'aime pas les variations brusque !**



Cette loi qualitative très générale s'applique dans beaucoup d'autres domaines de la physique autre que l'électricité .

Conventions pour la loi de Faraday :

D'après MERAT-Moreau Physique appliquée (Nathan Technique 1987)

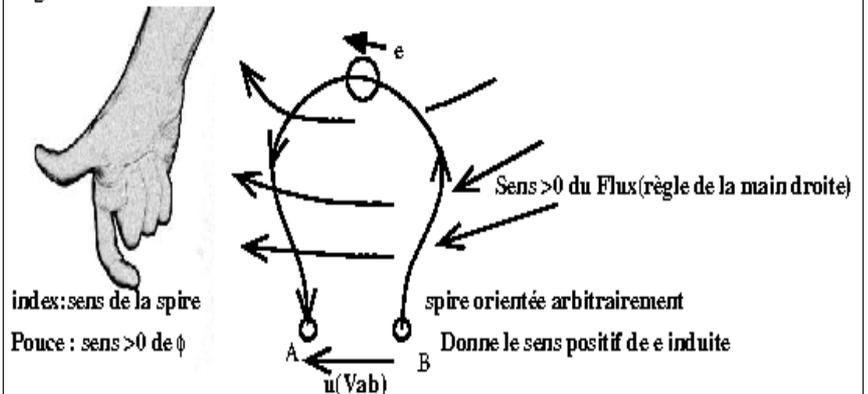
On oriente arbitrairement la spire, cela revient à donner un sens positif à un éventuel courant et à la fem induite,  $e$ .

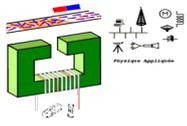
On peut aussi dire que la spire est en convention générateur :  $u = e$ , de même sens que  $i$ .

Avec ces conventions, la loi d'induction

Faraday s'écrit : 
$$e(t) = - \frac{d\phi(t)}{dt}$$

Règle de la main droite





Autre expression de la loi de Faraday :

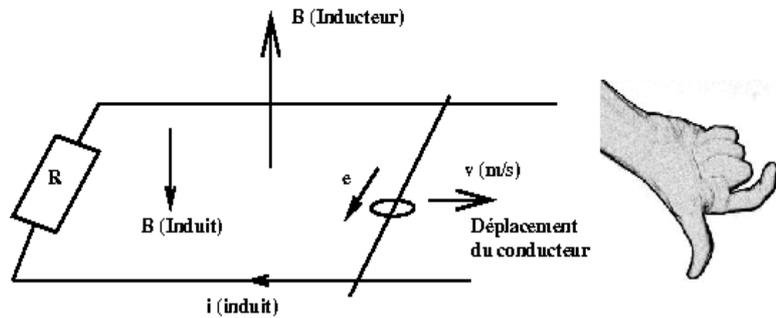
Elle est adaptée au déplacement d'un conducteur dans un champ magnétique.

Cas des moteurs, alternateurs...

La loi de Faraday peut s'écrire alors :

$$\vec{e} = L \cdot \vec{v} \wedge \vec{B} ; B \text{ en Tesla (T)}$$

- L: longueur du conducteur dans le champ  $\vec{B}$
- v(m/s) vitesse de déplacement du conducteur.



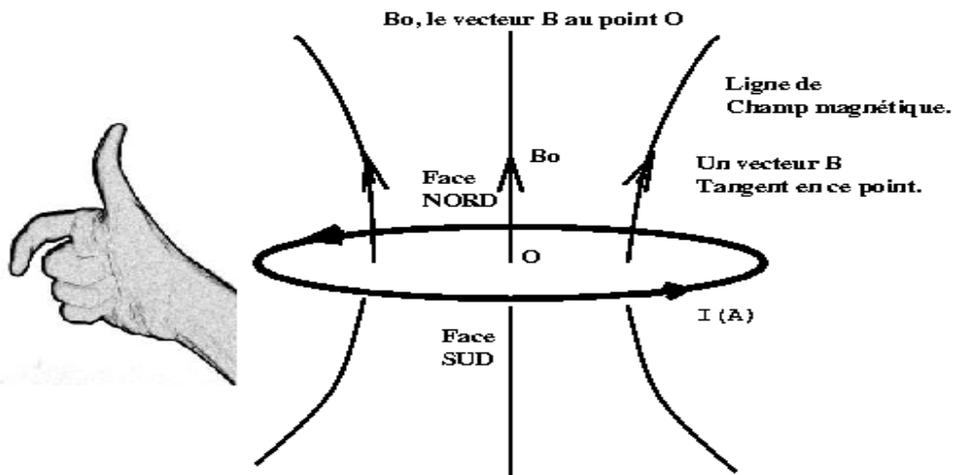
L'index dans le sens de  $\vec{v}$  tourne vers  $\vec{B}$   
Le pouce donne le sens de  $\vec{e}$

Règle de la main Droite

Donne Le sens du Champ magnétique  $\vec{B}(M)$  créé par une spire parcourue par un courant :

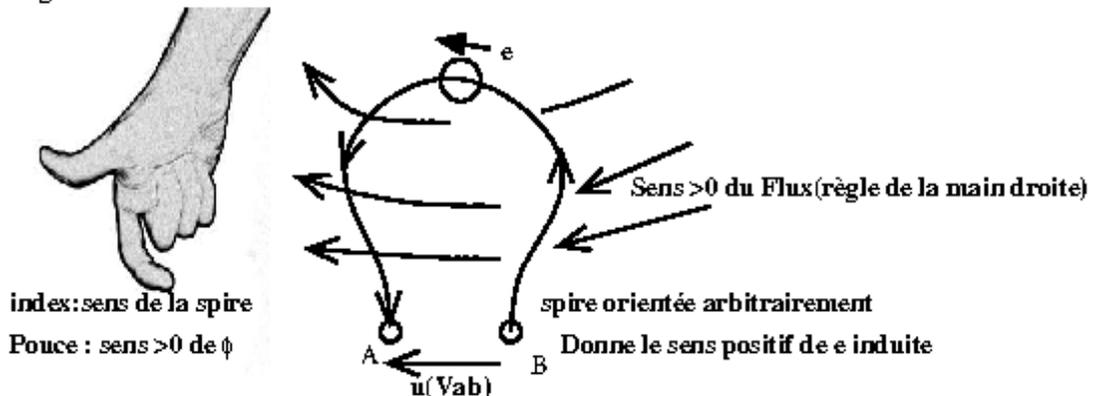
1. index ou les 4 doigts autre que le pouce - sens du courant .
2. pouce - sens du vecteur champ magnétique  $\vec{B}(M)$  créé DANS la spire .

Schéma réalisé à partir d'une image [http://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A8gle\\_de\\_la\\_main\\_droite](http://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A8gle_de_la_main_droite) complétée avec le logiciel libre XFIG et modification de l'article wikipédia le 10/2/07



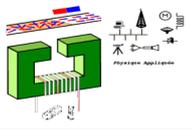
Donne le sens positif du Flux à travers une spire conductrice , orientée arbitrairement .

Règle de la main droite



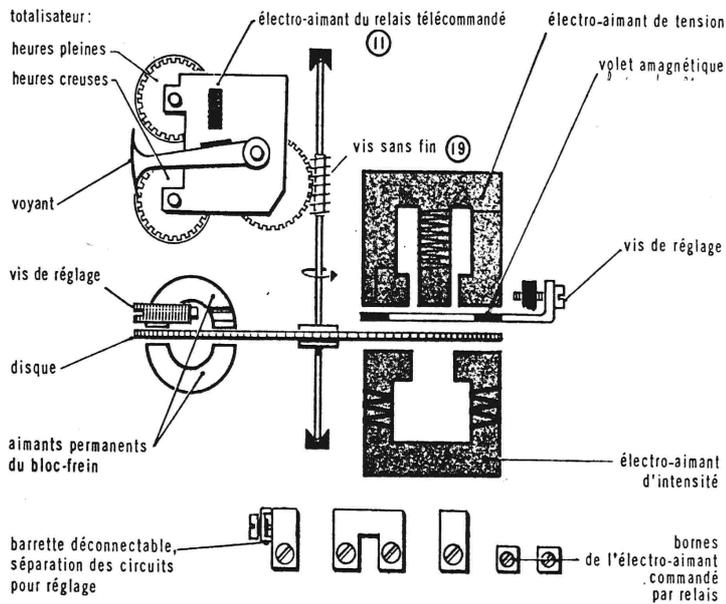
index: sens de la spire  
Pouce : sens >0 de  $\phi$





Applications des lois de l'induction de Faraday et de Lenz (Loi de modération )

Fig1 : schéma de Principe du Compteur EDF à induction avec ses Accessoires .Document SHLUMBERGER .



**11 : Electroaimant** commandé par le relais de commande centralisé indépendant du compteur et raccordé aux bornes en bas à droite . ( Le relais centralisé est télécommandé à partir d'un ordre à 175 Hz véhiculé par la ligne )

**Volet Amagnétique ou Spire de FRAGER :**

Permet de régler le déphasage ,

entre  $\vec{i}_2$  et  $\vec{u}$  , à  $\frac{\pi}{2}$  ,

Car la bobine  $B_2$  de l'électroaimant de Tension n'est pas parfaite (Résistance non nulle).

1.1 Expliquer , à l'aide de la loi de LENZ que l'on énoncera , le sens positif réel des courants induits tracés figure 2 dans le cas où  $\Phi$  augmente .

1.2 Expliquer Figure 3 le rôle de Freinage apporté sur le disque par les aimants permanents . On placera  $\vec{v}$  ,  $\vec{e}$  induite qui crée  $i$  induit, et donc la force de laplace  $\vec{F}$  de freinage ..

**Le flux  $\Phi$  est l'analogie, pour le circuit magnétique, du courant électrique dans un circuit électrique .**

**$I(A)$  circuit électrique  $\leftrightarrow$   $\Phi(Wb)$  circuit magnétique**

Fig 2 : Courants induits dans un disque amagnétique (Al,Cu)

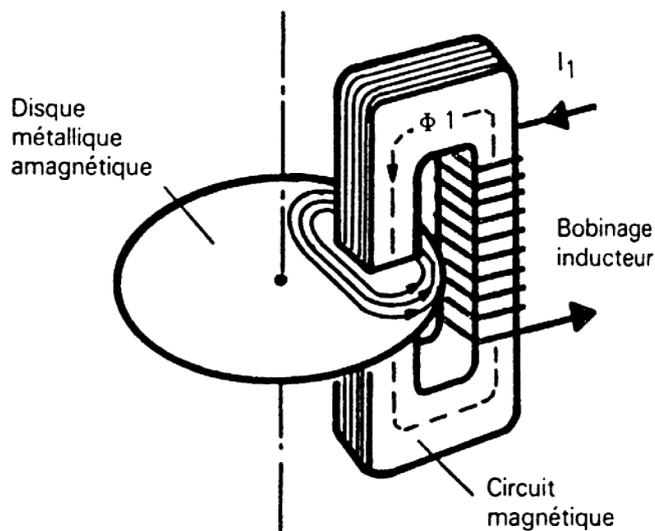
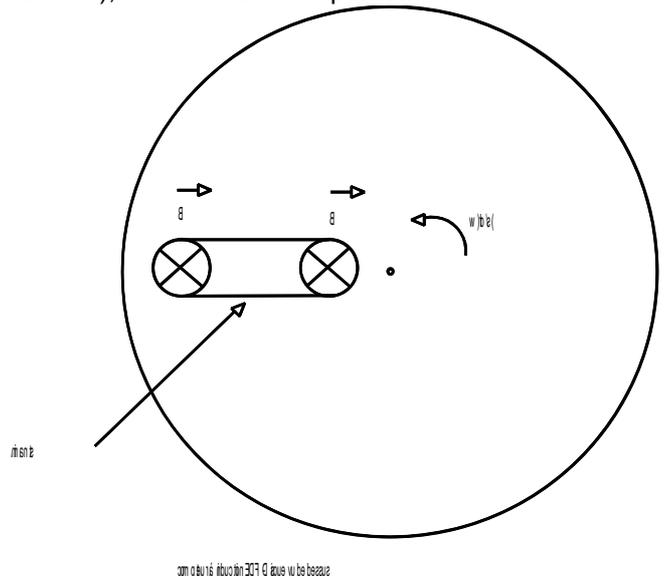


Fig 3 : Disque amagnétique vu de dessus (compteur à induction ), avec les aimants permanents du bloc Frein .



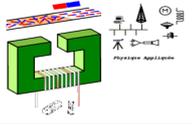


Figure 5  
schéma de principe du compteur électrique à induction vu de dessus

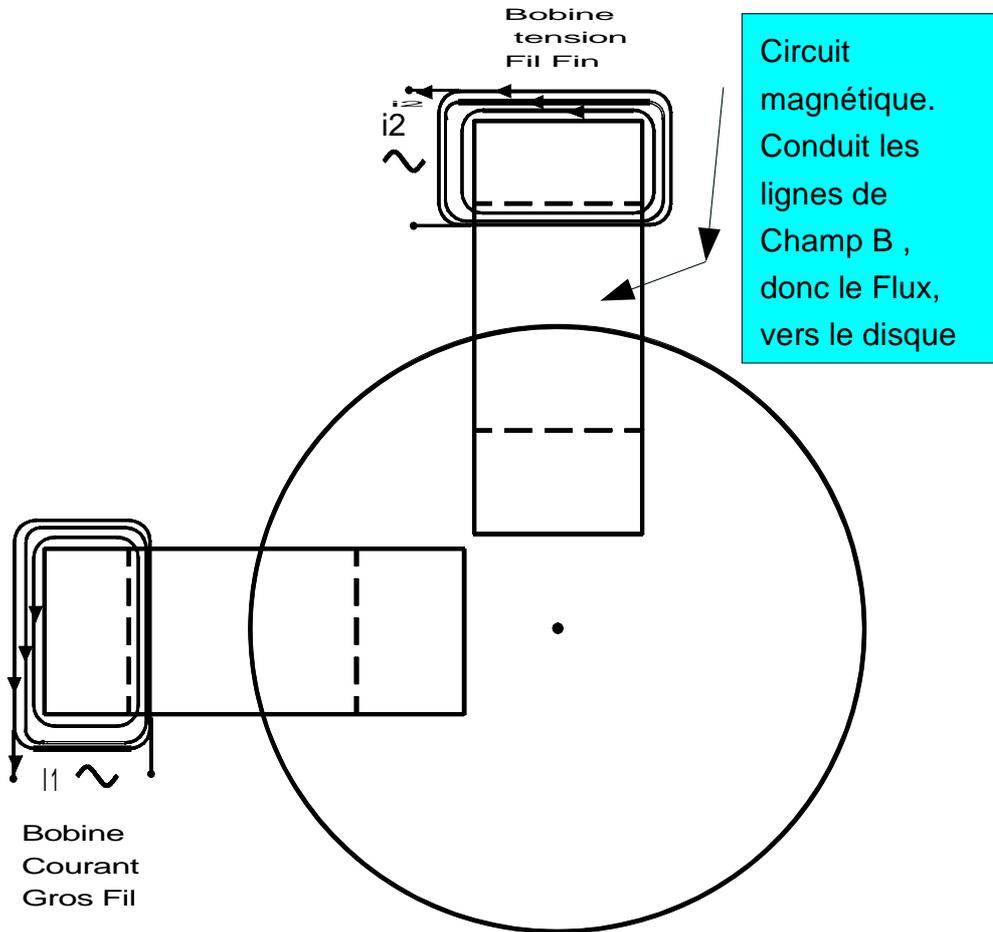
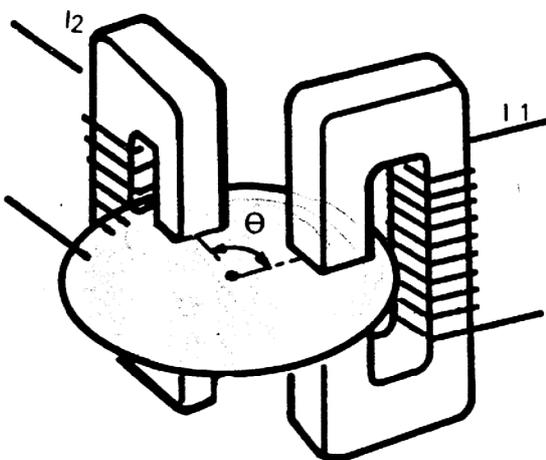
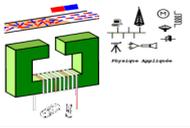


Fig 4 : Schéma de principe du compteur à induction  
 $I_1$  : intensité consommée par l'Abonné  
 $I_2$  : est proportionnelle à la tension  $U$  (230 V)

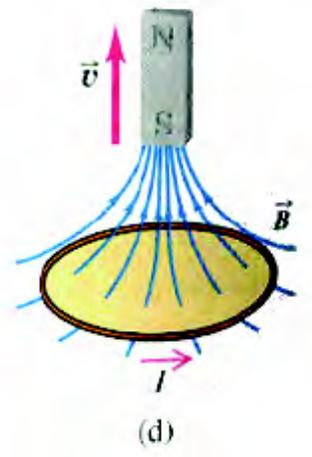
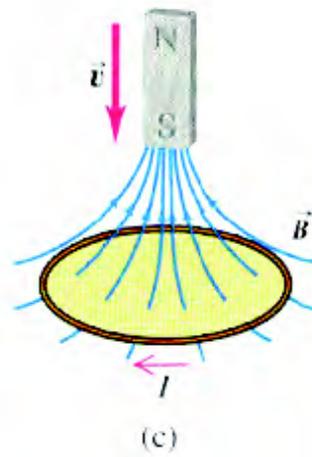
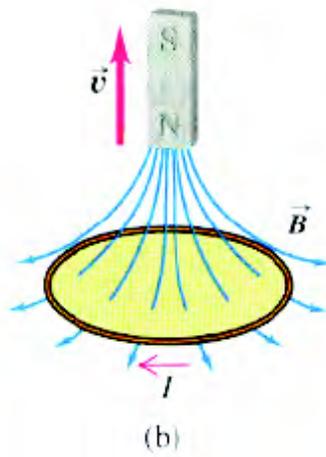
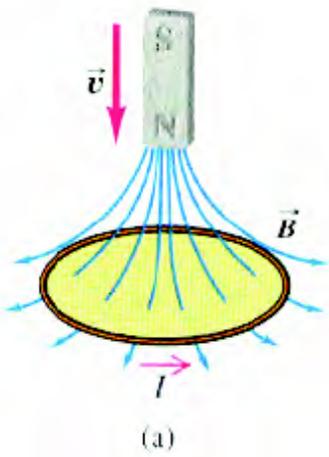
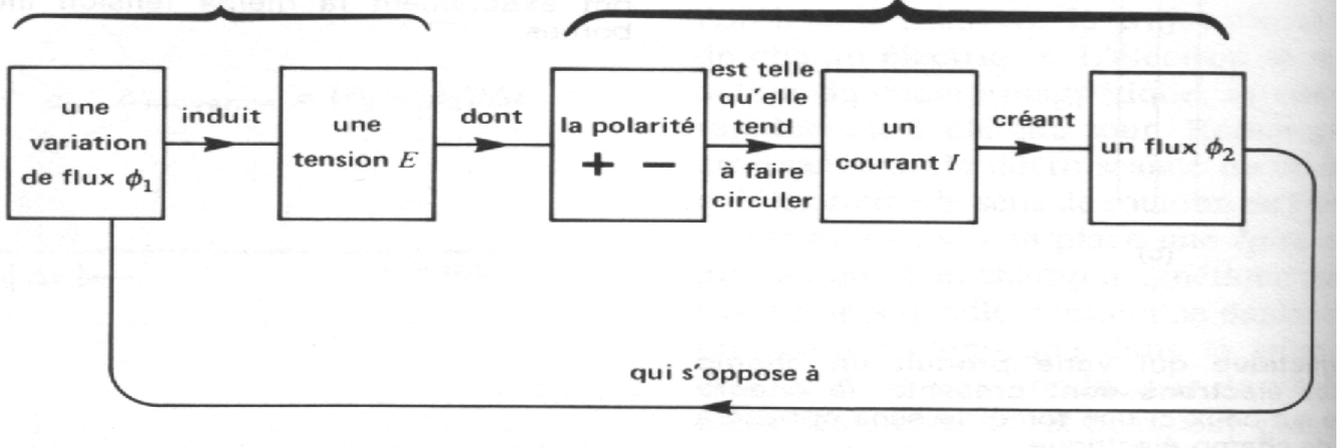




### Etude qualitative des lois de Faraday et LENZ

LOI DE FARADAY

LOI DE LENZ



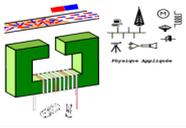
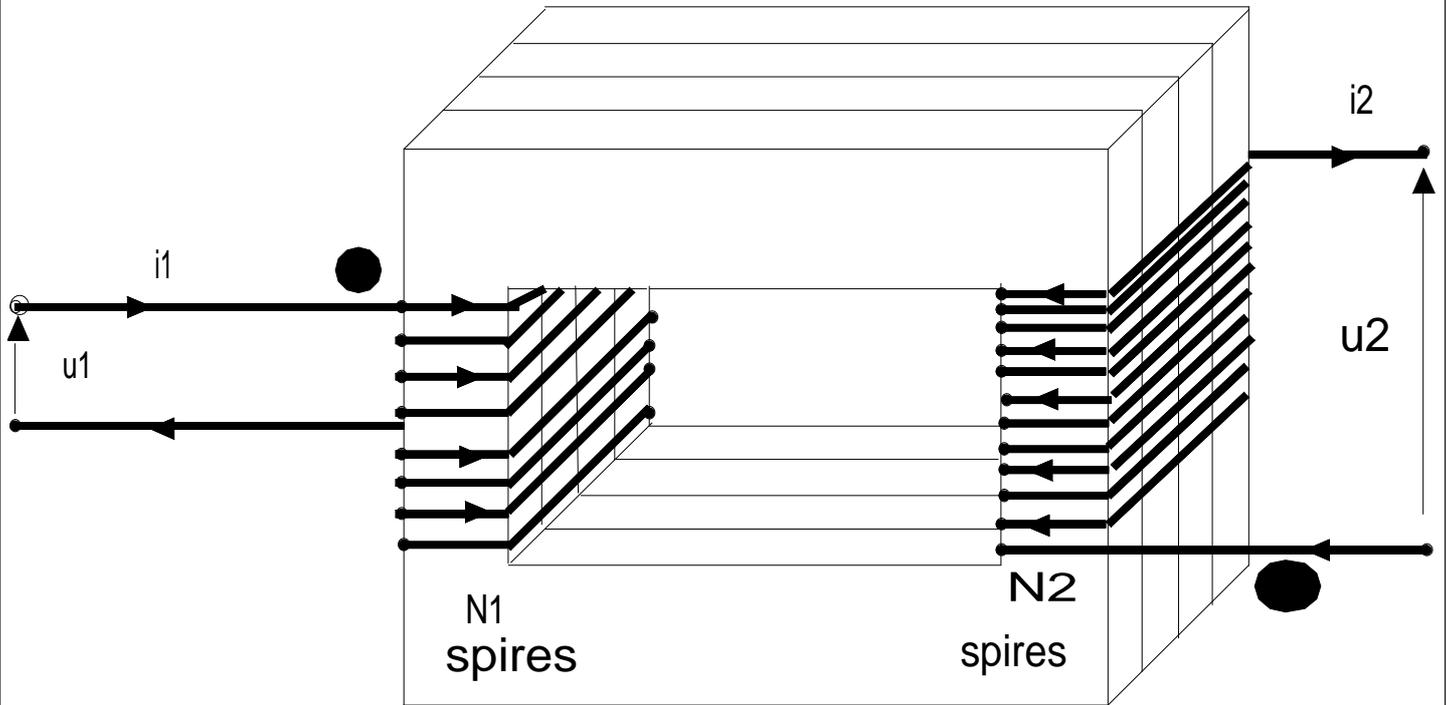


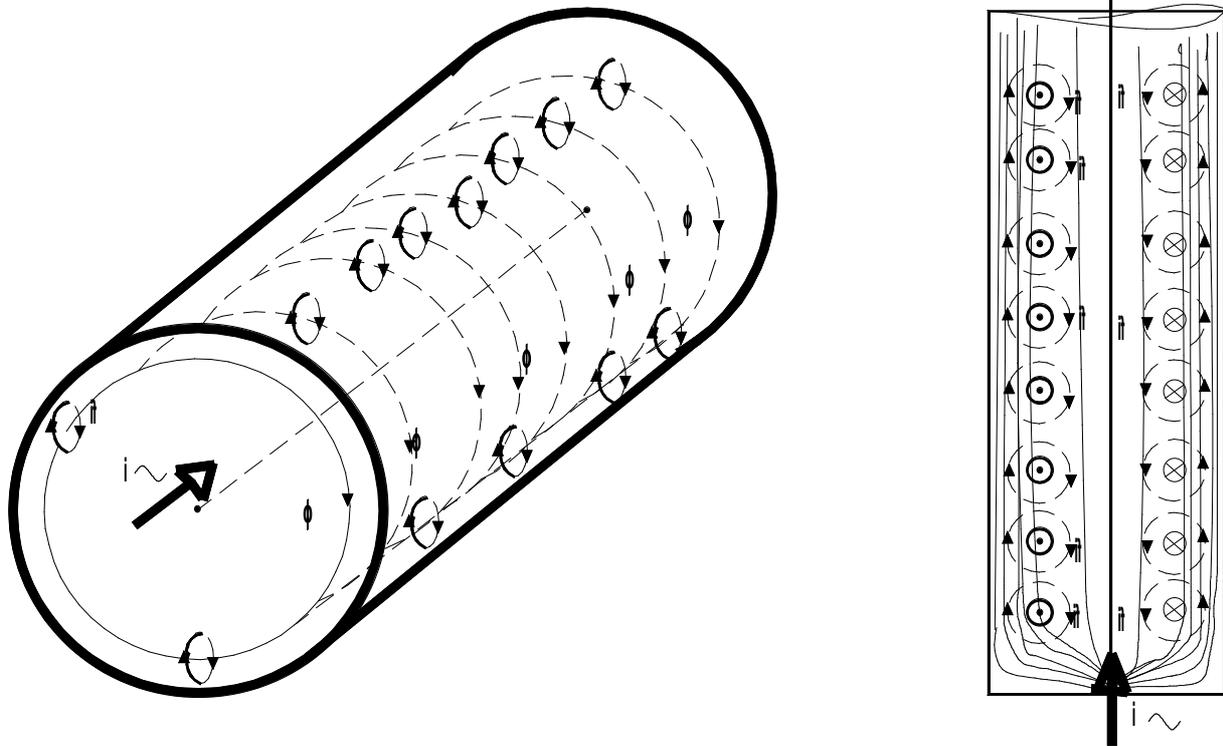
Fig 6 :

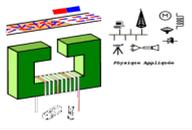
Transformateur à Circuit Magnétique (CM) feuilleté

Chaque feuille de Tôle Ferromagnétique est isolée de ses voisines par un vernis

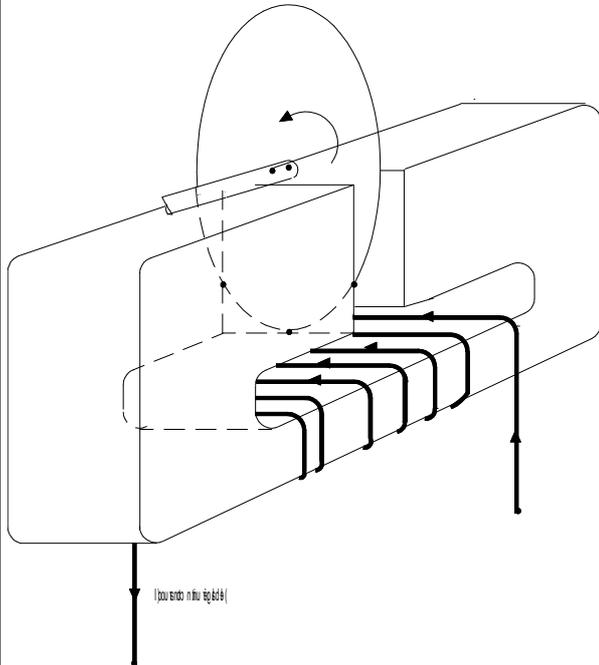


Effet de peau dans un conducteur parcouru par un courant alternatif .

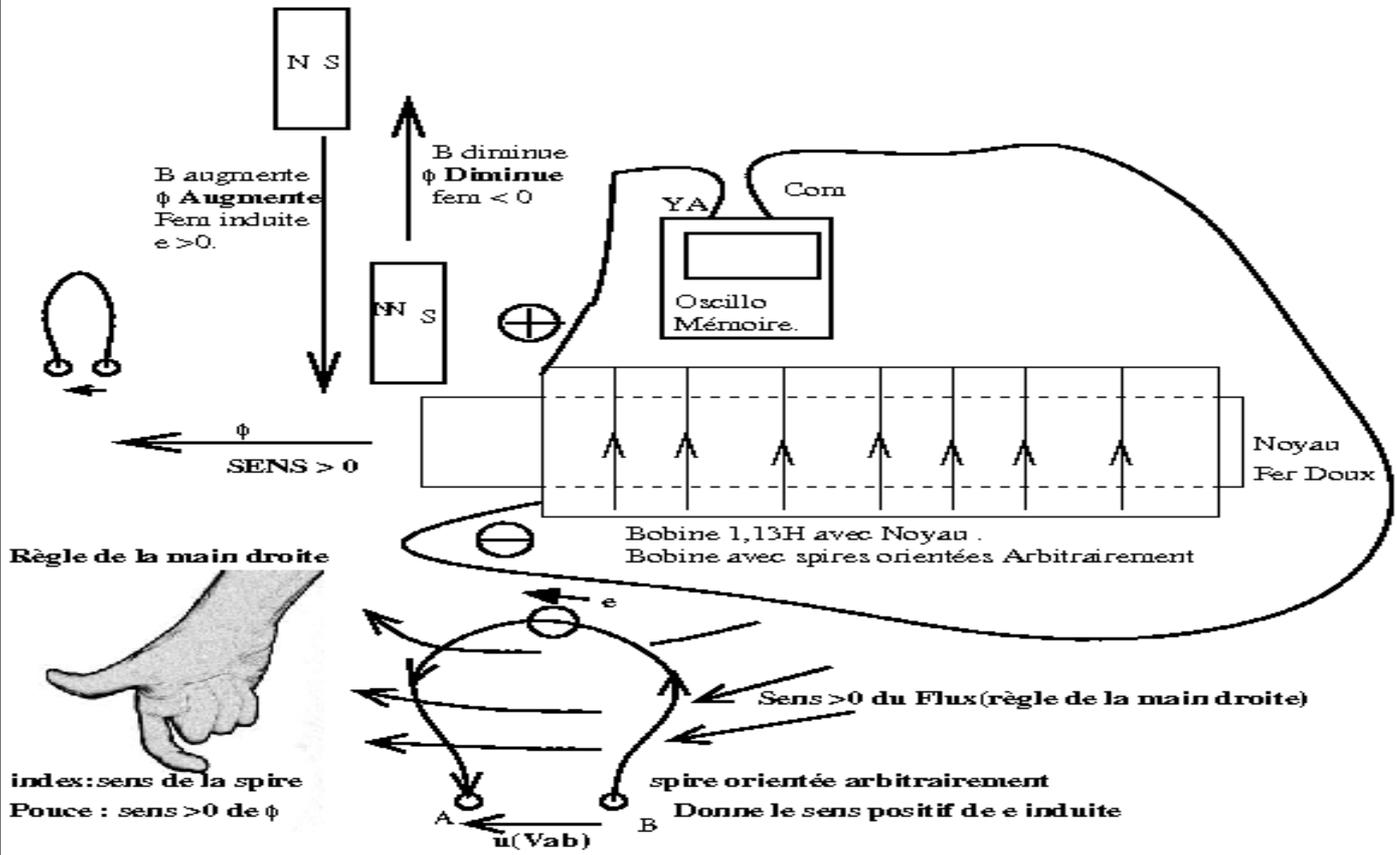
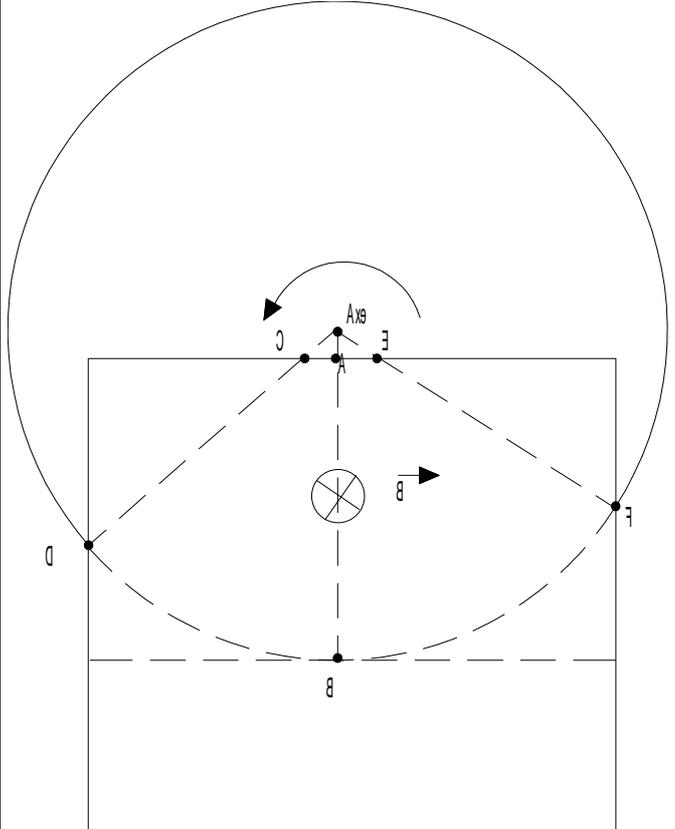


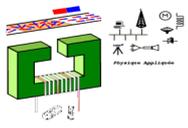


**Fig 8** Principe du Ralentisseur à courant de Foucault comportant un disque Amagnétique et un électroaimant .



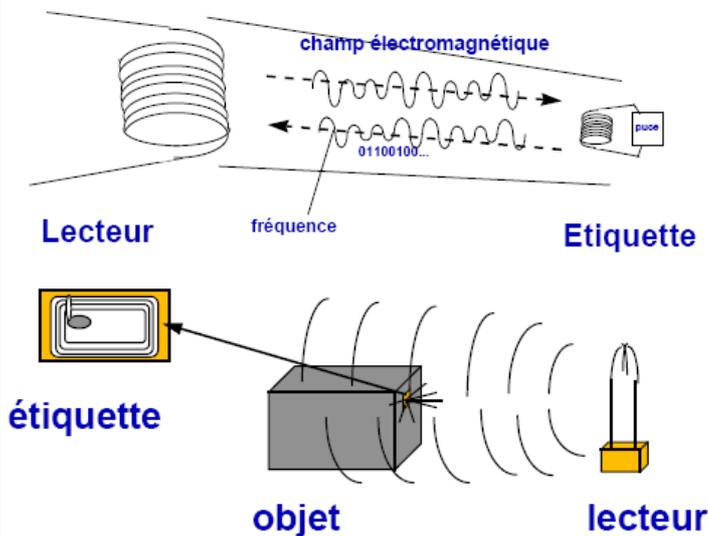
**Fig 9 : principe du ralentisseur vu de Gauche .**





### ÉTIQUETTE RFID - PRINCIPE

d'APRÈS: EPC2004-032 - RF15 PRINCIPES ET APPLICATIONS EPC GLOBAL FORUM



Doc : **INDUSTRIE et TECHNIQUE 2/98** § journal de la Technologie



**Étiquette RFID**

Une application d'identification automatique RFID se compose d'un lecteur ou interrogateur qui transmet un signal selon une fréquence déterminée vers une ou plusieurs étiquettes radio situées dans son champ de lecture. Celles-ci transmettent en retour un signal. Lorsque les étiquettes sont « éveillées » par le lecteur, un dialogue s'établit selon un protocole de communication prédéfini, et les données sont échangées.

Les étiquettes sont aussi appelées « transpondeur », c'est à dire un équipement destiné à recevoir un signal radio et à renvoyer immédiatement en réponse un signal radio différent et contenant une information pertinente.

Les applications RFID fonctionnant à basse ou moyenne fréquence (fréquences de 9 KHz à quelques Mhz), utilisent le champ électromagnétique créé par l'antenne du lecteur et l'antenne / bobine de l'étiquette pour communiquer. Le champ électromagnétique alimente l'étiquette et active la puce. Cette dernière va exécuter les programmes pour lesquels elle a été conçue. Pour transmettre les informations qu'elle contient, elle va créer une modulation d'amplitude ou de phase sur la fréquence porteuse. Le lecteur reçoit ces informations et les transforme en binaire (0 ou 1). Dans le sens lecteur vers étiquette, l'opération est symétrique, le lecteur émet des informations par modulation sur la porteuse. Les modulations sont analysées par la puce et numérisées.

Une des particularités de ce principe est que plus la fréquence porteuse est basse plus le nombre de tours de l'antenne de la puce doit être important pour créer un voltage suffisant pour alimenter la puce et par voie de conséquence augmente la complexité du processus de fabrication en grande quantité.

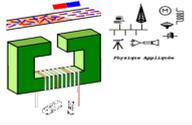
L'étiquette peut être apposée, portée, insérée dans un objet. Le mot « objet » est entendu au sens large, ce peut être un colis, une carte intelligente (téléphone, banque), un véhicule, ....

Plus les différents éléments composants ces applications sont standardisés, plus est grand le nombre d'utilisateurs potentiels et de processus industriels ou marchands pouvant bénéficier de cette technologie. C'est tout l'enjeu de la normalisation entreprise au sein de l'ISO/JTC1/SC31/WG4.

Cette normalisation doit permettre:

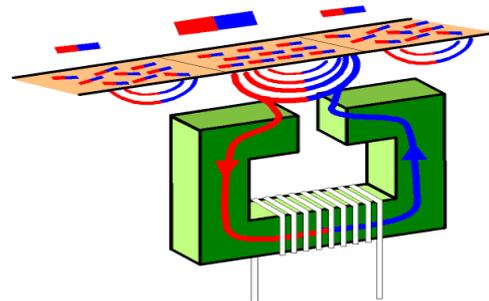
- la coexistence des étiquettes entre elles, c'est à dire permettre que plusieurs objets porteurs d'étiquette dans un même champ de lecture ne se polluent pas entre elles,
- l'interopérabilité des systèmes RFID, c'est à dire permettre que plusieurs étiquettes utilisant la même fréquence, provenant de fabricants différents, puissent dialoguer avec tout lecteur.





## Enregistrement magnétique

**Enregistrement sur bande :**  
Magnétophone, Walkman ....



### Disque DUR

On voit le moteur pas à pas central, la tête de lecture/écriture en bout de bras et les aimants en arrière de l'axe du bras des têtes qui permet de les faire bouger, grâce à la force de Laplace.

Leur géométrie leur permet de voler au-dessus de la surface du plateau sans le toucher : elles reposent sur un coussin d'air créé par la rotation des plateaux. En 1997 les têtes volaient à 25 nanomètres de la surface des plateaux, aujourd'hui (2006) cette valeur est d'environ 10 nanomètres.



### Tête de lecture/écriture :

Inductive, magnétorésistive ou GMR écriture inductive et lecture magnétorésistive .



Le bras supportant les deux têtes de lecture/écriture. Les rayures visibles sur la surface du plateau indiquent que le disque dur était en panne, victime d'un «atterrissage». Le bras supportant les deux têtes de lecture/écriture. Les rayures visibles sur la surface du plateau indiquent que le disque dur était en panne, victime d'un «atterrissage».

D'après :

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Disque\\_dur#Plateaux](http://fr.wikipedia.org/wiki/Disque_dur#Plateaux)

Le moteur du bras, les deux parties blanches de part et d'autre de la bobine sont des aimants. Le couvercle contenant deux autres aimants a été retiré pour faire apparaître le pivot et la bobine.

