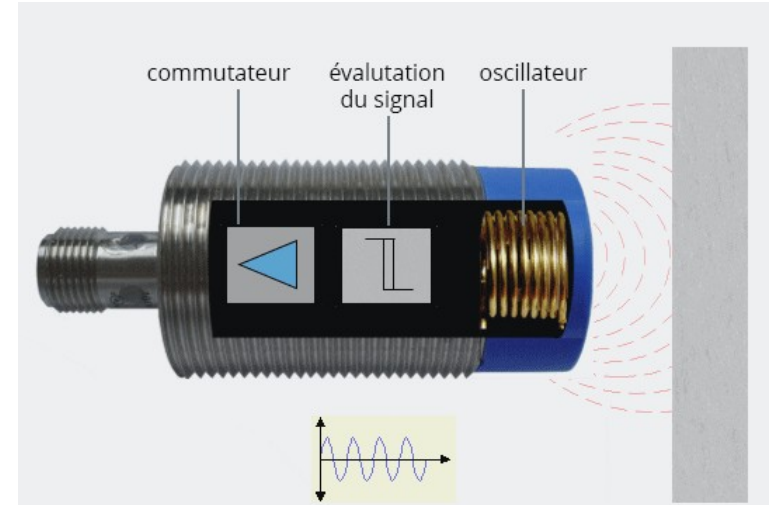


Les capteurs inductifs



Les capteurs inductifs

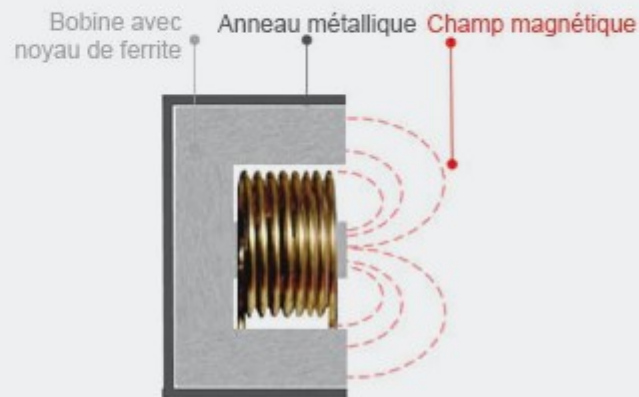
- Pas de contact avec les pièces
- Précis (faible portée)
- Plage de température d'utilisation importante
- IP65 à 69K
- Sortie NPN, PNP, 2 à 4 fils, analogique, contactsNF ou NO, ou bus de communication

Les capteurs inductifs

Inductif non-noyable



Inductif noyable



Exemples de versions non-noyables



Exemples de versions noyables

Les capteurs inductifs

Les capteurs inductifs de position et de vitesse existent en un large éventail de formes, tailles et principes de conception. On peut toutefois considérer que tous les capteurs inductifs exploitent les principes du transformateur ; et qu'ils utilisent tous un phénomène physique lié aux courants électriques alternatifs. Ce phénomène a été observé pour la première fois durant les années 1830 par Michael Faraday, qui a constaté qu'un premier conducteur porteur de courant pouvait « induire » un courant dans un second conducteur. Les découvertes de Faraday ont abouti à diverses inventions, dont le moteur électrique, la dynamo et, bien sûr, les capteurs inductifs de vitesse et position.

Ces capteurs incluent notamment : commutateurs de proximité, capteurs à inductance variable, capteurs à réluctance variable, synchro-machines, résolveurs, et capteurs de déplacement linéaires/rotatifs (LVDT/RVDT*).

*Linear Variable Differential Transformer / Rotary Variable Differential Transformer

Les capteurs inductifs

Les capteurs inductifs de position et de vitesse existent en un large éventail de formes, tailles et principes de conception. On peut toutefois considérer que tous les capteurs inductifs exploitent les principes du transformateur ; et qu'ils utilisent tous un phénomène physique lié aux courants électriques alternatifs. Ce phénomène a été observé pour la première fois durant les années 1830 par Michael Faraday, qui a constaté qu'un premier conducteur porteur de courant pouvait « induire » un courant dans un second conducteur. Les découvertes de Faraday ont abouti à diverses inventions, dont le moteur électrique, la dynamo, les capteurs inductifs de vitesse et position.

Ces
vari
dép



ommutate
le, synchi
RVDT*).



tance
irs de

*Linear Variable Differential Transformer / Rotary Variable Differential Transformer

Les capteurs inductifs

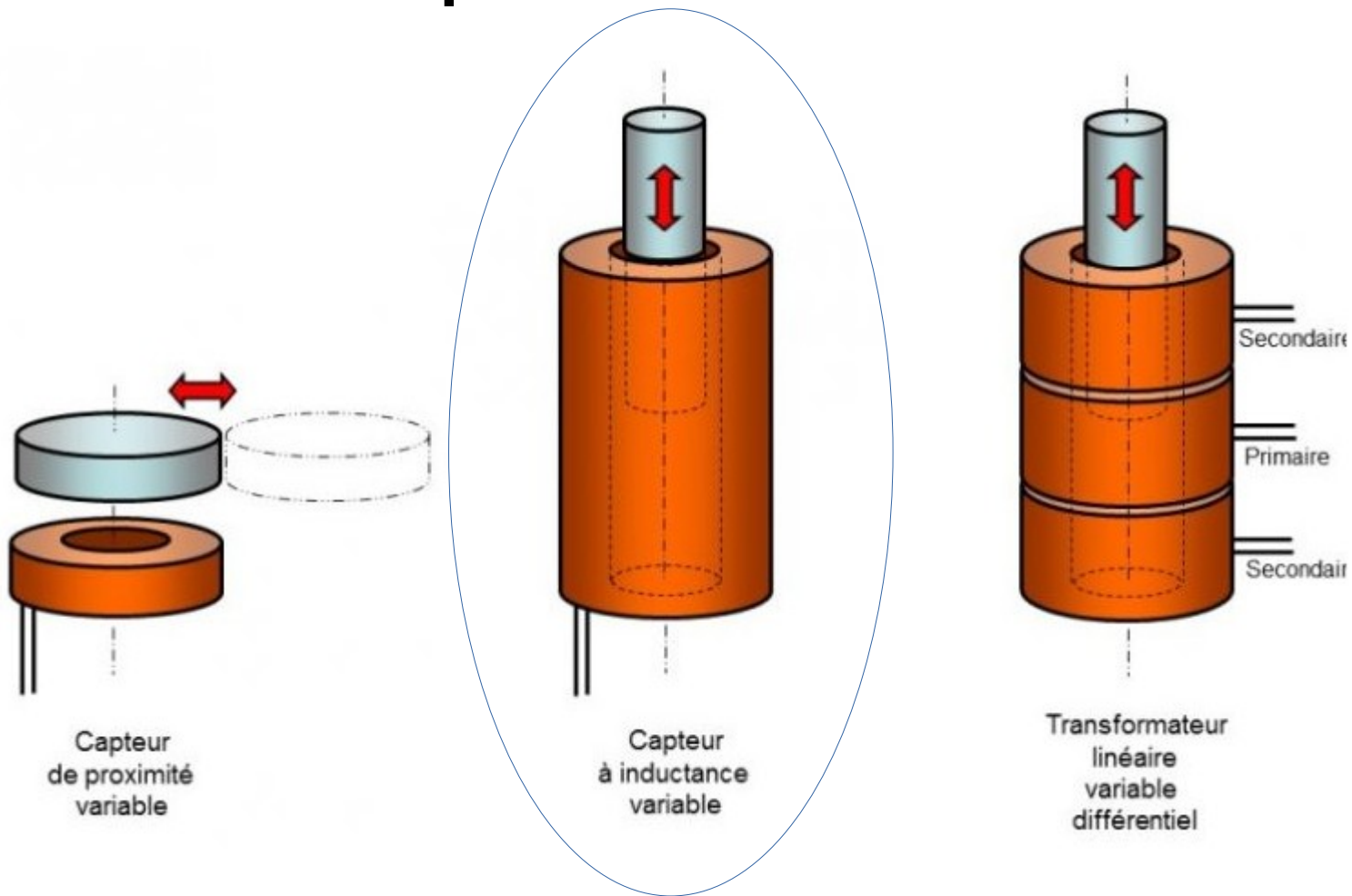
Les capteurs inductifs LVDT et RVDT et les résolveurs permettent de mesurer la variation de couplage inductif entre des bobines, (enroulements primaires et secondaires). L'enroulement primaire transmet de l'énergie aux enroulements secondaires, mais le rapport de l'énergie transmise à chacun des enroulements secondaires varie proportionnellement au déplacement relatif d'une cible magnétiquement perméable.

Dans un capteur inductif LVDT, il s'agira généralement d'une tige métallique passant à travers l'alésage des enroulements. Dans un capteur inductif RVDT ou un résolveur, il s'agit généralement d'un rotor formé ou d'une pièce polaire tournant par rapport aux enroulements disposés autour de la périphérie du rotor. Les applications typiques des capteurs inductifs LVDT et RVDT incluent notamment les servos hydrauliques dans les systèmes de commande aérospatiaux (ailerons, moteur et carburant). Les résolveurs sont typiquement utilisés pour les commutations de moteur électrique sans balai.

Les capteurs inductifs

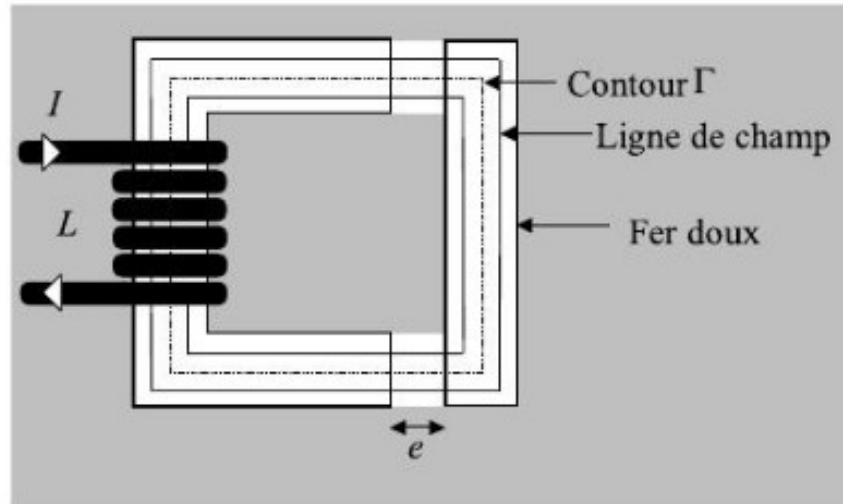
Un avantage significatif des capteurs inductifs tient au fait qu'il n'est pas nécessaire que le circuit de traitement de signal associé soit situé à proximité des bobines de détection. Cela permet d'installer les bobines de détection dans des environnements difficiles, dans lesquelles d'autres techniques de détection ne seraient autrement pas envisageables (techniques magnétiques ou optiques, notamment) car elles nécessitent d'installer des systèmes électroniques à base de silicium, relativement délicats, à proximité du point de détection

Les capteurs inductifs

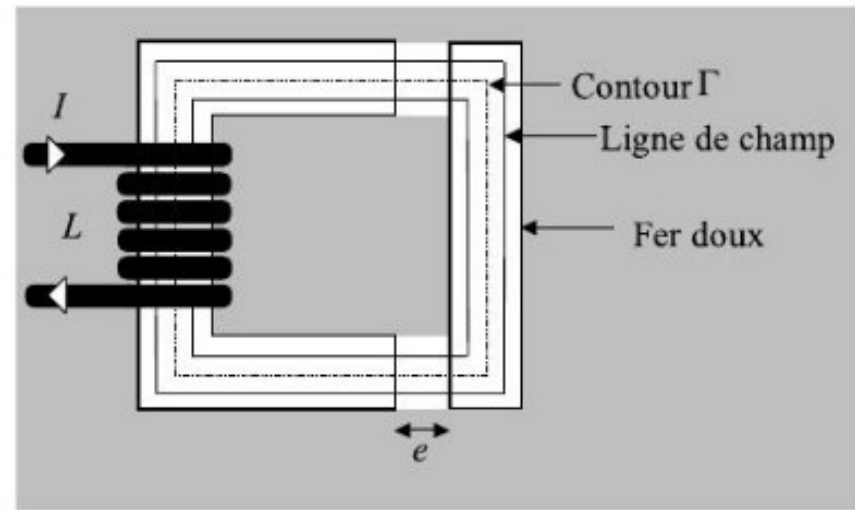


Étude du capteur inductif à réluctance variable

Le schéma de principe de ce type de capteur peut-être représenté par le schéma ci-dessous où l'on distingue la bobine, le circuit magnétique, l'entrefer (espace variable). Le champ magnétique est donc « guidé » dans le noyau de fer doux (c'est le circuit magnétique) mais la valeur de flux dépendra de l'entrefer : si l'entrefer est faible, le flux est maximum ;



capteur inductif à ance variable



Le corps du circuit magnétique est réalisé en fer doux feuilleté (pour limiter les courants de Foucault). On suppose que les lignes de champ sont parfaitement guidées par le circuit magnétique et que l'entrefer e est suffisamment petit (on néglige les lignes de champ pouvant fuir dans la région symbolisée en gris).

Le théorème d'Ampère ($\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = N \cdot I$) est l'expression du champ magnétique $\vec{H}$ sur la fibre moyenne, contour moyen Γ , sachant que la bobine possède N spires et que l'intensité du courant la parcourant est I .

Sachant que l'induction magnétique $\vec{B}$ est à flux conservatif, que la section S du circuit magnétique est supposée constante, donner les relations liant l'induction magnétique $\vec{B}$ aux champs dans l'air, $\vec{H}_{air}$, et dans le fer doux, $\vec{H}_{fer}$. On notera μ_0 la perméabilité magnétique de l'air (assimilé au vide) et $\mu = \mu_r \mu_0$ celle du fer doux.

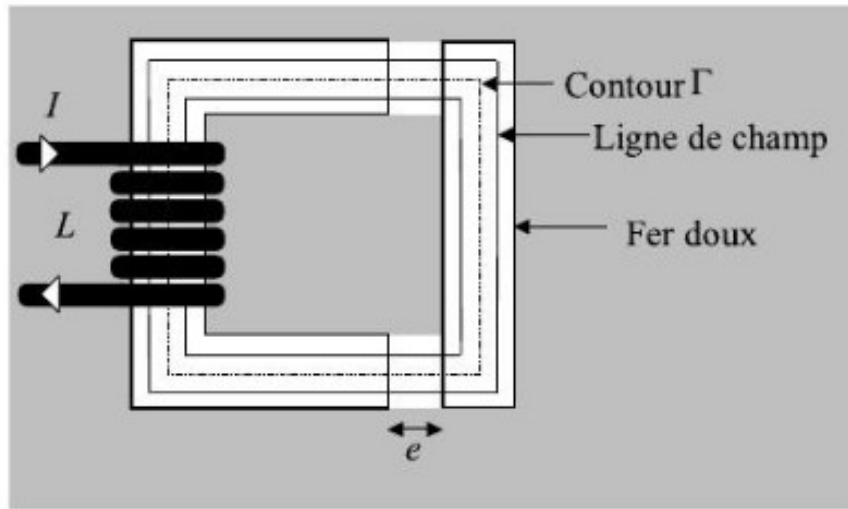
Le flux conservatif permet d'appliquer : $\Phi = \int_{\text{section du circuit magnétique}} \vec{B} \cdot d\vec{S} = \text{constante}$

Dans notre cas, l'induction magnétique dans le noyau s'écrit $\vec{B} = \mu_0 \cdot \vec{H}_{air} = \mu \cdot \vec{H}_{fer} = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \vec{H}_{fer}$

capteur inductif à ance variable

L'expression du flux d'induction magnétique Φ au travers de la bobine, s'obtient grâce à $\Phi = \int_{\text{bobine}} \vec{B} \cdot d\vec{S} = N \cdot B \cdot S$

Le flux d'induction s'obtient en fonction de l'inductance propre L de la bobine par l'équation $\Phi = L \cdot I$



Le corps du circuit magnétique est réalisé en fer doux feuilleté (pour limiter les courants de Foucault). On suppose que les lignes de champ sont parfaitement guidées par le circuit magnétique et que l'entrefer e est suffisamment petit (on néglige les lignes de champ pouvant fuir dans la région symbolisée en gris).

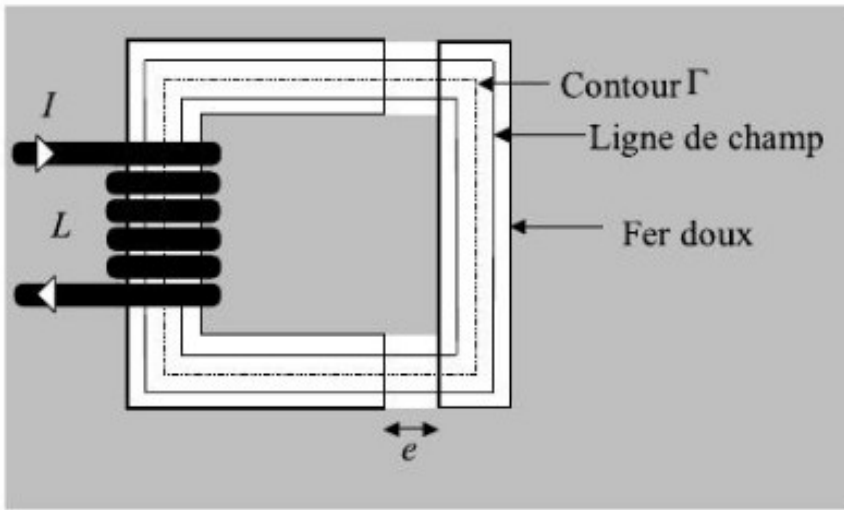
Le théorème d'Ampère ($\int \vec{H} \cdot d\vec{l} = N \cdot I$) est l'expression du champ magnétique $\vec{H}$ sur la fibre moyenne, contour moyen Γ , sachant que la bobine possède N spires et que l'intensité du courant la parcourant est I .

Sachant que l'induction magnétique $\vec{B}$ est à flux conservatif, que la section S du circuit magnétique est supposée constante, donner les relations liant l'induction magnétique $\vec{B}$ aux champs dans l'air, $\vec{H}_{\text{air}}$, et dans le fer doux, $\vec{H}_{\text{fer}}$. On notera μ_0 la perméabilité magnétique de l'air (assimilé au vide) et $\mu = \mu_r \mu_0$ celle du fer doux.

Le flux conservatif permet d'appliquer : $\Phi = \int_{\text{section du circuit magnétique}} \vec{B} \cdot d\vec{S} = \text{constante}$

Dans notre cas, l'induction magnétique dans le noyau s'écrit $\vec{B} = \mu_0 \cdot \vec{H}_{\text{air}} = \mu \cdot \vec{H}_{\text{fer}} = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \vec{H}_{\text{fer}}$

capteur inductif à ance variable



La bobine est traversée par un courant I , et ayant N spires, on obtient le champ magnétique par:

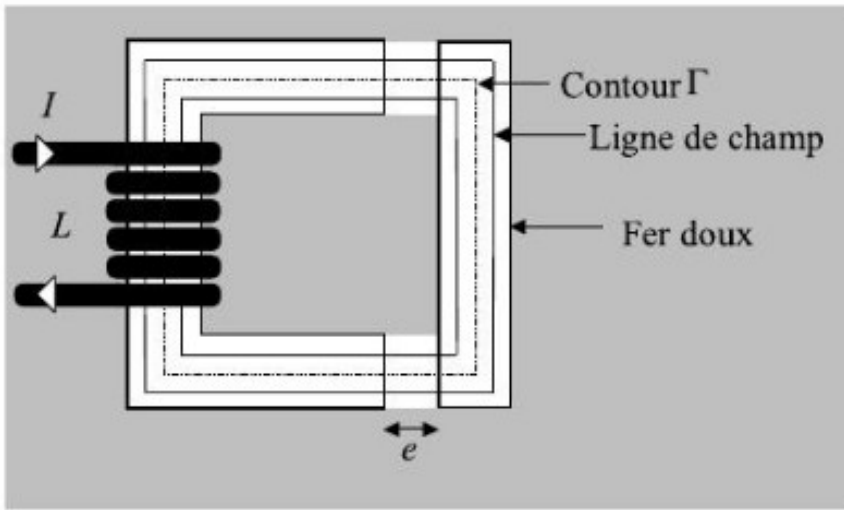
$$\int_{\Gamma} \vec{H} \cdot d\vec{l} = N \cdot I$$

So on néglige les fuites de champ magnétique, on peut écrire:

$$\Phi = \int_{\text{circuit magnétique}} \vec{B} \cdot d\vec{S} = N \cdot B \cdot S = \text{constante}$$

Donc l'induction magnétique B est constante dans le circuit magnétique et dans l'entrefer (car dS est constant et colinéaire à B)

capteur inductif à avance variable



La bobine est traversée par un courant I , et ayant N spires, on obtient le champ magnétique par:

$$\int_{\Gamma} \vec{H} \cdot d\vec{l} = N \cdot I$$

Si on néglige les fuites de champ magnétique, on peut écrire: $\Phi = \int_{\text{circuit magnétique}} \vec{B} \cdot d\vec{S} = N \cdot B \cdot S = \text{constante}$

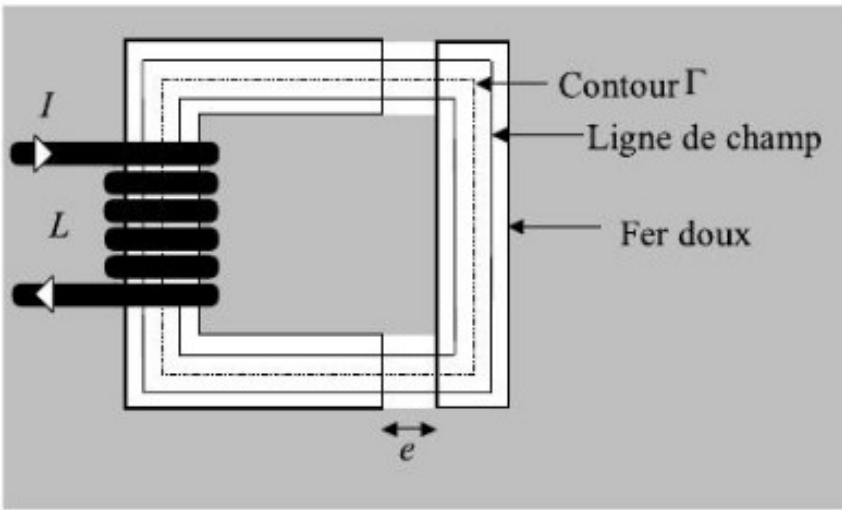
Donc l'induction magnétique B est constante dans le circuit magnétique et dans l'entrefer (car dS est constant et colinéaire à B) donc :

$$\vec{B} = \mu_0 \cdot \vec{H}_{\text{air}} = \mu \cdot \vec{H}_{\text{fer}} = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \vec{H}_{\text{fer}}$$

Le flux magnétique a été calculé dans le magnétique mais il peut être calculé aussi dans la bobine

$$\Phi = \int_{\text{bobine}} \vec{B} \cdot d\vec{S} = N \cdot B \cdot S = LI$$

capteur inductif à ance variable



Le champ magnétique devient:

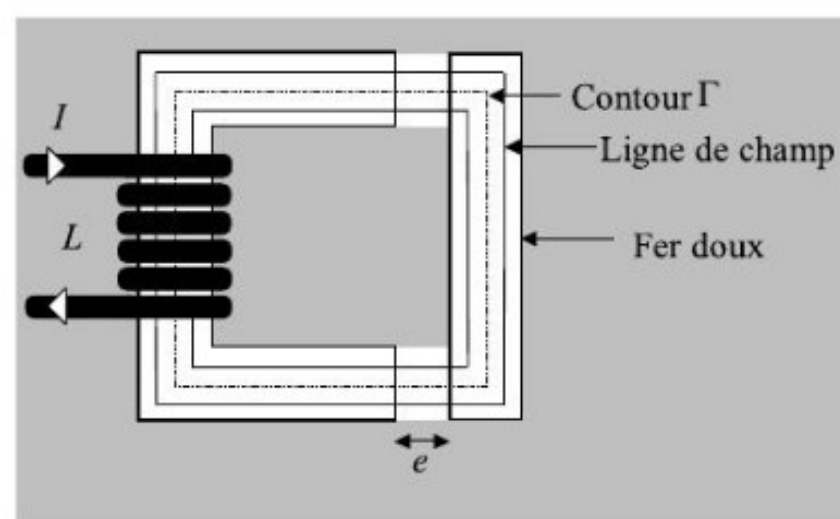
$$\int_{\Gamma} \vec{H} \cdot d\vec{l} = N \cdot I$$

$$\vec{B} = \mu_0 \cdot \vec{H}_{air} = \mu \cdot \vec{H}_{fer} = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \vec{H}_{fer}$$

$$\Phi = \int_{\text{circuit magnétique}} \vec{B} \cdot d\vec{S} = N \cdot B \cdot S = \text{constante}$$

$$\Phi = \int_{\text{bobine}} \vec{B} \cdot d\vec{S} = N \cdot B \cdot S = LI$$

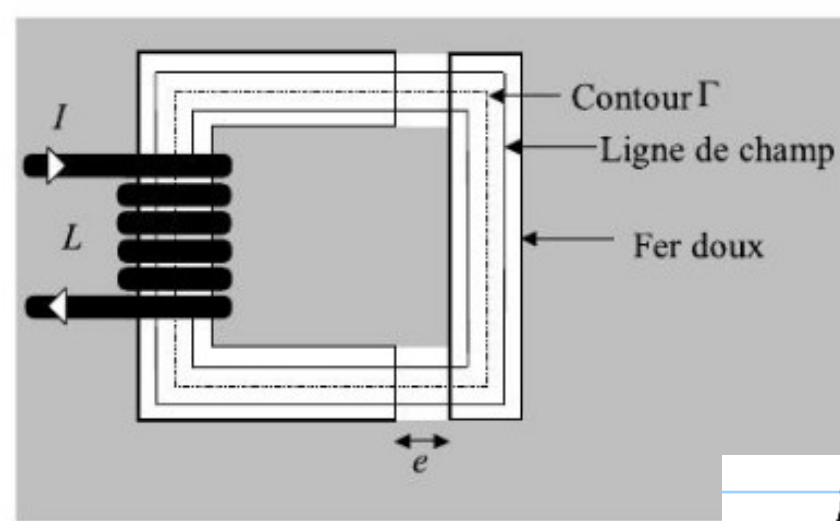
$$\int_{\Gamma} \vec{H} \cdot d\vec{l} = \int_{\Gamma, fer} \vec{H} \cdot d\vec{l} + \int_{\Gamma, air} \vec{H} \cdot d\vec{l} = N \cdot I$$



$$\int_{\Gamma, \text{fer}} \vec{H} \cdot d\vec{\ell} + \int_{\Gamma, \text{air}} \vec{H} \cdot d\vec{\ell} = NI$$

$$H \cdot \ell \int_0^{\ell} + H \cdot \ell \int_0^{2e} = NI$$

$$H \cdot \ell + H 2e = NI$$



$$\int_{\Gamma, \text{fer}} \vec{H} \cdot d\vec{\ell} + \int_{\Gamma, \text{air}} \vec{H} \cdot d\vec{\ell} = NI$$

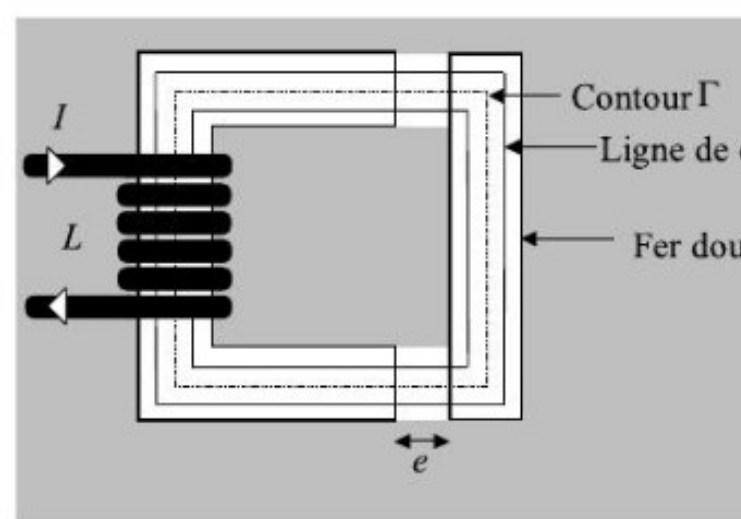
$$H \cdot \ell \Big|_0^\ell + H \cdot \ell \Big|_0^{2\ell} = NI$$

$$H \cdot \ell + H 2\ell = NI$$

$$B = \mu \cdot H_{\text{air}} = \mu \cdot H_{\text{fer}} = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H_{\text{fer}}$$

$$\frac{B}{\mu} \cdot \ell + \frac{B}{\mu_0} \cdot 2\ell = NI = N \frac{\Phi}{L}$$

$$\begin{cases} \text{avec } \Phi = L \cdot I \\ \text{avec } \Phi = BNS \end{cases}$$



$$H \cdot l + H_{2e} = NI$$

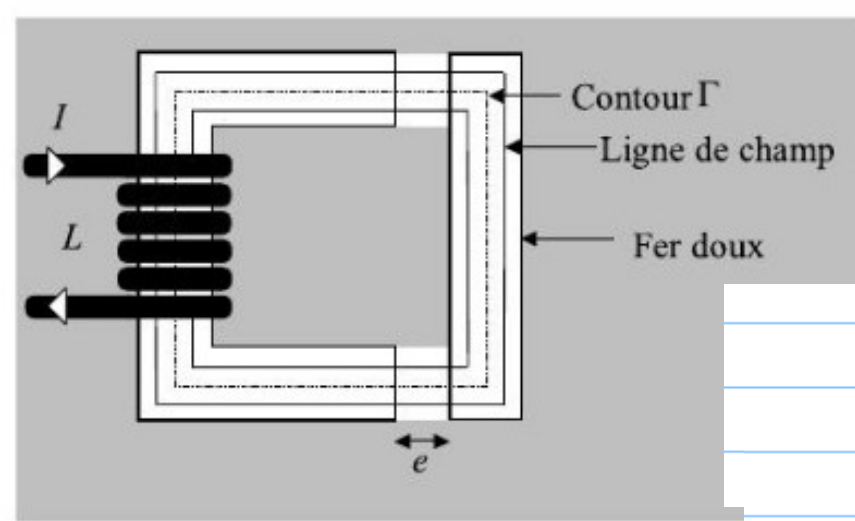
$$B = \mu \cdot H_{\text{air}} = \mu \cdot H_{\text{fer}} = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H_{\text{fer}}$$

$$\frac{B}{\mu} \cdot l + \frac{B}{\mu_0} \cdot 2e = NI = N \frac{\Phi}{L}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{avec } \Phi = L \cdot I \\ \text{avec } \Phi = BNS \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{avec } \Phi = BNS \end{array} \right.$$

$$\frac{B}{\mu} \cdot l + \frac{B}{\mu_0} \cdot 2e = \frac{B \cdot N^2 \cdot S}{L}$$



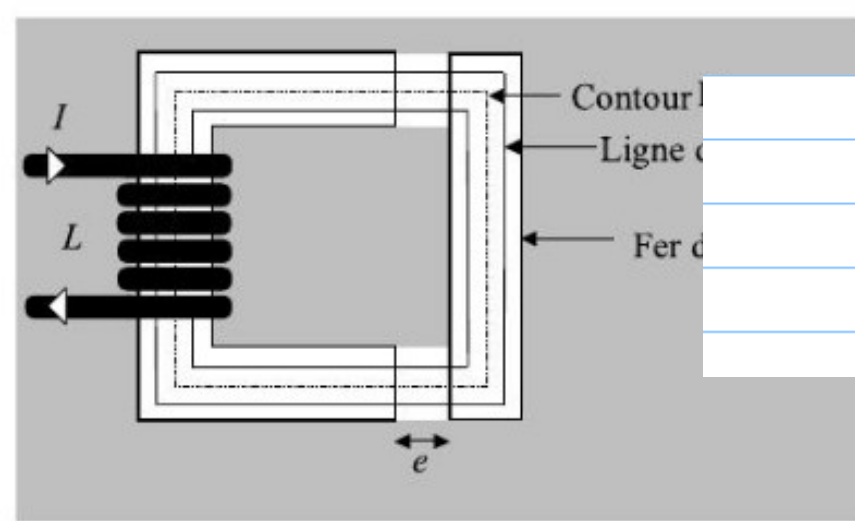
$$\frac{\cancel{B}}{\mu} \cdot l + \frac{\cancel{B}}{\mu_0} \cdot 2e = \frac{\cancel{B} \cdot N^2 \cdot S}{L}$$

$$L \cdot \left(\frac{l}{\mu} + \frac{2e}{\mu_0} \right) = N^2 \cdot S$$

$$L = \frac{N^2 \cdot S}{\frac{l}{\mu} + \frac{2e}{\mu_0}}$$

L varie avec l'entrefer

Il suffit d'alimenter la bobine en régime sinusoïdal $\rightarrow$ l'impédance varie avec l'entrefer



$$L = \frac{N^2 S}{\frac{l}{\mu} + \frac{2e}{\mu_0}}$$

L varie avec l'entrefer

Il suffit d'alimenter la bobine en régime sinusoïdal → l'impédance varie avec l'entrefer

Dans un circuit R,L, donnez la sensibilité de ce capteur