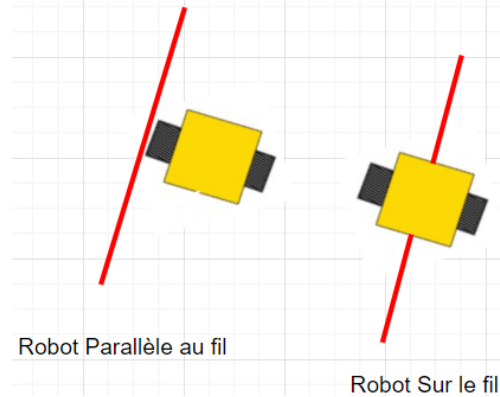


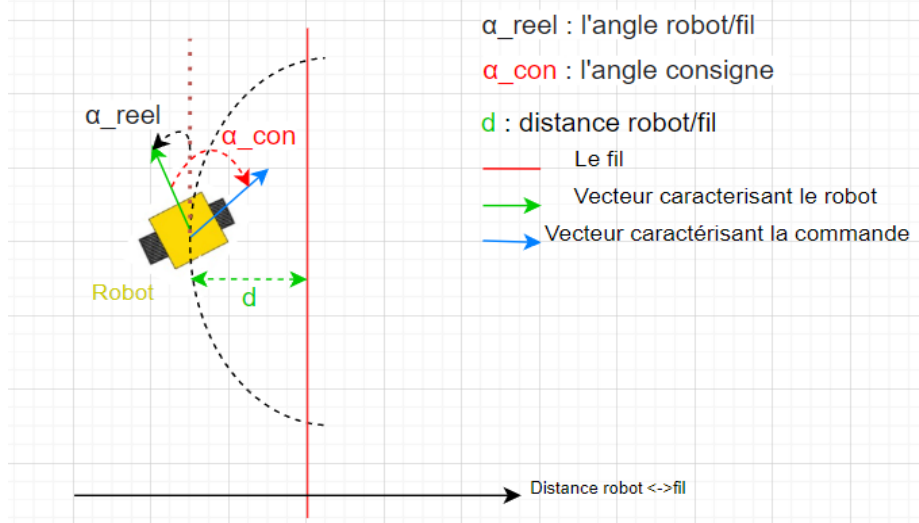
## Etudes des capteur à induction :

- On modélise un fil rectiligne et infini mathématiquement par une équation d'une droite.
- Le robot sera modéliser mathématiquement, pour caractériser sa position et sa direction on utilise un point et un vecteur
- La différence entre "Robot est sur le fil" et "robot parallèle au fil"



**Fig.1:** Différence entre "robot sur le fil" et "robot parallèle au fil"

- On définit un repère qui permet de caractériser si le robot est à droite ou à gauche du fil et si il se dirige vers sa gauche ou vers sa droite
- Les variables qui devront être asservies pour que le robot suit parfaitement le fil :  
l'angle que fait le robot avec le fil et sa distance au fil.



**Fig.2:** Schéma du Robot indiquant les paramètres à asservir

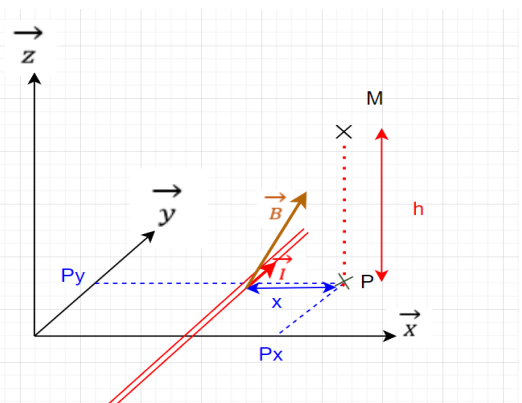
- Le champs magnétique crée par un fil rectiligne parcouru par un courant I en un point M :

D'après la lois d'ampère :

$$\oint B \cdot dl = \mu_0 I$$

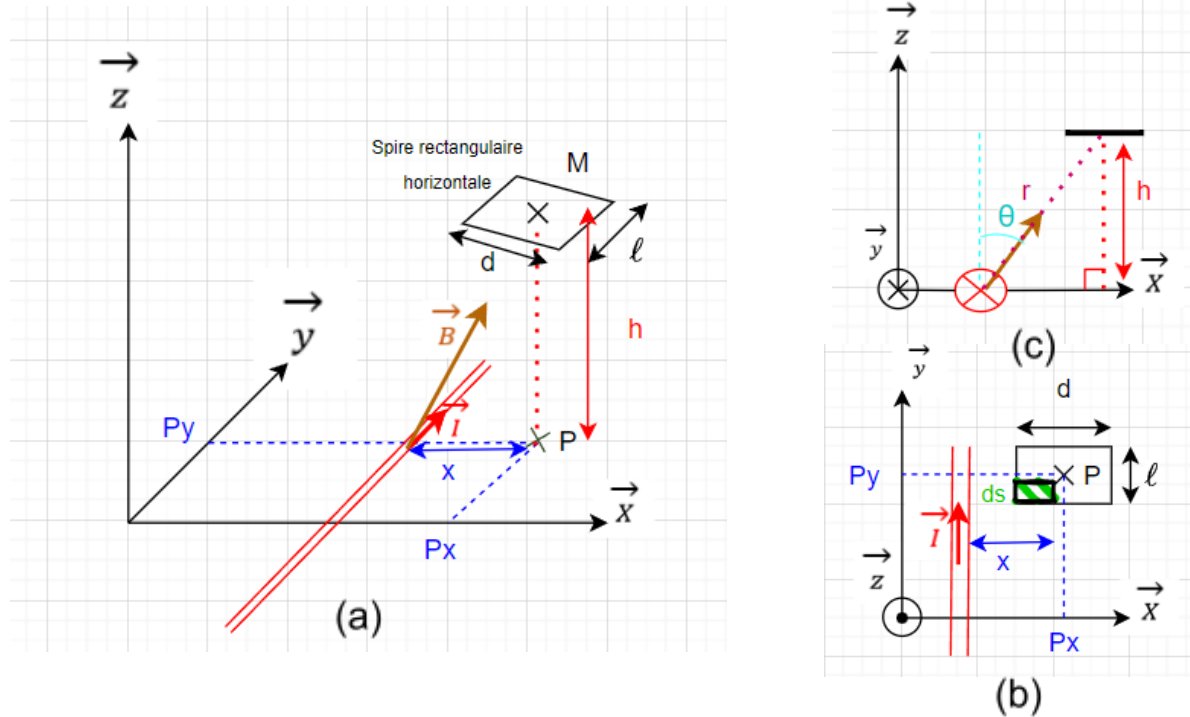
Pour un fil rectiligne infinie :

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{\mu_0 I}{2\pi \sqrt{x^2 + h^2}}$$



**Fig.3:** Schéma Représentant le champ magnétique créé par un fil rectiligne infini.

- On considère une spire rectangulaire disposée horizontalement.



**Fig.4:** Schéma Représentant le champ magnétique créé par un fil rectiligne infini et une spire rectangulaire disposée horizontalement vue (a) 3D, (b) du dessus (c) axe du fil

Le flux du champs magnétique dans la spire rectangulaire :

$$\Phi = \oint \vec{B} \cdot d\vec{s}$$

le champs B contient deux composante :

- La composante  $B_z = B \cos(\theta)$  verticale au fil.
- La composante  $B_y = B \sin(\theta)$  horizontal au fil.

l'angle  $\theta$  peut s'écrire comme suit :  $\theta = \arctan(\frac{x}{y})$

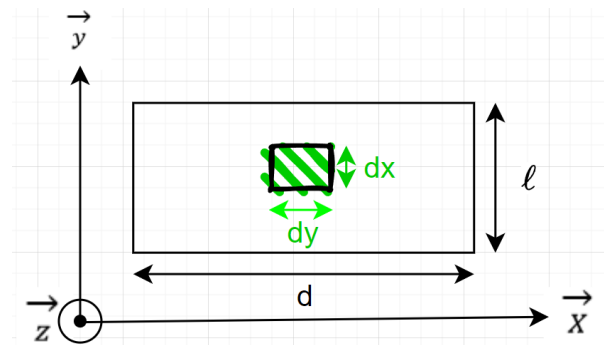
l'élément surfacique  $ds$  s'écrit :  $d\vec{s} = dx dy \vec{z}$

- La composante vertical donne un flux non nul qui est défini comme suit :

$$\Phi_h = \iint B_z dx dy = \int_{Py-l/2}^{Py+l/2} \int_{x-d/2}^{x+d/2} B \cos(\theta) dx dy = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \int_{x-d/2}^{x+d/2} \frac{1}{r} \cos(\theta) dx = \frac{\mu_0 I}{2\pi} l \int_{x-d/2}^{x+d/2} \frac{x}{r^2} dx$$

$$\Phi_h = \frac{\mu_0 I}{2\pi} l \int_{x-d/2}^{x+d/2} \frac{x}{x^2 + h^2} dx = \frac{\mu_0 I l}{4\pi} \ln\left(\frac{(x+0.5d)^2 + h^2}{(x-0.5d)^2 + h^2}\right)$$

- La Fem e est défini comme suit :

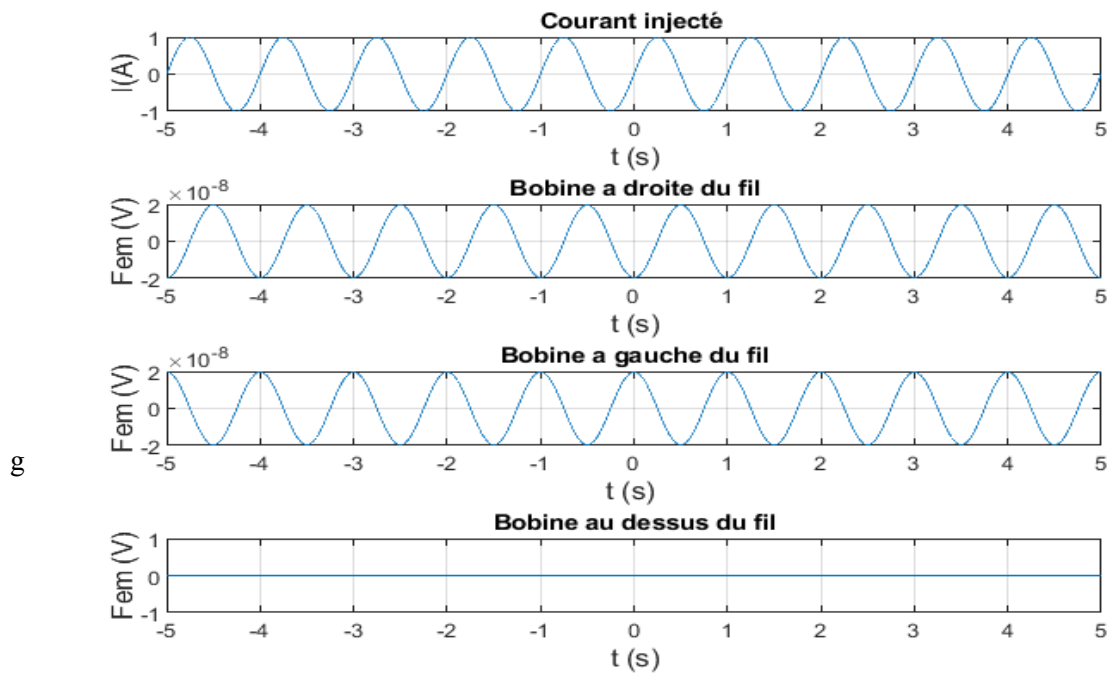


**Fig.5:** Schéma Représentant l'élément Surfacique de l'intégrale du flux.

- Pour un courant variable

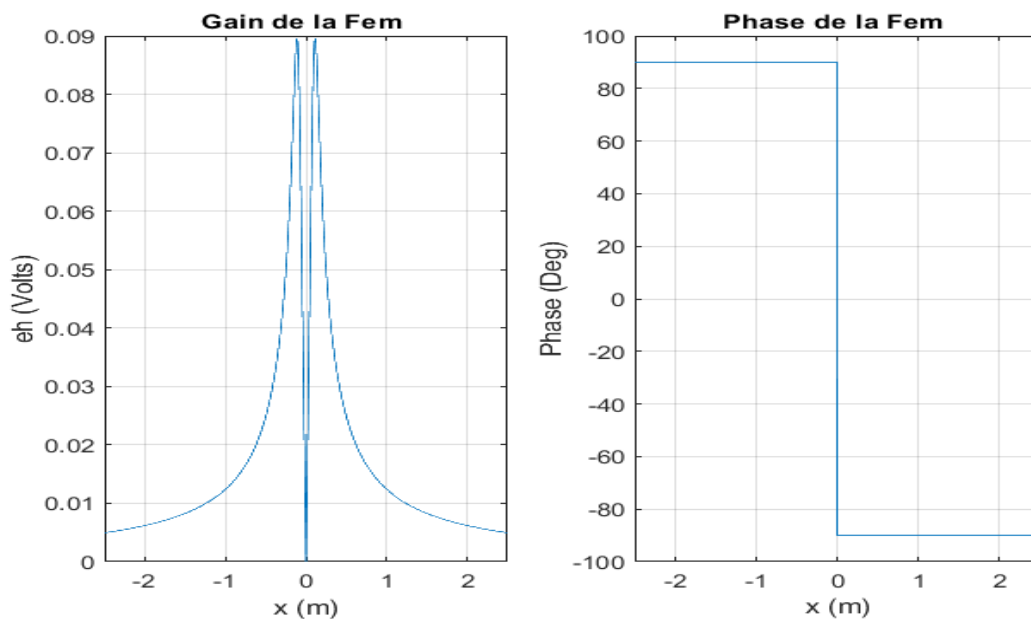
$$e_h = \frac{\mu_0 l}{4\pi} \frac{dl}{dt} \ln\left(\frac{(x+0.5d)^2 + h^2}{(x-0.5d)^2 + h^2}\right)$$

- Sachant que le robot suit le fil, sa dérive latérale est lente il faut injecter un courant alternatif pour récupérer un signal exploitable.
- On injectant un courant sinusoïdal (**fréquence : 1 Hz**) on obtient les 3 FEM suivante pour une bobine à droite du fil, à gauche du fil et au dessus du fil respectivement :



**Fig.6:** Fem induite dans une bobine horizontale pour différentes positions.

- Le gain et la phase du signal obtenu par rapport au signal émis (**fréquence : 50khz**) :
- Le côté gauche du fil est caractérisé par  $x < 0$ .**



**Fig.7:** Gain et phase de la Fem induite dans une bobine horizontale en fonction de la distance.

- On peut savoir juste avec ce capteur de quel côté du fil le robot se trouve, cette information se trouve dans **la phase de la fem**.

- Pour une bobine rectangulaire, disposée verticalement par rapport au fil dont le centre est situé à la distance horizontale  $x'$  et l'altitude  $h'$
- en utilisant le résultat précédent on peut déduire la Fem induite dans la spire rectangulaire verticale au fil, on remplaçant  $x$  par  $h'$ , et  $h$  par  $x'$ , par conséquent :

$$\Phi_v = \frac{\mu_0 I l}{4\pi} \ln\left(\frac{(h'+0.5d)^2 + x'^2}{(h'-0.5d)^2 + x'^2}\right)$$

$$e_v = \frac{\mu_0 l}{4\pi} \frac{dI}{dt} \ln\left(\frac{(h'+0.5d)^2 + x'^2}{(h'-0.5d)^2 + x'^2}\right)$$

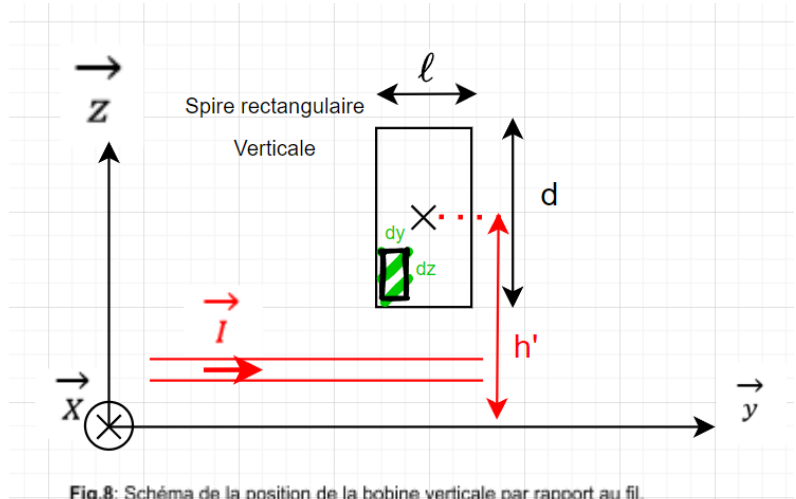


Fig.8: Schéma de la position de la bobine verticale par rapport au fil.

- Le gain et la phase du signal obtenu par rapport au signal émis (**fréquence : 50 khz**) en fonction de la position :

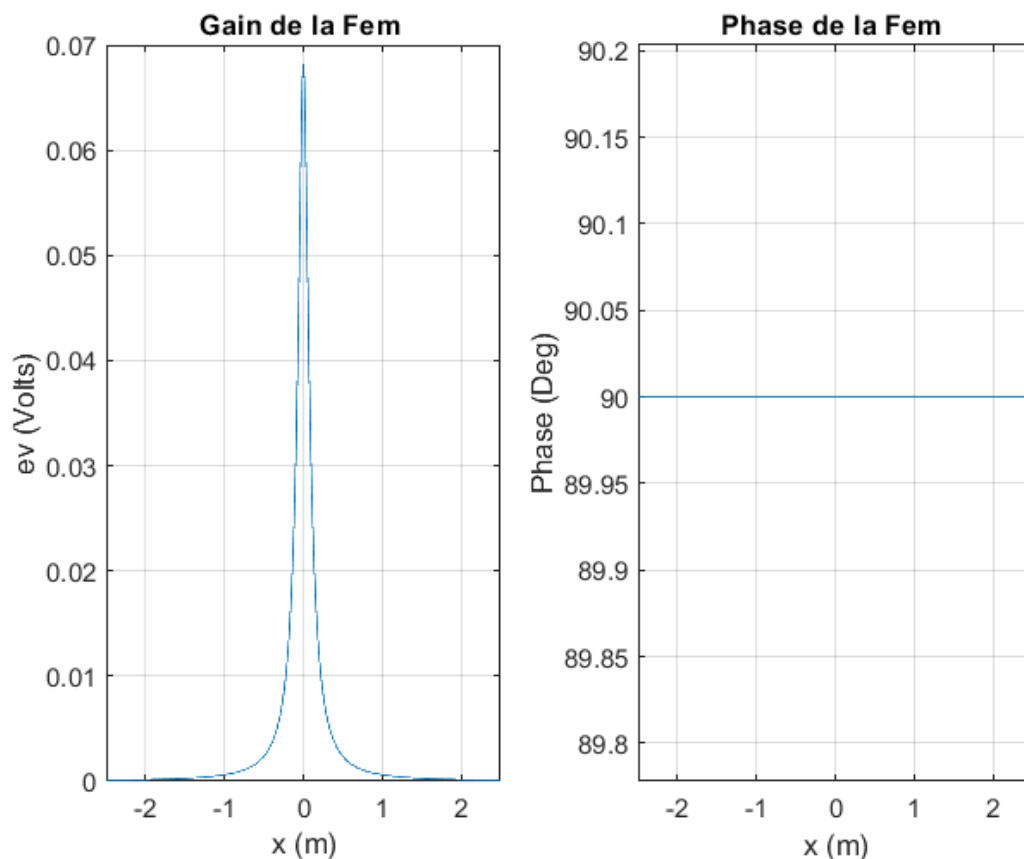
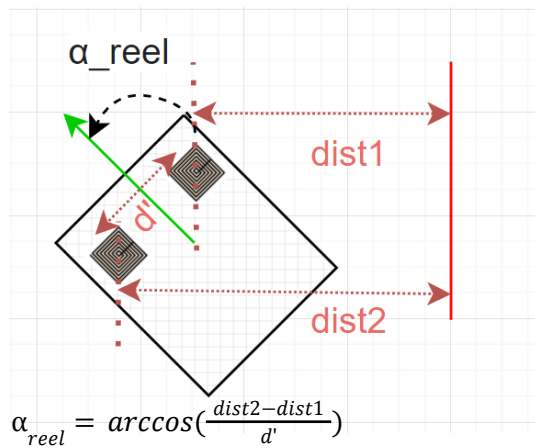


Fig.9: Gain et phase de la Fem induite dans une bobine verticale en fonction de la distance.

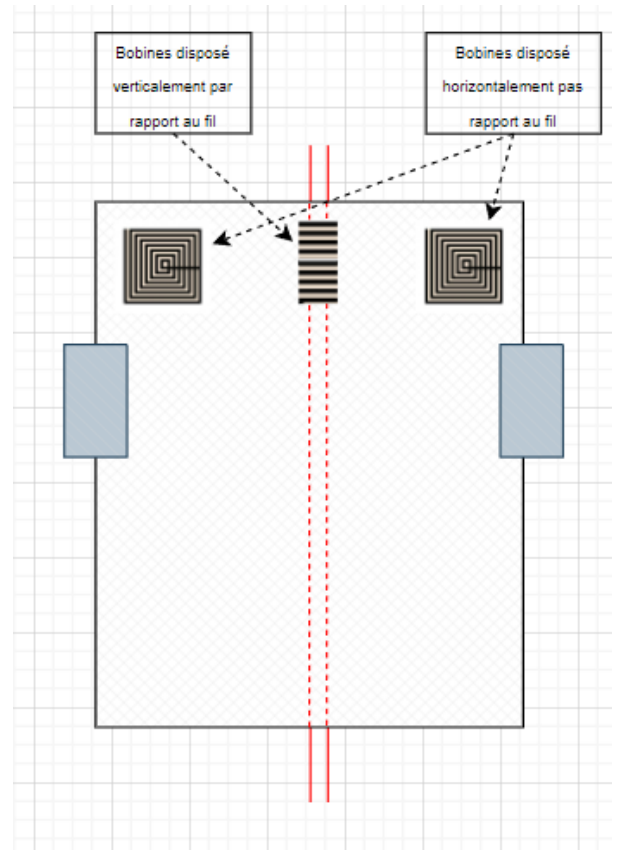
- Il est possible d'utiliser un système **multi-bobine** pour savoir de quelle côté du fil le centre de la bobine horizontale se situe. En comparant la phase de sa Fem avec la phase de la Fem d'une bobine verticale on peut déduire de quelle côté cette dernière se trouve.

- Pour récupérer une information indépendante de l'orientation du robot on choisit une **bobine verticale** c'est pour ça qu'on utilise comme bobine de référence.
- On a besoin de **3 bobines**, **2 horizontales** et **une verticale**, pour reconstituer la distance entre le robot et le fil et l'angle du robot par rapport au fil.

La bobine verticale est la référence une bobine horizontale pour pouvoir calculer la distance entre le robot et le fil et la deuxième bobine pour calculer **l'angle entre le robot et le fil** en ayant pris connaissance de la distance entre les deux bobines (fig.)



**Fig.11:** Illustration du calcul de l'angle entre le robot et le fil



**Fig.10:** Schéma représentant le placement des capteurs sur le robot