



Projet d'électromagnétisme

Création d'un dispositif de calcul de consommation électrique

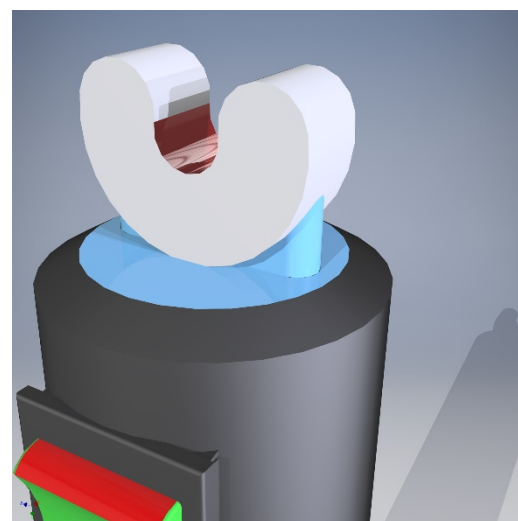
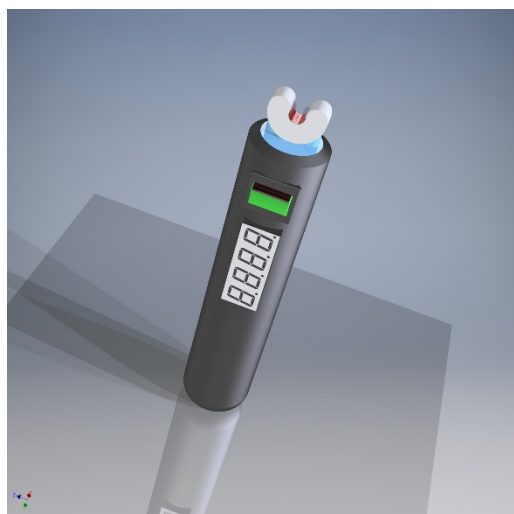


TABLE DES MATIERES

1.	Introduction	3
1-	Objectif.....	3
2-	Cahier des charges	3
2.	Principe retenu.....	3
3.	Modélisation	4
4.	Mise au point du dispositif.....	5
1-	Spécification :	5
5.	Conception du produit.....	6
1-	Première démarche	6
2-	Matériel nécessaire pour la fabrication du produit.....	7
3-	Modélisation du capteur.....	9
6.	Aspect Economique	10
1-	Estimation du prix pour le plastique :	10
2-	Estimation du prix de la main d'œuvre :	10
3-	Estimation du prix des composants	11
4-	Estimation du prix total.....	11
7.	Marketing.....	12
8.	Annexe	13
1-	Programme MATLAB.....	13
2-	Explications de la modélisation MATLAB.....	20

1. Introduction

1- Objectif

On va chercher à mettre en place un dispositif permettant de mesurer, en temps réel, le coût en euros par heure de la consommation électrique d'un appareil. Cette consommation dépend de la puissance consommée par cet appareil, or, on sait que la puissance vaut $P = U \cdot I$. De plus, dans un foyer, la tension est de 230V. Ainsi, dans notre cas, chercher la puissance revient à chercher uniquement le courant I consommée.

Pour cela, plusieurs solutions s'offrent à nous :

- Il est possible de mesurer un courant électrique en utilisant un ampèremètre en série. Cela nécessite d'ouvrir l'installation électrique pour avoir accès à un seul fil.
- On peut également utiliser un boîtier qui se brancherait sur la prise secteur, nécessitant de débrancher l'appareil électrique avant chaque mesure.
- Il est aussi possible de mesurer le champ magnétique émis par le courant circulant dans le câble. Cela permettrait d'éviter de débrancher un appareil.

Pour choisir quelle solution est la plus adaptée, nous allons les confronter au cahier des charges.

2- Cahier des charges

Notre dispositif doit remplir un certain nombre de critères que voici :

- Connaître le coût en temps réel (donc avoir un résultat instantané <1s) en €/heure des appareils électriques ménagers
- Ne pas avoir à modifier l'installation existante pour la mesure
- Avoir une mesure sans contact
- Erreur relative inférieure à 10%
- Prix inférieur ou égal à 50€

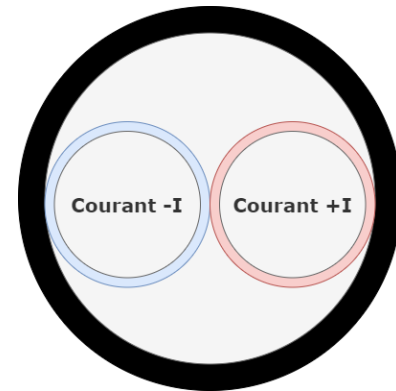
2. Principe retenu

Un des points majeurs du cahier des charges est de ne pas avoir à modifier l'installation électrique existante. Cela implique nécessairement d'écarter les deux premières pistes. Nous allons donc nous diriger vers un dispositif se basant sur la mesure du champ magnétique émis par le câble permettant une mesure non intrusive.

D'après le théorème d'Ampère, on sait que : $B = \frac{\mu * I}{2\pi r}$. Or, si on fixe la distance de mesure, on a $k = \frac{\mu}{2\pi r}$ qui est une constante. Ainsi, on peut le simplifier sous la forme $I = \frac{B}{k}$.

3. Modélisation

On va commencer par définir notre situation. On a donc un câble d'appareil ménager dont on fait l'hypothèse qu'il est constitué de deux fils (nb : on considérera dans ce rapport un fil comme constitué d'un conducteur et d'une gaine et le câble comme la réunion de tous les fils ainsi que d'une plus grosse gaine de protection). Dans un de ces fils, le courant passe dans un sens et dans l'autre le courant passe en sens opposé.



Notre objectif premier va être de calculer le champ B créé par notre câble (dans lequel on a un courant circulant +I et -I) en tout point de l'espace en fonction du courant afin d'obtenir notre coefficient k.

Considérant que, dans un foyer, on retrouve des puissances de quelques dizaines de watts à quelques milliers de watts, on va établir notre étude pour un courant de 0,1A à 10A.

Figure 1: coupe transversale d'un câble d'appareil ménager

Puisqu'on mesure le champ magnétique autour d'un câble, le repère cylindrique est le plus adapté. Dans un premier temps, on va tracer le champ selon toutes les composantes de l'espace (B_x , B_y et B_r , B_θ). Par analyse des courbes du champ, on remarque que le champ selon B_r présente le maximum de champ par superposition.

On décide donc de continuer notre étude à partir de la composante B_r .

Ensuite, il va nous rester à faire le calcul du coefficient k à intégrer dans notre dispositif. Comme nous ne connaissons pas le sens dans lequel se trouvent les fils à l'intérieur du câble, il faut qu'on puisse mesurer le champ de tous les endroits possibles. Comme le problème est symétrique, on peut considérer qu'un demi-cercle de 0 à 180°. Puis, pour obtenir le coefficient, il nous reste à exprimer le champ B en fonction du courant I (de 0,1A à 10A). Nous avons essayé plusieurs géométries qui nous semblaient les plus adéquates et les avons comparées entre elles. Il s'avère que mettre 3 points de mesure séparés de 60° entraîne une erreur relative de 3,4% donc cela entre dans le cahier des charges.

Il existe sur le marché un nombre important de capteurs de champ magnétique. Après une revue bibliographique, on en déduit que des capteurs à effet Hall sont les plus adaptés : ils sont très peu chers et sont capables de détecter les champs de notre modélisation. De plus, ils ont une consommation énergétique très faible (ordre du mW) donc idéale pour un appareil portable comme le nôtre.

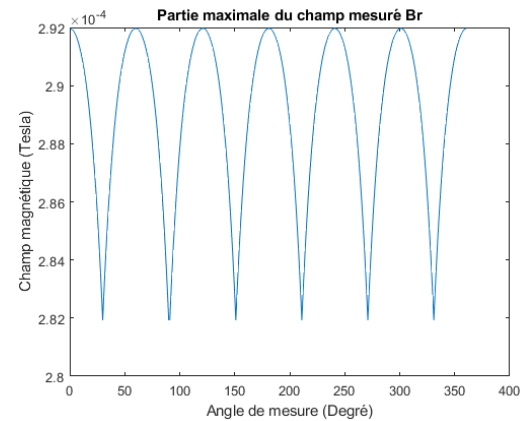
4. Mise au point du dispositif

Afin de définir la façon de concevoir notre dispositif, il convient de réaliser une étape de spécification pour poser toutes les étapes : de la détection du champ électromagnétique à l’affichage du coût horaire.

1- Spécification :

D’après la modélisation informatique, on sait que nous avons besoin de 3 capteurs à effet Hall qui doivent être séparés de 60° . Nous avons ensuite besoin de traiter le champ mesuré pour en déduire un coût horaire : nous avons donc besoin d’une unité de contrôle. Le plus adapté dans notre cas est un microcontrôleur (donc l’association d’une unité de calcul, d’une mémoire flash etc.). On aurait pu utiliser un ASIC mais il faudrait, pour cela, être assuré de vendre au moins plusieurs dizaines de milliers d’unités. Sans étude de marché, c’est quasi impossible à estimer (hors le fait qu’on peut espérer vendre plusieurs milliers d’unités).

Les 3 capteurs vont donc permettre la conversion du champ magnétique mesuré en une tension. Il faut faire attention que notre microcontrôleur soit bien doté de 4 entrées analogiques. Ensuite, le microcontrôleur va devoir sélectionner le champ détecté le plus élevé : on aura un point de la courbe suivante :



Une fois qu’on aura en mémoire le B_r d’intérêt, il suffira de le multiplier par le coefficient k liant, d’après une relation linéaire, le champ B au courant I calculé grâce à la modélisation (on a $k = 2,87 * 10^{-5}$).

Une fois ce courant I calculé, il faut le multiplier par la tension, donc 230V. Enfin, multiplier la puissance P ainsi calculée par le coût de l’électricité en France (soit 0,14€/kWh). On calcule donc : $Coût \text{ (centimes d'€} \cdot h^{-1}) = P * 14 * 10^{-3}$ (rappel: une puissance d’1W utilisée pendant une heure consomme 1Wh d’énergie). Finalement, le microcontrôleur renvoie le coût à l’écran pour l’afficher à l’utilisateur.

5. Conception du produit

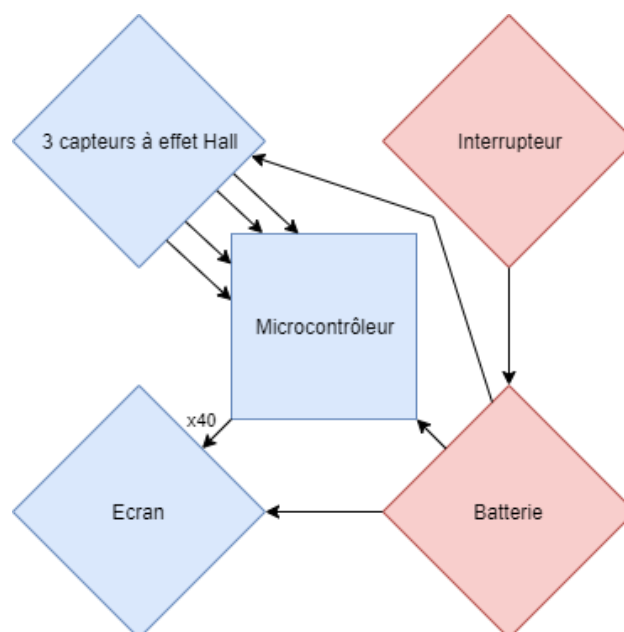
1- Première démarche

La modélisation informatique nous a permis de nous rendre compte que l'utilisation de 4 capteurs à effet Hall disposés successivement à 45° l'un de l'autre serait la plus judicieuse compte tenu du cahier des charges. Pour traiter les informations de nos capteurs, il est nécessaire d'y ajouter une unité de contrôle. Dans notre cas, la solution la plus adaptée serait l'ajout d'un microcontrôleur (donc l'association d'une unité de calcul, de mémoire flash etc.). Il aurait été possible d'utiliser un ASIC mais dans ce cas-là notre entreprise devait être assurée de vendre au minimum plusieurs dizaines de milliers d'unités. Sans étude de marché, il est quasiment impossible d'estimer avec précision les ventes futures (à part le fait d'espérer d'en vendre plusieurs milliers d'unités). Ce pari était donc trop risqué.

La conversion du champ magnétique en tension s'effectuera par nos quatre capteurs. Il faudra prendre en compte que notre microcontrôleur soit bien doté de 4 entrées analogiques. Le microcontrôleur prendra le champ détecté le plus élevé et le multipliera par le coefficient k . Ainsi, d'après une relation linéaire, ce coefficient liera le champ B au courant I calculé grâce à la modélisation. Une fois le courant calculé, le dispositif le multipliera par la tension, identique dans tous les foyers français de 230V. Le coût sera enfin calculé grâce à la multiplication entre la puissance obtenue et 14 centimes d'euro (cette somme représente le coût de l'électricité en France en kWh). Coût = $P \cdot 0,14$ (en euro).

Le microcontrôleur renverra ensuite le coût à l'écran pour l'afficher à l'utilisateur.

Figure 2 : Décomposition schématique du dispositif



2- Matériel nécessaire pour la fabrication du produit

- 3 capteurs à effet Hall :

Spécification : Nous avons besoin de 3 capteurs pour notre marge d'erreur considéré. Le capteur doit consommer peu d'énergie, être petit et renvoyer une tension en temps réel.

DRV5056-Q1 : capteur Texas Instruments :

- 20kHz : donc temps réel
- Petite taille : 3mm*1,3mm
- Coût réduit : 0.69€ (+0.10€ de condensateur 0,01uF)
- Faible consommation : 5V * 6mA = 30mW



Site : <https://www.ti.com/store/ti/en/p/product/?p=DRV5056A1EDBZRQ1>

Datasheet : <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/drv5056-q1.pdf>

Condensateur : <https://www.digikey.fr/product-detail/fr/kemet/CA064X103K1RACAUTO/399-12383-1-ND/5724236>

- Un écran d'affichage :

Spécification : Nous avons besoin d'un écran capable d'afficher un prix pour une puissance de 23W à 2300W, soit une énergie de 23Wh à 2300Wh donc un prix de 0,322 centime d'€/h à 32,2 centimes d'€/h.

Un écran à 4 chiffres semble donc suffisant, type : XX.XX (en centimes d'euros/h).

LCD-S401C71TR : écran LCD Lumex :

- Pas cher : 2.56€
- Taille : 70mm*23mm*6.3mm
- Taille caractères : 18mm
- Consommation : quelques dizaines de mW.
- 40 pins d'entrée



Datasheet : <https://www.mouser.fr/datasheet/2/244/LCD-S401C71TR-1133021.pdf>

Site: <https://www.mouser.fr/ProductDetail/Lumex/LCD-S401C71TR?qs=sGAEpiMZZMt7dcPGmvnkBjJpfzQAFhrWJ%252Bb%252B%252BYGalZM%3D>

- Alimentation :

Spécification : Nous avons besoin d'une alimentation délivrant du 5V. La consommation électrique totale est environ : $30\text{mW} \times 3 + 50\text{mW} + 120\text{ microwatts} = 0,14\text{W}$. Soit $0,14\text{Wh}$. Soit 28mAh .

HR-4/5AAUC : batterie rechargeable Ni-Mh :

- Prix : 2€
- Capacité : 1Ah (donc +35h d'autonomie pour notre appareil)
- Délivre max 210mW (on a besoin de 140mW)



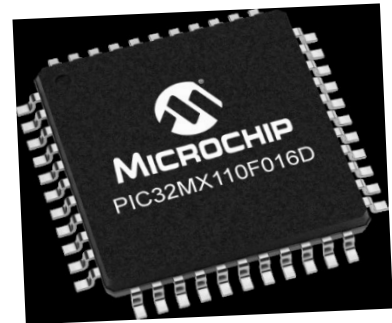
Datasheet : http://www.fdk.com/battery/nimh_e/tech_info/HR-45AAUC.pdf

Site: <https://www.digikey.fr/product-detail/fr/fdk-america-inc-a-member-of-fujitsu-group/HR-4-5AAUC/SY137-ND/1202981>

- Microcontrôleur :

Spécification : Nous avons besoin d'un microcontrôleur simple devant récupérer la tension des 3 capteurs, trouver celui qui a le champ absolu le plus élevé. Il doit posséder 3 entrées analogique + 40 sorties numériques pour l'écran.

Puis multiplier ce champ par $k = 2,87 \times 10^{-5}$ ($I = \frac{B}{k}$) afin d'obtenir le courant. Multiplier ce courant par 230 (la tension) puis multiplier la puissance obtenue par 0,14 centimes/kWh afin d'obtenir le coût horaire. Enfin, envoyer cette info à l'écran.



PIC32MX110F016D :

- 44 entrées/sorties dont 13 analogiques.
- Consommation de 120 microwatts.

Site : <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/PIC32MX110F016D>

- Adaptateur batterie

Spécification : Nécessaire au rechargement de la batterie.

- Prix : 0,20€
- Cordon de sortie : 22 AWG, 6 Ft. Long Min

Datasheet : https://www.digikey.fr/product-detail/fr/tensility-international-corp/54-00144/54-00144-ND/9685455?fbclid=IwAR1wZBCiI94ZdxOpkM_4e0gEWc5brhVb0qOqJ4EqSRkR2ptErlIzyVOHM

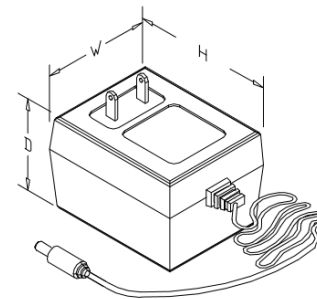


- Chargeur

Spécification : Nécessaire au rechargement de la batterie

- Prix : 5,80€
- Dimension :

H	W	D
60	43	39



Datasheet : http://catalog.triadmagnetics.com/Asset/WAU12-200.pdf?fbclid=IwAR3pQyrFHYfy2YIUwb6IB7whCbNDvYgG8AI0Xyy443_XxhT5y5bbuZ56eCM

3- Modélisation du capteur



Figure 3 : Modélisation du dispositif fini sous différentes vues grâce au logiciel Autodesk Inventor LT

6. Aspect Economique

1- Estimation du prix pour le plastique :

Notre dispositif fait 28 cm de long (hauteur du cylindre avec les pinces) mais pour simplifier on va estimer l'ensemble du système à un cylindre de 28 cm de hauteur avec un rayon de 3 cm. Puis on calcul son volume $\pi \cdot r^2 \cdot h = 792 \text{ cm}^3$. Mais comme les composants du dispositif prennent 30% du volume environ à l'intérieur du cylindre, 70% du volume est fabriqué à partir du plastique PEHD. On sait le prix par kg du PEHD qui est 1,25 euro/kg et sa densité de 0,95g/cm³. Après calcul on trouve une masse de 526,7 g et notre plastique coûte donc 0,66 centimes.

2- Estimation du prix de la main d'œuvre :

Usine : **SIDEO PMPC**

(https://www.europages.fr/SIDEO-PMPC/FRA080972-001.html?fbclid=IwAR2YpDLtSD_qb6OqZQEKEzQAwc3ZpMc6ZERfaHnUKMgVa1WJ_bNzVdeg05w)

Effectif de l'usine : plus de 500 salariés

Nombre d'heure de travail par semaine : 35 h

D'après l'INSEE en 2015 un employé de l'industrie manufacturière coûtait 33,2 euros de l'heure (entre le salaire brut du salarié et les charges). Il reste à aborder la question du nombre d'ouvriers que l'on affectera à la production et combien de marge on laisse-t-on à l'usine pour son profit.

Estimation du temps de fabrication par ouvrier par dispositif : 20 min

Donc le coût de fabrication d'un capteur est de $0,3h \cdot 33,2\text{€}/h + \text{marge de l'usine} = 16,6 \text{ euros}$.

3- Estimation du prix des composants

Composants	Prix
Ecran	2.56 €
Capteurs hall	2.07 €
Microcontrôleur	1.50 €
Condensateurs	0.30 €
Batterie	2.00 €
Connecteur batterie	0.20 €
Chargeur batterie	5.80 €
Plastique	0.66 €
Total	15.09

Part de chaque composant dans le coût matériel

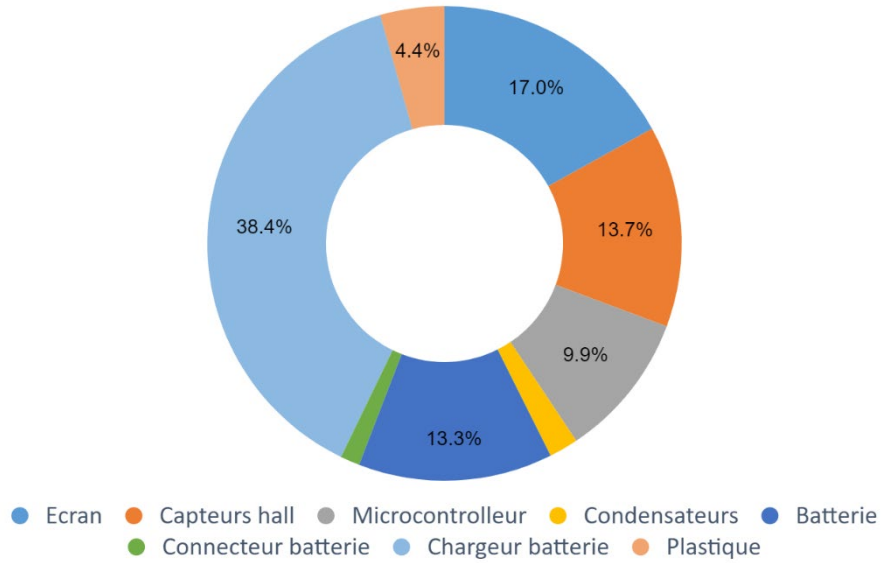


Figure 3 : Tableau du prix des composant du dispositif

4- Estimation du prix total

Prix totale	Prix
Composants	15.09 €
Main d'oeuvre	16.60 €
Bénéfice 20%	6.34 €
Participation Asso/ONG	1.00 €
Total	39.03 €

Parts du prix total

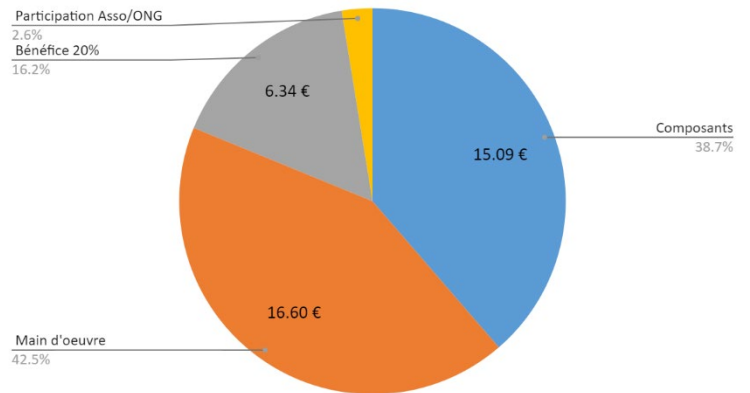


Figure 4 : Diagramme de répartition du prix du dispositif pour chaque composant

7. Marketing

« La Loi de Programmation fixant les Orientations de la Politique Énergétique (POPE), du 13 juillet 2005. La Loi POPE fixe quatre grands objectifs qualitatifs accompagnés de moyens propres à les mettre en œuvre. Ainsi, elle vise à contribuer à l'indépendance énergétique nationale et garantir la sécurité d'approvisionnement, à assurer un prix compétitif de l'énergie, à préserver la santé humaine et l'environnement (ce qui implique la lutte contre l'aggravation de l'effet de serre) et à garantir la cohésion sociale et territoriale en assurant un accès à l'énergie pour tous. »
(source <https://www.geoplac.com/lexique-cee/pope/>)

Depuis cette loi les publicités de fournisseur d'énergie se terminent souvent par :

« L'énergie est notre avenir, économisons-là ! »

Mais comment économiser ce qui n'est pas tangible ? Quand on branche sa bouilloire, sa télévision ou son sèche-linge on ne voit pas l'électricité passer dans le câble.

Les fournisseurs d'énergie détaillent peu la consommation sur la facture et c'est une consommation globale.

Grâce à notre capteur vous pouvez maintenant voir de manière concrète, en temps réel, combien vous coûte cette télé en consommation électrique !

Notre capteur peut détecter et mesurer le champ magnétique induit par le champs électrique consommé par votre appareil. Grâce à sa sensibilité on peut estimer la puissance qu'ils consomment.

Le produit est fabriqué à partir de matières (dont le plastique) recyclables et est MADE IN FRANCE avec une utilisation simple, rapide et efficace. Il est donc éco-responsable.

Pour l'utiliser c'est simple : il suffit de placer le capteur sur le câble de l'appareil dont on veut connaître la consommation électrique pour l'afficher en temps réel.

Cet appareil permet de réguler sa consommation et donc sa facture d'énergie en se rendant compte en temps réel du coût horaire de l'appareil. Il est sans fils et doté d'une batterie présentant une grande longévité et une autonomie de 25 heures. Elle est une moins sujette au vieillissement sur le marché. Elle présente également une durée de vie de 8 ans. Ainsi cela nous évitera d'acheter plusieurs piles. De plus c'est une batterie qui n'incorpore pas de métaux toxiques (cadmium, plomb...) comparé aux autres batteries nickel et est donc moins polluante.

Ce sauveur cylindrique permet de prendre de bonnes habitudes énergétiques dès le plus jeune âge ! Nous pouvons donc responsabiliser les enfants dès leur plus jeune âge en les incitant à avoir des bons réflexes écologiques que ce soit éteindre la télévision ou les ordinateurs du bureau après utilisation.

Son usage domestique est, certes, utile pour réduire sa facture énergétique mais également pour rendre l'invisible visible et se rendre compte que l'on peut gérer sa consommation électrique à tout moment à l'aide d'autres dispositifs comme les multiprises ou les prises connectées. Son utilisation simple permettra aux enfants d'appréhender plus facilement le concept d'économie d'énergie.

Il existe plusieurs versions de l'appareil avec différents couleurs et motifs

8. Annexe

1- Programme MATLAB

```

clearvars
close all

%Introduction des donnees.
Rfils = 1.5e-3;
Ep_gaine1 = 1e-4;
Ep_gaine2 = 2e-4;
Rcable = 2*Rfils+2*Ep_gaine1;
I = 1;
inc = 1;
mu = 4*pi*10^-7;
Dist_mesure_surf=1e-3;
Dist_mesure=Dist_mesure_surf+Rcable+Ep_gaine2;
angle = 0:1:360;
Teta=angle*pi/180;
Xm = Dist_mesure*cos(Teta);
Ym = Dist_mesure*sin(Teta);
Bmoy = zeros(1,100);
Bmax = zeros(1,100);
Bmin = zeros(1,100);

%Calcul champ magnetique selon x et y (en cartesien).
teta1 = atan2(Ym,Xm+(Rfils+Ep_gaine1));
teta2 = atan2(Ym,Xm-(Rfils+Ep_gaine1));

O1M = sqrt(Ym.^2+(Xm+(Rfils+Ep_gaine1)).^2);
O2M = sqrt(Ym.^2+(Xm-(Rfils+Ep_gaine1)).^2);

Bx = (mu/(2*pi))*((-I.*sin(teta1)./O1M)+(I.*sin(teta2)./O2M));
By = (mu/(2*pi))*((I.*cos(teta1)./O1M)-(I.*cos(teta2)./O2M));

figure('Name','Champ Bx');
plot(angle,abs(Bx));
xlabel('Angle de mesure (Degré)')
ylabel('Champ magnétique (Tesla)')
title('Champ Bx');

figure('Name','Champ By');
plot(angle,abs(By));
xlabel('Angle de mesure (Degré)')
ylabel('Champ magnétique (Tesla)')
title('Champ By');

%Changement de base (en coordonnees polaires).

Br =abs(Bx.*cos(Teta) + By.*sin(Teta));
Bteta = Bx.*(-sin(Teta)) + By.*cos(Teta);

figure('Name','Champ Br');
plot(angle,Br);
xlabel('Angle de mesure (Degré)')

```

```

figure('Name','Champ Bteta');
plot(angle,Bteta);
xlabel('Angle de mesure (Degré)')
ylabel('Champ magnétique (Tesla)')
title('Champ Bteta');

%Modelisation du cable.
R = [Rfils Rfils+Ep_gainel Rfils Rfils+Ep_gainel Rcable Rcable
+Ep_gaine2]';
centersX = [-Rfils-Ep_gainel; -Rfils-Ep_gainel; Rfils+Ep_gainel; Rfils
+Ep_gainel; 0; 0];
x=R*cos(Teta);
x=bsxfun(@plus, x, centersX);
y=R*sin(Teta);

%Affichage du cable et du champ B total
figure('Name','Câble avec le champ B total');
plot(x',y');
hold on;
quiver(Xm, Ym, Bx, By);
title('Modélisation du câble avec le champ magnétique');
hold off;

%Champ Br suivant 3 capteurs déphasés de 60°.
Br = abs(Bx.*cos(Teta) + By.*sin(Teta));
ind=find(angle==20);
Brcapt1 = circshift(Br,ind,2);
ind=find(angle==80);
Brcapt2 = circshift(Br,ind,2);
ind=find(angle==140);
Brcapt3 = circshift(Br,ind,2);

figure('Name','Capteurs');
plot(angle, Brcapt1, angle, Brcapt2,angle,Brcapt3);
legend({'Brcapt1','Brcapt2','Brcapt3'},'location','southeast');
xlabel('Angle de mesure (Degré)');
ylabel('Champ magnétique (Tesla)');
title('3 capteurs déphasés mesurant Br');

%Calcul du champ Br pour toutes les valeurs de I.
for Ib = linspace(0.1,10,100)
    Bx = (mu/(2*pi))*((-Ib.*sin(tetal)./O1M)+(Ib.*sin(teta2)./
O2M));
    By = (mu/(2*pi))*((Ib.*cos(tetal)./O1M)-(Ib.*cos(teta2)./
O2M));
    Br = abs(Bx.*cos(Teta) + By.*sin(Teta));
    ind=find(angle==30);
    Brcapt1 = circshift(Br,ind,2);
    ind=find(angle==90);

```

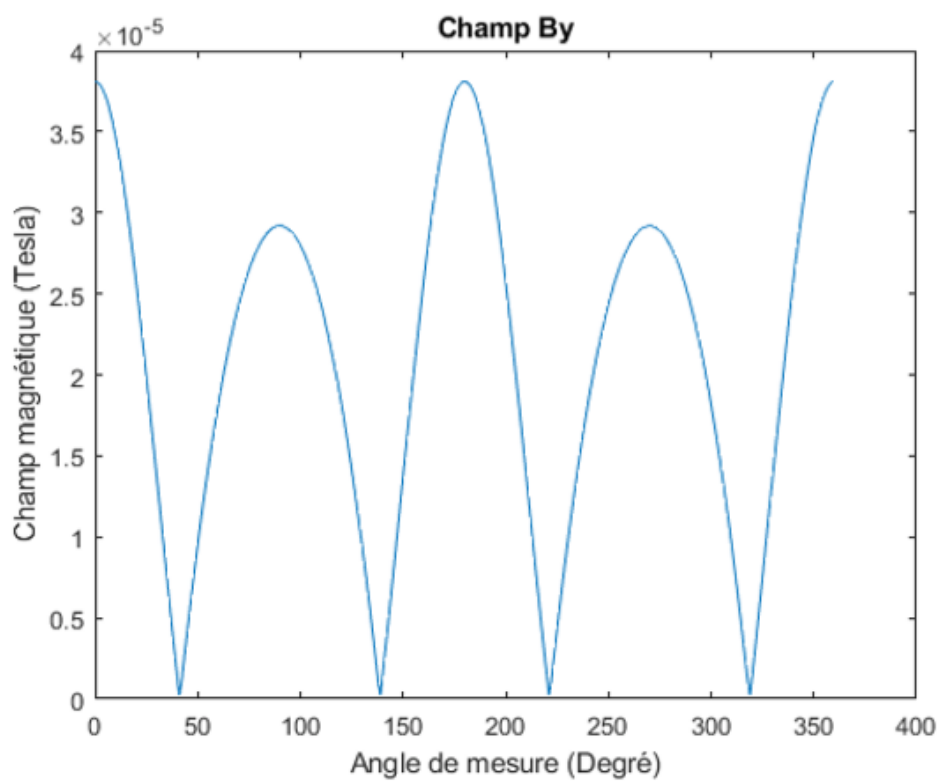
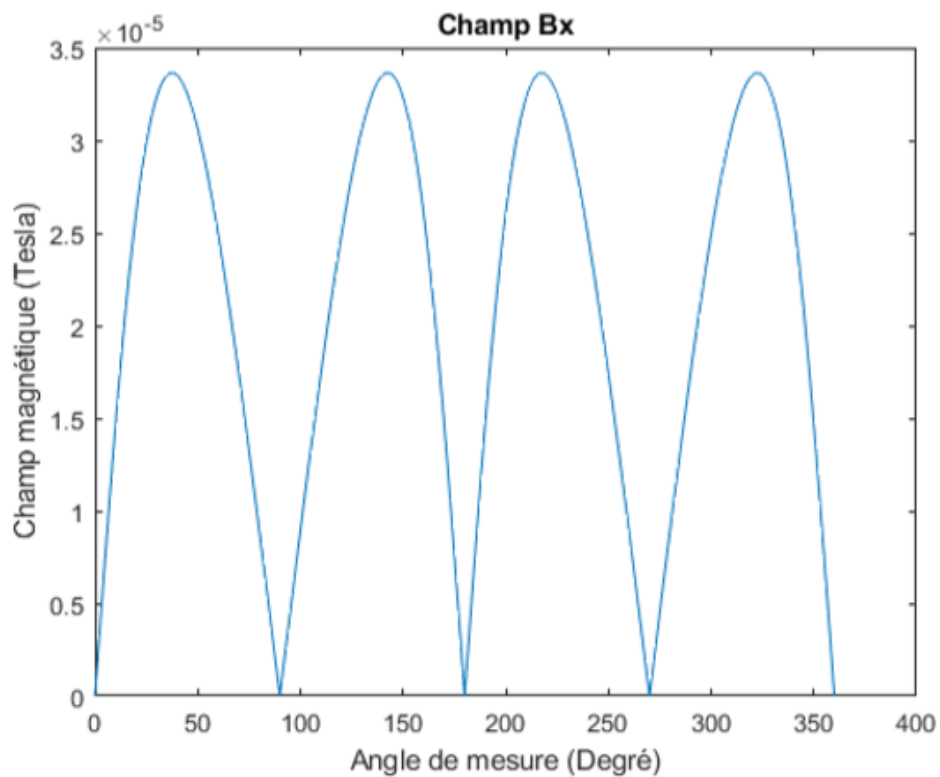
```

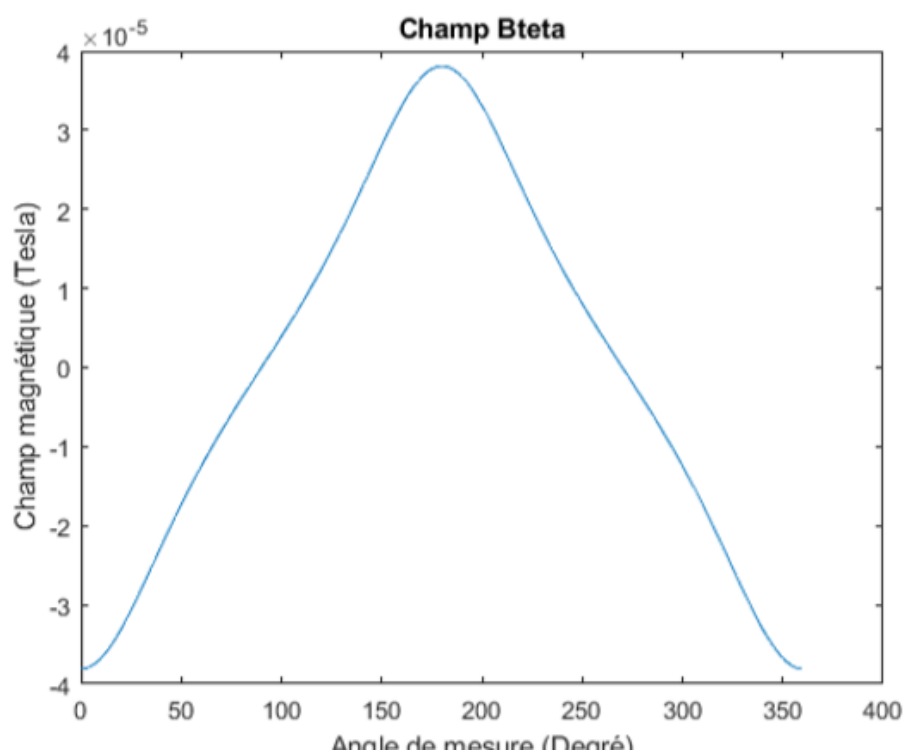
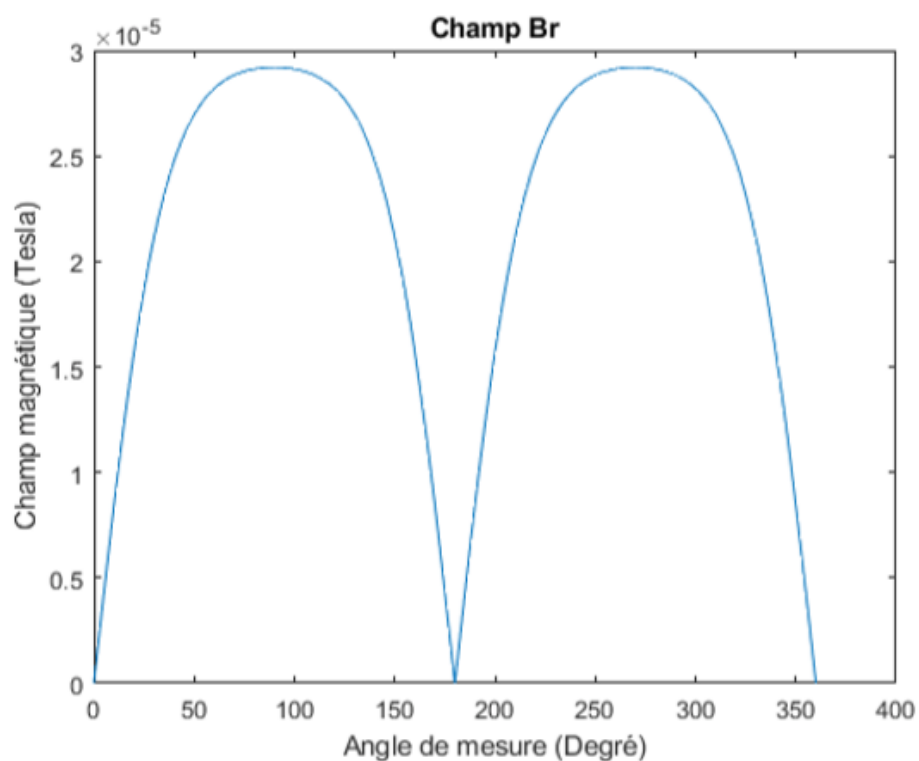
Brcapt2 = circshift(Br,ind,2);
ind=find(angle==150);
Brcapt3 = circshift(Br,ind,2);

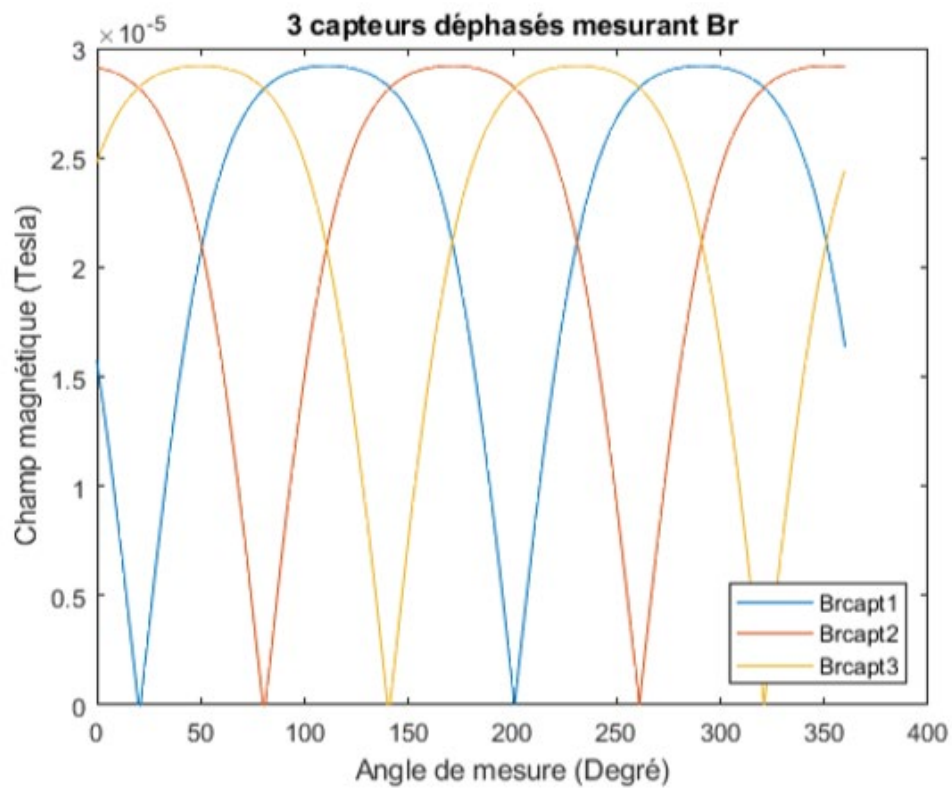
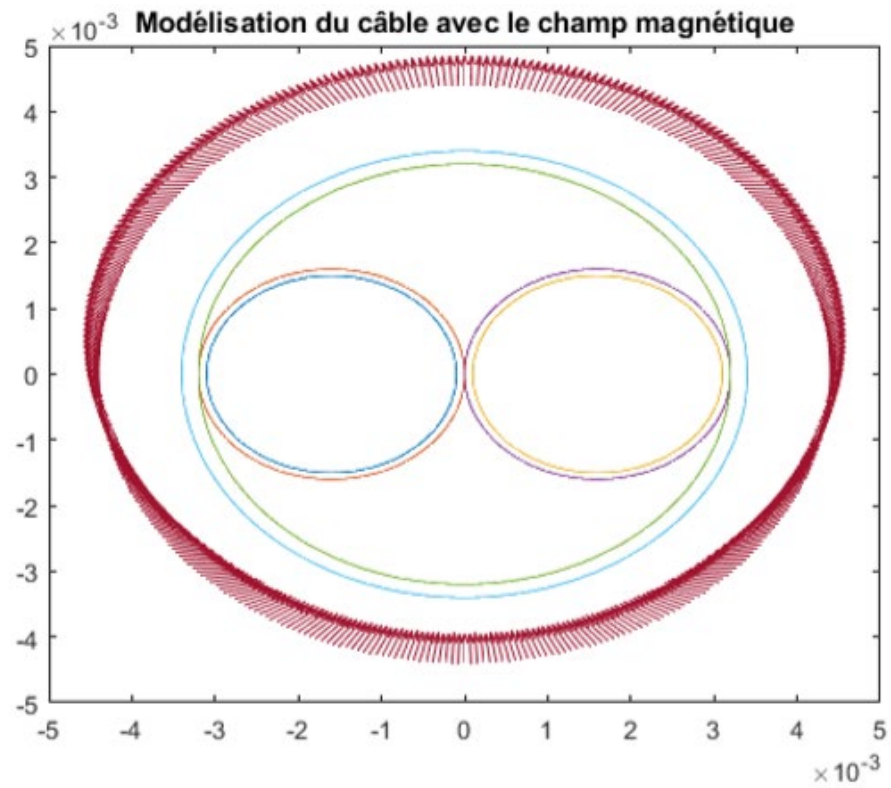
%Fusion des Br de tous les capteurs puis calcul du min et max
de
%pour chaque valeur de I.
ensemble = cat(3,Brcapt1,Brcapt2,Brcapt3);
courbe = max(ensemble,[],3);
Brmax = max(courbe);
Brmin = min(courbe);
Bmax(inc) = max(courbe);
Bmin(inc) = min(courbe);
Bmoy(inc) = (Brmax+Brmin)/2;

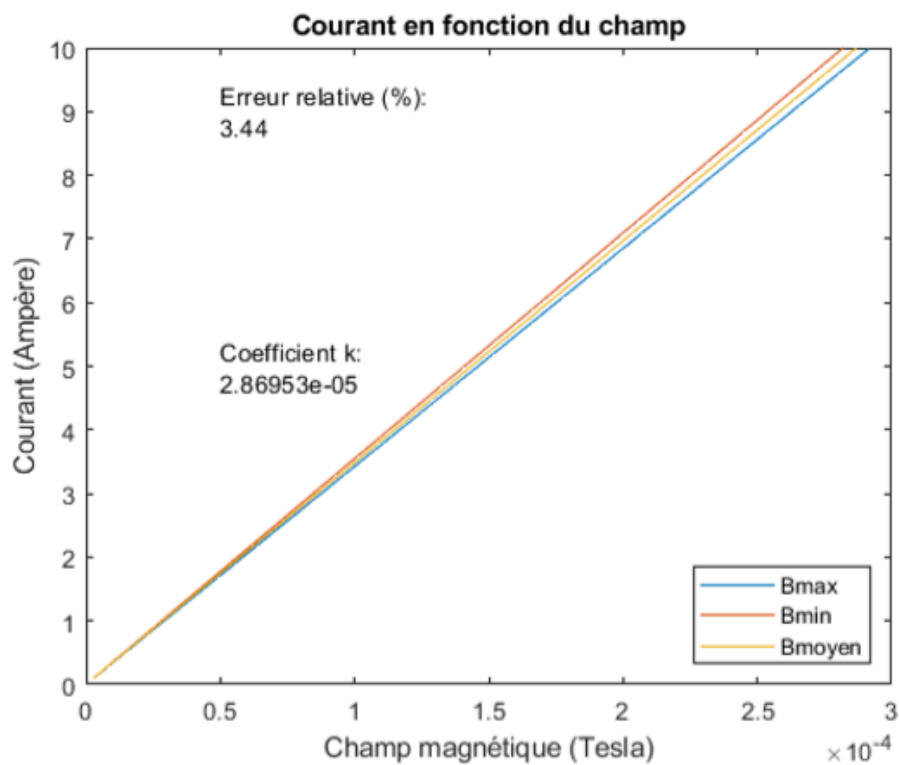
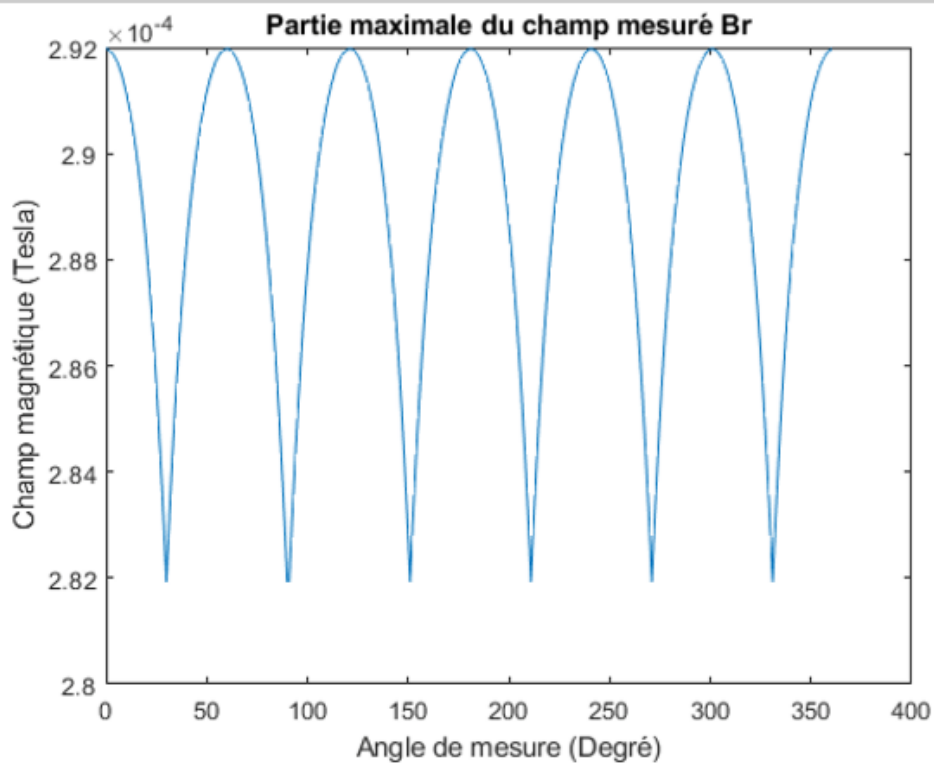
inc = inc+1;
end
figure('Name','Partie maximale du champ mesuré Br');
plot(angle,courbe);
xlabel('Angle de mesure (Degré)');
ylabel('Champ magnétique (Tesla)');
title('Partie maximale du champ mesuré Br');
figure('Name','Courant en fonction du champ');
Ib = linspace(0.1,10,100);
plot(Bmax,Ib,Bmin,Ib,Bmoy,Ib);
legend({'Bmax','Bmin','Bmoyen'},'location','southeast');
ylabel('Courant (Ampère)');
xlabel('Champ magnétique (Tesla)');
title('Courant en fonction du champ');
Erreur = round((1-Brmin/Brmax)*100,2);
k = Bmoy(100)/10;
text(0.5e-4,9,{'Erreur relative (%)':'',Erreur});
text(0.5e-4,5,{'Coefficient k':'',k});

```









2- Explications de la modélisation MATLAB

Présentation du problème

Alors, tout d'abord, pour nous aider à rapidement visualiser le problème auquel on faisait face ainsi que pour commencer à prendre en main Matlab, nous avons commencé par modéliser le câble (voir « Modélisation du câble avec le champ magnétique »). Pour cela, nous avons introduit toutes les variables de la situation :

- L'épaisseur des gaines (on les a choisies identiques pour les fils).
- Le rayons des fils (qu'on a choisies identiques) et celui du câble (qu'on a défini comme deux fois le rayon d'un fil + deux fois l'épaisseur de la gaine d'un fil).
- Pour l'étude préalable, nous avons défini un courant $I = 1A$.
- Nous avons défini la variable μ .
- La distance de mesure entre le capteur et la surface du câble.
- La distance de mesure entre le capteur et le centre du câble.

Calculs du champ

Ensuite pour commencer les calculs du champ, nous avons besoin d'obtenir les coordonnées du capteur par rapport au centre du câble. Nous avons donc défini X_m et Y_m et les avons obtenus par simple projection.

Pour obtenir notre champ B selon B_x et B_y il nous faut, pour chaque fil, la distance entre le centre du fil et le capteur ainsi que l'angle qu'ils forment afin d'établir des projections sur X et Y . On obtient $O1M$ simplement grâce à Pythagore et l'angle $teta1$ par un peu de trigonométrie : \tan^{-1} de Y_m/X_m . On pourra ainsi obtenir la composante selon x avec $O1M \cdot \cos(teta1) + O2M \cdot \cos(teta2)$. Ensuite, pour le calcul du champ, il a fallu prendre garde à bien faire attention à la sommation et B_{x1} et B_{x2} (projection avec cosinus) ainsi que le sens du courant I .

Une fois qu'on a bien obtenu le champ selon B_x et B_y , on avait qu'à faire un changement de base avec les formules trigonométriques pour obtenir le champ selon B_r et B_{teta} .

Finalement, il ne nous restait, pour cette première partie, qu'à créer le champ vectoriel et après une courte recherche, il s'est avéré que la fonction `quiver` faisait tout le boulot à elle seule.

TITLE

PART NO

Part3

REVISION

DESIGNER

Tristan

ENGINEER

NOTES

THE INFORMATION AND/OR MATERIAL IN THIS DOCUMENT IS THE PROPERTY OF AND RESTRICTED INFORMATION AND/OR MATERIAL OF THE AUTHOR. THIS INFORMATION MAY NOT BE USED, REPRODUCED, PUBLISHED OR DISCLOSED TO OTHERS WITHOUT WRITTEN AUTHORIZATION. IT IS TO BE USED ONLY FOR MANUFACTURING ITEMS SPECIFIED WITHIN THE DOCUMENT.