

# **Banc de mesure du champ magnétique d'un rotor de moteur électrique**

## **Cahier Des Charges**

logos à ajouter ?

	Date	Signature
<p>Rédigé par :</p> <p>Ali ABAALI  <a href="mailto:Ali_Abaali@etu.u-bourgogne.fr">Ali_Abaali@etu.u-bourgogne.fr</a></p> <p>El-Mehdi Labnihi  <a href="mailto:El-Mehdi_Labnihi@etu.u-bourgogne.fr">El-Mehdi_Labnihi@etu.u-bourgogne.fr</a></p> <p>Jean-Luc CHARLES  <a href="mailto:Jean-Luc.charles@mailo.com">Jean-Luc.charles@mailo.com</a></p>		
<p>Vérifié par :</p> <p>Jean-Luc CHARLES  Consultant IA/Data processing  Encadrant du projet MiniAPTERROS  <a href="mailto:jean-luc.charles@mailo.com">jean-luc.charles@mailo.com</a></p>		
<p>Approuvé par :</p> <p>Alph SAGNA  <a href="mailto:alph.sagna@ensam.eu">alph.sagna@ensam.eu</a></p>		

## HISTORIQUE DES MODIFICATIONS

Édition	Révision	Date	Modification	Visa
0	1	2024-05-21	Version initiale	JLC
0	2	2024-06-10	Ajout éléments structure mécanique	AA & ML
0	3	2024-06-15	Complément expression des besoins, MAJ des diagrammes + doc des composants utilisée	JLC

## Table des matières

1 Contexte.....	5
2 Expression des besoins.....	5
2.1.1 Grandeur physique.....	5
2.1.2 Protocole de mesure.....	5
2.1.3 Traitements.....	6
2.2 Analyse fonctionnelle.....	6
2.3 Diagramme de contexte (Diagramme de « bête à cornes »).....	6
3 Architecture du banc.....	8
3.1 Arbre produit (PBS).....	8
3.2 Structure mécanique.....	8
3.2.1 Bloc mandrin motorisé.....	8
3.2.2 Bloc contre-pointe.....	10
3.2.3 Châssis du banc de mesure.....	10
3.3 Actionneurs.....	11
3.3.1 Moteur pas à pas de la rotation du mandrin.....	11
3.3.2 Moteur pas à pas du déplacement vertical du capteur magnétique.....	11
3.4 Capteurs.....	11
3.4.1 Commandes du capteur USB25103 via le port série.....	11
3.4.2 Format des données.....	14
3.4.3 Calibration du capteur magnétique.....	14
3.5 Système informatique.....	16
3.6 Alimentation électrique.....	16
3.7 Sotfware.....	17
3.7.1 Pilotage du banc.....	17
3.7.2 Acquisition des données.....	17
3.7.3 Traitement des données.....	17
4 Protocole d'utilisation du banc de mesure.....	17
5 Annexes.....	18
5.1 Carte Horloge temps réel (RTC : Real Time Clock).....	18
5.2 Carte Micro-SD.....	19
5.3 Driver de moteur pas à pas TB660000.....	20
5.4 Driver de moteur pas à pas A4988.....	21
5.5 Capteur de champ magnétique MDT USB25103.....	22
5.6 CAL01 :Aimant de calibration du capteur USB25103.....	28

## Index des figures

Figure 1: Bête à cornes.....	7
Figure 2: Pieuvre.....	7
Figure 3: Arbre produit du banc de mesure.....	8
Figure 4: Bloc mandrin.....	9
Figure 5: Le moteur pas à pas du bloc mandrin.....	9
Figure 6: Bloc contre-pointe.....	10
Figure 7: Photo du châssis.....	10
Figure 8: Le capteur de champ magnétique USB25103.....	11
Figure 9: Courbes de calibration axiale et transverse du capteur USB25103.....	14
Figure 10: Synoptique du système informatique du banc de mesure.....	16

## Index des tableaux

Tableau 1: Commandes ASCII du capteur USB25103 - Lecture/modification des paramètres.....	12
Tableau 2: Commandes ASCII du capteur USB25103 - Lectures des données.....	13
Tableau 3: Format ASCII en sortie du capteur USB25103.....	14
Tableau 4: Connexion entre carte micro-SD et Arduino (UNO ou MEGA).....	19

# 1 Contexte

Le projet de développement d'un banc de mesure du champ magnétique d'un rotor de moteur électrique répond à un besoin spécifique exprimé par Alph SAGNA, chercheur au laboratoire I2M (Institut de Mécanique et d'Ingénierie de Bordeaux). Dans le cadre de ses recherches, Alph SAGNA se concentre sur l'analyse détaillée des performances des moteurs électriques, notamment en ce qui concerne l'intégrité des aimants permanents du rotor.

Les moteurs électriques jouent un rôle crucial dans de nombreuses applications industrielles et commerciales, et leur bon fonctionnement est souvent dépendant de l'état des aimants permanents intégrés dans le rotor. Ces aimants peuvent subir des dommages dus à des chocs mécaniques ou à une exposition à des températures élevées, ce qui peut entraîner des défauts tels que la démagnétisation partielle ou totale. Ces défauts impactent directement l'efficacité et la fiabilité du moteur.

Pour diagnostiquer ces problèmes, il est essentiel de mesurer avec précision le champ magnétique généré par les aimants permanents. Le banc de mesure permettra d'évaluer les champs magnétiques radiaux et tangents du rotor, fournissant ainsi des données critiques pour déterminer si les aimants sont défectueux ou non. Ce diagnostic est primordial pour identifier les causes des dysfonctionnements et pour proposer des solutions appropriées, que ce soit pour la réparation ou l'amélioration des moteurs électriques.

En résumé, la mise en place de ce banc de mesure vise à améliorer la compréhension des phénomènes magnétiques dans les rotors de moteurs électriques et à garantir la qualité et la performance des moteurs analysés au sein du laboratoire I2M.

## 2 Expression des besoins

### 2.1.1 Grandeur physique

Le banc de mesure doit être capable de mesurer les composantes radiales et tangentielles du champ magnétique généré par les aimants permanents du rotor. Les caractéristiques spécifiques des mesures sont les suivantes :

- ✓ Nature des mesures : Magnétique
- ✓ Dimensions : 2D (mesures radiales et tangentiels dans un plan autour du rotor)
- ✓ Unités : Tesla (T) ou Gauss (G). Pour rappel : 1 T = 10000 G.
- ✓ Plage de mesure : de 0 à 2 Tesla
- ✓ Précision visée :  $\pm 0,01$  Tesla

### 2.1.2 Protocole de mesure

Le protocole de mesure doit être clairement défini pour garantir des résultats reproductibles et précis. Voici les étapes proposées pour le déroulement de la mesure :

- ✓ Positionnement initial du rotor : le rotor est fixé sur un support permettant une rotation contrôlée.
- ✓ Positionnement du capteur : le capteur est monté sur un système permettant une translation suivant l'axe Z. Les mesures commencent en position haute du rotor.
- ✓ Rotation du rotor : le rotor commence à tourner avec une vitesse de 1,2 degrés ou 2,4 degrés par incrément (valeur à fixer dans l'entête du programme Arduino [ROTOR\\_bench](#))

- ✓ Déplacement du capteur : le système déplace le capteur le long de l'axe Z pour prendre des mesures tout au long du rotor. Le nombre et la valeur des positions de mesure et doit pouvoir être fixés avant de lancer le programme de mesure.
- ✓ Mesure du champ magnétique : à chaque incrément de rotation et à chaque position verticale, les composantes radiale et tangentielle du champ magnétique doivent être mesurées.
- ✓ Transmission des données : les mesures sont immédiatement transmises à un système informatique (PC dédié) pour stockage en temps réel.
- ✓ Stockage des données : les données sont enregistrées dans un fichier sur une carte micro-SD pour une sauvegarde et traitement différé. Le nom du fichier est au format FAT32 8.3 selon le modèle **YYMMDD.txt** (YY désigne les deux derniers chiffres de l'année, MM est le numéro du mois et YY est le numéro du jour).
- ✓ Contrôle et répétition : le processus est répété jusqu'à ce que le rotor ait complété un tour complet (360 degrés) et que les mesures aient été prises sur toute la hauteur du rotor.

### 2.1.3 Traitements

Après la collecte des données, plusieurs traitements doivent être effectués pour analyser les résultats :

- ✓ Carte couleur du champ magnétique : génération d'une carte couleur représentant le champ magnétique dans le plan de mesure. Cette carte doit indiquer la variation de l'intensité du champ magnétique en fonction de l'angle de rotation et de la position du capteur.
- ✓ Analyse des anomalies : détection et identification des zones présentant des anomalies ou des défauts magnétiques, potentiellement indiquant des aimants permanents défectueux.  
*@Alpha : peux-tu définir les défauts magnétiques visés et préciser les critères permettant de les identifier ...*
- ✓ Rapports détaillés : production de rapports détaillés incluant les données brutes, les cartes de champ magnétique, et les analyses des anomalies. Ces rapports seront utilisés pour diagnostiquer les problèmes et proposer des solutions de réparation ou d'amélioration des moteurs électriques.
- ✓ Archivage et traçabilité : toutes les données et analyses doivent être archivées de manière à assurer une traçabilité complète et à permettre des comparaisons futures si nécessaire.

Ce banc de mesure doit répondre à des exigences de haute précision et de fiabilité pour garantir des diagnostics précis des moteurs électriques étudiés par le laboratoire I2M.

## 2.2 Analyse fonctionnelle

L'analyse fonctionnelle vise à comprendre et décrire les fonctions principales et secondaires du banc de mesure. Elle se décompose en plusieurs étapes et diagrammes :

## 2.3 Diagramme de contexte (Diagramme de « bête à cornes »)

Le diagramme de « bête à cornes » permet de répondre aux questions :

- **À qui le produit rend-il service ?** Chercheur (Alph SAGNA)
- **Sur quoi agit-il ?** Champ magnétique du rotor
- **Dans quel but ?** Déterminer si les aimants permanents sont défectueux

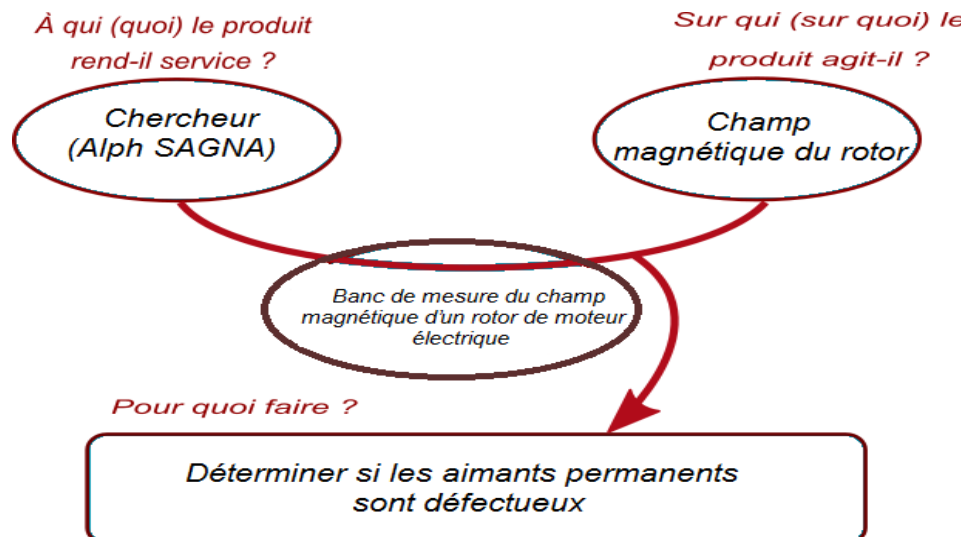


Figure 1: Bête à cornes

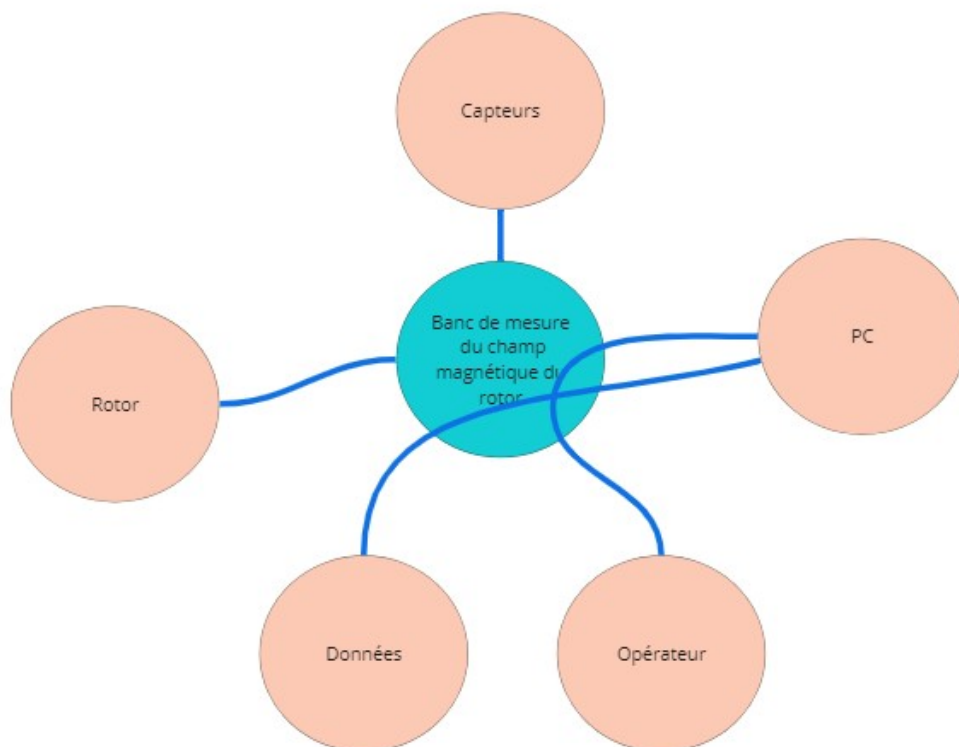


Figure 2: Pieuvre

@Mehdi & @Ali : il faut écrire un paragraphe qui explique la lecture du diagramme pieuvre...

## 3 Architecture du banc

### 3.1 Arbre produit (PBS)

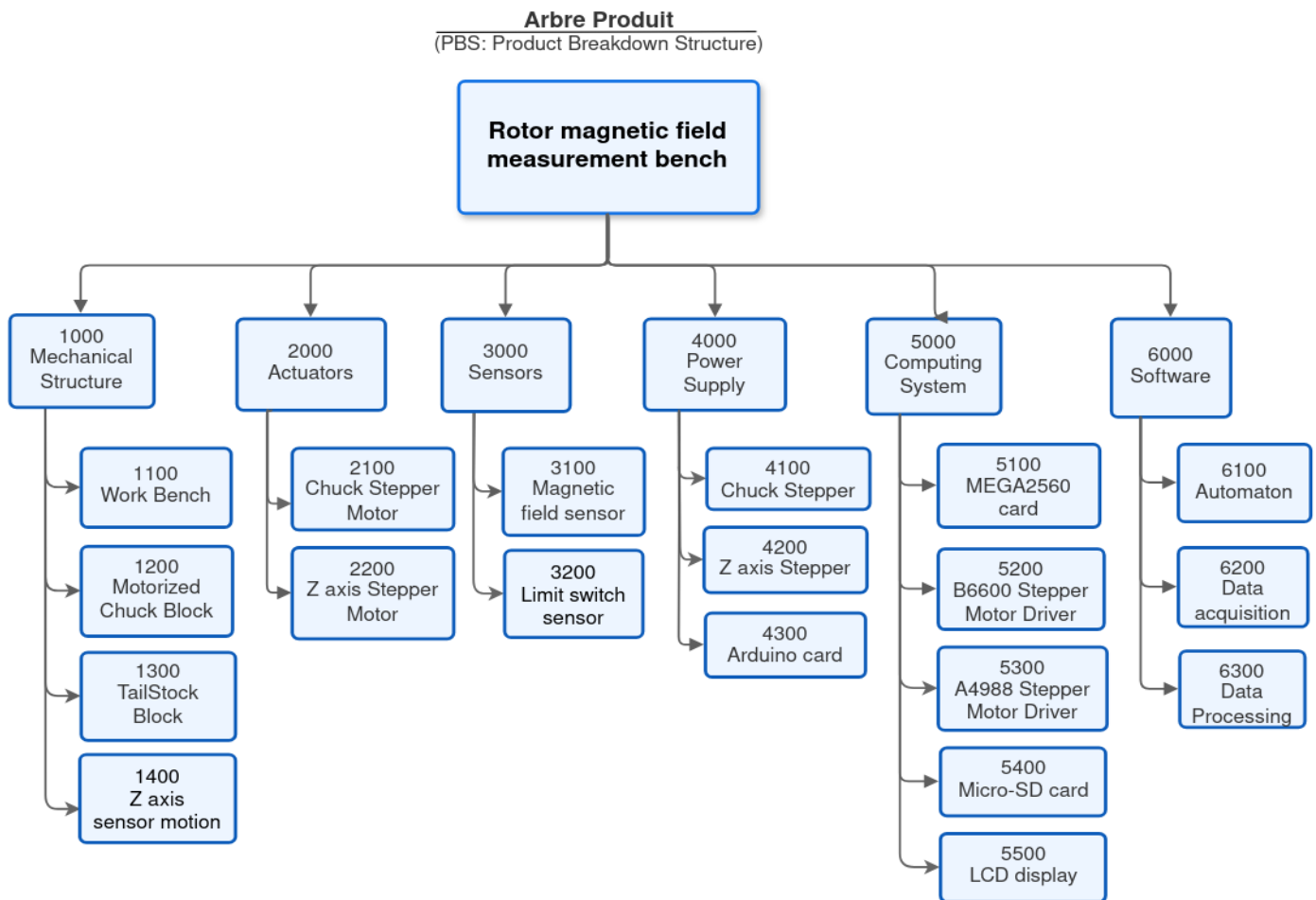


Figure 3: Arbre produit du banc de mesure

## 3.2 Structure mécanique

### 3.2.1 Bloc mandrin motorisé

La figure 4 ci-après montre le bloc mandrin motorisé qui équipe le banc de mesure. Il comprend un mandrin de haute précision, permettant un positionnement précis et une bonne concentricité. Le bloc est équipé d'un moteur pas à pas qui transmet la rotation au mandrin à l'aide d'un système poulies-courroie qui démultiplie d'un facteur 6 la rotation du moteur. Le mandrin est particulièrement adapté pour le serrage de divers types de matériaux grâce à sa compatibilité élevée.





Figure 4: Bloc mandrin

**Caractéristiques du mandrin :**

- **Type** : Mandrin à haute précision
- **Modèle** : SANOU K12-100
- **Vitesse maximale** : 3500 tr/min
- **Précision** : Fournit un positionnement précis et une bonne concentricité
- **Compatibilité** : Adapté pour le serrage de divers types de matériaux

**Caractéristique du moteur pas à pas :**

- **Type** : Moteur pas à pas biphasé
- **Modèle** : NEMA24, longueur 76 cm
- **Pas angulaire** :  $1.8^\circ$  (200 pas par tour)
- **Référence** : 57HS76-3004A08-D30-04

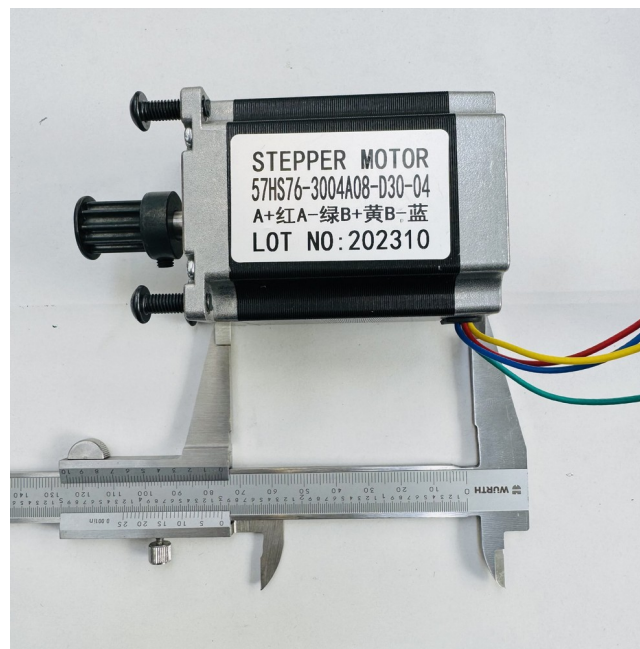


Figure 5: Le moteur pas à pas du bloc mandrin

### 3.2.2 Bloc contre-pointe

La figure 6 montre le bloc contre-pointe (*tailstock*) du banc de mesure. Elle est conçue pour assurer un serrage efficace de l'extrémité du rotor sur le banc de mesure tout en permettant une adaptation à la longueur de l'axe du rotor.



Figure 6: Bloc contre-pointe

### 3.2.3 Châssis du banc de mesure

Le châssis du banc de mesure est conçu pour supporter l'ensemble du système de manière stable et précise. La photo de la figure 7 montre la structure du châssis utilisé :

Il est fabriqué à partir de profilés d'aluminium extrudé, offrant une combinaison de légèreté et de robustesse. La conception CAO du châssis intègre des points de montage précis pour le mandrin et la contre-pointe, ainsi que pour les autres composants mécaniques et électroniques.

Le mandrin de haute précision et le moteur pas à pas assurent un positionnement et un contrôle précis, ce qui est essentiel pour les mesures magnétiques requises. La contre-pointe est montée sur un support permettant sa translation, ce qui permet d'ajuster sa position en fonction de la taille du rotor. Le châssis en profilés d'aluminium extrudé garantit la stabilité nécessaire pour obtenir des résultats de mesure reproductibles et fiables.

**Caractéristiques du châssis :**

**Matériau :** Profilés d'aluminium extrudé

**Dimensions :** Hauteur totale : 740 mm, largeur : 375 mm, profondeur : 320 mm

**Points de montage :** Intégrés pour le mandrin, la contre-pointe et d'autres composants

**Stabilité :** Conception assurant une stabilité optimale lors des mesures.

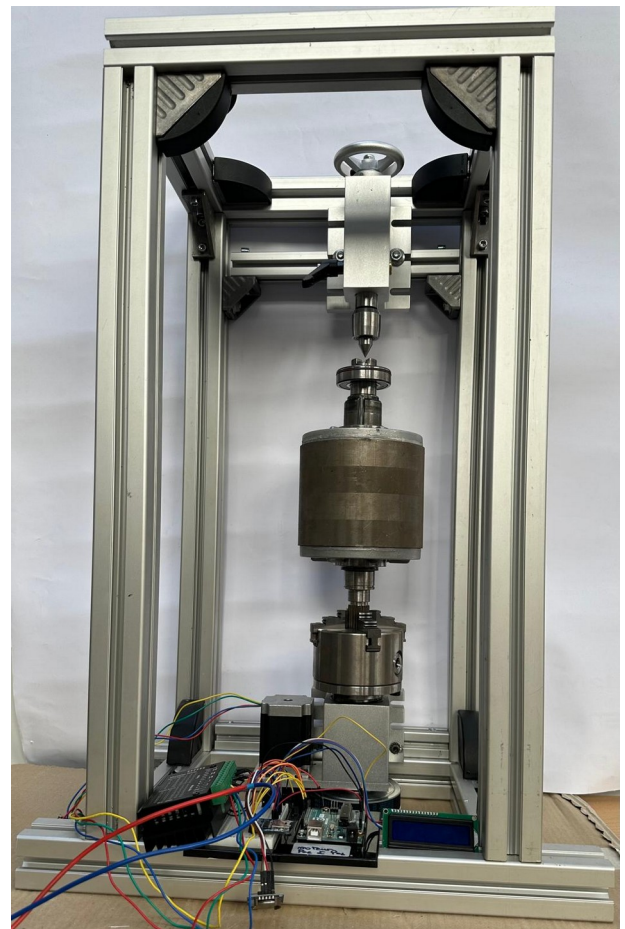


Figure 7: Photo du châssis

### 3.3 Actionneurs

*Dans ce paragraphe, vous devez donner les informations sur le (ou les) moteur(s) pas à pas utilisés pour le banc : data sheet, plan de géométrie, principales caractéristiques...*

#### 3.3.1 Moteur pas à pas de la rotation du mandrin

#### 3.3.2 Moteur pas à pas du déplacement vertical du capteur magnétique

### 3.4 Capteurs

Le champ magnétique du rotor testé est mesuré à l'aide du capteur USB25103. Les détails de la sonde sont présentés en annexe au paragraphe 5.5 page 22. La figure 8 montre le visuel du capteur.



Figure 8: Le capteur de champ magnétique USB25103

La sonde USB est un capteur de champ magnétique 3D interfacé avec la carte Arduino MEGA2560 via un convertisseur USB ↔ Série connecté au port série RX1/TX1 de l'Arduino.

#### 3.4.1 Commandes du capteur USB25103 via le port série

Le capteur USB25103 intègre un micro-contrôleur qui pilote le port USB et qui accepte des commandes ASCII, pour le configurer ou pour lire les valeurs du champ magnétique mesurées. Le tableau 1 présente les principales commandes utilisées dans le cadre du projet.

Tableau 1: Commandes ASCII du capteur USB25103 - Lecture/modification des paramètres.

USB Magnetometer Serial Port Commands		
Command	Description	Firmware Subroutine
PC	Display the calibration parameters presently being used by the magnetometer.	PrintCal()
GS	Query the sensor ID code.	GetSensorCodeEEPROM()
OR	Query the offset value stored in the EEPROM.	ReadOffsetEEPROM()
SR	Query the sensitivity value stored in the EEPROM.	ReadSensitivityEEPROM()
AR	Read linearization coefficients stored in the EEPROM	ReadLinEEPROM()
AB <0 or 1>	Set output to binary (1) or default ASCII (0)	SetASCIIBinary()
TS <0 or 1>	Turn timestamp on (1) default or off (0)	SetTimeStamp()
PG <1,2,4,8>	Set the preamplifier gain	SetPGA()
OA	Automatically zero the voltage offset of the sensor. Overrides OM. This should be accomplished in a zero gauss chamber	CorrectOffset()
SM <n.nnn>	Manually input a sensitivity value in units of mV/V/Oe	ManualSensitivity()
OM <n.nnn>	Manual input an offset voltage, in units of volts. Overrides OA	ManualOffset()
RS	Automatically find the offset field. This command remembers the previous offset field. Calling RO will remove the offset value and restore the state prior to calling RS.	RelativeSet()
RO	Removes the offset field value calculated during the RS command. It restores the state prior to calling RS	RelativeOff()

Tableau 2: Commandes ASCII du capteur USB25103 - Lectures des données.

USB Magnetometer Serial Port Commands		
DB <N>	Set oversampling in order to achieve a desired number of bits (N) or resolution for the ADC. N is any integer greater than 10, and for practical measurement it should not exceed 18, due to the low effective sampling rate at high oversampling. Increasing N decreases noise.	SetDigitizerBits()
NS <N>	Set the number of data points (N) to be averaged.	SetNumberSamples()
RC	Set the magnetometer to continuous read mode. Overrides the RM and VM commands.	ContinuousRead()
VC	Same as the RC command, except the output will be the uncorrected voltage of the sensor. Overrides the RM and VM commands.	ContinuousReadVoltage()
RM	Set the magnetometer to one-shot trigger mode. Successive calls to RM will result in a single read. This is useful for situations where a user may want to slowly move the magnetometer past a series of fixed locations around a magnetic object, or in the case where the ADC resolution is very high and read time is very long. Overrides the RC and VC commands.	ManualRead()
VM	Same as RM, except the magnetometer will output the uncorrected voltage of the sensor. Overrides the RC and VC commands.	ManualReadVoltage()

### 3.4.2 Format des données

Le matériel du magnétomètre USB peut être utilisé sans le logiciel GUI livré avec le capteur, via le port USB, à l'aide des commandes ASCII spécifiées dans le tableau xxx.

Les données renvoyées ont les formats suivants, qui peuvent être analysés en fonction de l'en-tête. Chaque ligne, au format ASCII ou binaire, commence toujours par un en-tête de 3 caractères et se termine avec une séquence « octet *carriage return* suivi » d'un « octet *line feed* » : '\r\n'.

#### Format ASCII :

Le format ASCII envoie toutes les données en utilisant du texte brut commençant par un en-tête, suivi de nombres séparés par des virgules et terminé par une chaîne de fin de ligne :

<Header>number,number,...,"/r/n"

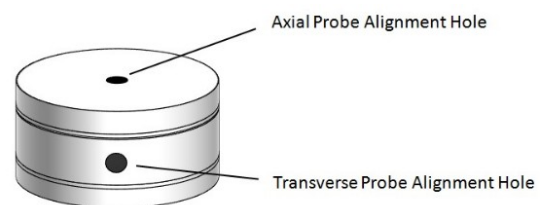
Les en-têtes sont définis comme indiqué par le tableau 3. Le nombre de valeurs dans chaque ligne peut être déterminé en comptant le nombre de virgules entre l'en-tête et la fin de la chaîne.

Tableau 3: Format ASCII en sortie du capteur USB25103

Header (always 3 chars)	Meaning
RD<space>	time,H OR time,Hx,Hy,Hz
RV<space>	time,V OR time,Vx,Vy,Vz

### 3.4.3 Calibration du capteur magnétique

Le capteur USB27103 est livré avec un aimant de calibration CAL01. L'aimant de référence CAL01 est composé de deux anneaux à aimant permanent magnétisés axialement permettant un étalonnage du magnétomètre axial et transversal.



Les graphiques de la figure 9 montrent les valeurs du champ magnétique lors du déplacement d'un magnétomètre axial à travers le trou axial et lors de la rotation de l'aimant autour d'un magnétomètre transversal dans le trou transversal.

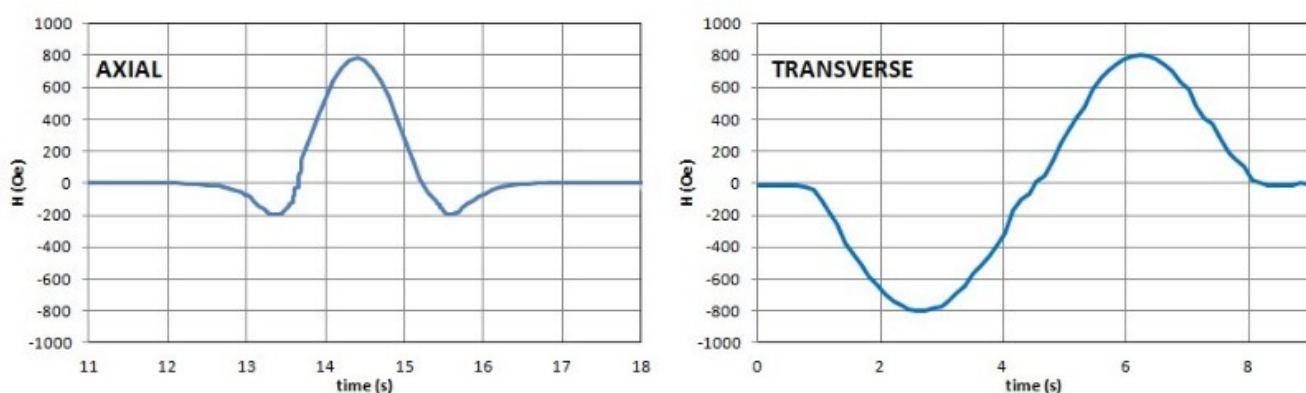


Figure 9: Courbes de calibration axiale et transverse du capteur USB25103



**JLC : la procédure de calibration sera revue quand le capteur USB25103 sera arrivé.**

Les procédures de calibration axiale et radiale du capteur sont décrites ci-dessous.

**Procédure d'étalonnage du magnétomètre transversal :**

1. Appuyez sur le bouton « Calibrate to field » (étalonner sur le terrain).
2. Réglez la valeur du champ d'étalonnage sur la valeur du champ magnétique indiquée sur le côté de l'ensemble d'étalonnage.
3. Assurez-vous que les cases à cocher Sensibilité et Décalage sont toutes deux sélectionnées.
4. Insérez le magnétomètre transversal à fond dans le trou d'alignement du magnétomètre transversal.
5. Sélectionnez le magnétomètre souhaité et appuyez sur « Calibrate Selected » (étalonner la sélection).
6. Réinitialisez le graphique dans la fenêtre d'étalonnage.
7. Faites tourner l'aimant afin d'échantillonner la plus grande tension positive et la plus grande tension négative. Le magnétomètre peut être agité et l'aimant peut être tourné d'avant en arrière autour des angles extrêmes du champ afin d'échantillonner les valeurs maximales et minimales.
8. Appuyez sur « Stop »
9. Enregistrez l'étalonnage dans la mémoire flash pour une utilisation ultérieure ou écrivez simplement l'étalonnage sur le capteur pour une utilisation immédiate uniquement.
10. Quittez la fenêtre d'étalonnage.
11. Si le décalage n'a pas été correctement corrigé, effectuez l'une des procédures d'étalonnage du décalage.

**Procédure d'étalonnage du magnétomètre axial**

1. Appuyez sur le bouton « Calibrate to field ».
2. Réglez la valeur du champ d'étalonnage sur la valeur du champ magnétique indiquée sur le côté de l'ensemble d'étalonnage
3. Assurez-vous que les cases à cocher Sensibilité et Décalage sont sélectionnées
4. Sélectionnez le magnétomètre souhaité et appuyez sur « Calibrate Selected »
5. Appuyez sur Réinitialiser le graphique
6. Poussez le magnétomètre axial dans le trou d'alignement axial pour trouver la lecture de tension positive (négative) maximale, vous pouvez faire bouger le magnétomètre un peu et entrer et sortir de l'ensemble d'étalonnage pour vérifier que la valeur maximale a été échantillonnée.
7. Maintenez le magnétomètre stable et retirez l'ensemble d'étalonnage.
8. Retournez l'aimant d'étalonnage afin d'inverser le champ magnétique
9. Poussez le magnétomètre axial dans le trou d'alignement axial pour trouver la lecture de tension négative (positive) maximale, vous pouvez faire bouger le magnétomètre un peu et entrer et sortir de l'ensemble d'étalonnage pour vérifier que la valeur maximale a été échantillonnée.
10. Appuyez sur « Stop »
11. Enregistrez l'étalonnage dans la mémoire flash pour une utilisation ultérieure ou écrivez simplement l'étalonnage sur le capteur pour une utilisation immédiate uniquement
12. Quittez la fenêtre d'étalonnage
13. Si le décalage n'a pas été correctement corrigé, effectuez l'une des procédures d'étalonnage du décalage
14. Si le décalage n'a pas été correctement corrigé, effectuez l'une des procédures d'étalonnage du décalage

### 3.5 Système informatique

Le pilotage du banc de mesure est confié à une carte microcontrôleur Arduino de type MEGA2560. Le choix de cette carte se justifie par la nécessité de disposer de plusieurs interfaces séries :

- une pour la liaison série avec le PC chargé d'éditer et de téléverser le programme Arduino de l'automate,
- une autre pour la connexion avec le capteur de champ magnétique.

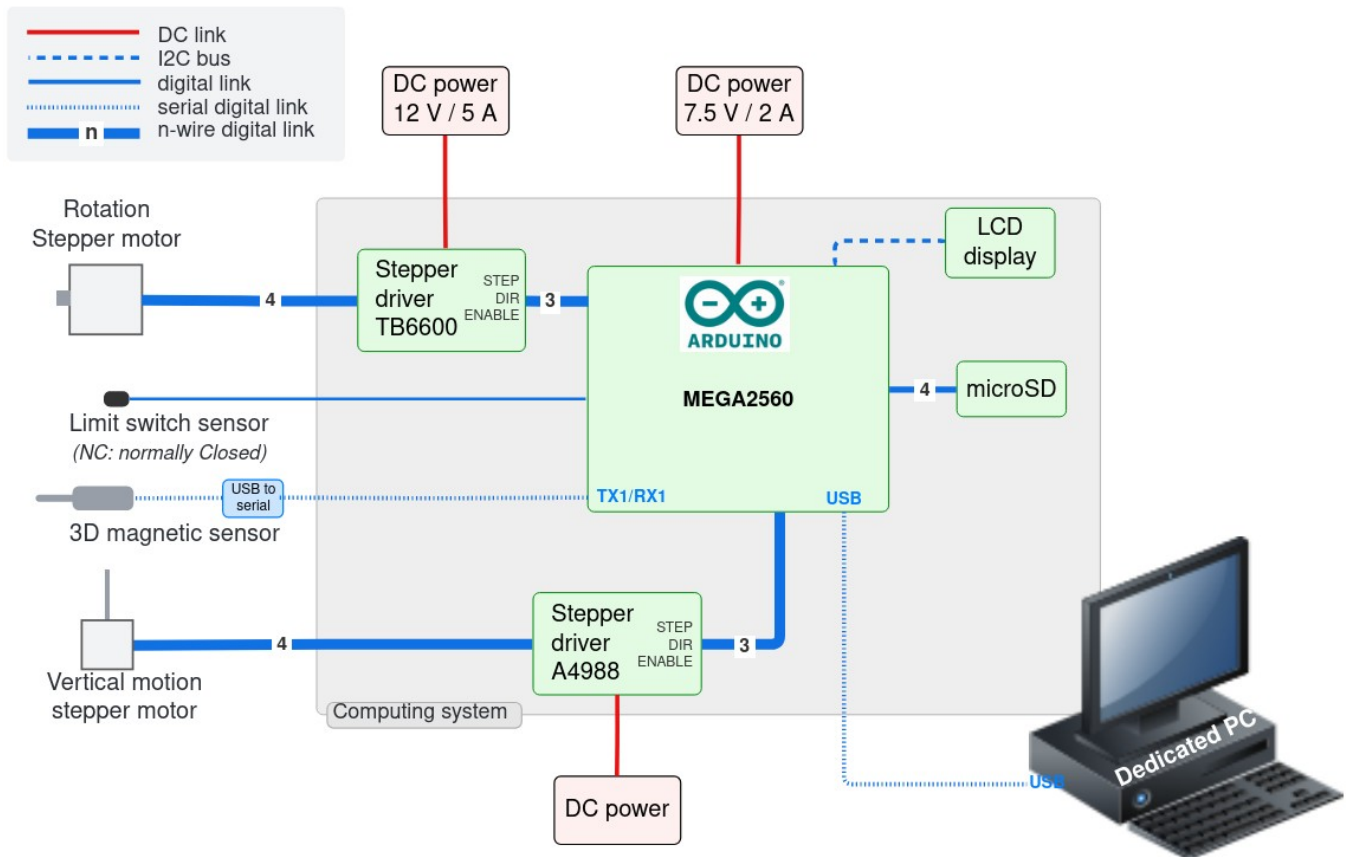


Figure 10: Synoptique du système informatique du banc de mesure

Le programme développé définit un automate à états finis chargé du pilotage du banc de mesure. Il est détaillé au paragraphe 3.7.1 page 17.

### 3.6 Alimentation électrique

Comme l'indique la figure 10, plusieurs alimentations sont utilisées pour le fonctionnement du banc de mesure :

- alimentation de la carte Arduino MEGA2560 :
- alimentation du driver du moteur pas à pas du bloc mandrin :
- alimentation du moteur pas à pas de l'axe Z :



## 3.7 Sotfware

*Décrire ici les principales fonctionnalités des différents logiciels utilisés sur le banc :*

### 3.7.1 Pilotage du banc

Le pilotage du banc est confié à un logiciel de type « Automate à états finis » qui est exécuté sur la carte Arduino MEGA2560 qui équipe le banc de mesure.

*Je conseil d'utiliser ici :*

- le dessin des états de l'« automate à états finis »
- un diagramme de séquence UML pour représenter graphiquement le séquençement du pilotage du banc (à faire sur LucidChart).

### 3.7.2 Acquisition des données

L'acquisition des données est réalisée par l'automate exécuté sur la caret Arduino. Elle se décompose en 3 étapes :

- 1/ Acquisition des données envoyées par la sonde de mesure du champ magnétique.
- 2/ Stockage des données acquises sur la carte micro-SD relié à la carte Arduino.
- 3/ Envoie des données acquises vers le PC relié à la carte Arduino.

### 3.7.3 Traitement des données

*En fonction de l'expression besoins décrite plus haut, on pourra donner ici les principales fonctionnalités du logiciel de traitement des données....*

## 4 Protocole d'utilisation du banc de mesure

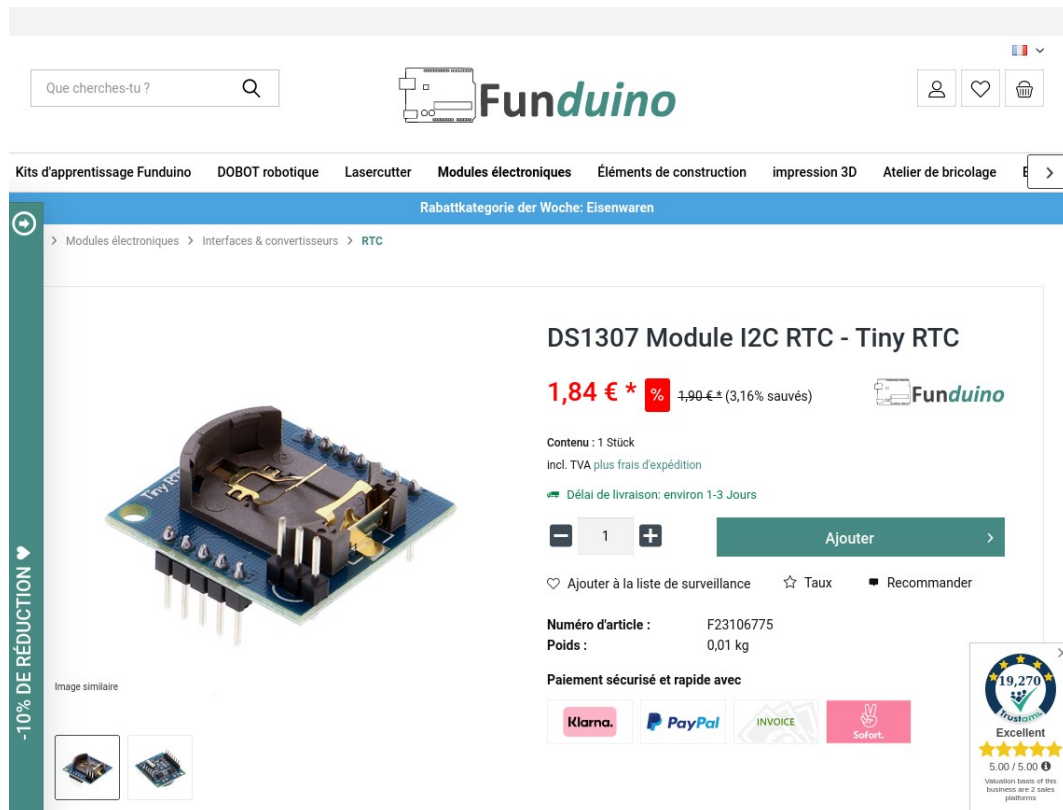
*Décrire ici avec photos et diagrammes la façon d'utiliser le banc d'essai...*

## 5 Annexes

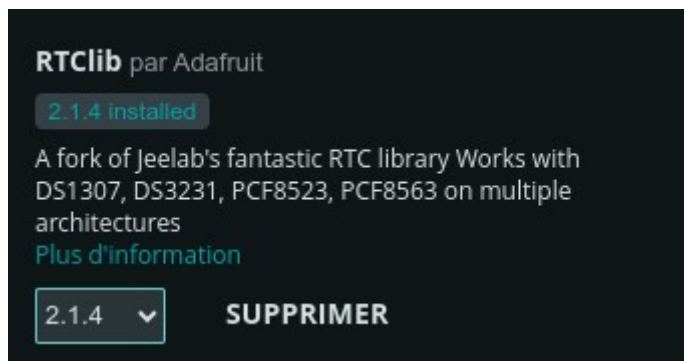
### 5.1 Carte Horloge temps réel (RTC : Real Time Clock)

Le circuit Tiny\_RTC permet de maintenir la date et l'heure à jour pour la carte Arduino, ce qui permet l'horodatage des données créées sur le banc de mesure. On trouve ce circuit par exemple chez Funduino :

<https://funduino.com/fr/modules-electroniques/interfaces-convertisseurs/rtc/ds1307-module-i2c-rtc-tiny-rtc>

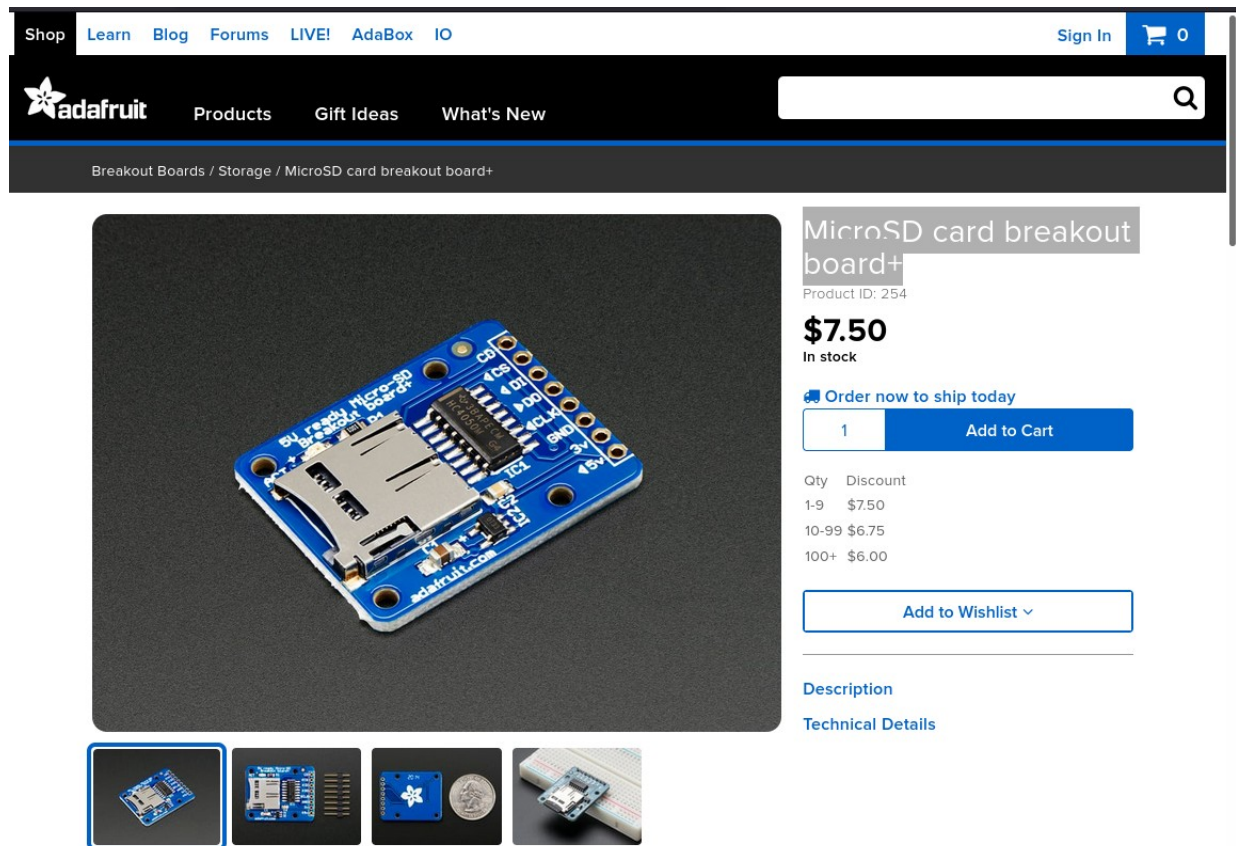


Le circuit Tiny-RTC s'interface par bus I2C avec la carte Arduino. Il nécessite d'installer la bibliothèque Arduino RTCLib publiée par Adafruit :



## 5.2 Carte Micro-SD

On utilise la carte micro-SD de Adafruit proposée sur cette page : <https://www.adafruit.com/product/254>



MicroSD card breakout board+

Product ID: 254

**\$7.50**

In stock

Order now to ship today

1 Add to Cart

Qty	Discount
1-9	\$7.50
10-99	\$6.75
100+	\$6.00

Add to Wishlist

Description

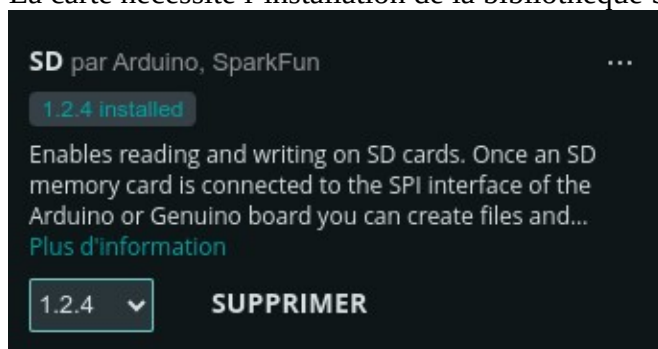
Technical Details

La carte utilise le bus SPI de l'Arduino. Les connexions varient pour un UNO ou un MEGA2560, comme illustré sur le tableau 4 :

Tableau 4: Connexion entre carte micro-SD et Arduino (UNO ou MEGA)

Signal	UNO	MEGA
CLK	13	52
DO	12	50
DI	11	51
CS	10	53

La carte nécessite l'installation de la bibliothèque SD pour Arduino :



SD par Arduino, SparkFun

1.2.4 installed

Enables reading and writing on SD cards. Once an SD memory card is connected to the SPI interface of the Arduino or Genuino board you can create files and...

Plus d'information

1.2.4 SUPPRIMER

## 5.3 Driver de moteur pas à pas TB660000

C'est le driver utilisé pour le moteur pas à pas de rotation du mandrin. Il est proposé sur le site GoTronic sur cette page : <https://www.gotronic.fr/art-commande-moteur-pas-a-pas-dri0043-25551.htm>

Cartes électroniques, interfaces, pièces détachées robotiques, outillage, appareils de mesure, ... - Vente aux professionnels et aux particuliers.

**GO TRONIC**  
ROBOTIQUE ET COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES

Recherche

Formulaire de contact  
contact@gotronic.fr  
Ajout rapide

Mon compte

CARTES PROGRAMMABLES   PROTOTYPAGE ET CAPTEURS   ROBOTIQUE - 3D - KITS   MAISON CONNECTÉE - DOMOTIQUE   OUTILLAGE ET MESURE   ENERGIE ET ALIMENTATION   COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES   CONNECTIQUE

GO TRONIC > Robotique - 3D - Kits > Commandes de moteurs > Commandes de moteurs pas-à-pas > Commande moteur pas-à-pas DRI0043

< Page précédente   Retour à la catégorie   Page s

**Robotique - 3D - Kits**

Bras robotisés

Châssis

Robots

Commandes de moteurs

Commandes 1 moteur cc

Commandes 2 moteurs cc

Commandes 4 moteurs CC

**Commandes de moteurs pas-à-pas**

Commandes de servomoteurs

Cartes de contrôle de robots

Relais radiocommandés

Moteurs et



**Commande moteur pas-à-pas DRI0043**

Code article : 34870

Module commande de moteur pas-à-pas basé sur un T...  
disposant d'une large plage d'alimentation 9 à 42 Vcc  
courant de sortie maxi de 3,5 A, réglable via dip-switch  
> [Description complète](#)

Quantité :  + -

✓ Quantité en stock : 87

Livraison à partir de 4,90€ ?

17,46 € HT  
**20,95 € TTC**

+ Ajouter au panier

**DESCRIPTION**

Module économique TB6600 permettant de commander un moteur pas-à-pas bipolaire jusqu'à 3,5 A RMS à partir de 3 sorties digitales d'un microcontrôleur (Arduino par exemple).

Ce driver fonctionne en pas complet, 1/2 pas, 1/4 de pas, 1/8 de pas, 1/16 de pas et 1/32 de pas (sélection par dip-switches).

**Les connecteurs sont débrochables mais ne doivent pas être enlevés ou raccordés lorsque l'alimentation est branchée en raison de la force contre-électromotrice qui peut endommager le driver.**

Tension d'alimentation: 9 à 42 Vcc  
Consommation maxi: 5 A (en fonction du moteur)  
Réglage courant: 0,5 A - 1 A - 1,5 A - 2 A - 2,5 A - 2,8 A - 3 A et 3,5 A  
Puissance: 160 W  
Réglage pas: 1, 2/A - 2/B - 4 - 8 - 16 - 32  
Température: -10 à 45°C  
Poids: 0,2 kg  
Dimensions: 96 x 71 x 37 mm  
Référence DFRobot: [DRI0043](#)

**FICHE TECHNIQUE**

**AVIS**

La documentation technique du capteur est reproduite dans les pages qui suivent.

## 5.4 Driver de moteur pas à pas A4988

C'est le driver utilisé pour le moteur pas à pas de l'axe Z. Il est proposé sur le site GoTronic sur cette page : <https://www.gotronic.fr/art-driver-de-moteur-pas-a-pas-a4988-1182-21718.htm>

Cartes électroniques, interfaces, pièces détachées robotiques, outillage, appareils de mesure, ... - Vente aux professionnels et aux particuliers.

**GO TRONIC**  
ROBOTIQUE ET COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES

Recherche

Formulaire de contact  
contact@gotronic.fr  
Ajout rapide

Mon compte Mon panier

CARTES PROGRAMMABLES PROTOTYPAGE ET CAPTEURS ROBOTIQUE - 3D - KITS MAISON CONNECTÉE - DOMOTIQUE OUTILLAGE ET MESURE ENERGIE ET ALIMENTATION COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES CONNECTIQUE AUDIO, LIVRES, SÉCURITÉ

GO TRONIC > Robotique - 3D - Kits > Commandes de moteurs > Commandes de moteurs pas-à-pas > Driver de moteur pas-à-pas A4988 1182

< Page précédente Retour à la catégorie Page suivante >

**Robotique - 3D - Kits**

Bras robotisés

Châssis

Robots

Commandes de moteurs

Commandes 1 moteur cc

Commandes 2 moteurs cc

Commandes 4 moteurs CC

**Commandes de moteurs pas-à-pas**

Commandes de servomoteurs

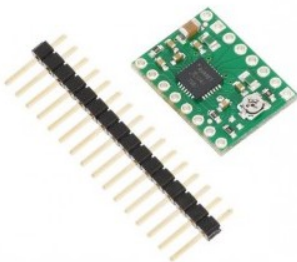
Cartes de contrôle de robots

Relais radiocommandés

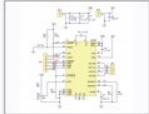
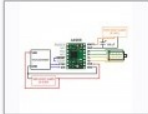
Moteurs et actionneurs

Accessoires robotiques

Kits didactiques



**Pololu**  
Robotics & Electronics

**Driver de moteur pas-à-pas A4988 1182**

Code article : 32726

Commande basée sur le circuit A4988 permet de contrôler un moteur pas-à-pas bipolaire à partir d'une sortie PWM et d'une sortie digitale d'un microcontrôleur (Arduino, Seeeduino, etc).

> Description complète

Quantité :  + -

✓ Quantité en stock : 56

Livraison à partir de 2,90€ ?

13,29 € HT  
**15,95 € TTC**  
dont 0,02 € d'éco-part

**+ Ajouter au panier**

### DESCRIPTION

### FICHE TECHNIQUE

### AVIS

Cette commande basée sur le circuit A4988 permet de contrôler un moteur pas-à-pas bipolaire à partir d'une sortie PWM (vitesse des pas) et d'une sortie digitale (sens de rotation) d'un microcontrôleur (Arduino, Seeeduino, etc).

Trois entrées permettent de sélectionner le mode de fonctionnement (pas complet, demi-pas, quart de pas, 1/8 de pas ou 1/16 de pas). Un potentiomètre permet de régler l'intensité de sortie (elle ne doit pas être supérieure à 70% de l'intensité nominale de votre moteur).

#### Remarques:

- ne pas débrancher/brancher de moteur lorsque le module est alimenté (destruction du module)
- le module est livré avec des connecteurs à souder soi-même en fonction de l'utilisation.
- un échauffement important du circuit intégré est possible et normal en fonctionnement

#### Alimentation:

- partie logique: 3 à 5,5 Vcc
- partie moteur: 8 à 35 Vcc

Sortie: 1 A par phase (2 A avec refroidisseur)

#### Protections contre:

- les surintensités
- les températures trop élevées

Dimensions: 21 x 15 x 3 mm

Référence fabricant: [1182](#)



## 5.5 Capteur de champ magnétique MDT USB25103

Le capteur de champ magnétique MDT USB25103 est proposé par le site DigiKey sur cette page :

<https://www.digikey.fr/fr/products/detail/multidimension/USB25103/15220961>

The screenshot shows the DigiKey website interface for the MDT USB25103 product. The page includes a navigation bar with the DigiKey logo, a search bar, and links for 'Tous les produits', 'Entrez un mot clé ou un numéro de référence', and 'Connexion ou ENREGISTREMENT'. The breadcrumb trail indicates the product is under 'Index des produits > Capteurs, transducteurs > Capteurs magnétiques > Boussole, champ magnétique (modules) > MDT USB25103'.

**USB25103**

**Numéro de produit DigiKey:** 3542-USB25103-ND  
**Fabricant:** MDT  
**Numéro de produit du fabricant:** USB25103  
**Description:** 3D MAGNETOMETER HIGH-FIELD USB  
**Référence client:**   
**Description détaillée:** ±20 kGauss Boussole X, Y, Z Sonde  
**Fiche technique:** [Fiche technique](#)

**En stock: 4**  
**PRODUIT MARKETPLACE**  
 Expédition sous environ 30 jours de MULTIDIMENSION  
**LIVRAISON GRATUITE** à partir de 99,00 € d'achat pour les produits expédiés par MULTIDIMENSION

**QUANTITÉ**

[Ajouter à la liste](#) [Ajouter au panier](#)

Tous les prix sont en EUR

**En vrac**

QUANTITÉ	PRIX UNITAIRE	PRIX TOTAL
1	368,36000 €	368,36 €
5	349,89200 €	1 749,46 €
25	331,42880 €	8 285,72 €
100	303,73280 €	30 373,28 €

**Prix unitaire sans TVA:** 368,36000 €  
**Prix unitaire avec TVA:** 442,03200 €

**Attributs du produit**

TYPE	DESCRIPTION	TOUT SÉLECTIONNER
<b>Catégorie</b>	Capteurs, transducteurs Capteurs magnétiques Boussole, champ magnétique (modules)	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/>
<b>Fabricant</b>	MDT	<input type="checkbox"/>
<b>Série</b>	-	<input type="checkbox"/>
<b>Conditionnement</b>	En vrac	<input type="checkbox"/>
<b>Statut du composant</b>	Actif	<input type="checkbox"/>
<b>Type</b>	Magnétomètre numérique	<input type="checkbox"/>
<b>Axe</b>	X, Y, Z	<input type="checkbox"/>
<b>Plage de mesure</b>	±20 kGauss	<input type="checkbox"/>
<b>Pour la mesure</b>	Intensité, sens du champ magnétique	<input type="checkbox"/>
<b>Résolution</b>	-	<input type="checkbox"/>
<b>Boîtier</b>	Sonde	<input type="checkbox"/>
<b>Interface</b>	I2C, USB 2.0	<input type="checkbox"/>
<b>Température de fonctionnement</b>	-40°C ~ 85°C	<input type="checkbox"/>

La documentation technique du capteur est reproduite dans les pages qui suivent.



## USB MAGNETOMETER USB25103

### USB25103 – Three-Axis High-Field USB Magnetometer

#### Features and Benefits

- High-Field Sensing Technology
- Measurement Range of -20 kOe to 20 kOe
- 5 Digit Resolution
- Plug and Play USB Interface
- Powered from USB Bus
- Graphical User Interface
- Command Line User Interface
- Manual Range Selection
- Adjustable Filtering and Averaging
- Simple Zeroing and Calibration
- Customizable Linearization and Orthogonalization
- Documented Programming Interface
- Reconfigurable Hardware
- Manual Triggering or Streaming Data

#### Applications

- High Field Laboratory Measurements
- Automated Data Acquisition and Control
- Materials Research
- Non Destructive Testing
- Magnetic Object Tracking
- Sensor Algorithm Development
- STEM Education
- Hobby and DIY



#### General Description

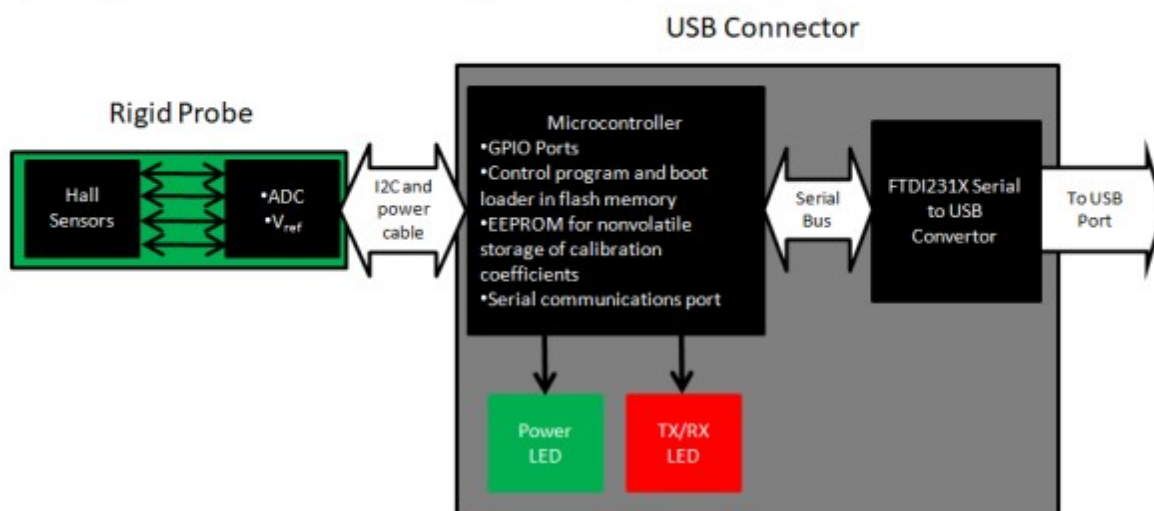
The MDT USB25103 is a three-axis digital magnetometer that is intended for the measurement of magnetic fields near the probe tip at frequencies less than 250 Hz. The MDT USB25103 combines three orthogonal magnetic field sensors with plug-and-play USB data acquisition electronics and software to provide a three-axis digital magnetometer system in a simple form factor. It is designed such that the user may use it directly combined with the proprietary MDT graphical user interface (GUI), controlled with a terminal emulator program, or integrated into the user's custom written program. The GUI can be run on a desktop computer, a notebook, or a Windows tablet. Additionally, the probe electronics may be reprogrammed by the user using freely available open source Arduino development tools. The MDT USB Magnetometer is thus a complete development tool that allows a user a simple means for experimenting with magnetic sensors, sensor applications, and developing sensor algorithms.

## Hardware Description

The USB magnetometer includes three orthogonal magnetic field sensors located within 3 mm from the probe tip and covered with an aluminum tube. The probe is connected to USB data acquisition hardware by a 1 m long cable. The probe has the following configuration.



The USB magnetometer hardware is compatible with the popular open source Arduino UNO board, and thus with the Arduino programming environment or Atmel microcontroller development tools. The user may develop custom firmware at his/her risk. The hardware includes a boot loader for uploading Arduino code. The USB magnetometer hardware model is defined as follows:

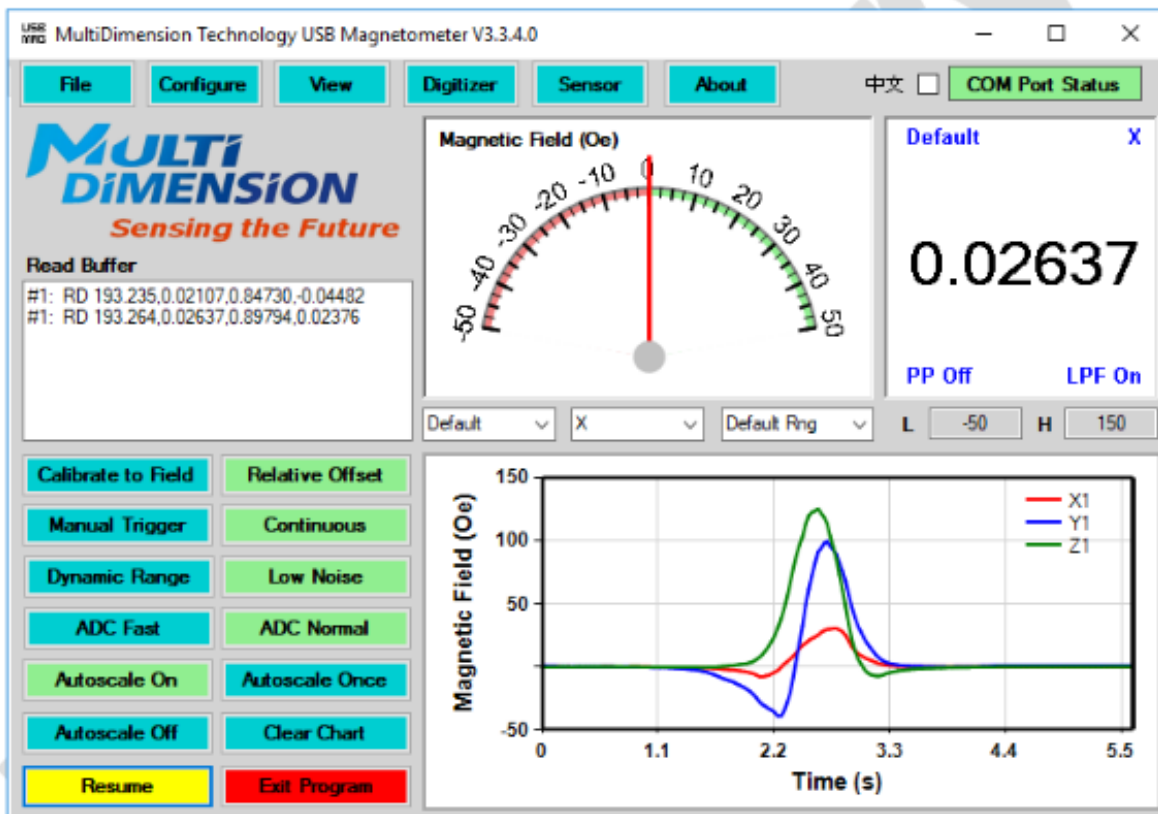


The magnetic sensors are used to detect a magnetic field, which is converted to a proportional voltage value. The magnetic sensors are biased by a temperature compensated voltage reference. The magnetic sensor outputs are connected to ADCs which digitally sample the voltages and sends the digital signals via a 1 m long cable to a microcontroller over an I2C bus. The microcontroller converts the sampled sensor voltages to a magnetic field values using calibration coefficients stored within an EEPROM. These EEPROM values may be overwritten by the user. The microcontroller then sends the computed magnetic field values to a serial bus, which is connected to a FTDI231X Serial-to-USB convertor. The I/O of the FTDI231X Serial-to-USB convertor is a standard USB 2.0 port. A driver on the computer or other computing device is used to create a virtual COM port, which is then accessed by the MDT USB magnetometer GUI, a terminal emulator program, or other custom written program.



## Software Description

The USB Magnetometer includes a GUI for data logging the field readings from the sensor in units of Oersted and displaying those readings in analog, digital, and graphical formats. The data in the graphical display can be logged or output to a csv file, which is compatible with most spreadsheet programs and easy to import into analysis software. The display can be configured in several data viewing modes or in a mode to control operation of the acquisition electronics. The software allows a user to set the resolution, sample rate, filtering, averaging, trigger mode, linearization, and to perform sensor calibration. The GUI also contains a built in terminal emulator for sending and receiving low-level commands to and from the probe, which is useful for programming non-standard configurations and also for debugging commands to be used in custom software applications.



The USB Magnetometer was designed to enable users to interface it with their own custom programs by sending and receiving text commands using a COM port. This is useful for writing data acquisition and data acquisition system control programs, such that the user can input data directly to a program without needing to export it from the USB Magnetometer GUI to a csv file. The COM port commands are fully documented in the user manual, and they may be tested using any terminal emulator program or the built in terminal emulator.

## Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Limit	Unit
External Magnetic Field	$H_{\text{ext}}$	unlimited	Oe <sup>(1)</sup>
ESD Voltage	$V_{\text{ESD}}$	4000	V
Operating Temperature	$T_A$	-40 ~ 85	°C
Storage Temperature	$T_{\text{stg}}$	-50 ~ 150	°C

## Specifications

Parameter	Comments	Min	Typ	Max	Unit
Supply Voltage	From USB Bus		5		V
Sensing Direction	X/Y/Z				
Cable Length	Custom Length Possible		1		m
Hardware Interface	USB 2.0				
GUI Supported Operating Systems	Windows 7, 8, 10 Android				
Custom Program Compatible Operating Systems <sup>(2)</sup>	Windows, Macintosh, Linux, Android, iOS				
Maximum Field Range		-20		20	kOe
Low Noise Field Range		-2.2		2.2	kOe
Uncorrected Nonlinearity	Fit @ $\pm 5$ kOe		2		%FS
RMS Noise	No Averaging, Low Noise, 16 bits		75		mOe
Temperature Coefficient of Sensitivity <sup>(3)</sup>			-0.06		%/°C
ADC Resolution <sup>(3)</sup>			16		bits
Sampling Frequency <sup>(4)</sup>	Resolution Dependent		200	250	Hz
Orthogonality	Can Be Software Corrected			2	degree

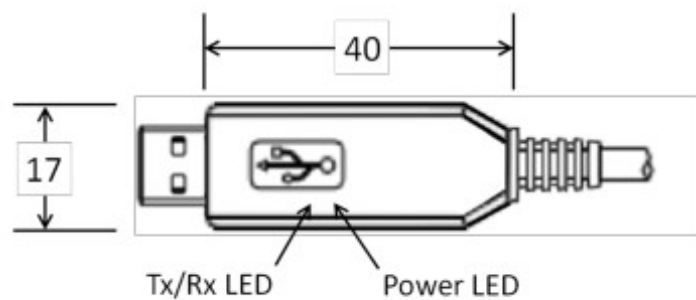
Notes:

- (1) 1 Oe (Oersted) = 1 Gauss in air = 0.1 millitesla = 79.8 A/m.
- (2) Limited by FTDI USB driver availability and computing device USB port hardware
- (3) Resolution can be increased in software by oversampling. Nominal ADC resolution is 16 bits. Effective resolution at high speed is lower.
- (4) Limited by ADC to <250 Hz, which may be achieved in binary mode. Binary mode should not be used in Normal Sampling Mode.

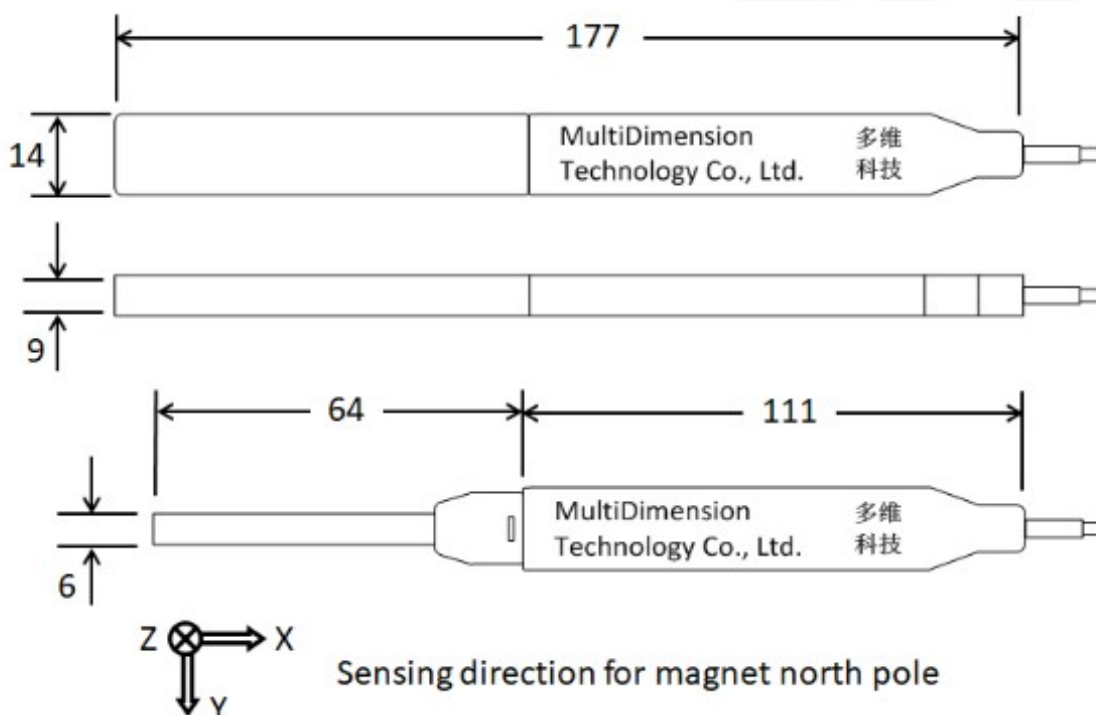
## Related Documents

- MDT USB Magnetometer User Manual

## USB Connector Dimensions



## Rigid Probe Dimensions



USB Connector and Probe view units: mm



The information provided herein by MultiDimension Technology Co., Ltd. (hereinafter MultiDimension) is believed to be accurate and reliable. Publication neither conveys nor implies any license under patent or other industrial or intellectual property rights. MultiDimension reserves the right to make changes to product specifications for the purpose of improving product quality, reliability, and functionality. MultiDimension does not assume any liability arising out of the application and use of its products. MultiDimension's customers using or selling this product for use in appliances, devices, or systems where malfunction can reasonably be expected to result in personal injury do so at their own risk and agree to fully indemnify MultiDimension for any damages resulting from such applications. "MultiDimension", "MultiDimension Sensing the Future", and "MDT" are registered trademarks of MultiDimension Technology Co., Ltd.

## 5.6 CAL01 :Aimant de calibration du capteur USB25103

Pages du document CAL01-EN\_v1.0.pdf :



### CALIBRATION MAGNET CAL01

#### CAL01 – 800 GAUSS CALIBRATION MAGNET

##### Features and Benefits

- High Field Magnetometer Calibration
- Calibrates Transverse and Axial Probes
- High Degree of Stability
- Accuracy Retained Between 0° C and 40° C
- Durable Nylon Housing
- Special Field Values Quoted on Request

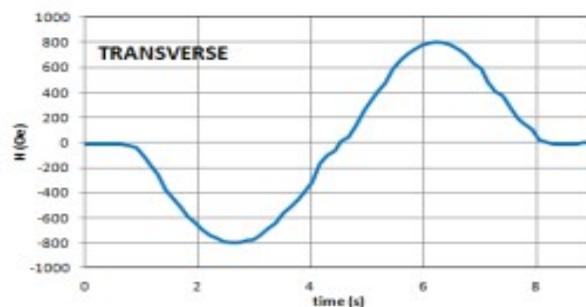
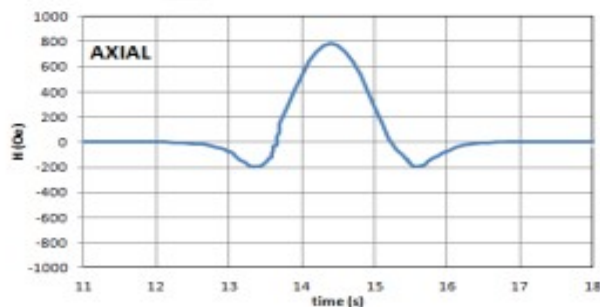


##### Applications

- USB2510x Magnetometer Calibration
- STEM Education
- Hobby and DIY

##### General Description

The CAL01 reference magnet provides a stable and convenient method to verify the accuracy and calibration of the USB 2510x series magnetometers. The CAL01 reference magnet is composed of two axially magnetized permanent magnet rings that allow a probe to access the working region of the fixture from both axial and transverse orientations, making the calibration fixture useful for both axial and transverse probe calibration. Unlike conventional reference magnets that rely on placing a probe in a fixed position, which produce an error if the magnet hole is improperly sized or the probe is not shimmed correctly, the CAL01 is designed so that magnet can be moved with respect to the probe in order to allow the user to find the positive and negative peak magnetic field values, which are used to compute the calibration factors. When used in combination with MultiDimension's graphical data logging user interface, this technique minimizes errors from probe misalignment and permits rapid accurate calibration of the USB2510x magnetometer probes. The plots below show the peak field values when moving an axial probe through the axial hole and when rotating the magnet around a transverse probe in the transverse hole.



**CAL01 IS NOT FOR USE WITH THE USB2705 MAGNETOMETER.**

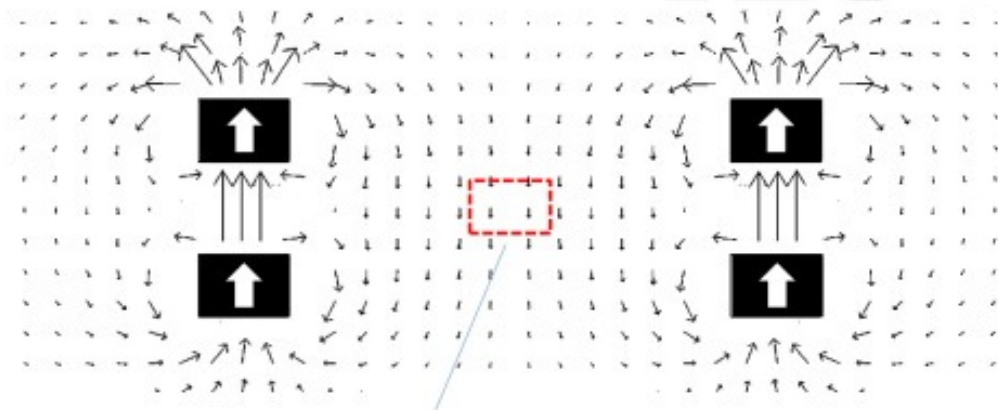


## Hardware Description

The CAL01 reference magnet is composed of two axially magnetized permanent magnet rings that allow a probe to access the working region of the fixture from both axial and transverse orientations, making the calibration fixture useful for both axial and transverse probe calibration.

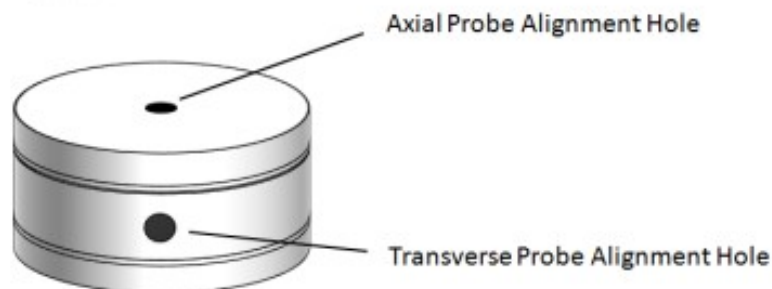


This forms a region of uniform magnetic field between the rings, where provided the motion of the probe is confined to this region, provides a well defined peak magnetic field value.



Sensor calibration area

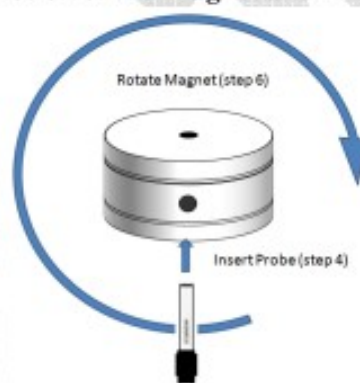
The housing of the magnets is composed of nylon, and it has guide holes for inserting the probe.



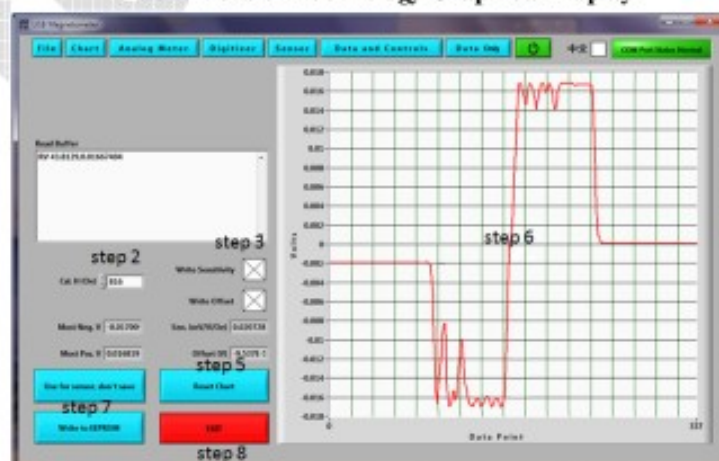
## Transverse Probe Calibration Procedure

1. Press the “calibrate to field” button.
2. Set the calibration field value to the magnetic field value indicated on the side of the calibration assembly
3. Make sure both sensitivity and offset checkboxes are selected
4. Insert transverse probe all the way into the transverse probe alignment hole.
5. Reset the chart in the calibration window
6. Rotate the magnet in order to sample the largest positive voltage and the largest negative voltage. The probe can be wiggled and the magnet rotated back and forth around the field extrema angles in order to sample the maximum and minimum values.
7. Save the calibration in either the flash for future use or just write the calibration to the sensor for immediate use only
8. Exit the calibration window
9. Enter the digitizer window and turn on the low pass filter (LPF) if desired.
10. If the offset has not been adequately corrected, then perform one of the offset calibration procedures

### Motion of the Magnet and Probe



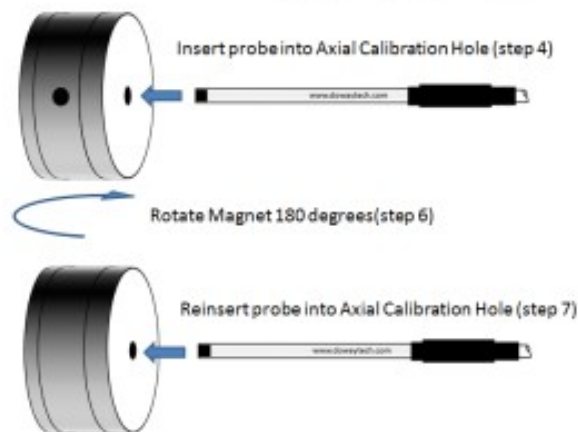
### MultiDimension Technology Graphical Display



## Axial Probe Calibration Procedure

1. Press the "calibrate to field" button.
2. Set the calibration field value to the magnetic field value indicated on the side of the calibration assembly
3. Make sure both sensitivity and offset checkboxes are selected
4. Push the axial probe into the axial alignment hole to find the maximum positive (negative) voltage reading, you can wiggle the probe some and move in and out of the calibration assembly to verify the maximum value has been sampled.
5. Hold the probe steady and pull the calibration assembly away.
6. Flip the calibration magnet in order to reverse the magnetic field
7. Push the axial probe into the axial alignment hole to find the maximum negative (positive) voltage reading, you can wiggle the probe some and move in and out of the calibration assembly to verify the maximum value has been sampled.
8. Save the calibration in either the flash for future use or just write the calibration to the sensor for immediate use only
9. Exit the calibration window
10. Enter the digitizer window and turn on the low pass filter (LPF) if desired.
11. If the offset has not been adequately corrected, perform one of the offset calibration procedures

### Motion of the Magnet and Probe



### MultiDimension Technology Graphical Display







## Offset Calibration Procedure

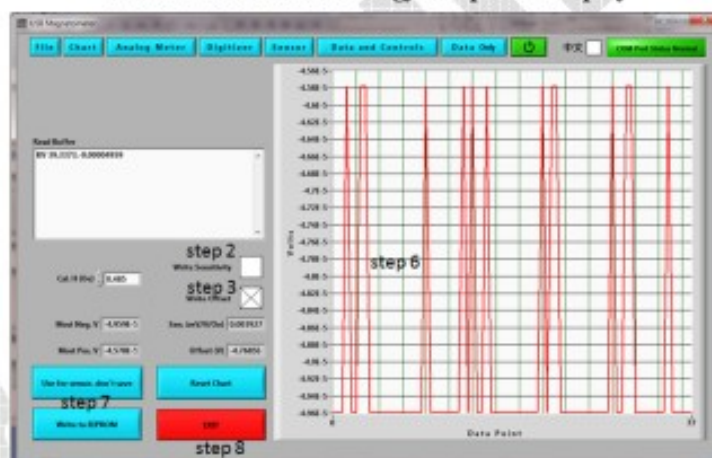
There are several methods that may be used.

- Autozero the probe with the sensing axis aligned east-west
- Autozero the probe inside a zero gauss chamber
- Manual offset
- Calibration method to permanently change the offset

### Calibration Method

1. Press the “calibrate to field” button.
2. Make sure the sensitivity checkbox is not selected
3. Make sure the offset checkbox is selected
4. Place the sensor in a zero gauss chamber OR align the sensing axis along the east-west direction
5. Reset the chart in the calibration window
6. Acquire several seconds of voltage vs time data, verifying that the background value is stable
7. Save the calibration in either the flash for future use or just write the calibration to the sensor for immediate use only
8. Exit the calibration window
9. Enter the digitizer window and turn on the low pass filter (LPF) if desired.

### MultiDimension Technology Graphical Display



RoHS  
COMPLIANT

The information provided herein by MultiDimension Technology Co., Ltd. (hereinafter MultiDimension) is believed to be accurate and reliable. Publication neither conveys nor implies any license under patent or other industrial or intellectual property rights. MultiDimension reserves the right to make changes to product specifications for the purpose of improving product quality, reliability, and functionality. MultiDimension does not assume any liability arising out of the application and use of its products. MultiDimension's customers using or selling this product for use in appliances, devices, or systems where malfunction can reasonably be expected to result in personal injury do so at their own risk and agree to fully indemnify MultiDimension for any damages resulting from such applications. "MultiDimension", "MultiDimension Sensing the Future", and "MDT" are registered trademarks of MultiDimension Technology Co., Ltd.