

Système de Détermination d'Attitude pour CubeSat

Manuel Utilisateur

SORBONNE UNIVERSITÉ

ACADÉMIE SPATIALE D'ÎLE DE FRANCE

FRANCE 2030

Date : 25 juillet 2025

Résumé

Ce projet s'inscrit dans le contexte de l'Académie spatiale d'Île-de-France, projet financé par France 2030 visant à rattraper le retard de la France sur l'industrie. L'Académie Spatiale d'Île-de-France a pour objectif de faire découvrir le spatial à la jeunesse française et à la communauté étudiante et de former les étudiants aux défis présents et futurs de l'industrie aérospatiale française.

Table des matières

1	Introduction	3
2	Vue d'ensemble du système	3
2.1	Objectif technique	3
2.2	Application	3
2.3	Fonctionnalités principales	3
2.4	Spécifications techniques	3
2.5	Composants principaux	4
3	Installation matérielle	4
3.1	Schema électrique	4
4	Mise en route logicielle	5
4.1	Prérequis	5
4.2	Téléversement du code	5
5	Utilisation du système	5
5.1	Résultats Finale	5
6	Dépannage	5
7	Précautions	6
8	Annexes	7
8.1	Extraits de code importants	7
8.2	Ressources utiles	7
	References	8

1 Introduction

Ce manuel présente **un système de détermination d'attitude low-cost**, développé pour un CubeSat¹ [1], ce système repose sur l'utilisation des **panneaux solaires** et un **magnétomètre 3 axes** connectés à un microcontrôleur **ESP32** pour l'acquisition et le traitement des données. Ce manuel décrit le matériel requis, les étapes d'installation, les instructions d'utilisation et les procédures de dépannage.

2 Vue d'ensemble du système

2.1 Objectif technique

Le système permet d'estimer en temps réel l'attitude d'un cubesat en rotation par acquisition de la lumière du soleil et du champ magnétique terrestre.

2.2 Application

Le système est conçu pour des missions à petit budget (ex : projets universitaires, missions académiques, laboratoires de recherche)

2.3 Fonctionnalités principales

- Mesure du champ magnétique terrestre 3 axes (BMM150)
- Détection de l'orientation solaire via 6 panneaux
- Filtrage du bruit
- Calcul du vecteur Soleil-Satellite
- Représentation 3D du vecteur Soleil-Satellite et du vecteur Magnétique

2.4 Spécifications techniques

Alimentation	3.3Vdc Référence 0Vdc
Dimensions	10 × 10 × 10 centimètres
Microcontrôleur	ESP32 – WROOM – 32, fréquence jusqu'à 240 MHz
Taux d'échantillonnage	77kHz
Format de sortie	Vecteurs normalisés Format CSV
Interfaces de communication	I2C pour le magnétomètre Entrées analogiques pour les panneaux solaires

TABLE 1 – Spécifications techniques du système

1. Un CubeSat dans sa forme basique, appelée 1U, c'est un cube de 10 × 10 × 10 centimètres de côté et dont la masse ne doit pas excéder deux kilogrammes.

2.5 Composants principaux

Composant	Description
Microcontrôleur ESP32	Alimentation : 3.3Vdc / 5Vdc (USB-C) / 5Vdc-12Vdc (pins) Fréquence : 80-240MHz Température de fonctionnement : -20°C à 85°C Mémoire : 4Mbits Flash + 512Kbits SRAM
BMM150 – Magnétomètre 3 axes	Communication I2C Alimentation : 3.3V–5V Température de fonctionnement : -40°C à 85°C Plage de mesure : $\pm 1300 \mu\text{T}$
Panneaux Solaires	Tension de charge maximale : 6,4V Tension de circuit ouvert : 8,2V Courant typique : 100 mA Tension typique : 5,5V Puissance : 0.5W

TABLE 2 – Détails des composants utilisés dans le système

3 Installation matérielle

3.1 Schema électrique

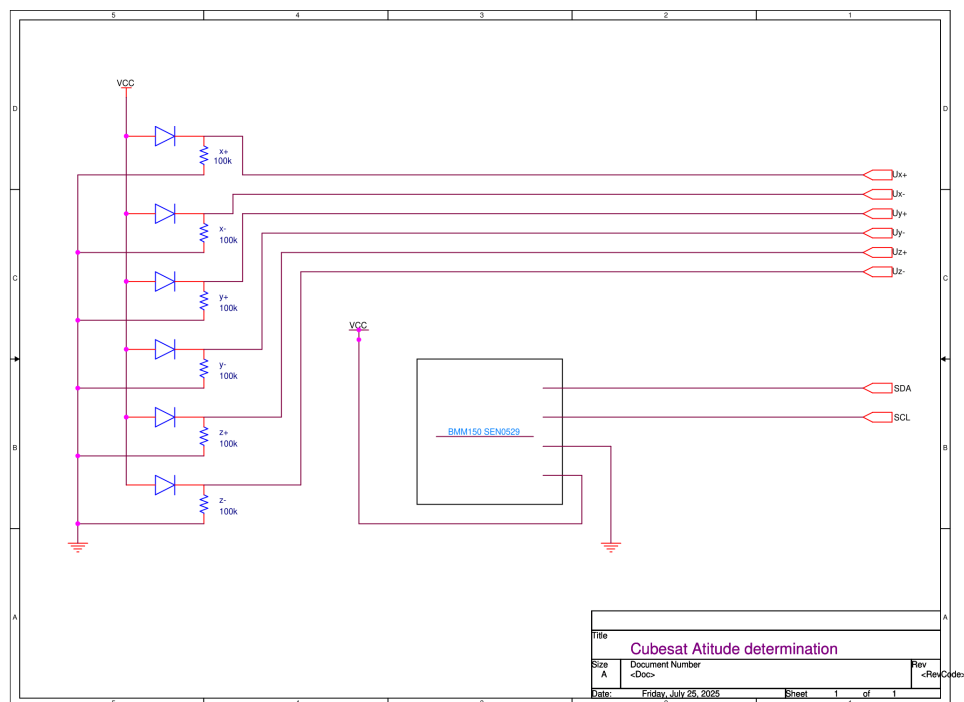


FIGURE 1 – Schema électrique

4 Mise en route logicielle

4.1 Prérequis

- IDE : **Espressif IDE** installé
- Drivers USB pour ESP32
- Dépendances (bibliothèques I2C, capteur BMM150, etc.)

4.2 Téléversement du code

```
// Dans ESP-IDF CMD  
idf.py build  
idf.py -p /dev/ttyUSB0 flash  
idf.py monitor
```

5 Utilisation du système

1. Brancher l'ESP32
2. Ouvrir le moniteur série
3. Observer les vecteurs affichés (Soleil, Champ magnétique)

5.1 Résultats Finale

- Affichage 3D du vecteur champ magnétique.
- Affichage 3D du vecteur Soleil-Satellite calculé à partir des panneaux solaires.
- Un Fichier CSV contenant l'évolution des deux vecteurs dans le temps.

6 Dépannage

- **Aucune donnée du capteur** : vérifier l'adresse I2C et les connexions.
- **Luminosité nulle** : vérifier les résistances pull-down et l'exposition des panneaux.
- **ESP32 ne répond pas** : vérifier le câble USB et redémarrer la carte.

7 Précautions

Afin de garantir le bon fonctionnement du système, il est important de respecter les consignes suivantes :

1. Respecter la tension d'alimentation

Ne jamais alimenter la carte ESP32 ou les capteurs avec une tension supérieure à **3.3V** sur les broches logiques.

Seule l'entrée USB (5V) est tolérée grâce au régulateur intégré.

Une tension trop élevée appliquée directement sur les broches 3V3, GPIO ou I2C peut **détruire le microcontrôleur**.

2. Éviter les erreurs de câblage

Toujours vérifier les connexions avant de mettre sous tension.

Ne jamais inverser les broches GND et VCC (erreur fréquente).

Éviter les courts-circuits entre les broches (utiliser des breadboards ou connecteurs fiables).

3. Éviter les pics de courant

Ne pas connecter ou déconnecter des composants pendant que le système est sous tension.

Éviter les charges inductives sans protection (diode de roue libre, etc.).

4. Manipuler les capteurs avec précaution

Ne pas exposer le magnétomètre à des champs magnétiques intenses artificiels.

Protéger les capteurs contre les chocs et vibrations excessives.

Éviter d'éblouir les photodiodes avec une lumière non naturelle.

5. Programmer avec prudence

S'assurer que le code téléversé respecte la configuration des broches.

Tester les modifications sur une maquette avant de les appliquer à l'ensemble du système.

Important

Une mauvaise manipulation ou une erreur de câblage peut entraîner des **dommages irréversibles** à la carte ESP32 ou aux capteurs. Prenez toujours le temps de **vérifier deux fois** avant de mettre sous tension.

8 Annexes

8.1 Extraits de code importants

```
// Fonction de lecture du capteur BMM150  
bmm.read_mag_data();
```

8.2 Ressources utiles

- Documentation officielle ESP-IDF
- Page produit BMM150

Références

[1] CubeSat, May 2025. Page Version ID : 225653051.