

# 1924B Mini Boîte Noire

Enregistreur de données de vol

---

Ali Zoubir

26 septembre 2023

ETML-ES



# Sommaire

Introduction

Pré-étude

Développement schématique

Développement du PCB

Développement du firmware

Conclusion

# Introduction

---

# Introduction

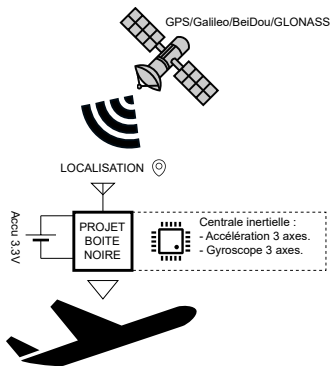


**Figure 1 :** Boîte noire

Les enregistreurs de données de vol jouent un rôle crucial dans la sécurité aérienne et la compréhension des phénomènes aéronautiques en capturant de manière inaltérable des informations vitales.

Ce projet a pour but la collecte et le stockage des données de mesures et de **localisation** d'un aéronef au moyen d'une centrale **inertielle** et d'un système de positionnement GPS/GNSS.

# Principe



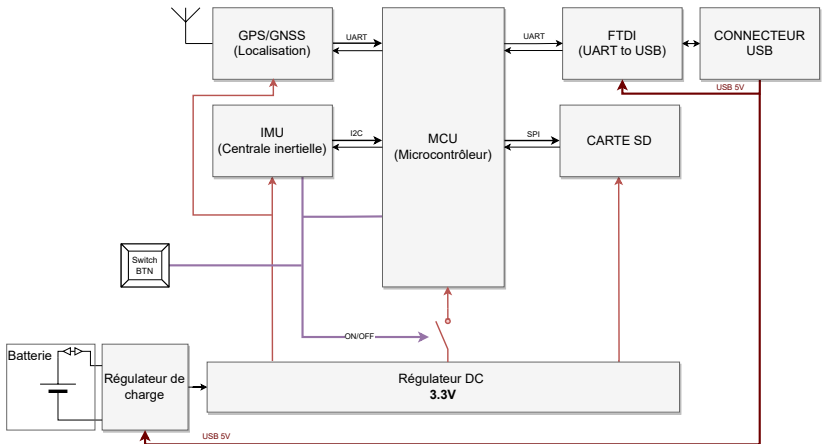
**Figure 2 :** Schéma de principe.

- Données de localisation, trajectoire.
- Accéléromètre et Gyroscope.
- Miniaturisation.
- Bonne autonomie / Low power.
- Configuration des temps de sauvegardes.
- Charge, lecture et configuration par USB-C.

## **Pré-étude**

---

# Schéma bloc



**Figure 3 : Schéma bloc.**

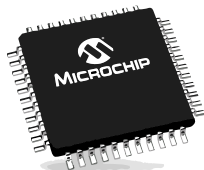
## Choix des composants clés

Microcontrôleur	:	PIC32MX274F256D
Centrale inertielle	:	BN0055
GNSS	:	CAM-M8C-0
Carte SD	:	256MB
Batterie	:	LI-ION 1600mAh
Régulateur	:	MCP73871T-2CCI/ML



# Microcontrôleur

PIC32MX274F256D

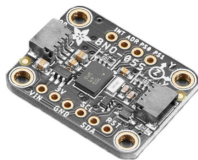


PINS : 44	Fsys : 72 MHZ
UART : 2	Cons. : 25 mA
SPI/I2C : 2	
Ext. Int. : 5	
Timers : 5	

**Figure 4 :** Caractéristiques PIC32.

Le MCU choisis dispose de différentes configurations de gestion de puissance, notamment des modes d'économie d'énergie, afin de permettre une meilleure autonomie.

# Centrale inertielle

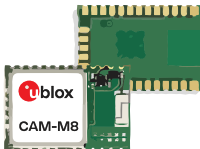


**Figure 5 :** Illustration BNO055.

## Caractéristiques importantes :

Résolution gyroscope	: 16	[bits]
Résolution accéléromètre	: 14	[bits]
Résolution magnétomètre	: $\sim 0.3$	[ $\mu T$ ]
$I_{DD}$	: 12.3	[mA]
Dérive de température	: $\pm 0.03$	[%/K]
Dérive accéléromètre	: 0.2	[%/V]
Dérive gyroscope	: $< 0.4$	[%/V]

## CAM-M8C-0



Model	Category	GNSS				Supply	Interfaces				Features					Grade		
	Standard Precision GNSS High Precision GNSS Dead Reckoning Timing	GPS / QZSS GLONASS Galileo BeiDou	Number of Concurrent GNSS		1.65 V – 3.6 V 2.7 V – 3.6 V	UART USB SPI DDC (I²C compliant)	Programmable (Flash)	Data logging Additional SAW Additional LNA RTC crystal Oscillator Built-in antenna Built-in antenna supply and supervisor Timepulse								Standard Professional Automotive		
CAM-M8Q	•	• • • •	3		•	• • • •		• • • •	T	•	1							
CAM-M8C	•	• • • •	3		•	• • • •		• • ♦ •	C	•	1							

**Figure 6 :** Caractéristiques du GNSS.

## Carte SD

$S_{SD}$	256	[MB]
$S_{gyro}$	16	[Bytes]
$S_{accel}$	16	[Bytes]
$S_{gnss}$	$\sim 100$	[Bytes]
$T_{inertiel}$	0.5	[s]
$T_{gnss}$	5	[s]
$T_{mesMin}$	900	[s]

$$S_{single} = \frac{T_{gnss}}{T_{inertiel}} S_{accel} + S_{gnss} = \frac{5}{0.5} 16 + 100 = 260 \text{ [Bytes]}$$

$$S_{mesures} = \frac{S_{single}}{T_{gnss}} * T_{mesMin} = \frac{260}{5} * 900 = 46'800 \text{ [Bytes]} = 49.8 \text{ [KB]}$$

$$T_{mesures} = \frac{S_{SD} * T_{gnss}}{S_{single}} = \frac{256 * 10^6 * 5}{260} = \sim 82'051 \text{ Minutes} = \sim 1368 \text{ H.}$$

# Batterie

## Liste des consommations principales

Microcontrôleur	24	[mA]	Typ.
Carte-SD	100	[mA]	Max.
Carte-SD	60	[mA]	Moyenne
IMU	12.3	[mA]	Typ.
GNSS	71	[mA]	Max.
GNSS	29	[mA]	Typ.
Totale max	<u>207.3</u>	[mA]	Max.
Totale moyennes	<u>125.3</u>	[mA]	Moyenne

**Table 1 :** Tableau des consommations de courant.

Temps minimum avec tolérance désiré :  $10h \Rightarrow \text{min} \sim 1300mAh$

# Synthèse pré-étude

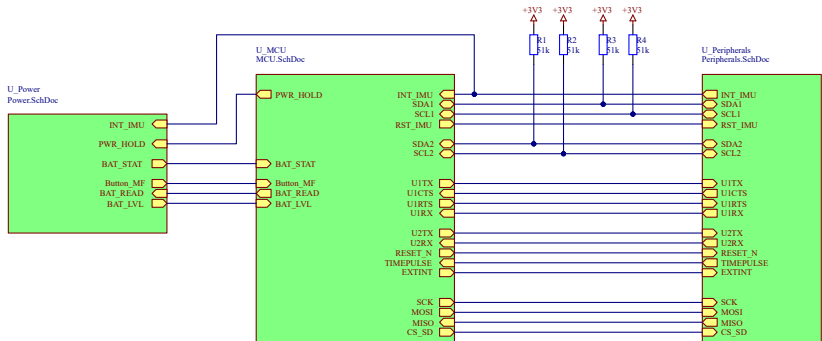
## Choix des composants et technologies :

- **Microcontrôleur** : PIC32MX274F256D privilégié, 2 UART, 1 SPI, 1 I2C, économie d'énergie.
- **Centrale inertielle** : BNO055 de BOSCH, mesures avancées, facile à implémenter.
- **GPS/GNSS** : CAM-M8C-0 d'ublox, antenne interne omnidirectionnelle, facile à implémenter.
- **Carte SD** : Capacité de 256MB, suffisante pour données de vol.
- **Batterie** : Nécessité de 1253 mAh pour autonomie minimale.

# **Développement schématique**

---

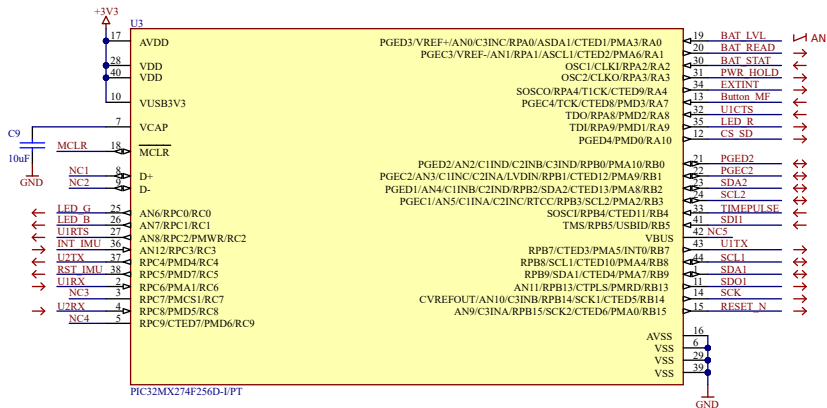
# Blocs du systèmes



**Figure 7 :** Blocs du système.

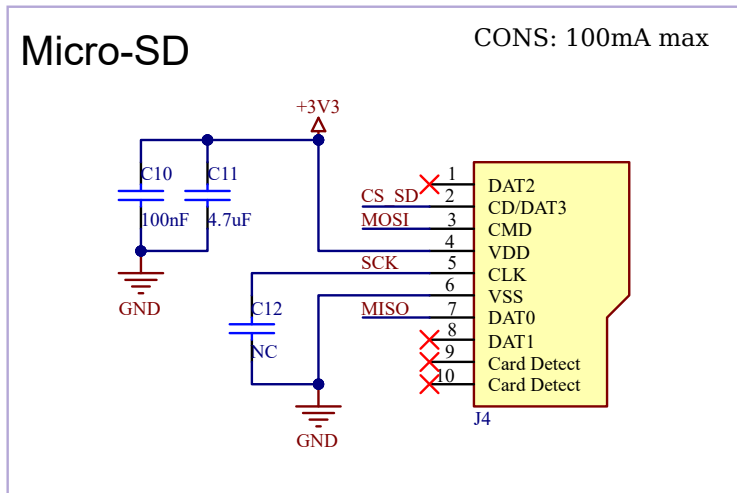


# MCU - Microcontrôleur



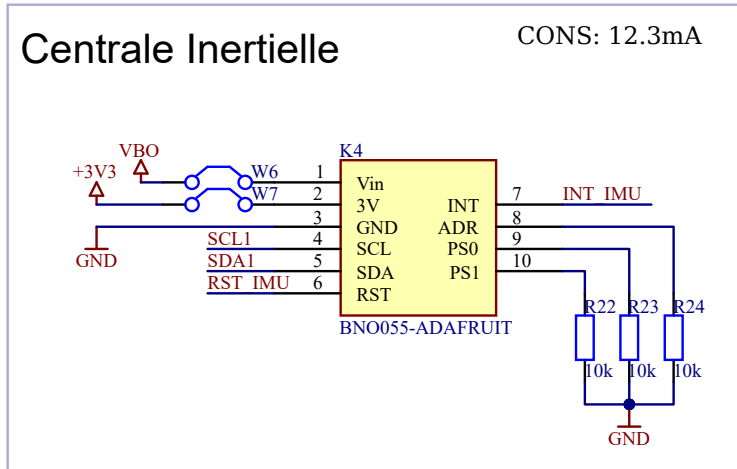
**Figure 8 : Connexions du microcontrôleur**

## Peripherals - Carte SD



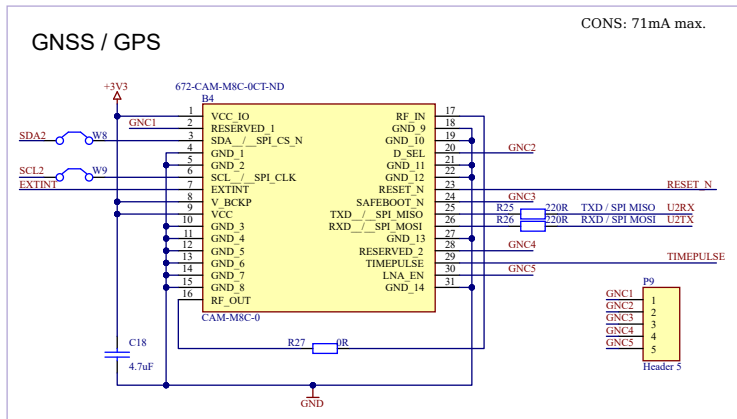
**Figure 9 :** Branchement carte SD.

# Peripherals - Centrale inertielle



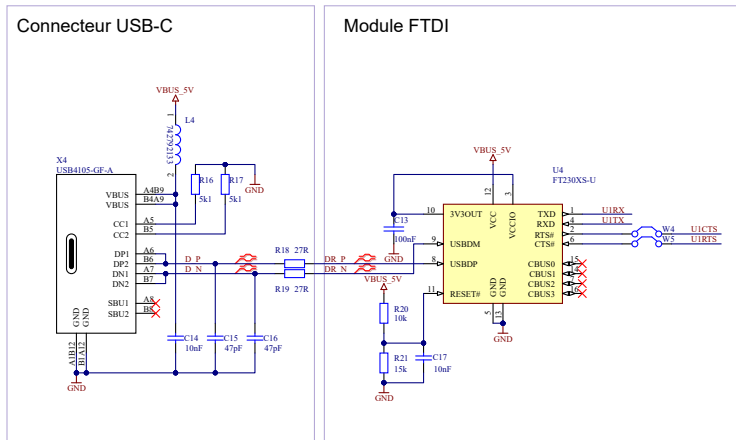
**Figure 10 :** Schéma centrale inertielle.

# Peripherals - GNSS



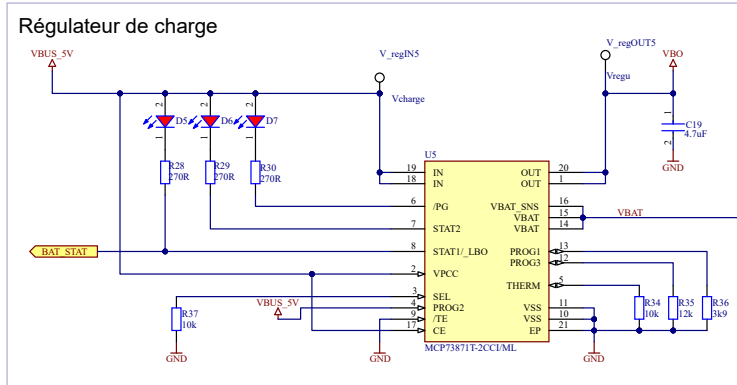
**Figure 11 : Schéma du GNSS.**

# Peripherals - USB-FTDI



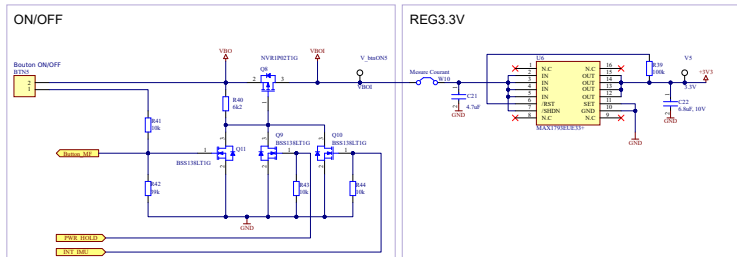
**Figure 12 : Schéma connecteur USB et FTDI.**

## Power - Chargeur de batterie



**Figure 13 : Schéma chargeur de batterie.**

# Power - Enclenchement



**Figure 14 :** Schéma allumage du système.

# **Développement du PCB**

---



# **Développement du firmware**

---

# Conclusion

---

# Conclusion

Résumons ce que nous avons appris.

**Questions?**