

---

Université de Poitiers, Année universitaire 2024–2025  
U.F.R. Sciences Fondamentales Appliquées  
Master 1 TDSI - parcours Objets Connectés

# Station Météo

Projet Module Systèmes Embarqués 2024

GROUSSARD Tristan & DJESSOU Koundeme Nobel & MORET Maxime

# Table des matières

<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>1 Cahier des charges</b>	<b>2</b>
<b>2 Caractéristiques du shield ST X-NUCLEO-IKS01A3</b>	<b>2</b>
2.1 Capteurs . . . . .	2
2.2 Connectivité et compatibilité . . . . .	2
2.3 Caractéristiques supplémentaires . . . . .	2
2.4 Configuration matérielle . . . . .	2
2.5 Alimentation . . . . .	3
<b>3 Choix des capteurs</b>	<b>3</b>
3.1 Température, humidité et pression atmosphérique . . . . .	3
3.2 Capteurs de vitesse et direction du vent . . . . .	3
3.3 Capteur de pluie . . . . .	4
<b>Conclusion</b>	<b>5</b>

## Table des figures

## Introduction

Le réchauffement climatique est un des défis majeurs auquel l'humanité aura à faire face dans les prochaines années. L'influence de l'activité humaine, longtemps contestée, ne fait plus aucun doute. D'après un récent rapport de l'Organisation Météorologique Mondiale, 2019 est la 5<sup>ème</sup> année la plus chaude depuis le début des relevés météorologiques en 1850. La température moyenne en 2018 est de 1°C supérieure à celle relevée à l'ère préindustrielle.

Selon les travaux des scientifiques du GIEC, si l'humanité veut continuer à vivre sur la planète sans subir des changements climatiques catastrophiques mettant en cause sa survie et celle de tous les êtres vivants, cette température moyenne ne devra pas excéder 1.5°C d'ici à la fin de ce siècle.

Dans ce contexte, il est intéressant de pouvoir disposer d'un équipement permettant de relever les différentes grandeurs météorologiques du lieu où l'on se trouve.

L'objectif de ce projet, utilisant un système embarqué, est donc de concevoir et de réaliser une station météorologique.

## 1 Cahier des charges

L'objectif de ce projet est de réaliser une station météorologique utilisant une carte STM32F746G Discovery. Cette station doit être capable de mesurer :

- La température
- La pression atmosphérique
- L'humidité
- La luminosité
- La direction et la vitesse du vent
- La quantité d'eau tombée en une journée (pluviométrie)

Ces mesures seront affichées et stockées directement sur la station (en utilisant le LCD et le lecteur de carte SD de la carte Discovery) et pourront également être transmises par radio vers un dispositif distant (smartphone, Raspberry Pi, etc.).

## 2 Caractéristiques du shield ST X-NUCLEO-IKS01A3

### 2.1 Capteurs

- **LSM6DSO** : Accéléromètre 3D ( $\pm 2/ \pm 4/ \pm 8/ \pm 16g$ ) et gyroscope 3D ( $\pm 125/ \pm 250/ \pm 500/ \pm 1000/ \pm 2000$  dps)
- **LIS2MDL** : Magnétomètre 3D ( $\pm 50$  gauss)
- **LIS2DW12** : Accéléromètre 3D ( $\pm 2/ \pm 4/ \pm 8/ \pm 16g$ )
- **LPS22HH** : Capteur de pression (baromètre à sortie numérique absolue de 260-1260 hPa)
- **HTS221** : Capteur d'humidité relative et de température
- **STTS751** : Capteur de température (plage de  $-40C$  à  $+125C$ )

### 2.2 Connectivité et compatibilité

- Compatible avec la disposition du connecteur Arduino UNO R3
- S'interface avec les microcontrôleurs STM32 via la broche I2C (possibilité de modifier le port I2C par défaut)
- Compatible avec les cartes Nucleo STM32

### 2.3 Caractéristiques supplémentaires

- Embase DIL 24 broches disponible pour adaptateurs MEMS supplémentaires et autres capteurs
- Fonctionnalités de hub pour capteurs I2C avec LSM6DSO
- Bibliothèque de firmware de développement complète et gratuite, avec exemples pour tous les capteurs, compatible avec le micrologiciel STM32Cube

### 2.4 Configuration matérielle

La carte peut être configurée en deux modes :

1. **Mode standard** : Tous les dispositifs sur le même bus I2C
2. **Mode SensorHub** : LSM6DSO et LIS2DW12 sur I2C2, autres dispositifs connectés au maître LSM6DSO via I2C1

## 2.5 Alimentation

- Chaque dispositif dispose d'une alimentation séparée pour la mesure individuelle de la consommation d'énergie
- Un LDO génère 1,8V pour la plupart des capteurs MEMS
- Un LDO séparé génère 2,5V pour le STTS751

## 3 Choix des capteurs

### 3.1 Température, humidité et pression atmosphérique

La récupération des données des capteurs sur la carte d'extension **X-NUCLEO-IKS01A3** se fait principalement via le bus **I2C** (Inter-Integrated Circuit).

#### Configurations possibles

La carte peut être configurée de deux manières différentes pour la communication I2C :

- **Mode standard** : Tous les capteurs sont connectés sur un seul bus I2C.
- **Mode SensorHub** :
  - **LSM6DSO** et **LIS2DW12** sont connectés au bus **I2C2**.
  - Les autres capteurs (**LIS2MDL**, **LPS22HH**, **HTS221**, **STTS751**) sont connectés au **LSM6DSO** via le bus **I2C1**.

Le choix du mode se fait par la configuration des cavaliers **JP7** et **JP8** sur la carte.

#### Particularités

- La carte s'interface avec les microcontrôleurs **STM32** via la broche **I2C1**.
- Il est possible de modifier le port I2C par défaut si nécessaire.
- Le **LSM6DSO** peut fonctionner comme un hub I2C pour les autres capteurs.

Cette flexibilité dans la configuration du bus I2C permet d'adapter la carte à différents besoins et scénarios d'utilisation.

### 3.2 Capteurs de vitesse et direction du vent

Le capteur de vitesse du vent, ou **anémomètre**, est de type à coupelles. Il mesure la vitesse du vent en fermant un contact lorsqu'un aimant passe devant un interrupteur.

- Une vitesse de vent de **2,4 km/h** provoque la fermeture de l'interrupteur une fois par seconde.
- L'interrupteur de l'anémomètre est connecté aux deux conducteurs intérieurs du câble **RJ11** partagé par l'anémomètre et la girouette (broches 2 et 3).

Le capteur de direction du vent, ou **girouette**, est le plus complexe des trois capteurs.

- Il possède huit interrupteurs, chacun connecté à une résistance différente.
- L'aimant de la girouette peut fermer deux interrupteurs à la fois, ce qui permet d'indiquer jusqu'à **16 positions différentes**.
- Une résistance externe peut être utilisée pour former un diviseur de tension, produisant une tension de sortie mesurable avec un convertisseur analogique-numérique.

Les valeurs de résistance pour toutes les 16 positions possibles sont données dans le tableau du document source. Les valeurs de résistance pour les positions intermédiaires

sont le résultat de deux résistances adjacentes connectées en parallèle lorsque l'aimant de la girouette active deux interrupteurs simultanément.

### 3.3 Capteur de pluie

Le capteur de pluie utilise le principe du « **tipping bucket** », aussi appelé **auget basculeur**. Ce type de pluviomètre est constitué de deux petits récipients montés sur un axe horizontal. Lorsqu'un récipient est rempli par l'eau de pluie, il bascule sous son poids, vidant son contenu et permettant à l'autre récipient de se remplir. Chaque basculement ferme un contact électrique qui peut être enregistré par un compteur numérique ou une interruption de microcontrôleur.

#### Récupération des données de pluviométrie avec le STM32

Pour récupérer l'information de pluviométrie avec le **STM32**, il faut :

- Connecter l'interrupteur du pluviomètre aux deux conducteurs centraux d'un câble **RJ11**.
- Configurer une broche du **STM32** en entrée d'interruption pour détecter la fermeture du contact.
- Compter le nombre d'interruptions pour déterminer la quantité de pluie tombée.

Chaque basculement correspond à une quantité de pluie précise. Dans ce cas, chaque basculement de l'auget représente **0,2794 mm** de pluie.

## Conclusion

Ce projet a été d'une grande richesse en termes d'apprentissage. Il nous a permis de mettre en pratique les connaissances acquises en cours de systèmes embarqués. Nous avons pu découvrir les différentes étapes de la conception d'un système embarqué, de la spécification des besoins à la réalisation du système en passant par la conception et la programmation.