

# LIVRABLE 1



Mathilde DUVIVIER

Omaïma BELGACEM

Benjamin COUSIN

Robin PETREQUIN

## Table des matières

Présentation de notre startup Nautimétéo Systems:	3
Contexte :	3
Notions importantes :	4
Ressources/Données :	4
Analyse du système :	7
Présentation des différentes fonctionnalités de la station météo sous forme de diagrammes	10
1.Diagramme de cas d'utilisation.....	10
2. Diagramme de séquence (Sequence Diagram) .....	11
3.Diagramme d'activité (Activity Diagram), .....	12
4.Diagramme de composants (Component Diagram) .....	13
Nos différents diagrammes :	14
Conclusion .....	19

## **Présentation de notre startup Nautimétéo Systems:**

Nautimétéo Systems est une startup innovante spécialisée dans l'ingénierie maritime et les technologies connectées.

L'Agence Internationale pour la Vigilance Météorologique (AIVM) a fait appel à elle pour mettre au point un modèle de station météorologique embarquée, facile à utiliser et adaptée aux conditions extrêmes en mer.

Ces stations seront capables de collecter et de transmettre en temps réel des informations essentielles (pression, température, vent, état de la mer) pour améliorer la prévision des phénomènes climatiques dangereux et contribuer à un réseau mondial de surveillance collaboratif.

L'équipe réunit des compétences complémentaires :

- ❖ Omaïma Belgacem – Ingénierie systèmes
- ❖ Mathilde Duvivier – Communication et partenariats
- ❖ Benjamin Cousin – Développement IoT & analyse de données
- ❖ Robin Petrequin – Gestion de projet et coordination technique

Par son expertise, Nautimétéo Systems s'inscrit comme un acteur clé de la vigilance météorologique et de la sécurité maritime internationale.

## **Contexte :**

L'Agence Internationale pour la Vigilance Météorologique (AIVM) se lance dans un projet ambitieux : déployer dans les océans des navires de surveillance équipés de stations météo embarquées chargées de mesurer les paramètres influant sur la formation de cyclones ou autres catastrophes naturelles.

Un grand nombre de sociétés utilisant des transports navals ont accepté d'équiper leurs bateaux avec ces stations embarquées. En revanche, ces

dernières devront être simples et efficaces et pilotables par un des membres de l'équipage (une documentation technique utilisateur sera mise à disposition).

L'un des dirigeants de l'agence a proposé une startup dans laquelle travaille son fils ingénieur pour la création du prototype.

## **Notions importantes :**

- Les automates et la modélisation (SysML)
- Les architectures informatiques notamment à base de microcontrôleurs
- La compilation (Théorie du langage)
- La structure d'un programme (Variables, fonctions)
- L'optimisation des ressources (Complexité)
- La gestion des Entrées/Sorties (Capteurs, Interruptions, Protocoles)
- La prise en main d'un système Linux

## **Ressources/Données :**

### **Matériel**

Le matériel défini pour valider une première version du système est le suivant :

- Microcontrôleur: AVR ATmega328 qui est intégré à la carte Arduino qui servira à concevoir le prototype.
- Composants :

Lecteur de carte SD (SPI) qui permettra la sauvegarde des données des capteurs

Horloge RTC (I2C) qui permettra au système de connaître la date et l'heure du jour.

LED RGB (2-wire) qui permettra de communiquer l'état du système

2 boutons poussoirs (numériques) qui permettront l'interaction avec le système

- Capteurs :

Pression atmosphérique (I2C ou SPI)

Température de l'air (I2C ou SPI)

Hygrométrie (I2C ou SPI)

GPS (UART)

Luminosité (analogique)

- Modules complémentaires tiers qui seront intégrés au projet par la suite :

Température de l'eau (analogique)

Force du courant marin (I2C)

Force du vent (I2C)

Taux de particules fines (2-wire)

### **Types de modes de fonctionnement :**

Le système dispose de 4 modes de fonctionnement préprogrammés accessibles grâce à une interaction avec les boutons poussoirs :

- Mode “standard” : Le système est démarré normalement (sans bouton pressé) pour faire l'acquisition des données.
- Mode “configuration” : Le système est démarré avec le bouton rouge pressé. Il permet de configurer les paramètres du système, l'acquisition des capteurs est désactivée et le système bascule en mode standard au bout de 30 minutes sans activité.
- Mode “maintenance” : Accessible depuis le mode standard ou économique, il permet d'avoir accès aux données des capteurs directement depuis une interface série et permet de changer en toute sécurité la carte SD sans risque de corrompre les données. On y accède en appuyant pendant 5 secondes sur le bouton rouge. En appuyant sur le bouton rouge pendant 5 secondes, le système rebascule dans le mode précédent.

- Mode “économique” : Accessible uniquement depuis le mode standard, il permet d'économiser de la batterie en désactivant certains capteurs et traitements. On y accède en appuyant pendant 5 secondes sur le bouton vert. En appuyant 5 secondes sur le bouton rouge, le système rebascule en mode standard.

Un code est défini avec la LED pour identifier l'état du système :

Couleur et fréquence du signal lumineux	Etat du système
LED verte continue	Mode standard
LED jaune continue	Mode configuration
LED bleue continue	Mode économique
LED orange continue	Mode maintenance
LED intermittente rouge et bleue (fréquence 1Hz, durée identique pour les 2 couleurs)	Erreur d'accès à l'horloge RTC

LED intermittente rouge et jaune (fréquence 1Hz, durée identique pour les 2 couleurs)	Erreur d'accès aux données du GPS
LED intermittente rouge et verte (fréquence 1Hz, durée identique pour les 2 couleurs)	Erreur accès aux données d'un capteur
LED intermittente rouge et verte (fréquence 1Hz, durée 2 fois plus longue pour le vert)	Données reçues d'un capteur incohérentes - vérification matérielle requise
LED intermittente rouge et blanche (fréquence 1Hz, durée identique pour les 2 couleurs)	Carte SD pleine
LED intermittente rouge et blanche (fréquence 1Hz, durée 2 fois plus longue pour le blanc)	Erreur d'accès ou d'écriture sur la carte SD

## **Analyse du système :**

La conception du système répond à des impératifs techniques et opérationnels précis. Le cahier des charges impose le développement d'une solution fiable, mobilisant le moins possible le personnel navigant, et garantissant la qualité métrologique des mesures. S'ajoute le contexte particulier du développement, confié à une startup liée à l'institution mandataire, dont la validation du prototype apparaît une nécessité absolue.

La plateforme repose sur une unité centrale de traitement fondée sur un microcontrôleur ; cet équipement matériel a été retenu en raison de son adéquation avec les contraintes d'un environnement embarqué ; il assure la coordination de l'ensemble des sous-systèmes périphériques .

Un microcontrôleur (MCU) est un petit ordinateur intégré dans une seule puce. Il contient tout ce qu'il faut pour exécuter un programme et contrôler des appareils sans avoir besoin d'un ordinateur externe. La différence avec un microprocesseur avec mémoire externe, périphériques externe etc... est que dans le microcontrôleure tout est intégré en une seule pièce, conçu pour controller un système embarqué (beaucoup utilisé en électroménager, voiture, objects connectés, Arduino...).

Les données concernant l'environnement sont acquises grâce à une panoplie de capteurs dédiés aux paramètres atmosphériques principaux.

Un capteur de pression barométrique fournit les mesures nécessaires à l'analyse des systèmes dépressionnaires, tandis qu'un ensemble thermo-hygrométrique caractérise la masse d'air en termes de température et d'humidité relative.

La localisation spatio-temporelle est fournie par un module GPS qui donne en même temps les coordonnées géographiques et une référence temporelle de précision.

La durabilité des données est assurée par un sous-système de stockage indépendant utilisant un support amovible de type carte SD. Cette architecture permet de constituer une base de données redondante, insensible aux ruptures de transmission. L'horodatage des enregistrements est pris en charge par une horloge temps réel maintenue à jour par le signal GPS, de sorte qu'une référence temporelle cohérente soit conservée malgré une interruption temporaire de la géolocalisation.

L'efficacité du système repose sur une gestion optimisée des différents bus de communication.

Le bus I2C est employé pour la connexion des périphériques nécessitant un échange de données modéré, incluant la RTC et les capteurs environnementaux. Ce choix architectural permet une réduction significative de la complexité du câblage tout en maintenant une flexibilité d'extension.

Le bus SPI, caractérisé par son débit élevé, est réservé au module de stockage sur carte SD. Cette affectation spécifique garantit la fluidité des opérations d'écriture qui représentent une fonction critique pour l'intégrité des données acquises. La communication avec le récepteur GPS utilise une liaison UART asynchrone, interface naturellement adaptée à la réception des trames NMEA continues.

L'interface opérateur a été conçue selon le principe de minimalisme fonctionnel. Une unique LED RGB code l'état du système selon une séquence chromatique prédéfinie, tandis que deux boutons poussoirs permettent les interactions élémentaires. Cette sobriété ergonomique répond à l'exigence d'opérabilité par un personnel non spécialisé.

Le système intègre dès sa conception la capacité d'accueillir des modules complémentaires actuellement en développement. Les capteurs de température aquatique et de luminosité pourront être intégrés via les entrées analogiques

réservées à cet effet. Les futures mesures hydrologiques et anémométriques utiliseront les bus I2C déjà mis en œuvre, tandis que le capteur de particules en suspension pourra être connecté via une interface numérique dédiée.

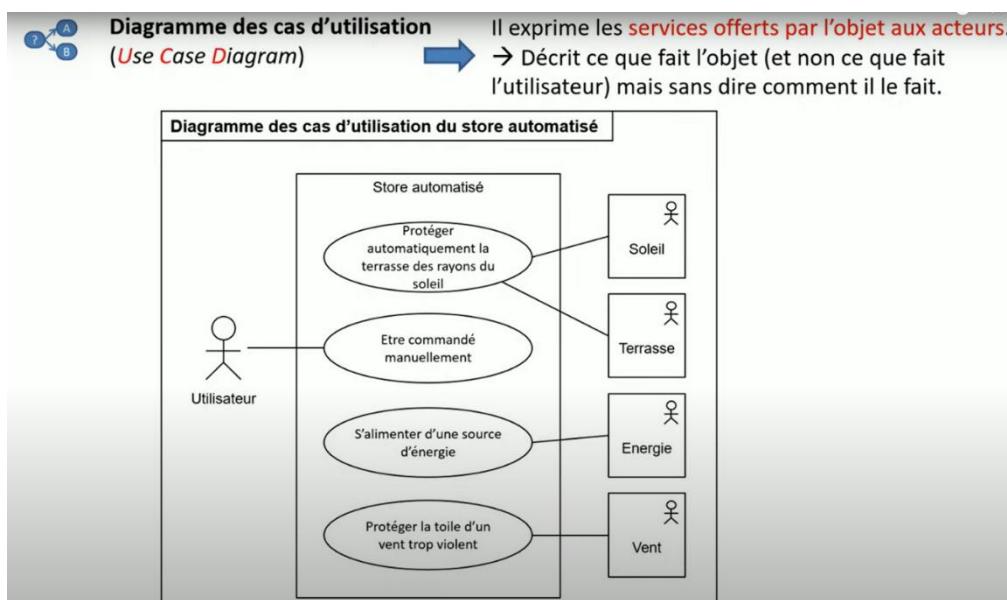
Le manuel utilisateur devra permettre à un opérateur non technicien d'effectuer les vérifications de routine, de procéder aux remplacements de consommables et d'identifier les états dégradés du système.

La situation de conflit d'intérêts potentiel dans le processus de développement impose la mise en place d'un protocole de validation indépendant particulièrement rigoureux. La procédure de recette technique devra inclure des tests en conditions opérationnelles simulées, une vérification métrologique complète et une audibilité parfaite des choix de conception.

# Présentation des différentes fonctionnalités de la station météo sous forme de diagrammes

## *1. Diagramme de cas d'utilisation*

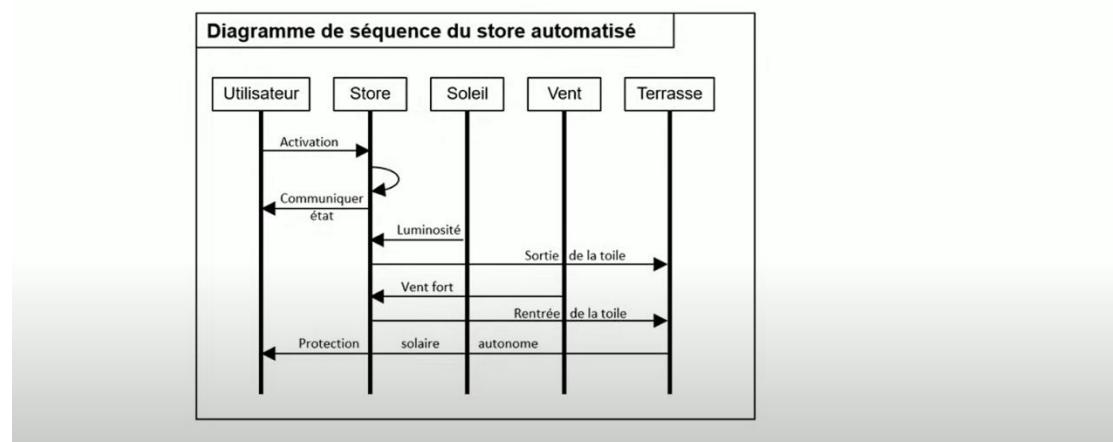
Le diagramme d'utilisation, également appelé diagramme de cas d'utilisation, est un outil de modélisation qui permet de visualiser les interactions entre un système et ses utilisateurs externes, systèmes tiers ou appareils matériels. Il met en évidence les principales fonctionnalités du système à travers des scénarios d'utilisation et les différents rôles des acteurs impliqués. L'objectif de ce diagramme est de fournir une vue fonctionnelle et externe du système en mettant en avant ses actions et ses utilisateurs, sans rentrer dans les détails techniques de son fonctionnement interne.



Source : vidéo Youtube

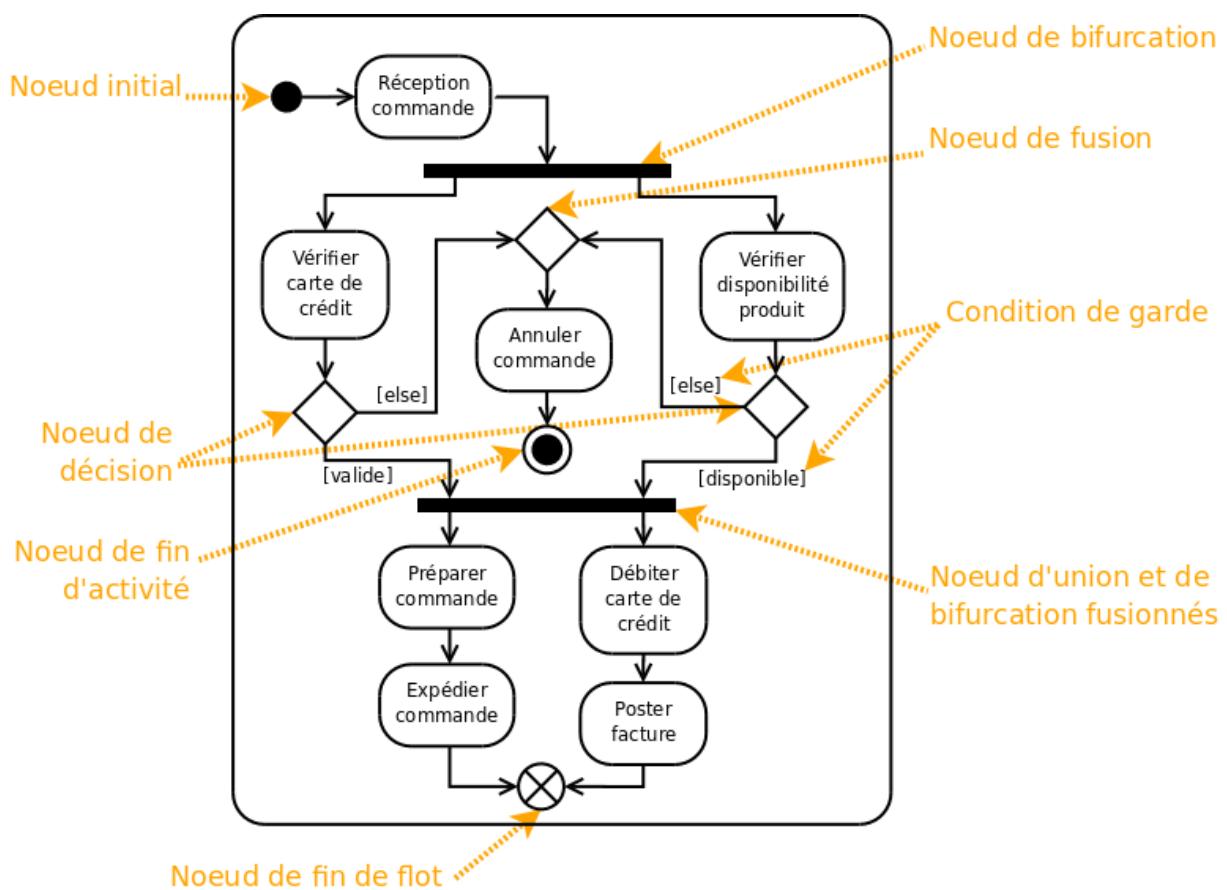
## 2. Diagramme de séquence (Sequence Diagram)

Le diagramme de séquence est un outil qui permet de représenter de façon visuelle les interactions entre plusieurs objets ou composants d'un système au fil du temps. Il se compose d'un axe vertical représentant le temps et d'un axe horizontal montrant les entités impliquées. Les interactions sont symbolisées par des flèches qui indiquent les messages échangés. Ce type de diagramme est utile pour observer le déroulement d'un scénario et détailler l'ordre des actions et des échanges. Il est largement utilisé pour analyser et concevoir la logique d'exécution des processus.



### 3. Diagramme d'activité (Activity Diagram),

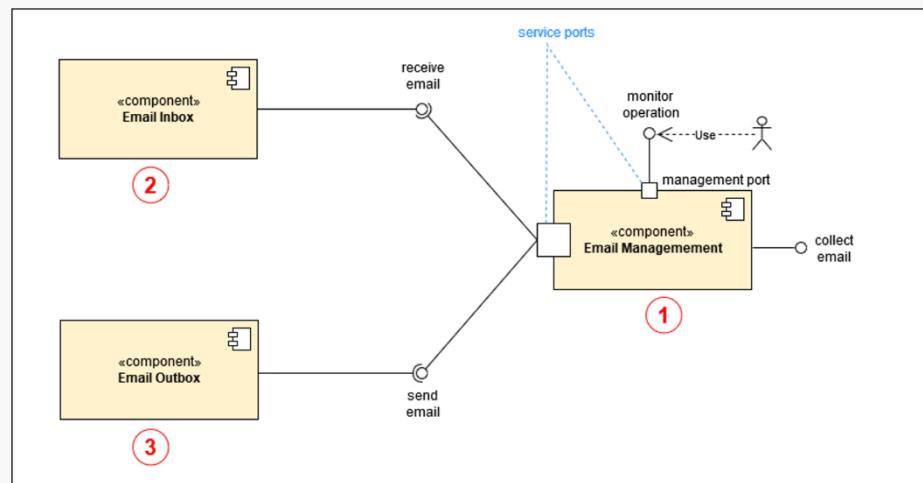
Le diagramme d'activité décrit le déroulement des activités au sein d'un processus, permettant de modéliser les enchaînements d'actions, les choix conditionnels, les traitements parallèles et les points de synchronisation. Proche des organigrammes mais avec une expressivité enrichie par UML, ce type de diagramme est utile pour comprendre et optimiser les processus métiers ou informatiques en mettant en évidence les dépendances et les alternatives d'exécution.



#### 4. Diagramme de composants (Component Diagram)

Le diagramme de composants est un outil visuel qui permet de représenter l'organisation statique d'un système en modules logiciels. Chaque composant correspond à une partie autonome et réutilisable du système, comme une bibliothèque, un service ou un module applicatif. Ce diagramme met en lumière les relations de dépendance et d'interconnexion entre les différents composants et leurs interfaces. Son but est de fournir une vision architecturale du système pour faciliter la compréhension de sa structure logicielle, de sa modularité et de son déploiement potentiel.

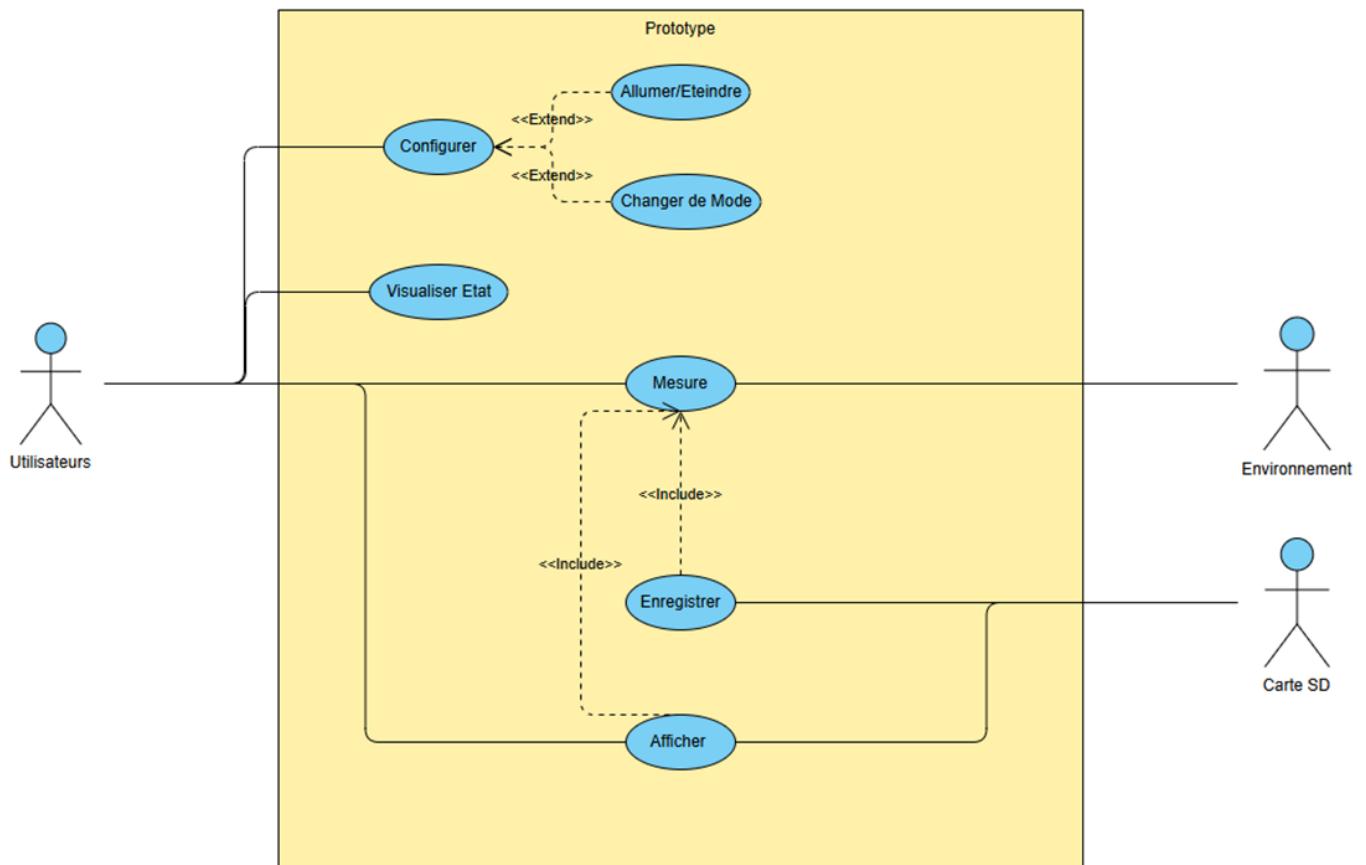
Exemple: Diagramme de composants pour un logiciel de messagerie



IONOS

## Nos différents diagrammes :

### Diagramme de cas d'utilisation



### Include mesure

Tout d'abord, l'utilisateur prend la position centrale dans la mesure où il active la majorité des cas d'utilisation. Il a la possibilité de mettre en configuration le prototype par ajustage de ses paramètres. Cette action de configuration peut être effectuée accompagnée de deux extensions :

allumer/éteindre l'équipement ou changement de mode de fonctionnement.

La modalité d'utilisation de la relation *extend* signifie ici que celles-ci sont optionnelles et le contexte d'utilisation en dépend.

Ensuite, l'utilisateur peut visualiser l'état du prototype.

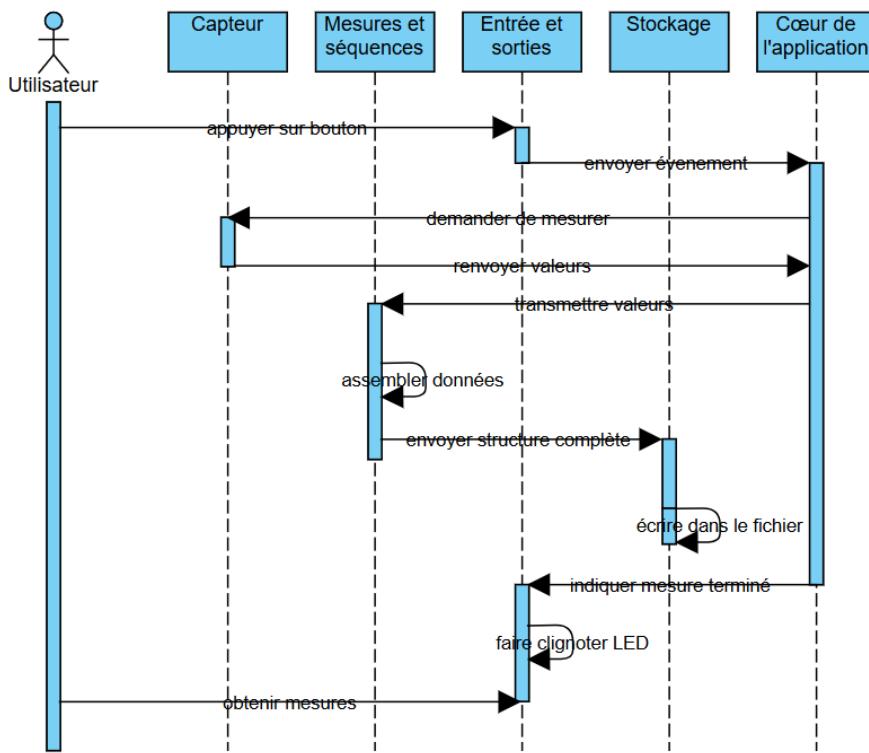
Ce cas d'utilisation s'appuie directement sur l'opération de mesure (relation *include*), ce qui signifie que l'accès à l'état du système est conditionné par la réalisation préalable de mesures. Ainsi, la visualisation repose toujours sur des données réelles issues de l'environnement.

Le cœur du système réside dans le cas d'utilisation *mesure*, qui traduit la capacité du prototype à capter des informations fournies par l'environnement. Ce processus est incontournable pour l'exploitation du dispositif.

La mesure inclut obligatoirement deux opérations complémentaires : enregistrer et afficher. L'enregistrement assure la sauvegarde des données sur la carte SD, garantissant leur persistance et leur exploitation ultérieure. L'affichage, quant à lui, permet de rendre les résultats accessibles à l'utilisateur en temps réel.

En résumé, les inclusions (*include*) mettent en évidence les dépendances nécessaires entre les cas d'utilisation, alors que les extensions (*extend*) traduisent la flexibilité et l'adaptabilité du système à la demande particulière de l'utilisateur.

### Diagramme de séquence :

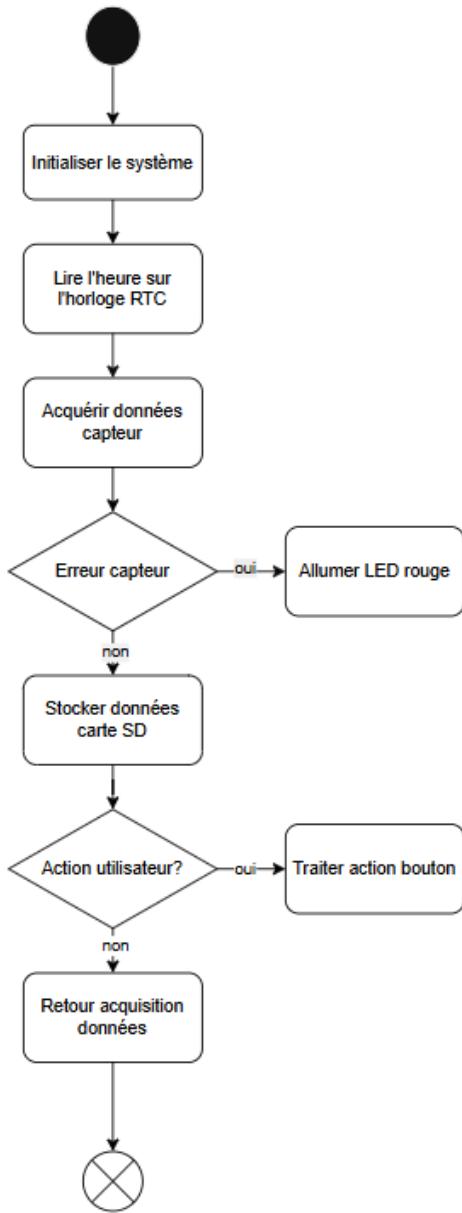


Le diagramme de séquence montre le déroulement temporel des interactions entre l'utilisateur et les différents modules de ce système. Il met en lumière la dynamique de ces échanges nécessaires à l'exécution d'une mesure, depuis l'activation initiale jusqu'à la présentation des résultats. Premièrement, l'utilisateur initie le processus par une action volontaire consistant en l'appui du bouton. Cette interactivité est transmise au module Entrée et sorties, qui crée un événement et le transfert au cœur de l'application, qui réalise la coordination générale du système.

Ensuite, le cœur de l'application procède avec une demande de mesure adressée au capteur qui acquiert les données. Les valeurs mesurées sont retournées au cœur de l'application, puis relayées vers le module Mesures et séquences, où le traitement et le montage s'opèrent afin de structurer les données sous forme exploitable.

À la suite de ce processus, ces données complètes sont transférées au module Stockage chargé d'assurer la persistance des données en enregistrant dans un fichier. Ce module confirme la fin de l'opération.

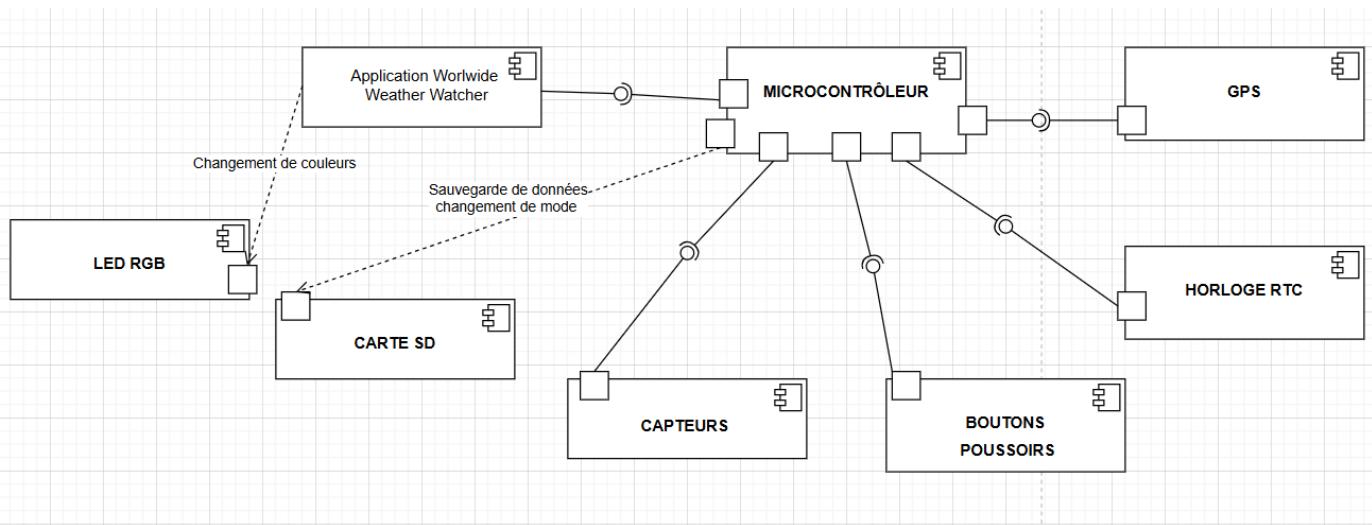
Diagramme d'activité :



Le processus commence par l'initialisation du système, étape indispensable pour mettre en place tous les modules matériel et logiciel nécessaires au bon fonctionnement (microcontrôleur, périphériques, mémoire, etc.). Il procède

après à la lecture de l'heure provenant de la RTC. Cela permet d'horodater les données acquises pour assurer une traçabilité dans le temps. L'acquisition des données de capteurs est orchestrée par le système. Une telle mesure est soumise ensuite à une vérification : en cas de détection d'une erreur capteur, une simple action corrective du système s'enclenche, à savoir l'allumage d'une LED rouge comme signal visuel d'alerte. Sinon, les données sont considérées comme valides. Les données valides sont ensuite stockées sur une carte SD pour les conserver en vue d'une analyse ultérieure. Une étape suivante consiste à vérifier s'il existe une action utilisateur (par exemple, un clic de bouton). Cas échéant, le système traite cette action via le bloc « Traiter action bouton »; dans le cas contraire, la boucle du processus continue.

#### Diagramme de composant :



Ce diagramme représente un système qui tourne autour du microcontrôleur, agissant comme une unité de contrôle. Les capteurs envoient les données mesurées au microcontrôleur, tandis que le GPS fournit la localisation et l'horloge RTC donne l'heure exacte. Ces informations sont ensuite traitées et enregistrées sur la carte SD, garantissant un enregistrement fiable et daté. L'utilisateur peut interagir en utilisant les boutons-poussoirs pour changer de mode, et une application externe communique avec le système pour gérer la configuration et consulter les données. La LED RGB, contrôlée par le

microcontrôleur, change de couleur pour donner un retour visuel immédiat sur l'état du système ou les conditions mesurées. Ainsi, cet ensemble met en place une chaîne intégrée : collecte de données, synchronisation, géolocalisation, stockage, interaction et retour visuel.

## **Conclusion :**

Le prototype de station météorologique embarquée conçu pour l'AIVM est une solution technologique adaptée aux besoins de l'observation météorologique en milieu océanique. Son architecture repose sur une gestion optimale des ressources et des protocoles de communication, ce qui lui confère à la fois une grande robustesse opérationnelle et une capacité d'évolution. Toutefois, l'apport scientifique final du système dépendra de la rigueur de sa validation météorologique et de la qualité de sa mise en place à grande échelle. La réussite de ce projet pourrait marquer une avancée significative dans le développement de réseaux d'observation météorologique à l'échelle mondiale.