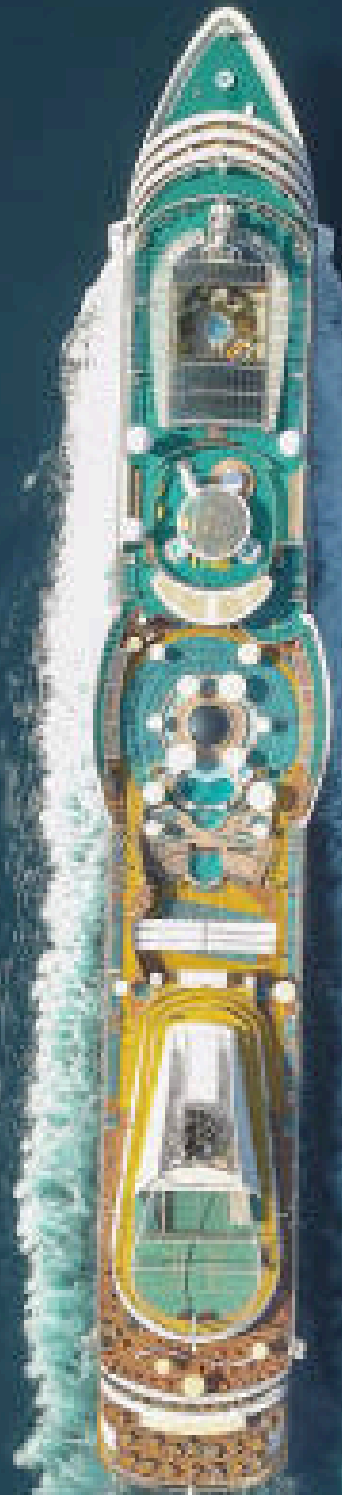


R30.1 : METTRE EN ŒUVRE UN SYSTÈME DE TRANSMISSION

Interception et exploitation des
signaux AIS



Cahier des charges par :

THIRION Geoffrey

DE CASTRO Kier

Encadré par :

Monsieur Bourdon : chargé de TP

Monsieur Labiod : chargé de TP

Monsieur Lafont : chargé de TP

Établissement : IUT de Créteil-Vitry, département Réseaux &
Télécommunications,

122 rue Paul Armangot, 94400 Vitry-sur-Seine.

Sommaire

Chap1: Introduction.....	7
Chap2 : Présentation du Cahier des Charges.....	7
Chap3 : Outils et Matériel.....	8
Chap4 : Système de Transmission.....	9
Chap5 : Partie Expérimentale et Résultats.....	11
Chap6 : Conclusion et Retour d'Expérience.....	16

Glossaire

- **AIS (Automatic Identification System)** : Système d'identification automatique utilisé pour le suivi des navires.
- **GNU Radio** : Plateforme de traitement du signal open-source permettant la conception et la simulation de systèmes de télécommunications.
- **Ubuntu** : Système d'exploitation créée par linux utilisé pour mettre en place Gnu radio
- **Adalm Pluto SDR** : Récepteur SDR (Software Defined Radio) utilisé pour capter les signaux AIS en temps réel.
- **NMEA** : Format standardisé pour les messages AIS permettant leur interprétation par les systèmes de navigation maritime.
- **SDR (Software Defined Radio)** : Technologie permettant de concevoir des récepteurs et émetteurs radios flexibles à l'aide de logiciels.

Liste des Tables

Table 1 : trame 1 décodé à l'aide du site Maritec solutions

Table 2 : trame 2 décodé à l'aide du site Maritec solutions

Table 3 : trame 2 état de la communication

Liste des Figures

Figure 1 : Flowgraph finale utilisé pour intercepter les signaux AIS

Figure 2 : Premier Flowgraph utilisé pour intercepter les signaux AIS

Figure 3 : Résultat du programme python pour décoder les signaux AIS.

Figure 4 : Flowgraph finale utilisé pour intercepter les signaux AIS

Cahier des Charges

Ce cahier des charges présente la mise en place d'un système permettant de pouvoir localiser et récupérer les données des bateaux dans le même style que MarineTraffic, destiné à intercepter et afficher les communications des bateaux sur une carte interactive. Le projet est réalisé par THIRION Geoffrey et De Castro Kier étudiants de l'IUT de Créteil-Vitry dans le cadre de leur formation en Réseaux & Télécommunications.

Objectif et Portée

L'objectif principal est d'intercepter les signaux AIS (Automatic Identification System) des bateaux naviguant sur la Seine pour collecter leurs données essentielles (position, vitesse, type de navire, etc.). Ces informations seront ensuite affichées sur une interface utilisateur intuitive.

Parties Prenantes

Les acteurs potentiellement intéressés par ce système incluent :

- **Les garde-côtes français**, pour la surveillance du trafic maritime.
- **Les entreprises de logistique (Amazon, Ikea, etc.)**, pour suivre leurs cargaisons.
- **Les constructeurs de yachts et bateaux de croisière**, qui nécessitent des systèmes de navigation conformes aux normes internationales (SOLAS).
-

Exigences Techniques et Fonctionnelles

Le projet repose sur l'utilisation d'une carte SDR (Software-Defined Radio) ADALM-Pluto pour capter les signaux AIS et VHF. Une application web affichera les données en temps réel sur une carte interactive.

Les critères de performance incluent :

- Un traitement des données en moins de **5 secondes**.
- Une précision de **±10 mètres**.
- La capacité à gérer **500 bateaux simultanément**.

Contraintes et Réglementations

Le projet est soumis à plusieurs contraintes, à la fois techniques, économiques et réglementaires.

Contraintes budgétaires et techniques

Le budget alloué de **100 euros** impose une sélection rigoureuse des composants matériels et logiciels afin de maximiser la performance tout en minimisant les coûts. L'utilisation de matériel abordable, tel que le **PlutoSDR**, permet de capter les signaux AIS sans recourir à des équipements professionnels coûteux. Cependant, cette contrainte budgétaire limite aussi la portée et la qualité de réception, nécessitant une optimisation du traitement du signal et un bon positionnement de l'antenne.

Réglementation sur l'utilisation des données maritimes

L'exploitation des données AIS est soumise à des réglementations strictes, notamment en matière de protection des données et d'utilisation des fréquences radio.

- **RGPD (Règlement Général sur la Protection des Données)** : Bien que les données AIS soient en grande partie publiques, leur traitement doit respecter les principes de protection des informations personnelles, notamment lorsqu'elles sont croisées avec d'autres bases de données.
- **ARCEP (Autorité de Régulation des Communications Électroniques et des Postes)** : L'émission sur certaines bandes de fréquences est réglementée. Notre projet ne fait que capter et traiter les signaux AIS en réception passive, ce qui le rend conforme aux règles en vigueur.
- **Convention SOLAS (Safety of Life at Sea)** : Cette convention de l'OMI (Organisation Maritime Internationale) impose aux navires de plus de **300 tonnes** de disposer d'un transpondeur AIS pour assurer la sécurité maritime. L'exploitation des signaux émis doit être réalisée en respectant l'objectif de la convention, à savoir l'amélioration de la sécurité et non une utilisation détournée des données.

Tests et Validation

Afin d'assurer la fiabilité et la conformité du système, plusieurs phases de tests sont mises en place.

Tests de réception et de décodage

- Vérification de la **sensibilité** du récepteur SDR (PlutoSDR) à différentes distances et conditions météorologiques.
- Test des performances du **décodage GMSK** pour s'assurer que le taux d'erreur reste minimal et que la synchronisation avec les préambules de trame est efficace.
- Comparaison des données reçues avec celles issues de services en ligne (MarineTraffic) pour vérifier la **précision des informations décodées**.

Tests de compatibilité et d'interface utilisateur

L'interface utilisateur du système doit être accessible et fluide sur différents supports (PC, mobile, tablette).

- Vérification de la **responsivité** de l'interface et de la clarté des informations affichées.
- Tests d'ergonomie pour s'assurer que les utilisateurs peuvent facilement naviguer entre les fonctionnalités (affichage des positions, historique des trajets, alertes).

Validation réglementaire et éthique

- S'assurer que le projet respecte l'exploitation légale des données AIS sans enfreindre les règles de confidentialité ou d'usage des données maritimes.
- Vérifier que l'architecture logicielle peut être déployée sans nécessiter d'autorisations spécifiques en matière de radiofréquences.

Chap1: Introduction

Le transport maritime repose sur l'identification et le suivi des navires en temps réel.

L'AIS fonctionne sur deux fréquences VHF dédiées (161,975 MHz et 162,025 MHz) avec une modulation **GMSK** à un débit de **9 600 bauds**. Les paquets, de **168 ou 440 bits**, sont précédés d'un **préambule de 24 bits** pour la synchronisation du récepteur. Les trames, encodées en **NRZI**, utilisent le format **HDLC** avec un **contrôle d'erreur CRC**. Grâce à une empreinte sonore proche du bruit de fond et une durée de transmission de seulement **30 ms**, l'AIS assure une transmission efficace et discrète des données.

Ce projet vise à concevoir un récepteur AIS en utilisant un récepteur SDR et des outils logiciels open-source.

L'objectif principal est de démontrer la faisabilité de l'acquisition et du décodage des signaux AIS avec un équipement accessible et un traitement logiciel via GNU Radio. Cette expérimentation permet de développer des compétences en radio logicielle, en traitement du signal et en protocoles maritimes.

Chap2 : Présentation du Cahier des Charges

Le cahier des charges inclut :

- **Analyse des exigences fonctionnelles** : Étude des besoins en termes de réception et de décodage des signaux AIS.
- **Sélection des équipements** : Choix du PlutoSDR pour l'acquisition des signaux radio.
- **Mise en place du Flowgraph GNU Radio** : Conception du schéma de traitement et de décodage du signal.
- **Validation des résultats** : Vérification de la cohérence des messages NMEA obtenus avec les trames AIS captées.

Cette approche garantit une bonne adéquation entre la théorie et la mise en œuvre pratique du projet.

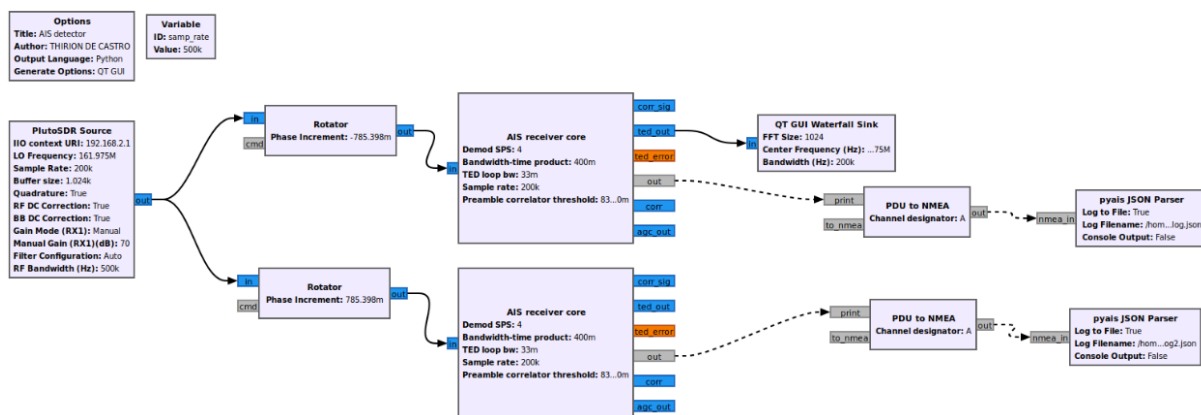
Chap3 : Outils et Matériel

- **Matériel utilisé :**
 - Adalm Pluto SDR : Récepteur SDR pour la capture des signaux AIS.
 - Ordinateur sous Linux (Ubuntu) : Plateforme d'exécution de GNU Radio et des scripts Python.
- **Logiciels utilisés :**
 - GNU Radio : Environnement de traitement du signal.
 - Python avec bibliothèques pyais et JSON : Décodage des messages AIS et archivage.

Chap4 : Système de Transmission

Notre système de transmission AIS repose sur l'utilisation d'un récepteur SDR (Software-Defined Radio) permettant la capture, le traitement et l'analyse des signaux AIS émis par les navires. Ce système est implémenté à l'aide de **GNU Radio Companion (GRC)** et d'un récepteur **PlutoSDR**.

Figure 1 : Flowgraph final utilisé pour intercepter les signaux AIS



Le système est composé de plusieurs blocs essentiels qui assurent la réception, le décodage et l'exploitation des trames AIS. Voici une explication détaillée des choix effectués pour chaque bloc :

1. Source de Signal : PlutoSDR Source

Ce bloc permet de capter les signaux AIS émis à une fréquence de **161.975 MHz** (canal AIS 1) ou **162.025 MHz** (canal AIS 2).

PlutoSDR est un matériel accessible et polyvalent pour la réception SDR, il permet une configuration flexible de la fréquence d'échantillonnage (**200 kHz**) et du gain. La largeur de bande RF a été définie à **500 kHz** pour assurer une réception stable.

2. Bloc de Correction de Fréquence : Rotator

Ce bloc permet d'appliquer une correction de fréquence pour compenser toute dérive du signal reçu.

Une mauvaise synchronisation en fréquence peut empêcher un décodage correct et une rotation de phase adaptée corrige les décalages de fréquence.

3. AIS Receiver Core

Ce bloc est au cœur du système et assure la démodulation des signaux AIS, la correction des erreurs éventuelles et l'extraction des trames AIS sous forme de **messages NMEA**.

Il est essentiel pour convertir les signaux RF en données exploitables et utilise un filtre adapté à la bande passante des signaux AIS (400 ms de produit temps-bande).

4. Visualisation du Spectre : QT GUI Waterfall Sink

Ce bloc affiche le spectre du signal reçu en temps réel sous forme d'une cascade (waterfall).

Il permet de visualiser la qualité du signal reçu et aide au réglage des paramètres de réception.

5. Conversion des Messages : PDU to NMEA

Ce bloc convertit les paquets PDU (Protocol Data Unit) en trames **NMEA AIS** exploitables.

Les trames AIS sont encodées dans un format standardisé NMEA, il est lisible par les logiciels de cartographie maritime.

6. Affichage et Stockage : PyAIS JSON Parser

Ce bloc permet d'extraire les données AIS des trames NMEA et les stocker sous forme de fichiers JSON.

Cela facilite l'exploitation des données pour une interface web ou une analyse post-traitement et cela permet aussi l'enregistrement des données pour une analyse ultérieure.

Chap5 : Partie Expérimentale et Résultats

Expérimentation



Nous avons réalisé plusieurs tests afin de vérifier le bon fonctionnement du système. Après avoir paramétré GNU Radio et le PlutoSDR, nous avons capté et traité différentes trames AIS en temps réel.

Figure 2 : Premier Flowgraph utilisé pour intercepter les signaux AIS

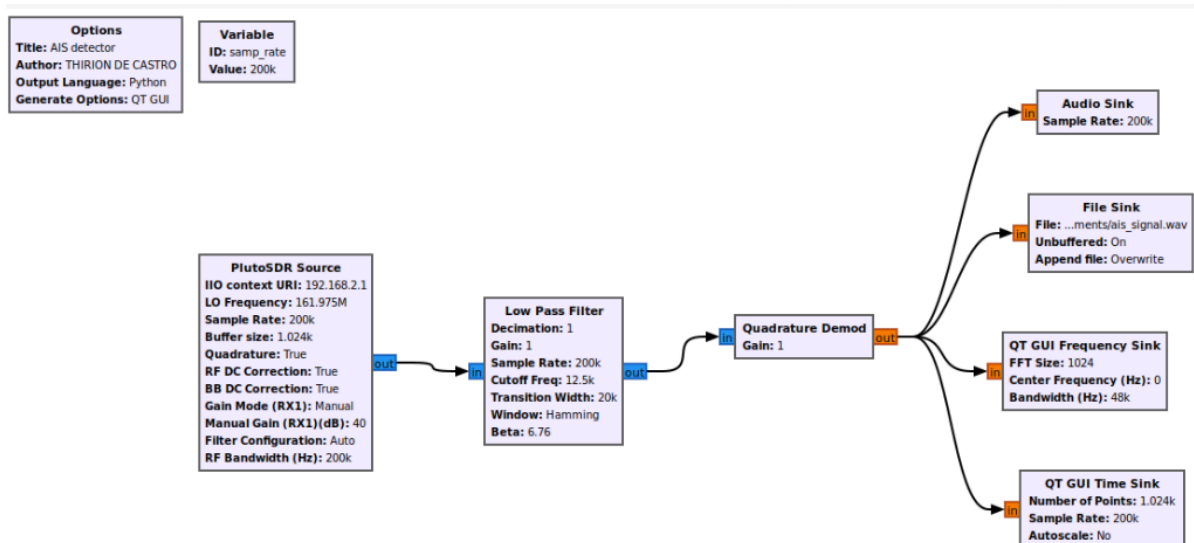
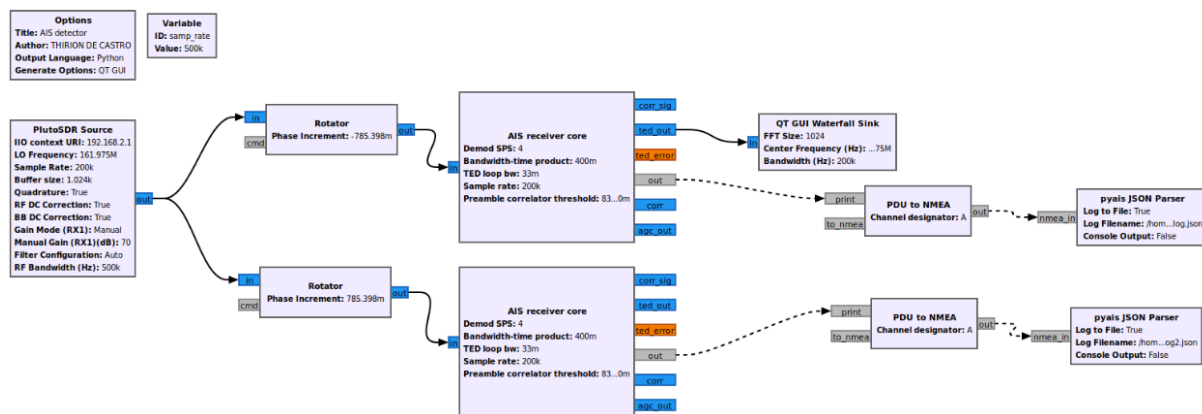


Figure 3 : Résultat du programme python pour décoder les signaux AIS.

```
etudiant@ubuntu:~$ python3 decoder3.py
Chargement des données brutes...
Chargement réussi. Nombre total de bits : 7935320
Recherche des messages AIS...
Messages AIS trouvés : 4784

Décodage des messages AIS...
Aucun message valide trouvé.
etudiant@ubuntu:~$
```

Figure 4 : Flowgraph finale utilisé pour intercepter les signaux AIS



Résultats obtenus

Nous avons obtenu avec succès deux trames AIS :

Trame 1 : !AIVDM,1,1,,A,Cr@ji53OHgnFTQH:8k,23C signal réceptionné à l'IUT

Trame 2 : !AIVDM,1,1,,A,BDLA5?8JUTcd,053 signal obtenu sur les quais de la Seine.

Ces deux trames ont été correctement démodulées et décodées, confirmant la validité de notre implémentation.

Cependant nous avons récupéré des trames incomplètes car un signal AIS est composé d'une trentaine de messages et ici nous avons seulement le message AIS 19 pour la trame 1 et le message AIS 18 pour la trame 2. Cela est sûrement dû à un mauvais paramétrage de notre carte SDR ou un manque de performance matériel car nous n'utilisons pas d'antenne AIS et/ou un manque de performance logiciel car nous recevons beaucoup d'overflow dans la console de GNU radio.

Table 1 : trame 1 décodé à l'aide du site Maritec solutions

Message 19 - Rapport de position étendu de l'équipement de classe B

!AIVDM,1,1,,A,Cr@ji53OHgnFTQH:8k,23C (ERROR: CHECKSUM = B6)

<u>Parm#</u> ▼	<u>Paramètre</u> ▼	<u>Valeur</u> ▼	<u>Description</u> ▼
01	ID du message	19	
02	Indicateur de répétition	3	Ne répétez plus
03	Identifiant utilisateur (MMSI)	688697620	
04	De rechange	55	
05	SOG	86,6	
06	Précision de la position	1	Élevé (< 10 m ; mode différentiel)
07	Longitude	8*25.7982'O	
08	Latitude	3*25.5629'S	
09	DENT	0	
10	Cap vrai	0	
11	Horodatage	0	
12	De rechange	0	
13	Nom		
14	Type de navire et de cargaison	0	Non disponible (par défaut)
15	Dimensions du navire	A=0,B=0,C=0,D=0	
16	Type d'EPFD	0	Indéfini (par défaut)
17	Drapeau RAIM	0	RAIM non utilisé (par défaut)
18	DTE (disponibilité)	0	DTE disponible
19	Drapeau de mode	0	Station fonctionnant en mode autonome et continu (par défaut)
20	De rechange	0	

Table 2 : trame 2 décodé à l'aide du site Maritec solutions

Message 18 - Rapport de position de classe B

!AIVDM,1,1,,A,BDLA5?8JUTcd,053 (ERREUR : SOMME DE CONTRÔLE = 75)

<u>Parm#</u> ▼	<u>Paramètre</u> ▼	<u>Valeur</u> ▼	<u>Description</u> ▼
01	ID du message	18	
02	Indicateur de répétition	1	Répéter une fois
03	Identifiant utilisateur (MMSI)	298075452	
04	De rechange	134	
05	SOG	66,2	
06	Précision de la position	0	Élevé (< 10 m ; mode différentiel)
07	Longitude	0*1.3588'W	
08	Latitude	0*0,0000'N	
09	DENT	0	
10	Cap vrai	0	
11	Horodatage	0	
12	De rechange	0	
13	Drapeau de l'unité de classe B	0	Unité SOTDMA de classe B
14	Drapeau d'affichage de classe B	0	Aucun affichage disponible, impossible d'afficher les messages 12 et 14
15	Drapeau DSC de classe B	0	Non équipé de la fonction DSC
16	Drapeau de la classe B	0	Capable de fonctionner sur la bande supérieure de 525 kHz de la bande marine
17	Drapeau de classe B Message 22	0	Pas de gestion de fréquence via le Message 22, fonctionnant uniquement sur AIS1, AIS2
18	Drapeau de mode	0	Station fonctionnant en mode autonome et continu (par défaut)
19	Drapeau RAIM	0	RAIM non utilisé (par défaut)
20	Drapeau de sélection de l'état de communication	0	L'état de communication SOTDMA suit

Table 3 : trame 2 état de la communication

<u>État de la communication</u> ▼▲			
<u>Parm#</u> ▼▲	<u>Paramètre</u> ▼▲	<u>Valeur</u> ▼▲	<u>Description</u> ▼▲
21	État de synchronisation	0	UTC direct
22	Délai d'attente de l'emplacement		

Chap6 : Conclusion et Retour d'Expérience

Bilan du projet

Ce projet nous a permis d'explorer et de maîtriser les aspects suivants :

- La mise en œuvre d'un récepteur SDR avec GNU Radio.
- L'analyse et le traitement des signaux AIS.

1. Configuration du Flowgraph

L'un des défis majeurs a été de trouver les bons paramètres pour notre **Flowgraph sous GNU Radio**. Nous avons dû installer et adapter des blocs spécifiques afin d'assurer la compatibilité avec notre **Adalm Pluto SDR**, ce qui a nécessité plusieurs itérations et ajustements.

2. Interférences radio

Nous avons constaté que la réception était perturbée par la proximité d'autres **sources radio**, ce qui a nécessité un **filtrage plus précis** afin d'éliminer les interférences et d'améliorer la qualité des signaux reçus.

3. Manque de signaux AIS

Un problème majeur a été la **faible quantité de signaux AIS reçus**. Nous supposons que les péniches circulant sur la Seine utilisent une autre forme de transmission AIS, que nous n'avons pas réussi à capter. En effet, les deux trames capturées proviennent de **navires de grande taille** (basés sur leurs identifiants MMSI) et leurs **coordonnées GPS indiquaient qu'ils n'étaient pas sur la Seine**. Cette limitation a fortement restreint notre capacité à tester et exploiter pleinement notre système.

4. Objectif initial non atteint

À l'origine, notre objectif était de développer une **application similaire à MarineTraffic**, permettant de récupérer et d'afficher les données AIS sur une interface cartographique interactive. Cependant, en raison :

- du **manque de signaux AIS captés**,
- des **limitations matérielles** (notamment la portée et la sensibilité du PlutoSDR),
- et des **contraintes de traitement et d'exploitation des données**,

Nous n'avons pas pu concrétiser cette fonctionnalité.

Enseignements tirés

Malgré ces défis, nous avons acquis de solides compétences et une meilleure compréhension des technologies impliquées :

- **Radio logicielle (SDR) et traitement du signal** : nous avons appris à capter, traiter et analyser les signaux AIS en utilisant des outils comme GNU Radio.
- **Protocoles de communication maritime** : nous avons approfondi notre connaissance des **spécifications AIS (ITU-R M.1371)** et des défis liés à leur exploitation.
- **Gestion de projet et adaptation** : confrontés à plusieurs obstacles techniques, nous avons dû ajuster nos objectifs et trouver des solutions alternatives en fonction des contraintes rencontrées.

Bibliographie

- Documentation officielle **GNU Radio**.
- Spécifications AIS **ITU-R M.1371**.
- Tutoriels en ligne sur **SDR et AIS**.
- Forums et **documentation GitHub** sur GNU Radio et AIS.
- Serveur Discord de **GNU Radio**