

Étude de faisabilité d'une identification d'émetteurs AIS en environnement contrôlé par analyse de signaux



BOISRIVEAU Emma, SZKOLNIK Jean-Jacques, DARÉ-EMZIVAT Delphine, COLLIN Steven, AVERTY Tristan
[boisriveau.eleve,jj.szkolnik,delphine.dare,steven.collin,tristan.averty]@ecole-navale.fr

IRENav, École Navale / Arts & Métiers ParisTech, BCRM Brest, CC 600 – Lanvéoc, 29240 Brest, France.

Résumé

Nous présentons une **nouvelle approche de l'identification d'émetteurs AIS** en s'appuyant sur les **caractéristiques des signaux reçus en bande de base**. En effet, afin de contrer les usurpations d'identité de ces émetteurs, il est impératif de les différencier de manière robuste. Dans ce travail, nous proposons d'appliquer une **technique de classification** en exploitant notamment des **attributs extraits de la fréquence instantanée du signal reçu**. Une **campagne de mesures expérimentales** incluant l'utilisation de **radios logicielles** a permis de bénéficier d'un ensemble complet de données pour mener à bien ce travail. Les premiers résultats sont prometteurs et ont confirmé la pertinence de cette approche. Une séparation efficace des différentes sources de signaux a été obtenue avec des valeurs de précision extrêmement satisfaisantes, prouvant la faisabilité d'une telle méthode. Ainsi, ces résultats, obtenus sur des **signaux réels en environnement contrôlé**, offrent une perspective intéressante pour l'amélioration de la sécurité maritime grâce à une **identification plus fiable d'émetteurs AIS**.

AIS (Automatic Identification System)

Figure 1 – Communications AIS

Temps de montée	8 bits
Séquence de conditionnement	24 bits
Fanion de début	8 bits
Données	168 bits
CRC	16 bits
Fanion de fin	8 bits
Tampon	24 bits

Table 1 – Constitution d'une trame AIS de 256 bits (~ 26.7 ms)

Signal AIS, ramené en bande de base :

$$s(t) = I(t) + jQ(t) \tag{1}$$

Dispositif expérimental et tâches

Matériel

- 4 radios-logicielles de types différents :
 - 3 USRP2930
 - 1 USRPE310
- 1 récepteur : Rohde&Schwarz EM200

Deux tâches de classification

- **Tâche n° 1** : Déterminer le type de radio-logicielle (USRPE310 vs USRP2930)
- **Tâche n° 2** : Identifier la radio-logicielle spécifique au sein d'un même type (USR2930_2 vs USRP2930_3 vs USRP2930_4)

Figure 3 – Radio USRP2930

Figure 4 – Dispositif expérimental

Pré-traitements et attributs extraits

① Choix d'un motif pour extraction des signaux utiles (~ 21 bits) :

Figure 5 – Motif de corrélation servant à l'extraction des signaux utiles

Émetteurs	Nombre de messages
USR2930_2	1021
USR2930_3	1028
USR2930_4	1020
USRPE310	1015

Table 2 – Nombre de signaux utiles extraits des enregistrements bruts

② Extraction de la **fréquence instantanée** du signal utile dans chaque trame AIS : $f_{inst}(t) = \frac{1}{2\pi} \frac{d}{dt} \arg(s(t))$

Figure 6 – Fréquence instantanée d'un signal utile

Figure 7 – Distribution des amplitudes de la fréquence instantanée

③ Extraction de 13 attributs de ces signaux utiles :

- **Moyenne** (μ) de la fréquence instantanée
- **Écart-type** (σ) de la fréquence instantanée
- **Puissance moyenne** (P) de la fréquence instantanée
- **Skewness** (γ_1) de la fréquence instantanée
- **Kurtosis** (γ_2) de la fréquence instantanée
- **6 premiers pics spectraux** de la fréquence instantanée
- **Centroïde spectral** μ_F de la fréquence instantanée
- **Dispersion** dans le diagramme de constellation ►

Figure 8 – Diagramme de constellation

Résultats avec une forêt aléatoire

Figure 9 – Matrice de confusion pour la tâche n° 1

Figure 10 – Matrice de confusion pour la tâche n° 2

Conclusion & Perspectives

	Tâche n° 1	Tâche n° 2
Forêt aléatoire	100 %	97.39 %
SVM	100 %	92.18 %
Réseaux de neurones	100 %	95.44 %

Table 3 – Taux de décisions correctes de différents algorithmes

- Signaux réels issus d'une expérimentation
- Taux d'identifications correctes supérieur à 97%
- Tests à effectuer en milieu ouvert
- Recherche de nouveaux attributs pertinents
- Capturer et traiter des vrais signaux AIS