

COMMENT GÉNÉRER DES SIGNAUX POUR ENTRAÎNER UNE IA ?

Contexte

La détection rapide et précise des signaux de communication est un enjeu majeur dans le domaine de la défense, où une identification efficace peut considérablement améliorer la réactivité des systèmes critiques. Ce projet vise à enrichir une bibliothèque de signaux générés informatiquement pour répondre à ce besoin.

L'entraînement des intelligences artificielles nécessite une grande diversité de signaux. Ces derniers doivent être générés de manière efficace et rigoureuse, tout en respectant des caractéristiques spécifiques telles que la modulation, la durée et les débits.

Outils et méthodologie

Pendant mon stage, j'ai travaillé sur la génération de signaux haute fréquence pour entraîner une intelligence artificielle capable d'identifier différents types de communications. J'ai utilisé un logiciel interne développé par Thales pour créer des formes d'onde numériques et analogiques (AM, FM, PSK, etc.), en configurant des paramètres spécifiques comme la modulation et la durée.

Un script Python m'a permis d'automatiser ce processus. Il modifie des fichiers de configuration et génère des trains de symboles nécessaires à la création des signaux. Les données créées varient aléatoirement pour constituer une base diversifiée.

Ensuite, j'ai analysé ces signaux grâce à deux outils :

- Un visualiseur pour observer les spectres, constellations, et signaux IQ.
- Un outil d'identification capable de proposer une classification des signaux générés.

Ces travaux ont servi à construire une base d'entraînement riche et diversifiée pour l'IA.

Objectifs

J'ai eu l'opportunité de concevoir et de générer 36 protocoles de communication distincts. Afin de faciliter l'analyse et la présentation de mon travail, ces protocoles ont été classés en plusieurs catégories en fonction de leurs caractéristiques :

ARQ : Protocoles dédiés au contrôle d'erreur et à la retransmission des données.

PSK : Protocoles utilisant diverses formes de modulation de phase.

RTTY : Protocoles axés sur les transmissions en radiotélétype.

STANAG : Protocoles militaires standardisés par l'OTAN.

Réalisation

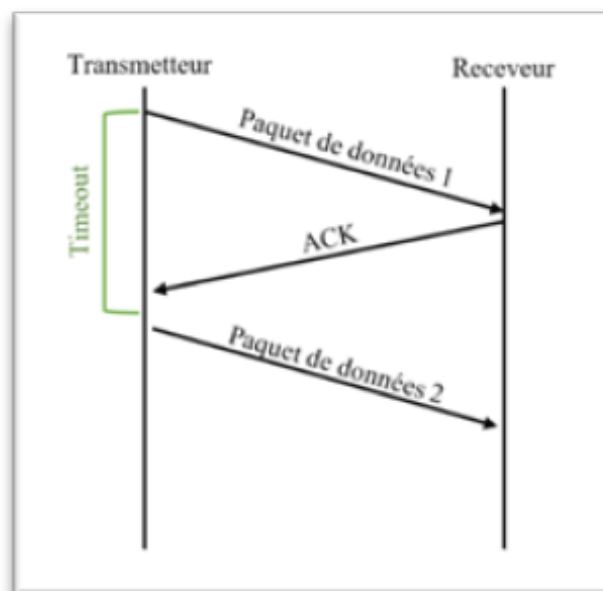
Pour illustrer la méthodologie appliquée et les résultats obtenus, je vais me concentrer sur un exemple spécifique appartenant à la catégorie ARQ : l'**ARQ6**. Il est important de noter que le même processus rigoureux a été appliqué à l'ensemble des autres protocoles.

Les transmissions utilisant le mécanisme **ARQ (Automatic Repeat Request)** sont essentielles car elles jouent un rôle crucial dans le formatage des données. L'ARQ, ou requête automatique de répétition, est une méthode de contrôle d'erreur pour la transmission de données.

Le Stop-and-Wait ARQ :

Après l'envoi d'une trame de données, l'**émetteur** attend un accusé de réception avant de transmettre la trame suivante. Ce processus se poursuit jusqu'à la fin du message à transmettre. Si un accusé de réception n'est pas reçu après un certain délai (**timeout**), ou si le récepteur demande la répétition de la trame en cas d'erreur, l'émetteur renvoie la trame de données.

D'un point de vue du signal, du côté de l'émetteur, le signal transmis est considéré comme un signal « burst », c'est-à-dire une série de données transmises sur une période relativement courte.

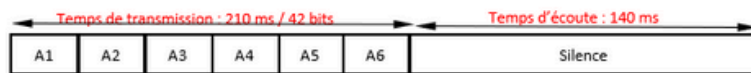


Visualisation Stop-and-wait ARQ

Description

L'ARQ6 est un protocole structuré en « bursts », où chaque burst contient 6 caractères (42 bits) suivis de périodes de silence (140, 240 ou 280 ms selon la variante). Il utilise la modulation FSK2 avec un débit de 200 Bd/100 Bd et un décalage de 400 Hz.

ARQ-6-70 :



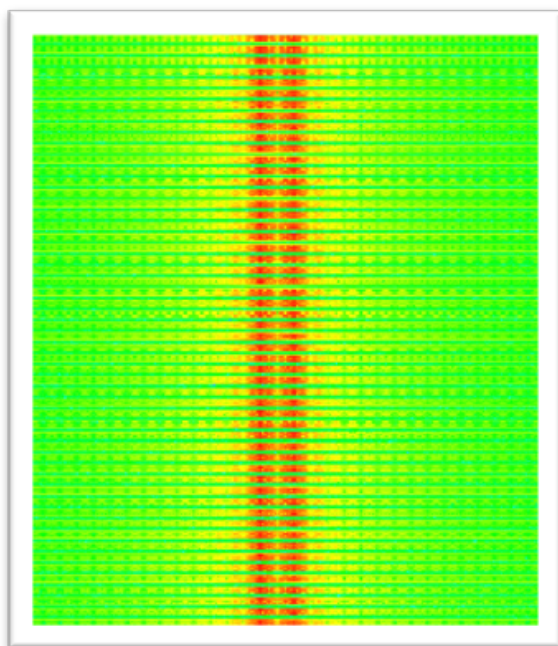
ARQ 6-90 :



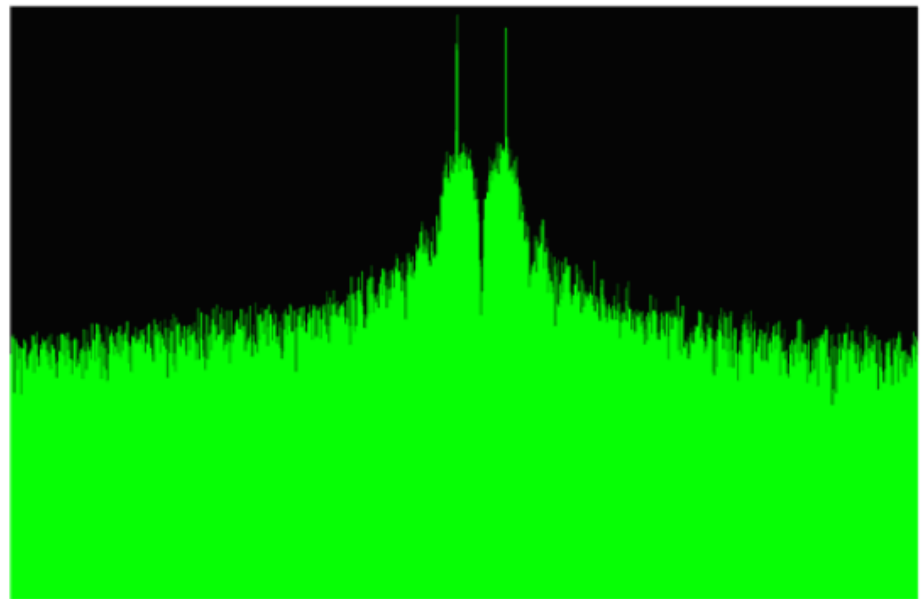
ARQ 6-98 :



Analyse après la génération



Vu temps/fréquence ARQ 6-70



Densité spectrale de puissance ARQ 6-70

Le signal ARQ6 apparaît sous forme de bursts réguliers, suivis de périodes de silence (140, 240 ou 280 ms selon la configuration), ce qui permet de distinguer les segments de transmission. La modulation en FSK2 est confirmée par deux pics dans le spectre, respectant un décalage de 400 Hz. Les silences perturbent la continuité du signal, réduisant le rapport signal/bruit (RSB) et atténuant les lobes secondaires sur la DSP

Pour garantir la fiabilité des signaux, des tests supplémentaires avec des alphabets tels que ITA2 ont été intégrés, permettant de valider partiellement les données décodées.