

Stage de Recherche en Informatique (Supélec 2A)

Génération de signaux micro-Doppler par réseaux de neurone

Paul LE GRAND DES CLOIZEAUX
LRI, CentraleSupélec, Université Paris-Saclay



Contexte

Objectif : Classifier des profils micro-Doppler d'objets volants
Des profils micro-Doppler de drones et d'oiseaux ont été collectés par l'ONERA.



FIGURE 1 – Exemple de drone mesuré

Profils micro-Doppler

Format : Spectrogramme en temps long

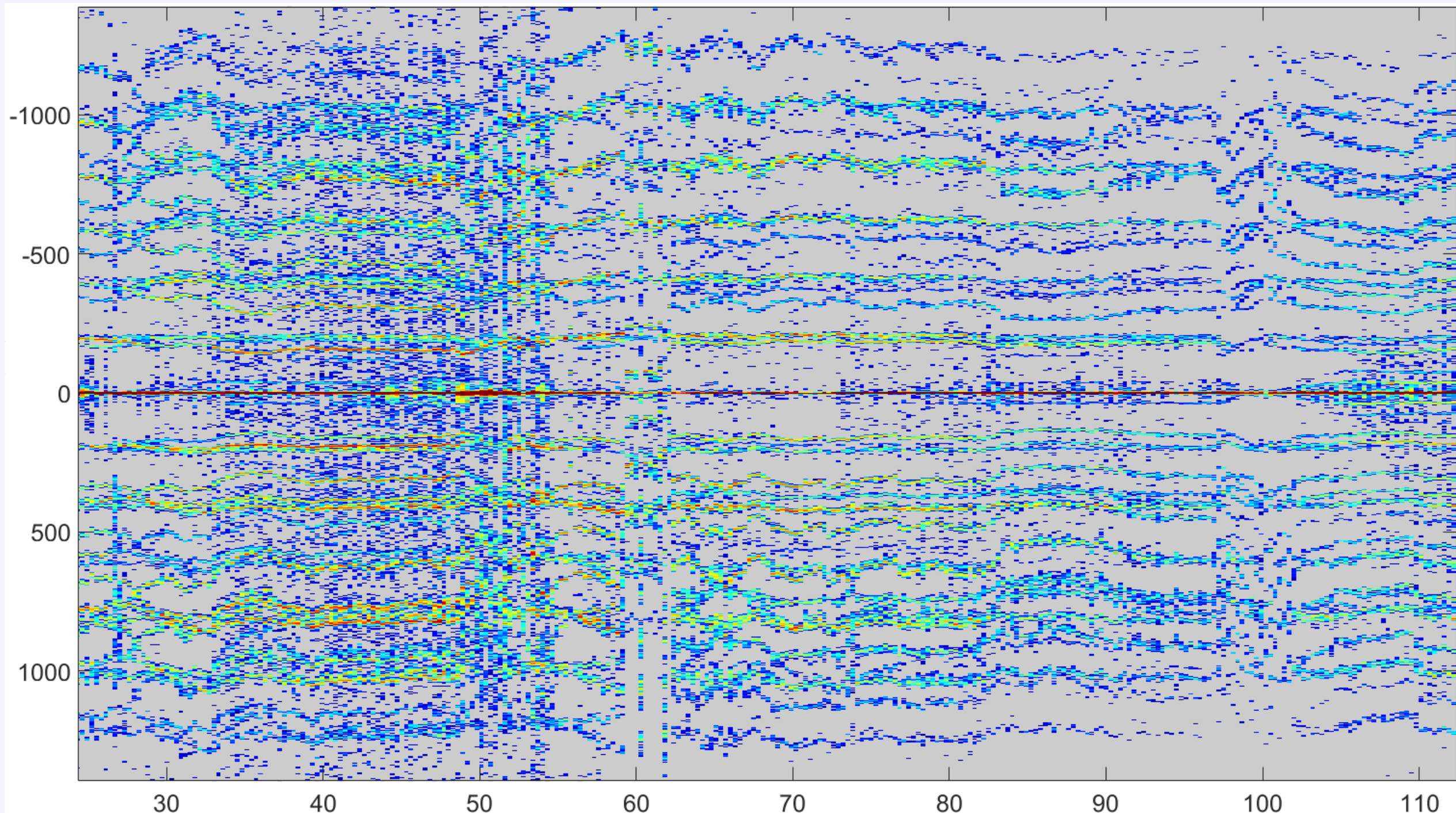


FIGURE 2 – Spectrogramme en temps long d'un drone

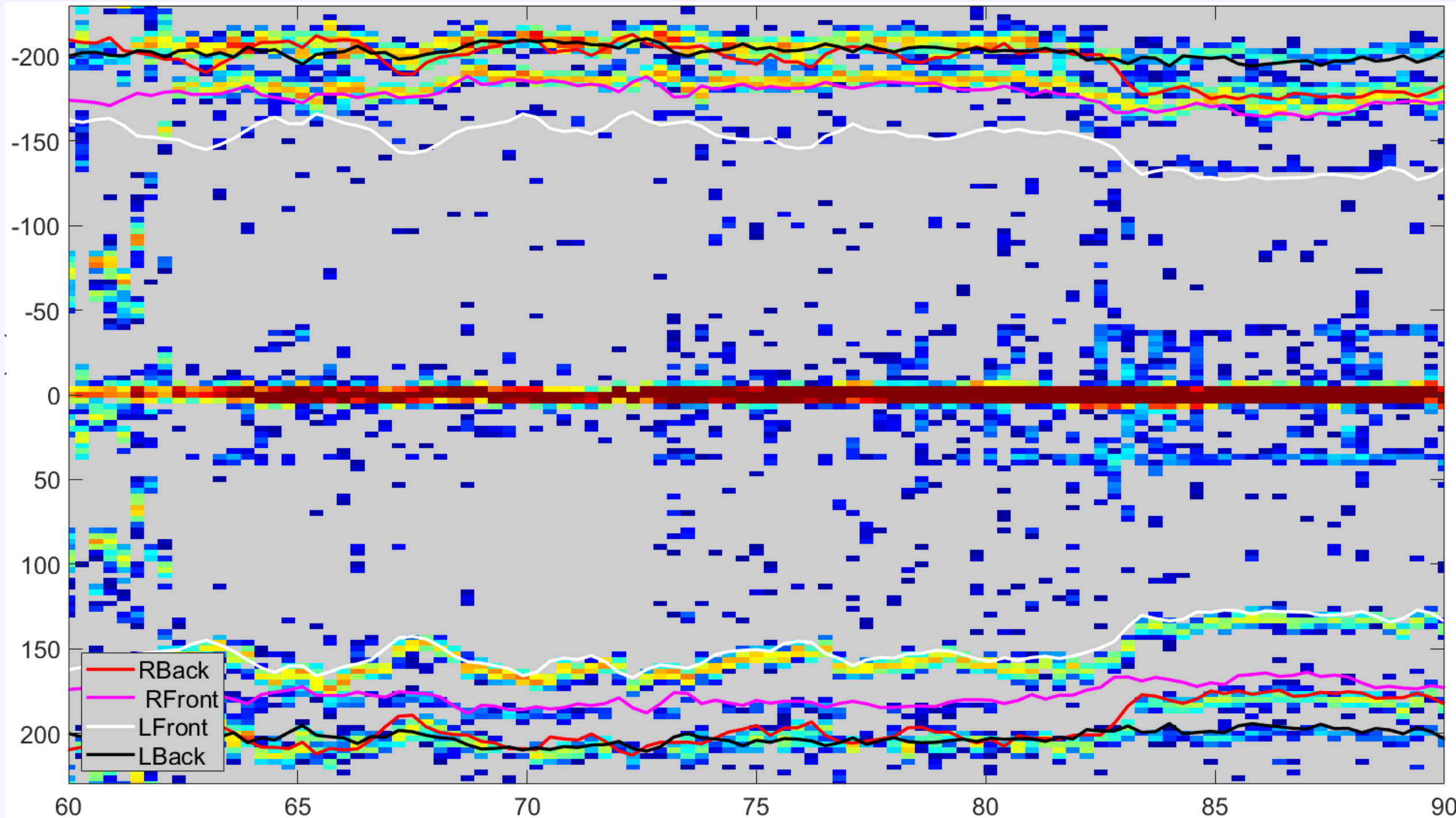


FIGURE 3 – Zoom - décalages de fréquences dus aux rotors

Quantité de données insuffisantes

Problèmes
— Nombre faible de profils. **Quantité**
— Profils hautement corrélés. **Diversité**

Solution proposée
Data augmentation par génération de profils micro-Doppler artificiels par réseaux de neurone (GAN).

Qu'est ce qu'un GAN (Generative Adversarial Network) ?

GAN : un réseau de neurone pour générer des données.

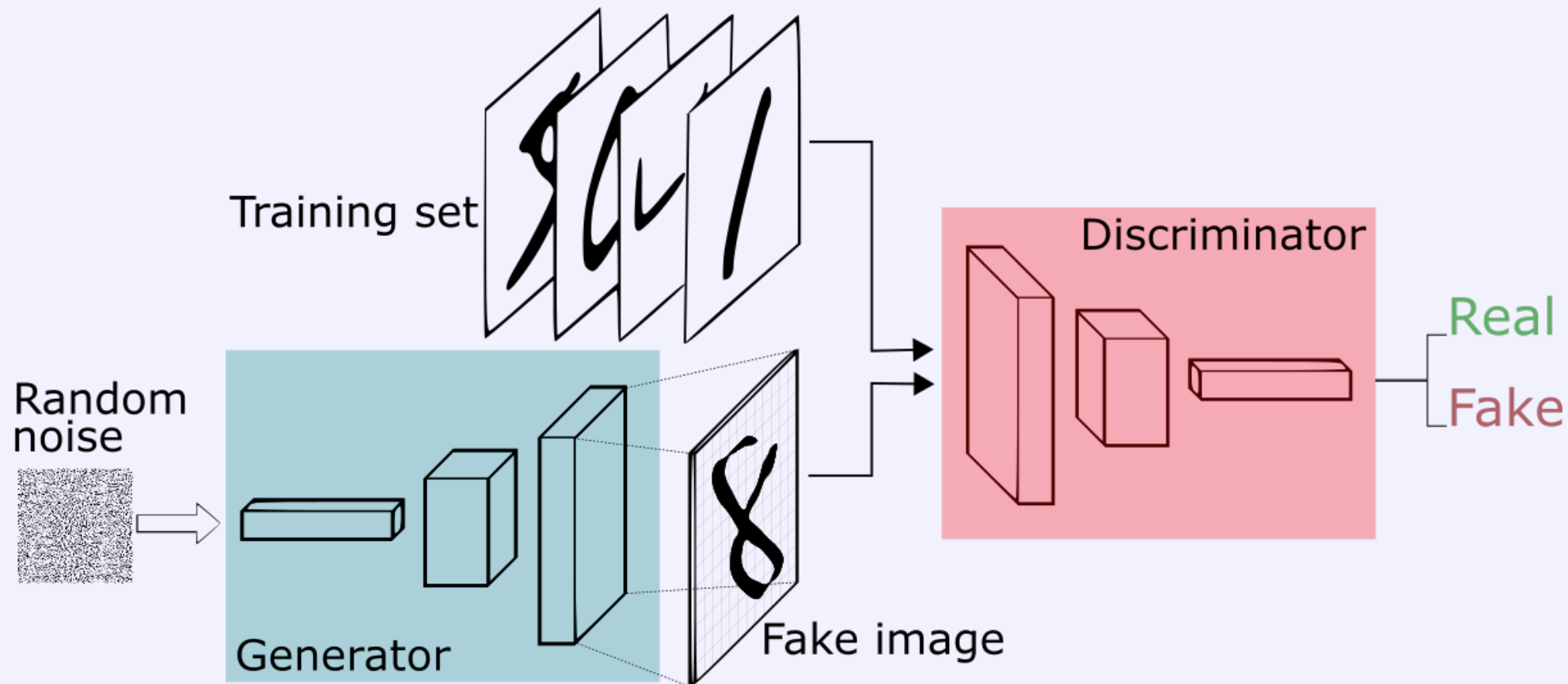


FIGURE 4 – Schéma d'un GAN basique

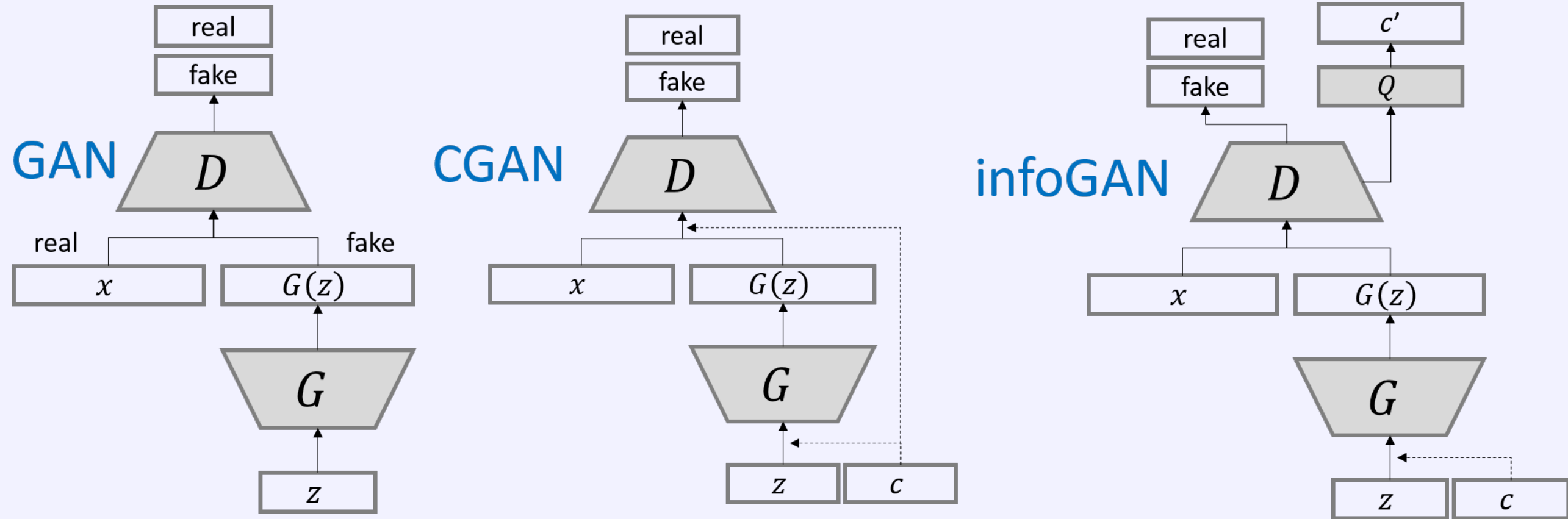
Fonctionnement

Recherche d'un équilibre entre le **Générateur** et le **Discriminateur**.
— **Générateur** essaye de tromper le **Discriminateur**
— **Discriminateur** essaye de démasquer le **Générateur**
Amélioration du **Générateur** par rétropropagation de l'erreur du **Discriminateur** sur l'image.

Différents types de GAN

Différentes architectures de réseau

D discriminateur, G générateur, c labels, x données réelles, z vecteur de bruit



Différentes fonctions d'erreurs du Discriminateur

- Entropie croisée
- Distance de Wasserstein

Mesurer les performances d'un GAN ?

Comment mesurer la qualité des données générées par un GAN ?
— Pas possible d'évaluer le réseau sur une base de test.
— Évaluation humaine peu fiable, notamment pour les profils micro-Doppler.

FID (Fréchet Inception Distance)

Evaluation d'une distance entre deux ensembles d'images
InceptionV3, réseau de neurone à convolution entraîné sur ImageNet est utilisé pour extraire des motifs de l'image.
Comparaison des statistiques de sortie l'avant-dernière couche du réseau.

$$X_{\text{real}} = \mathcal{N}(\mu_{\text{real}}, \Sigma_{\text{real}}), X_{\text{generated}} = \mathcal{N}(\mu_{\text{generated}}, \Sigma_{\text{generated}})$$
$$FID = \|\mu_{\text{real}} - \mu_{\text{generated}}\|^2 + \text{Tr}(\Sigma_{\text{real}} + \Sigma_{\text{generated}} - (\Sigma_{\text{real}}\Sigma_{\text{generated}})^{1/2})$$

Résultats

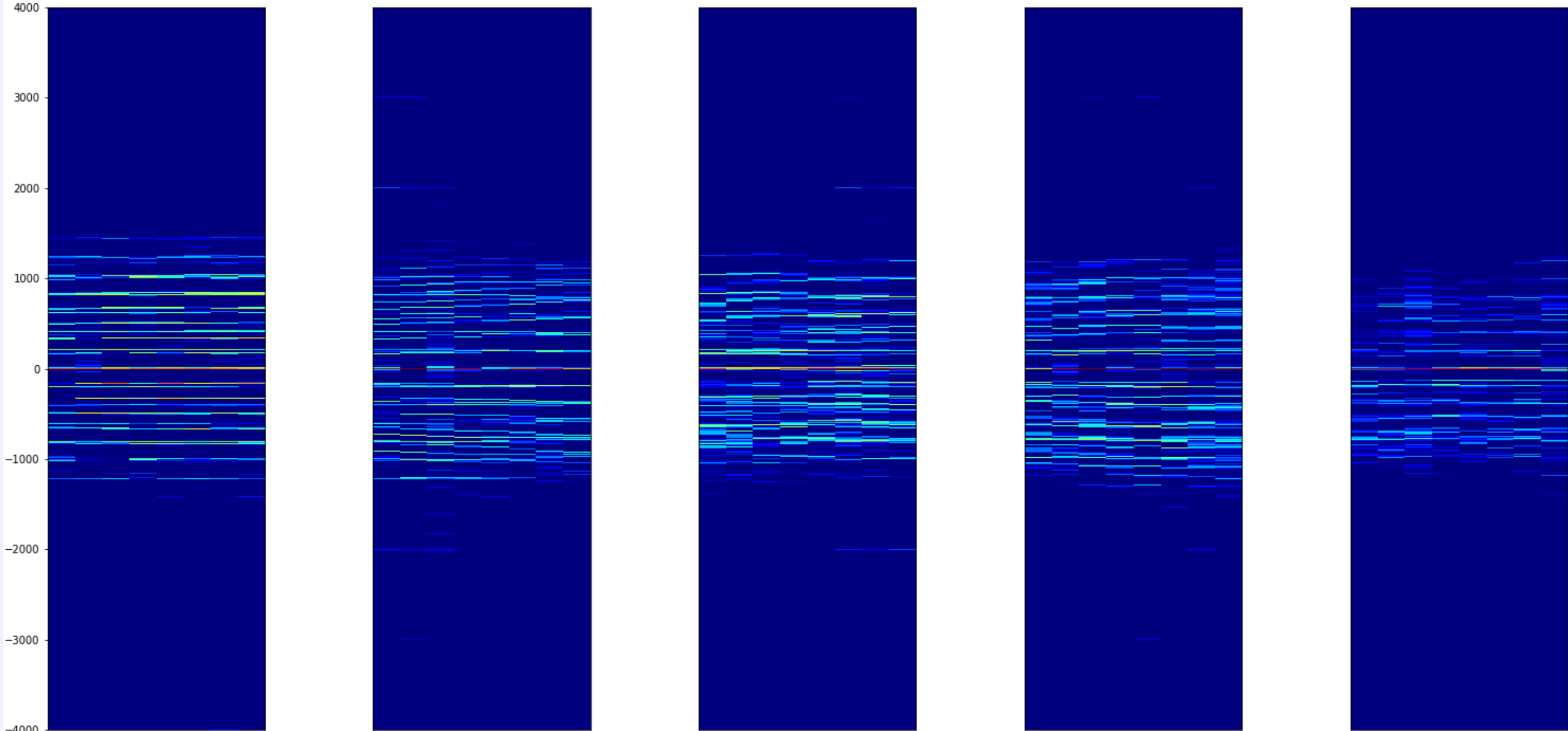


FIGURE 5 – Profils réels

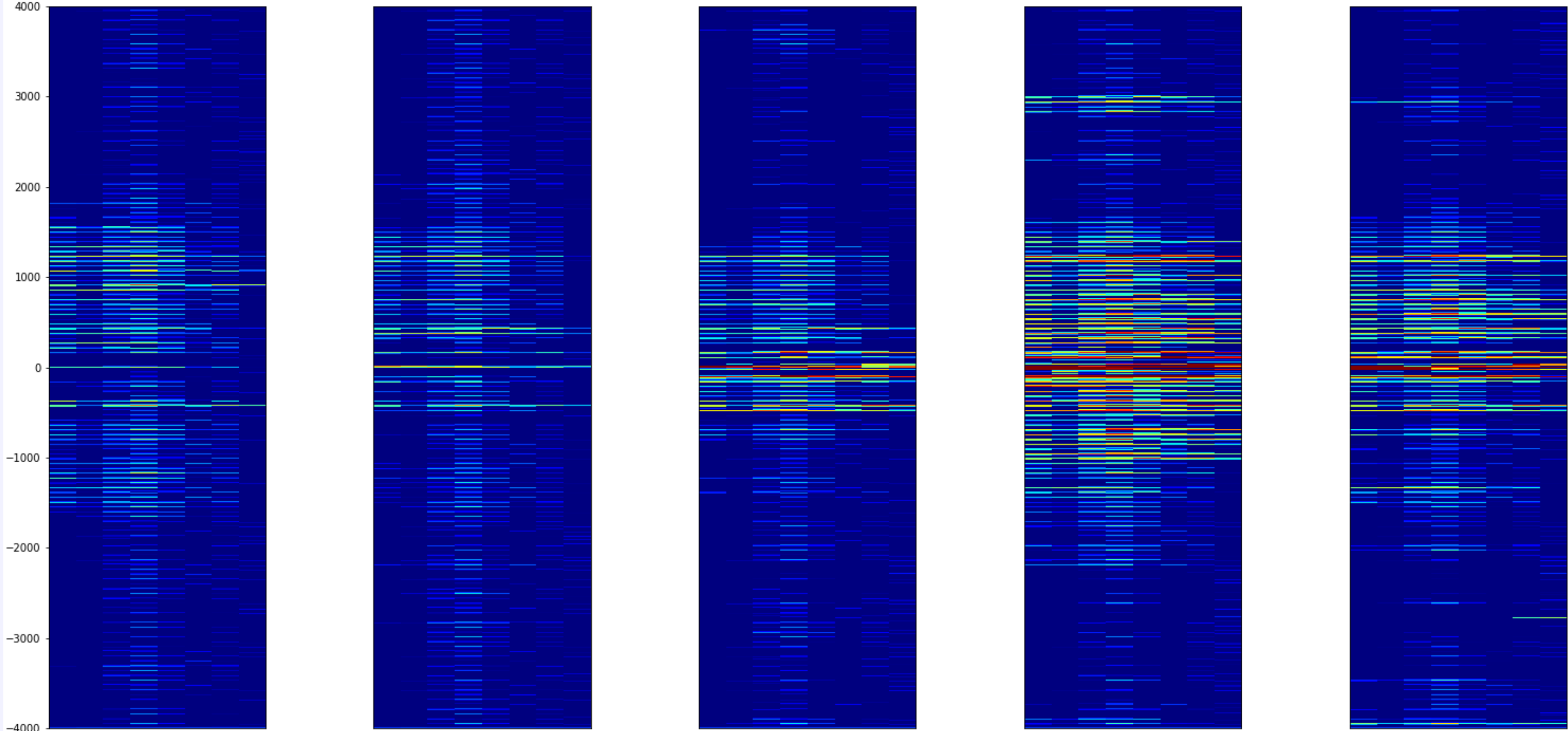


FIGURE 6 – Profils générés

Perspectives

Les signaux générés ne sont pas de très bonne qualité.
Améliorations
— *Parameters tuning*
— GAN *image-to-image*, tel que **CycleGAN**, à partir de profils micro-Doppler simulés. Permettrait de générer des profils de drones non présent dans la base de donnée.
— GAN plus avancés (par exemple **StyleGAN**)