

# 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**

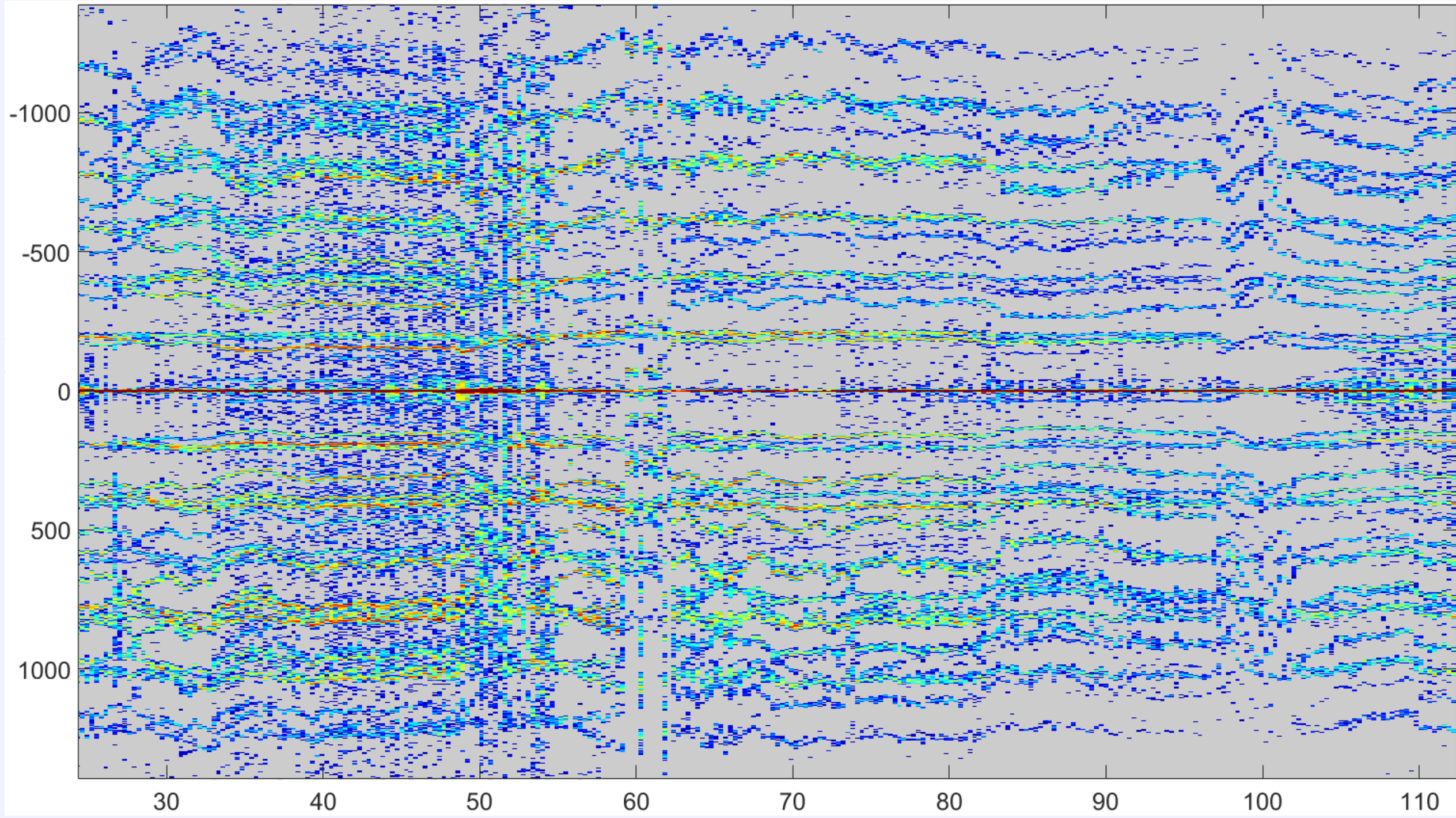


FIGURE 2 – Spectrogramme en temps long d'un drone

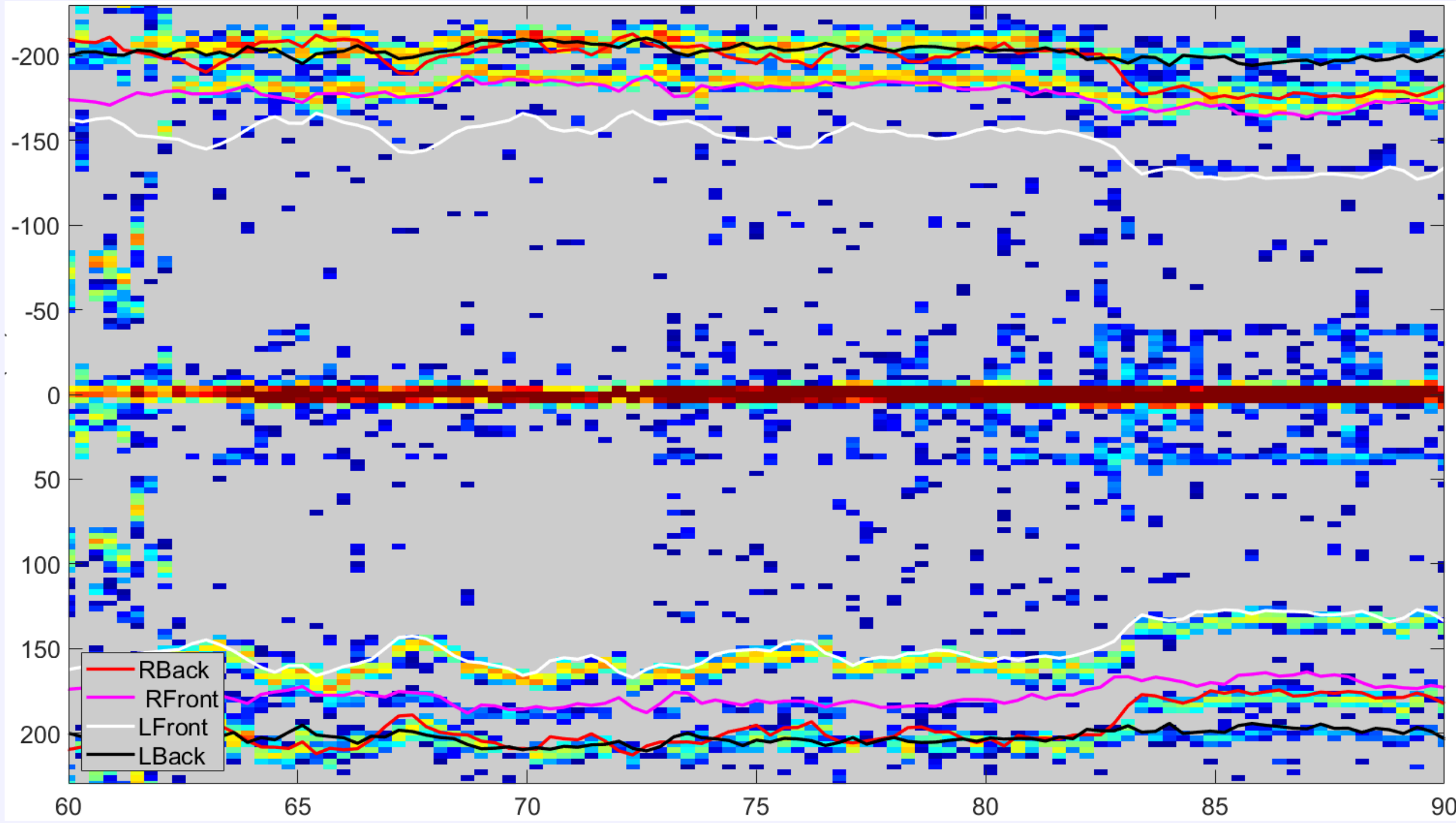


FIGURE 3 – Zoom - décalages de fréquences dus aux rotors

### 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.

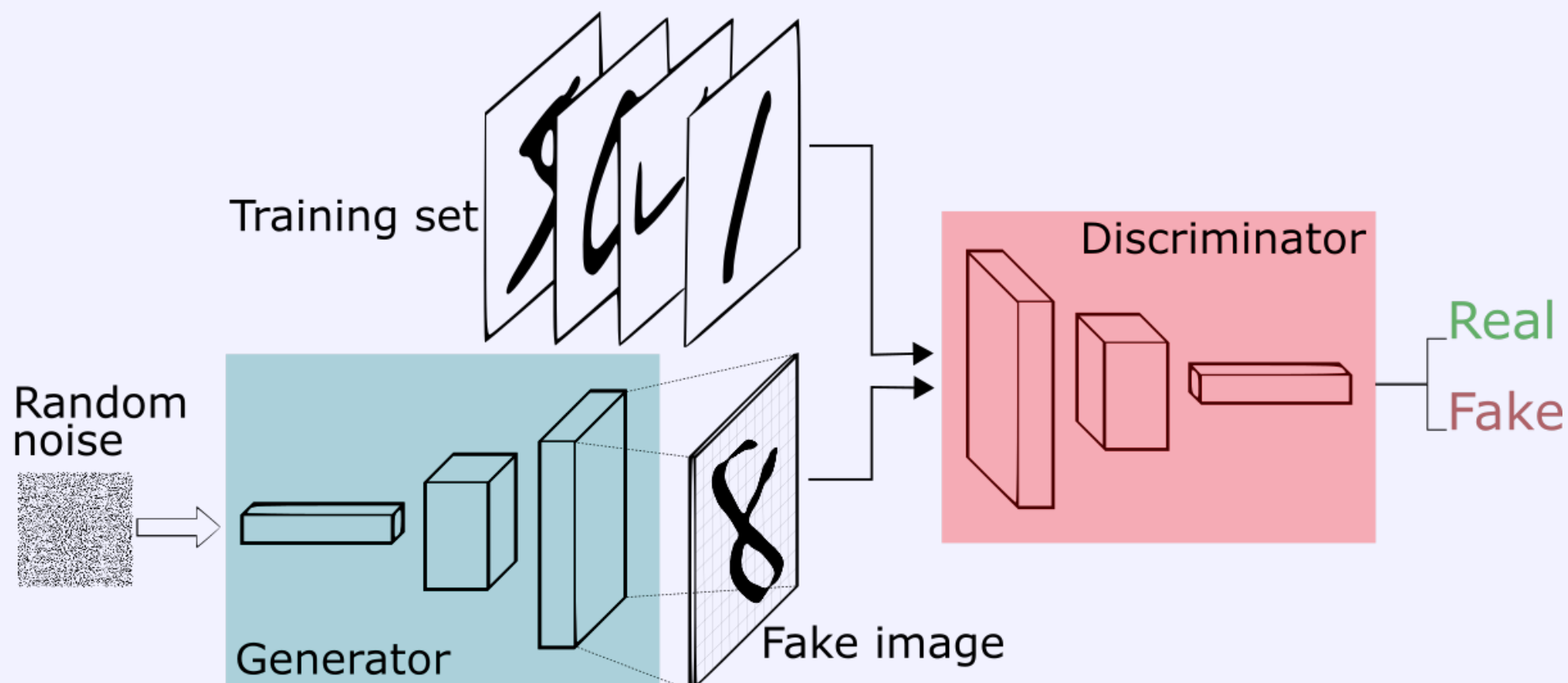


FIGURE 4 – Schéma d'un GAN basique

### Fonctionnement

Recherche d'un équilibre entre le **Générateur** et le **Discriminateur**.

- **Générateur** essaye de tromper le **Discriminateur**
- **Discriminateur** essaye de démasquer le **Générateur**

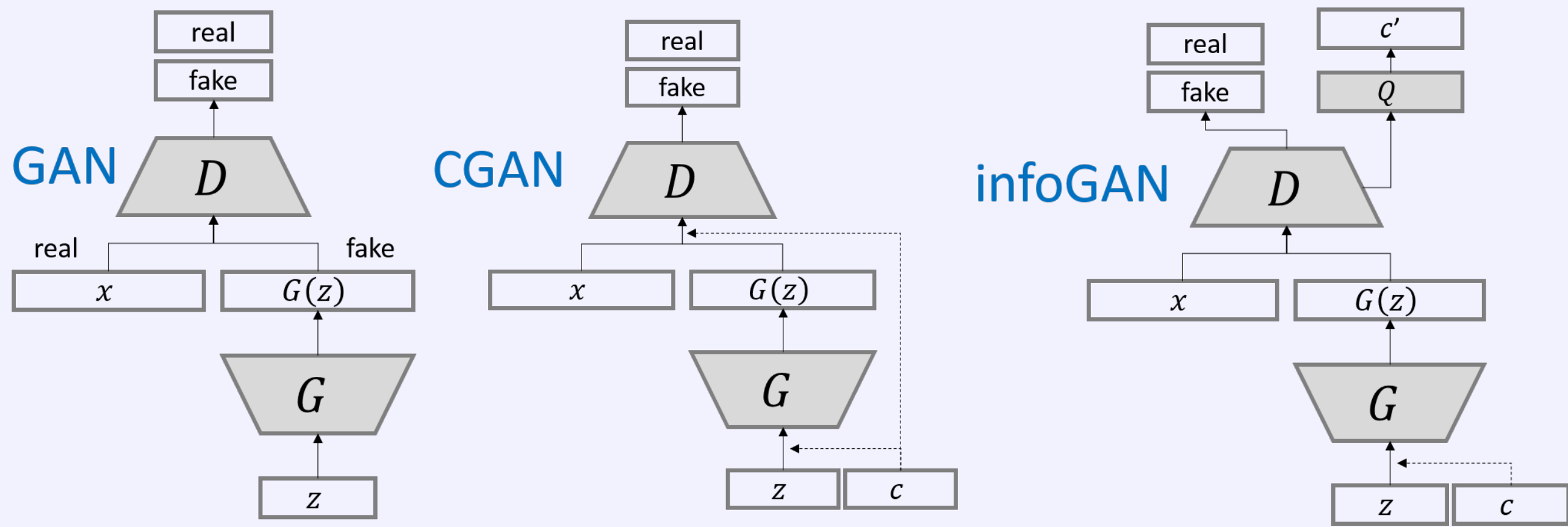
Amélioration du **Générateur** par rétropropagation de l'erreur du **Discriminateur** sur l'image.



### 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

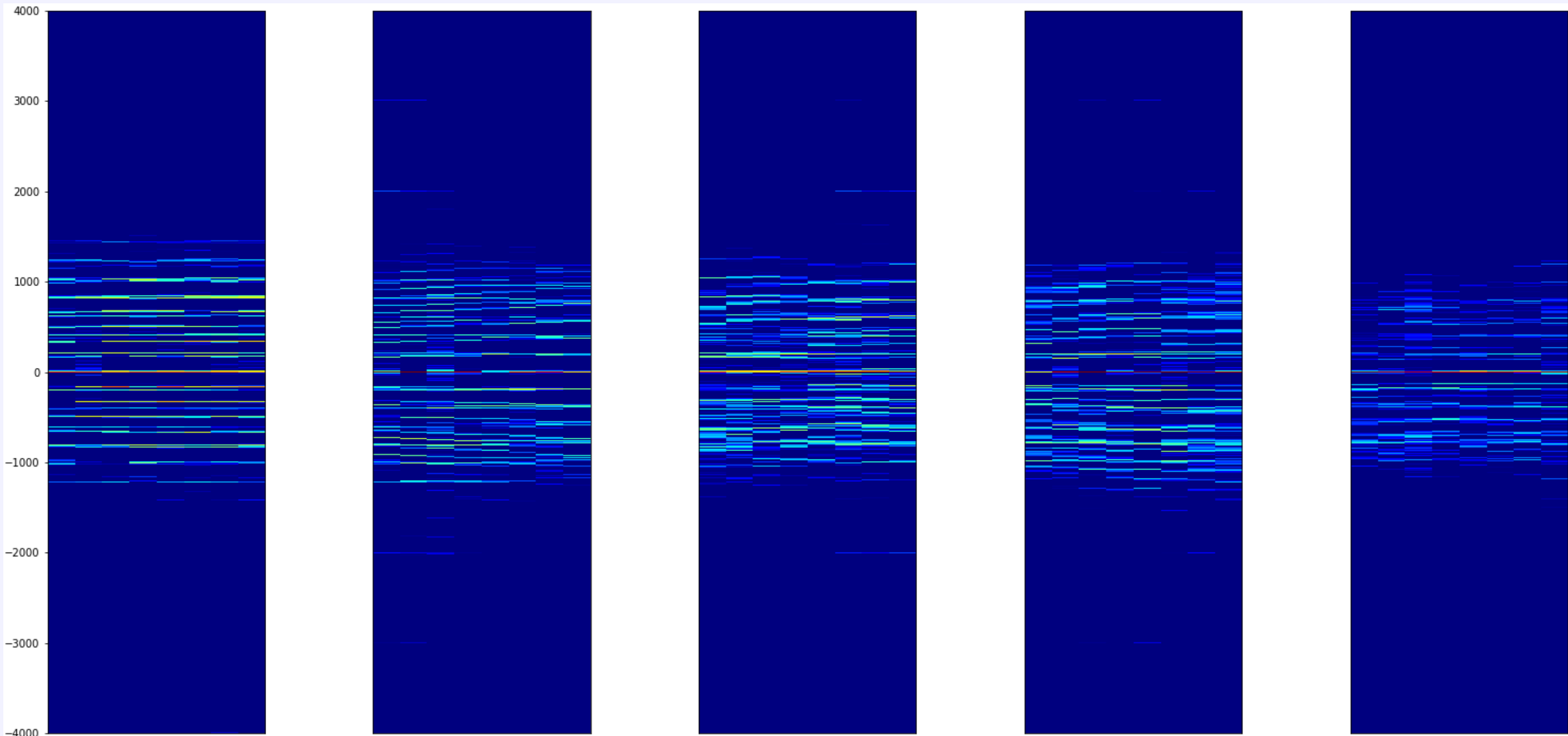


FIGURE 5 – Profils réels

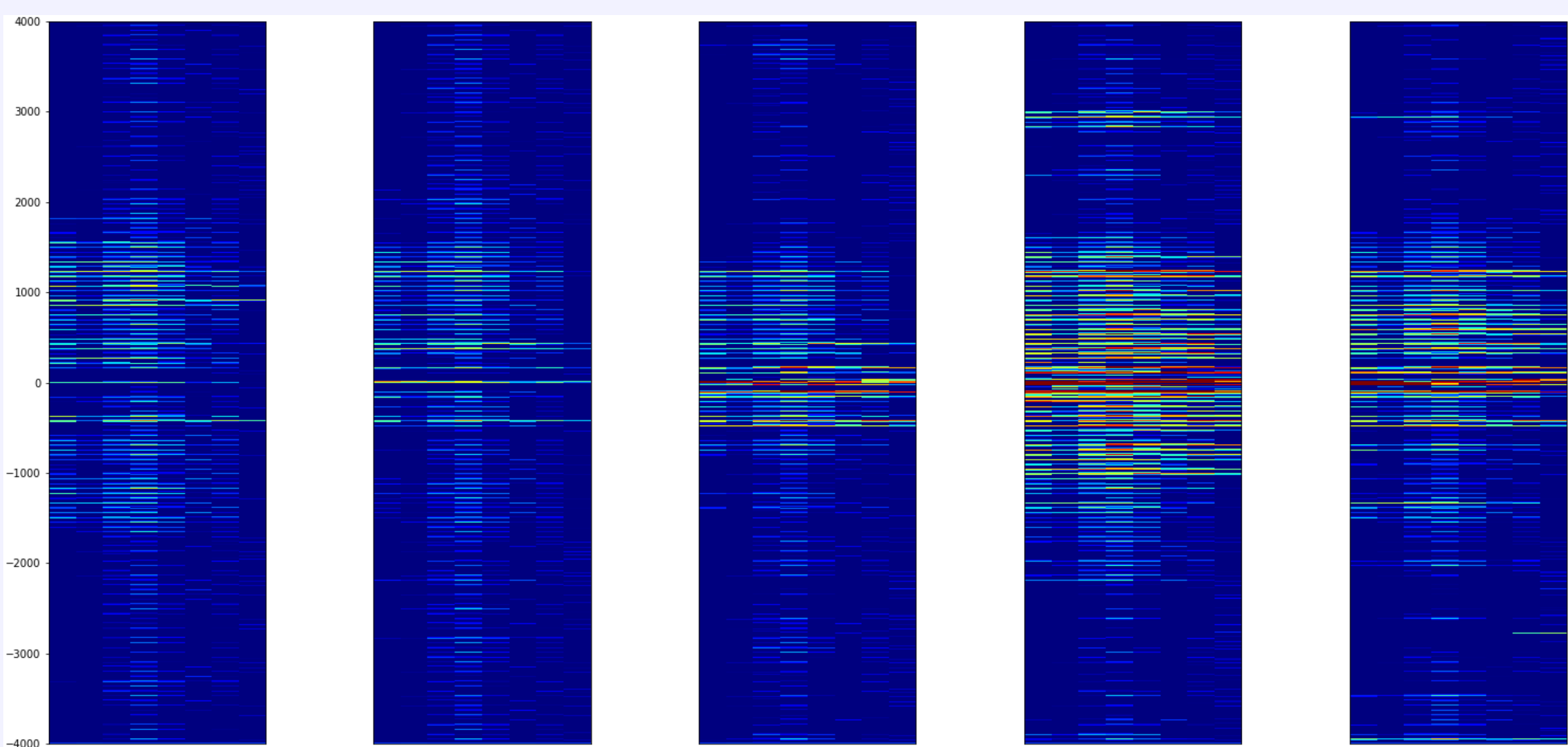


FIGURE 6 – Profils générés

### 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**)