

# Stage Recherche en Informatique (CS 2A)

## Génération de signaux micro-Doppler par réseaux de neurones

Paul LE GRAND DES CLOIZEAUX

LRI, CentraleSupélec, Université Paris-Saclay



### Contexte

**Objectif : Classifier des profils micro-Doppler d'objets volants**  
(profils micro-Doppler de drones et d'oiseaux fournis par l'ONERA)



FIGURE 1 – Exemple de drone mesuré

### Profils micro-Doppler

Format : Spectrogramme en temps long

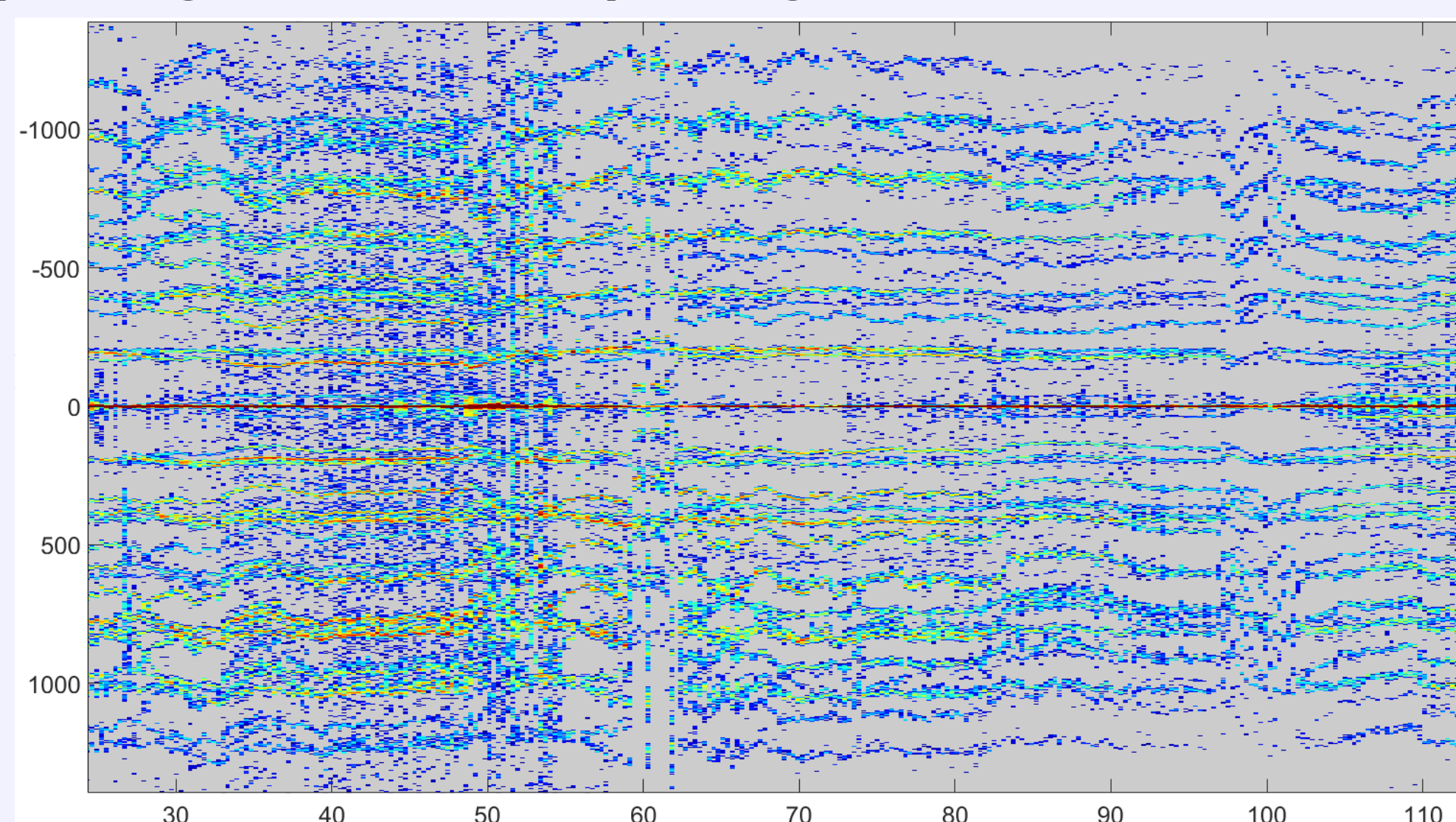


FIGURE 2 – Spectrogramme en temps long d'un drone

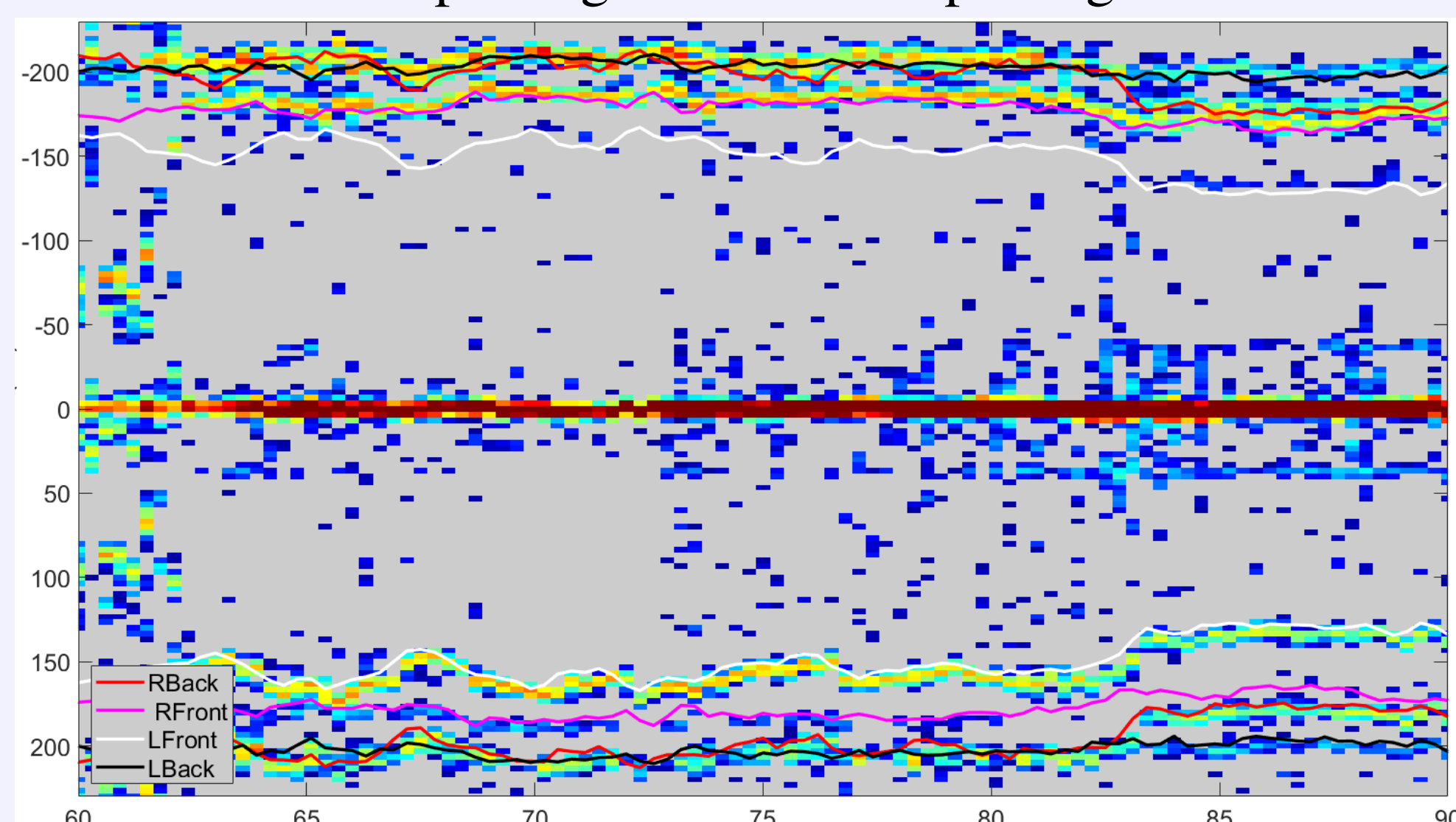


FIGURE 3 – Zoom - décalages de fréquences dus aux rotors

### 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 neurones (**GAN**).

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

GAN : un réseau de neurones pour générer des données.

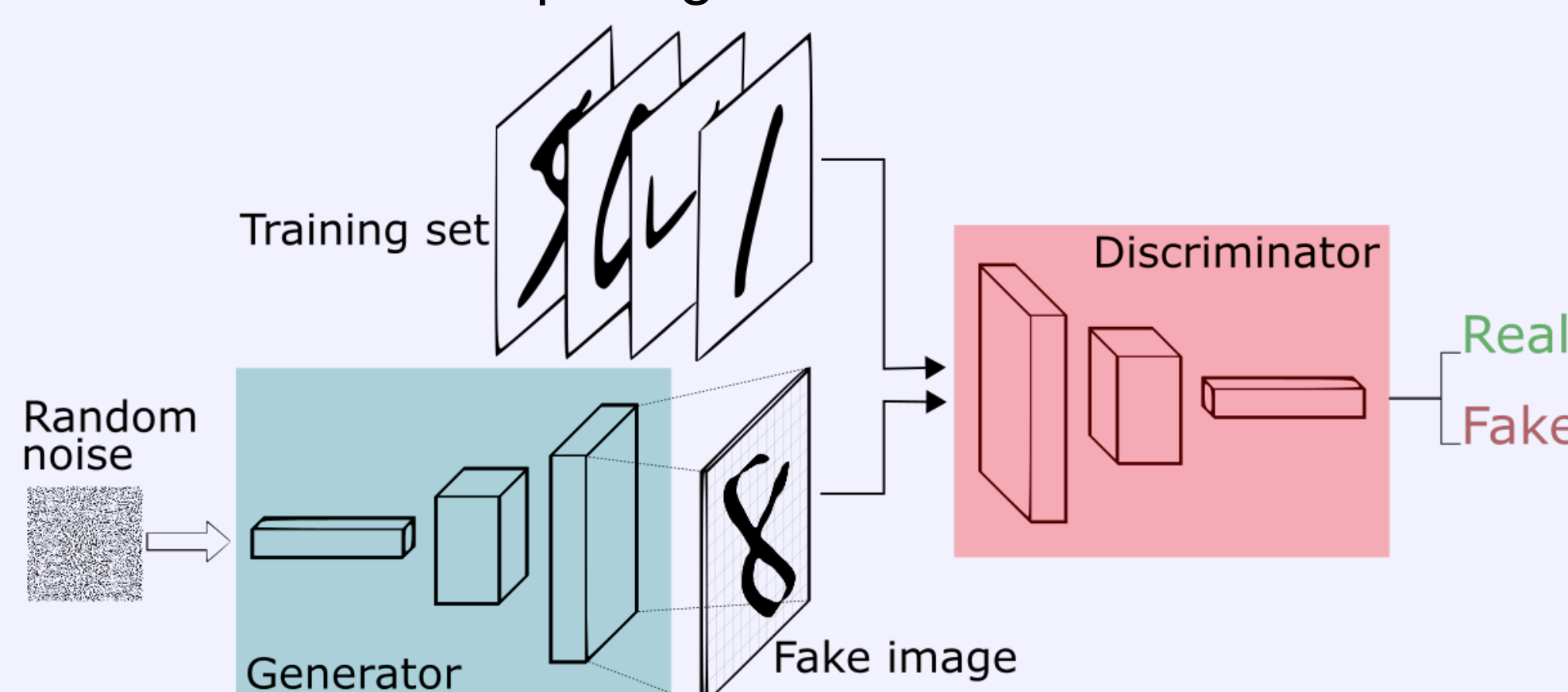


FIGURE 4 – Schéma d'un GAN basique

#### Fonctionnement

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

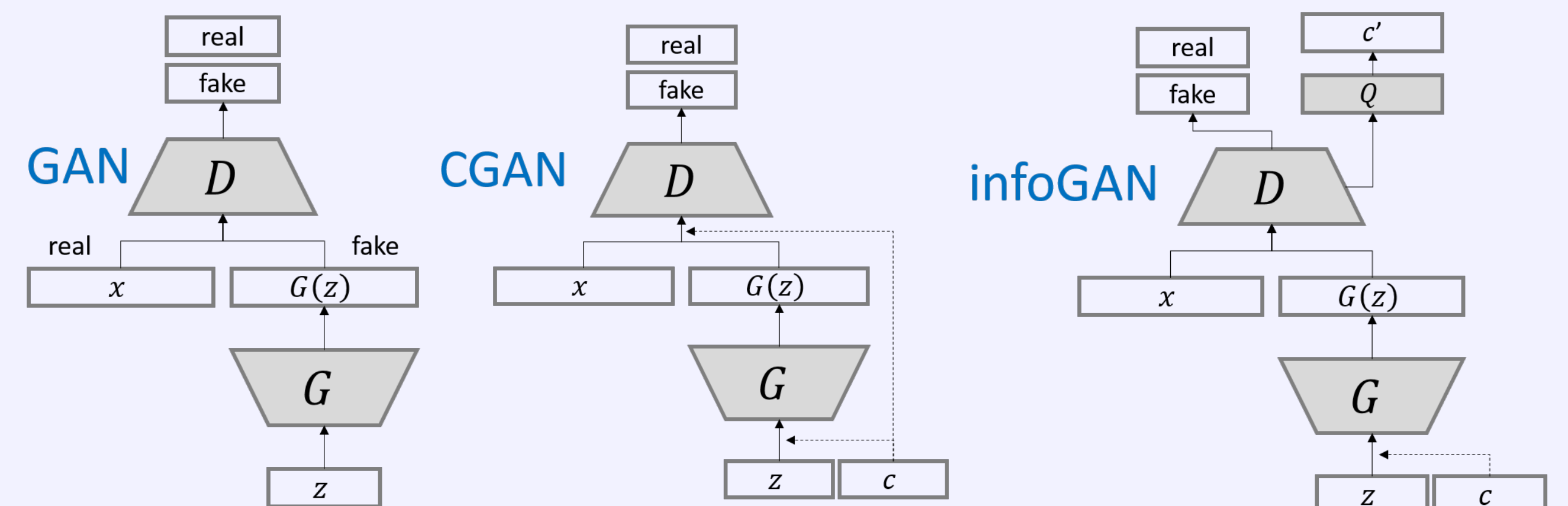
- **Générateur** essaye de tromper le **Discriminateur**
- **Discriminateur** essaye de démasquer le **Générateur**

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

### Types de GANs

#### Architectures de réseau

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



#### Fonctions d'erreur du Discriminateur

- Entropie croisée
- Distance de Wasserstein

### Mesurer les performances d'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 neurones 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

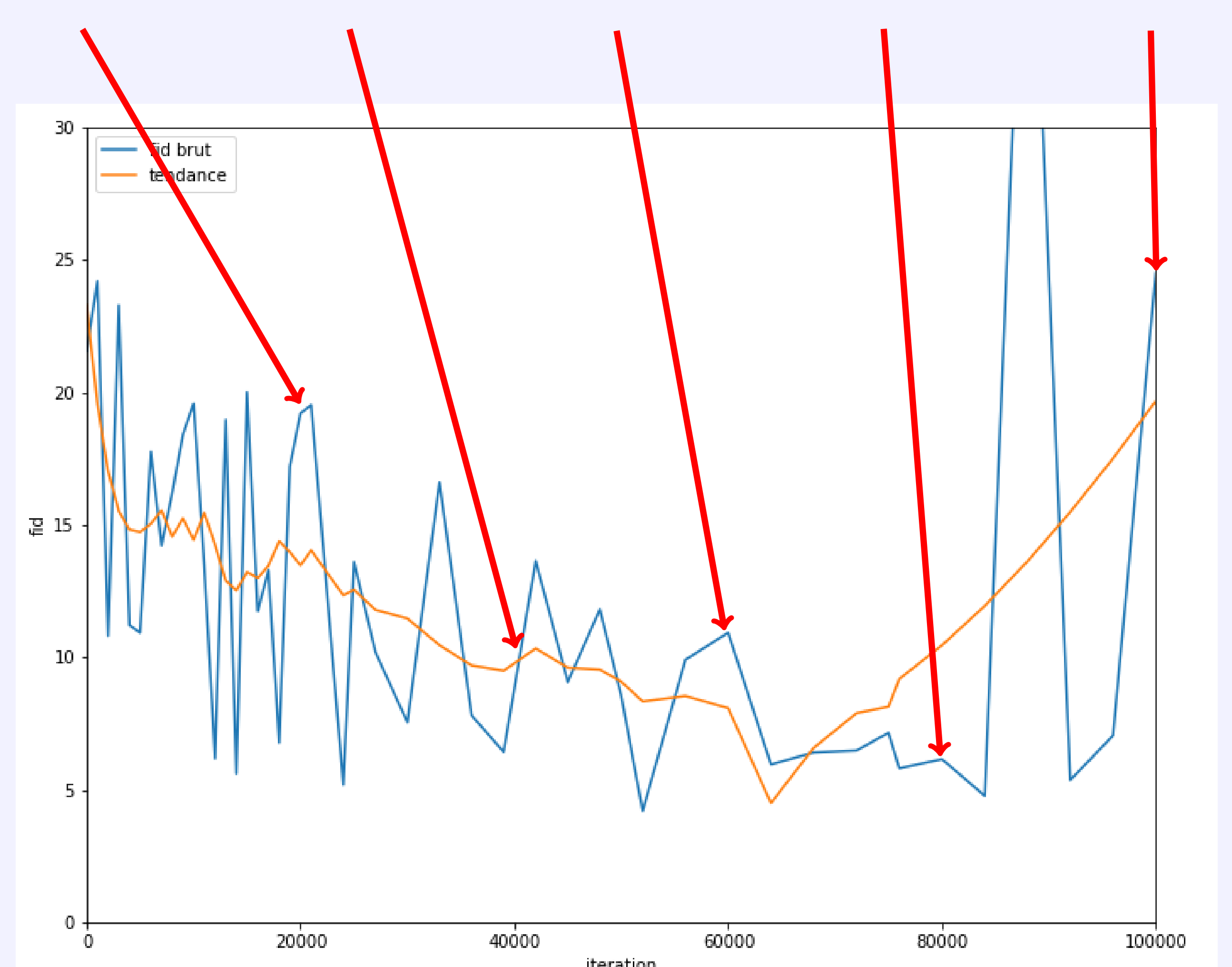
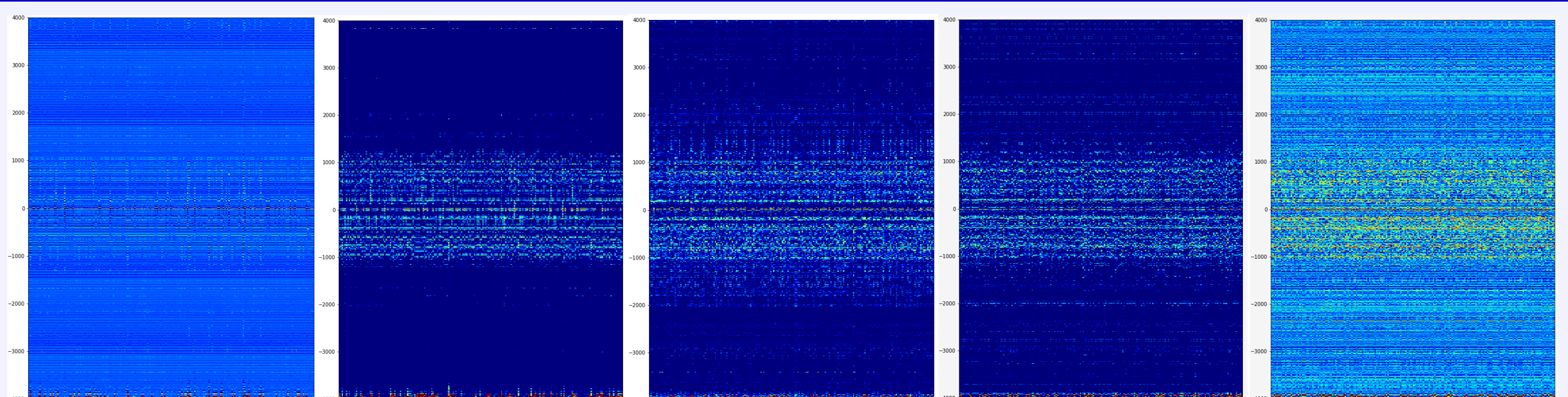


FIGURE 5 – FID au cour des itérations avec profils correspondants

### Perspectives

Les signaux générés ne sont pas de très bonne qualité.

#### Améliorations

- *Parameters tuning*
- GANs *image-to-image*, tel que **CycleGAN**, à partir de profils micro-Doppler simulés permettant de générer des profils de drones absents de la base de données.
- GANs plus avancés (par exemple **StyleGAN**)