

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

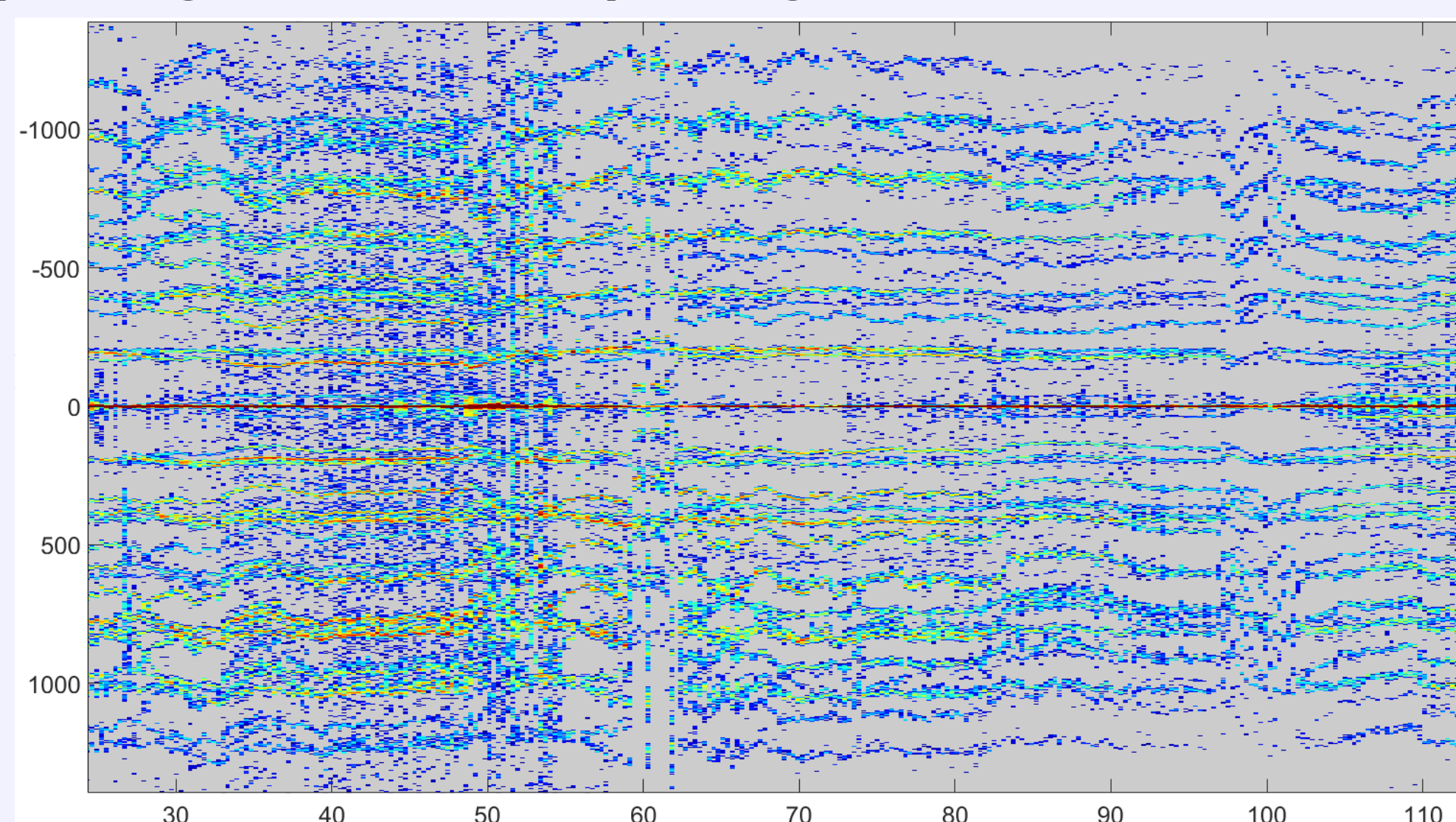


FIGURE 2 – Spectrogramme en temps long d'un drone

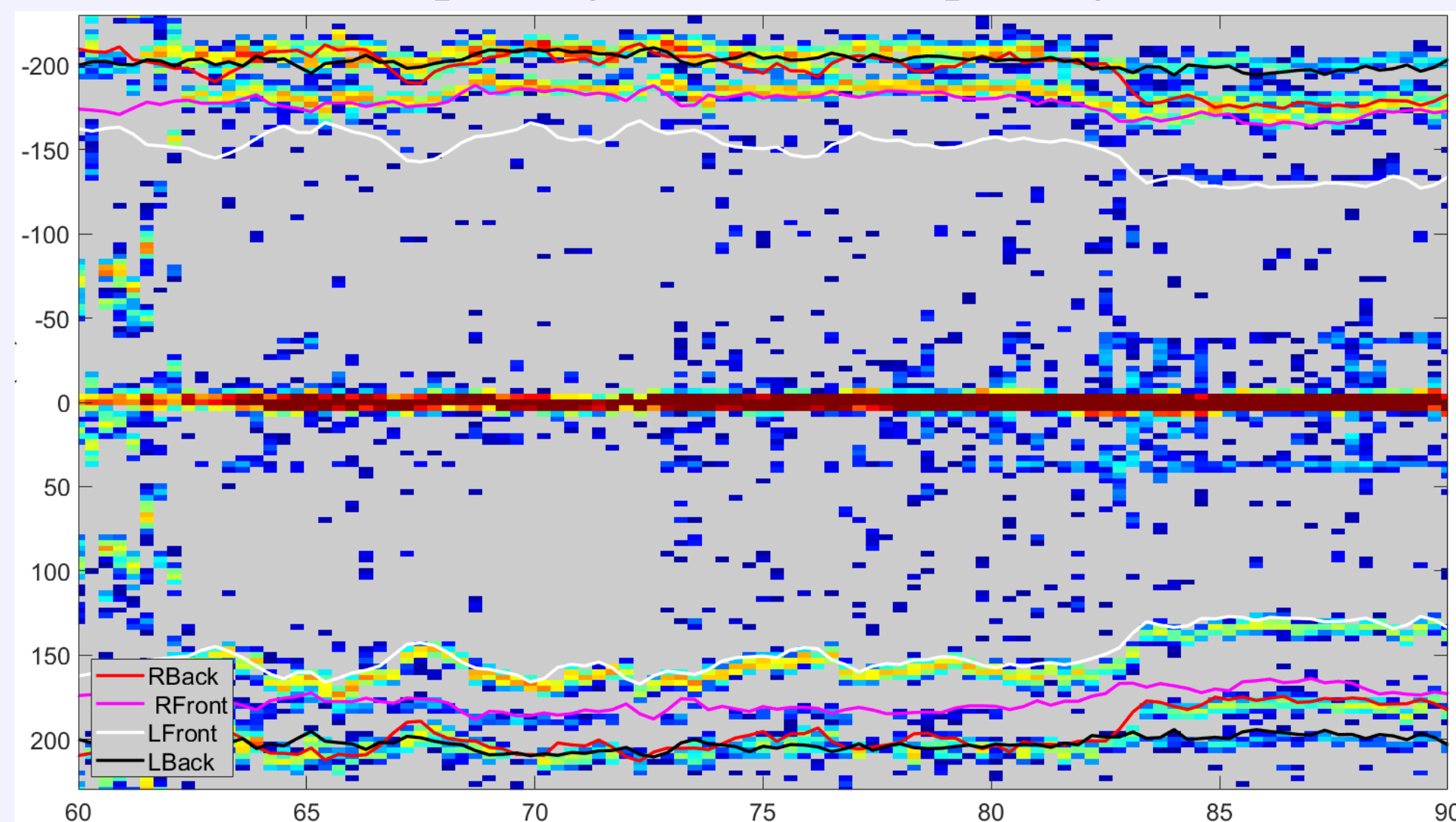


FIGURE 3 – Zoom - décalages de fréquences dus aux rotors

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.

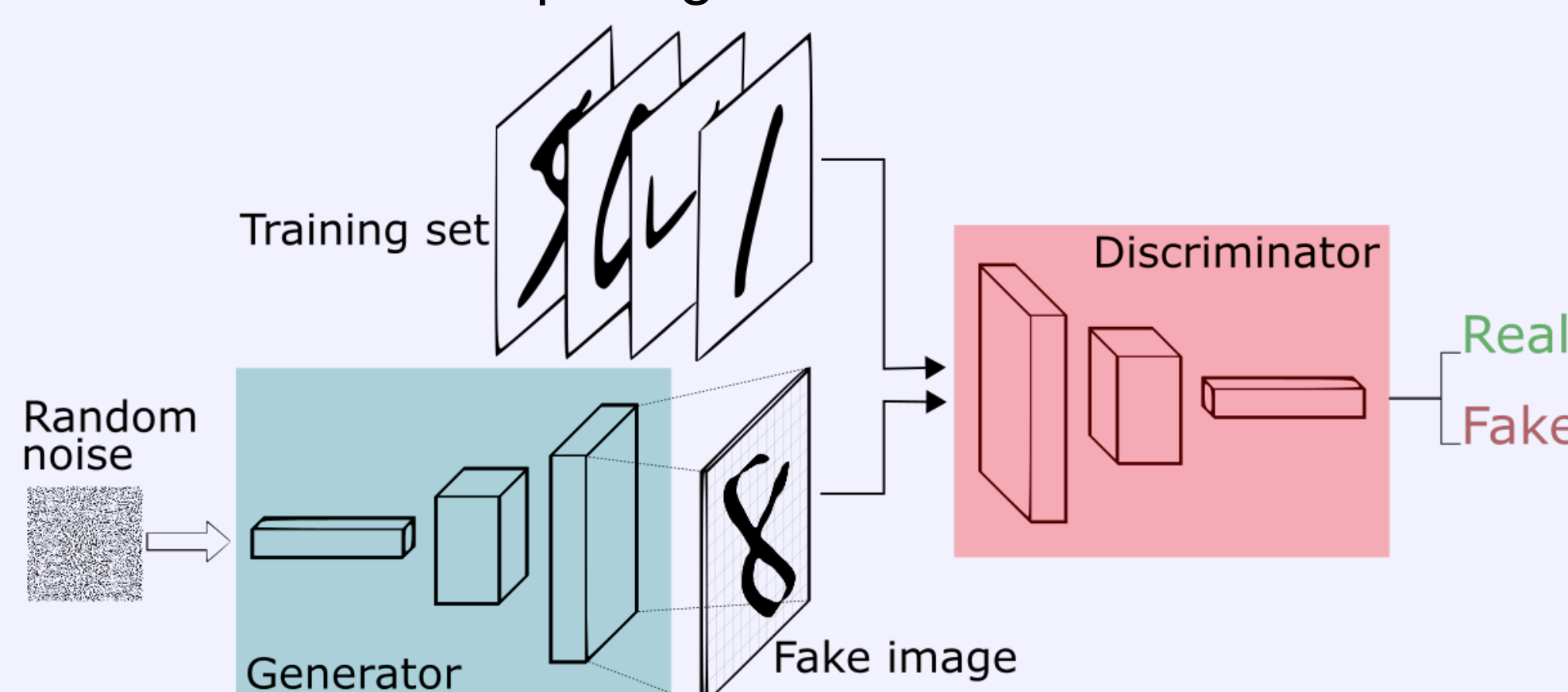


FIGURE 4 – Schéma d'un GAN basique

Fonctionnement

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

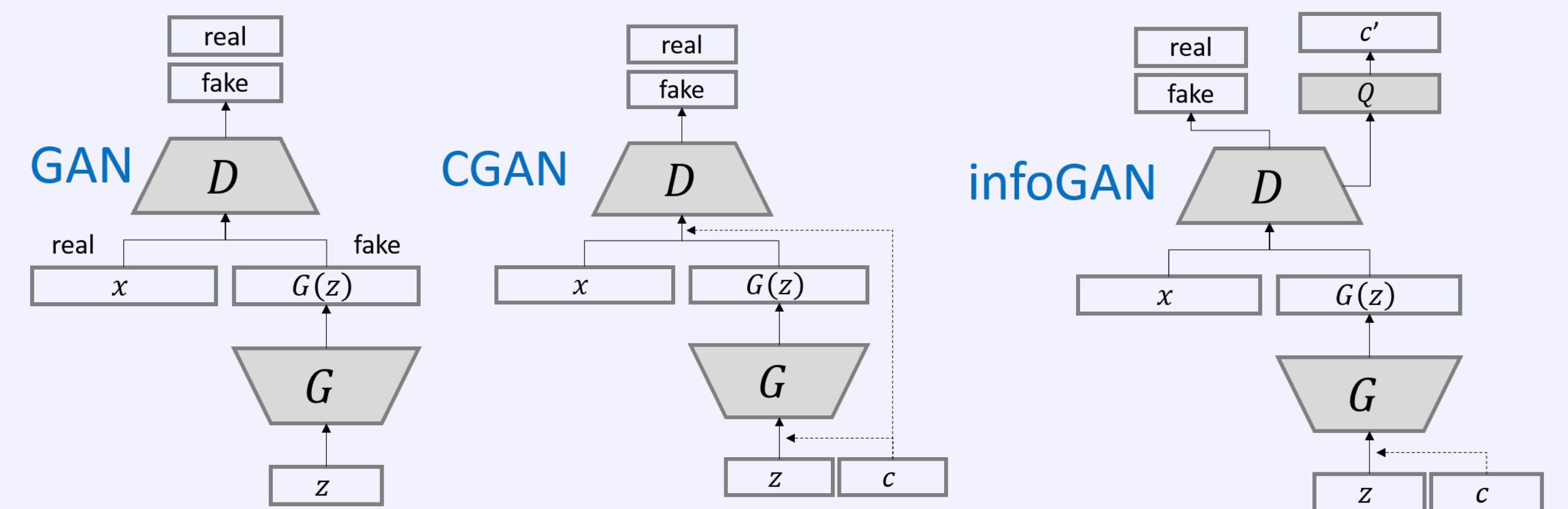
- **Générateur** essaye de tromper le **Discriminateur**
- **Discriminateur** essaye de démasquer le **Générateur**

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

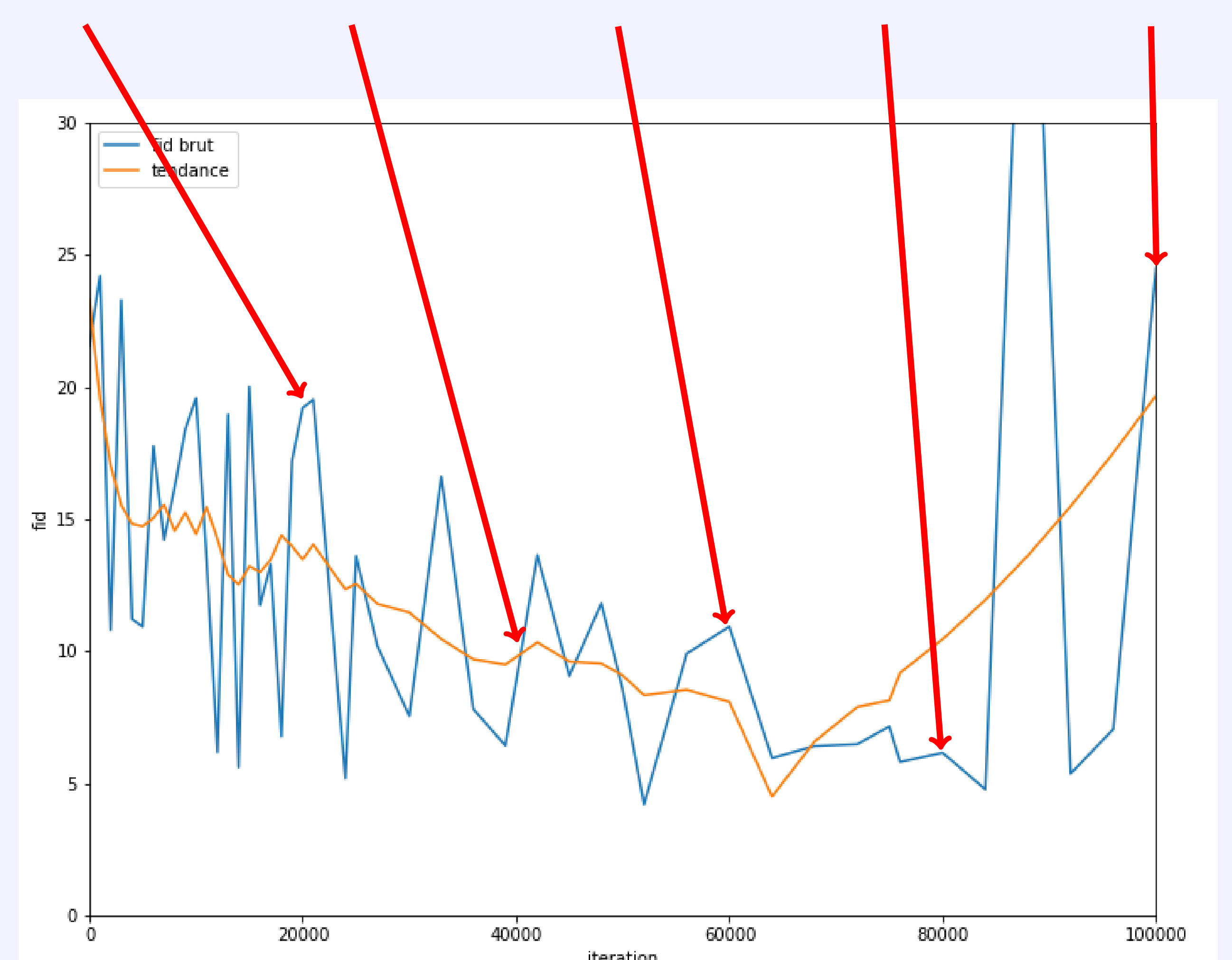
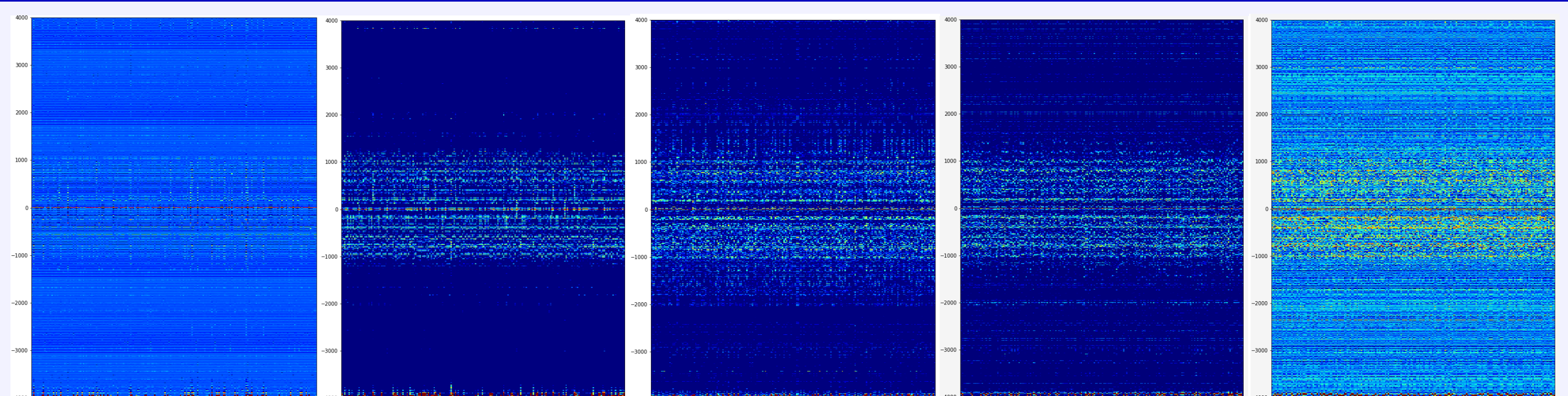


FIGURE 5 – FID au cours des itérations avec profils correspondants

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 donnée.
- GANs plus avancés (par exemple **StyleGAN**)