

Atelier 3: Segmentation d'Images avec U-Net

Objectif du TP

- Comprendre le principe de la segmentation d'images
- Découvrir l'architecture U-Net
- Appliquer U-Net sur un dataset pour segmenter des objets
- Visualiser les résultats

1) Définitions

- **Segmentation d'images**

Tâche de vision par ordinateur qui consiste à **attribuer une classe à chaque pixel d'une image**.

Type de tâche	But
Classification	Une classe pour toute l'image
Détection	Boîte + classe
Segmentation	Classe pour chaque pixel

→ Exemple : isoler un organe, une route, des arbres...

- **Segmentation binaire**

Chaque pixel est :

- 1 : appartient à l'objet
- 0 : n'appartient pas à l'objet

- **Masque (mask)**

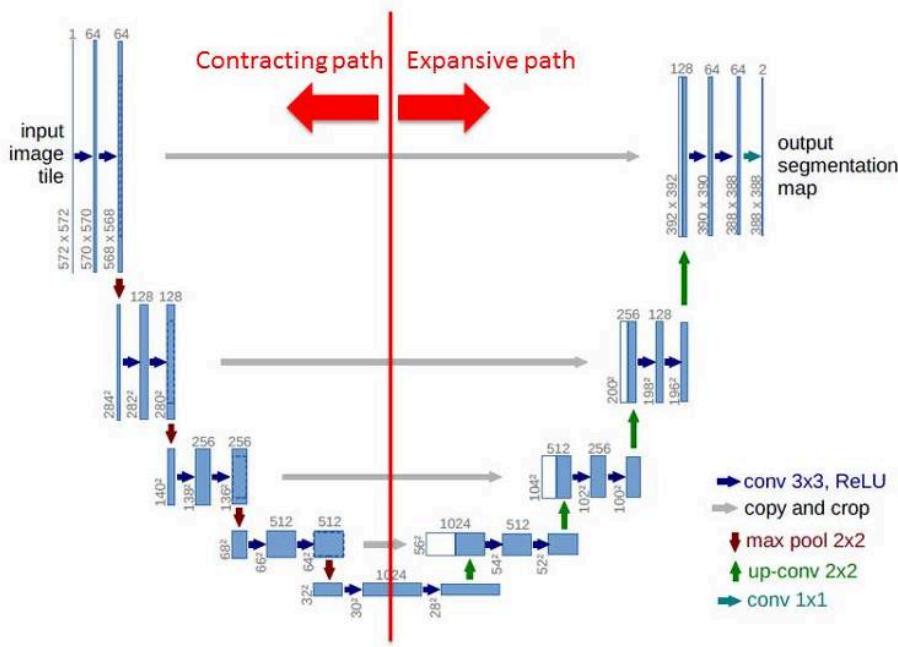
Image indiquant la classe de chaque pixel.

- **Architecture U-Net**

Un réseau CNN encoder-decoder conçu pour la segmentation d'images biomédicales.
Introduit en 2015 par Ronneberger et al.

2) U-Net : Architecture (Vue d'ensemble)

Network Architecture



U-Net est composé de trois parties :

1) Encoder (contracting path)

- Suite de convolutions + max-pooling
- Extrait les caractéristiques
- Réduit la dimension spatiale

2) Bottleneck

- Niveau le plus comprimé

3) Decoder (expanding path)

- Upsampling

- Reconstruction de l'image segmentée

Les **skip connections** relient encoder → decoder
 → Cela permet de récupérer les détails perdus.

Schéma :

Input → Encoder → Bottleneck → Decoder → Output Mask

3) Prérequis techniques

Environnement

- Python 3.8+
- TensorFlow ou PyTorch
- GPU recommandé

Installer :

```
pip install tensorflow opencv-python matplotlib
```

4) Préparation du dataset

Organisation :

```
dataset/
  ├── images/
  └── masks/
```

- Une image a un masque correspondant
- Les masques sont binaires (0 = background, 1 = objet)

Exemples de datasets :

- ISBI
- DRIVE
- Kaggle datasets (cellules, poumons, routes...)

5) Code — U-Net (TensorFlow)

Importations

```
import tensorflow as tf
from tensorflow.keras import layers, models
```

Construction U-Net

```
def unet(input_shape=(128,128,3)):
    inputs = layers.Input(input_shape)

    # Encoder
    c1 = layers.Conv2D(64, 3, activation='relu', padding='same')(inputs)
    c1 = layers.Conv2D(64, 3, activation='relu', padding='same')(c1)
    p1 = layers.MaxPooling2D((2, 2))(c1)

    c2 = layers.Conv2D(128, 3, activation='relu', padding='same')(p1)
    c2 = layers.Conv2D(128, 3, activation='relu', padding='same')(c2)
    p2 = layers.MaxPooling2D((2, 2))(c2)

    # Bottleneck
    c3 = layers.Conv2D(256, 3, activation='relu', padding='same')(p2)
    c3 = layers.Conv2D(256, 3, activation='relu', padding='same')(c3)

    # Decoder
    u4 = layers.Conv2DTranspose(128, 2, strides=2, padding='same')(c3)
    u4 = layers.concatenate([u4, c2])
    c4 = layers.Conv2D(128, 3, activation='relu', padding='same')(u4)
    c4 = layers.Conv2D(128, 3, activation='relu', padding='same')(c4)

    u5 = layers.Conv2DTranspose(64, 2, strides=2, padding='same')(c4)
    u5 = layers.concatenate([u5, c1])
    c5 = layers.Conv2D(64, 3, activation='relu', padding='same')(u5)
    c5 = layers.Conv2D(64, 3, activation='relu', padding='same')(c5)

    outputs = layers.Conv2D(1, 1, activation='sigmoid')(c5)

    return models.Model(inputs, outputs)

model = unet()
model.summary()
```

6) Compilation du modèle

```
model.compile(  
    optimizer="adam",  
    loss="binary_crossentropy",  
    metrics=["accuracy"]  
)
```

7) Chargement des données

À adapter selon structure...

```
import numpy as np  
import cv2  
import glob  
  
def load_data(path_img, path_mask):  
    imgs = []  
    masks = []  
  
    for img_path in glob.glob(path_img + "/*.png"):  
        img = cv2.imread(img_path)  
        img = cv2.resize(img, (128,128)) / 255.0  
        imgs.append(img)  
  
        mname = img_path.replace("images", "masks")  
        mask = cv2.imread(mname, 0)  
        mask = cv2.resize(mask, (128,128)) / 255.0  
        masks.append(mask)  
  
    return np.array(imgs), np.array(masks)  
  
X, y = load_data("dataset/images", "dataset/masks")  
y = y.reshape(-1, 128, 128, 1)
```

8) Entraînement

```
history = model.fit(  
    X, y,  
    batch_size=8,  
    epochs=20,  
    validation_split=0.1  
)
```

9) Visualisation des prédictions

```
pred = model.predict(X[:5])  
  
import matplotlib.pyplot as plt  
  
for i in range(5):  
    plt.figure(figsize=(10,4))  
    plt.subplot(1,3,1)  
    plt.title("Image")  
    plt.imshow(X[i])  
  
    plt.subplot(1,3,2)  
    plt.title("Mask")  
    plt.imshow(y[i].squeeze(), cmap="gray")  
  
    plt.subplot(1,3,3)  
    plt.title("Prediction")  
    plt.imshow(pred[i].squeeze(), cmap="gray")  
    plt.show()
```

10) Métriques utiles

Dice coefficient

$$\text{Dice} = \frac{2|A \cap B|}{|A| + |B|}$$

IoU

Rapport intersection / union.

11) Améliorations possibles

- Data augmentation
- U-Net++
- Attention U-Net
- ResUNet
- Multi-classes
- Utilisation de weights pré-entraînés
- Post-processing (CRF, etc.)

12) Exercice proposé

Objectif

- Entraîner un U-Net sur un dataset simple (ex. cellules)
- Visualiser masque + prédiction
- Calculer IoU ou Dice Score

Bonus

- Data augmentation
- Multi-classes
- Comparaison avec un modèle pré-entraîné