



**CENTRALE
NANTES**

27/03/2025

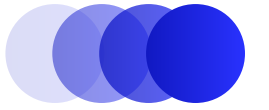
DATASIM Projet CLIPS

CLIPS : Curriculum Learning for Improved
PET Segmentation

**FALK Anthonin
HAMIE Bachar**



**CHU
NANTES**



01

Contexte

02

Objectifs

03

Contributions

04

Résultats et Difficultées
rencontrées

05

Conclusion



01

Contexte

Contexte

Collaboration entre :

- CHU de Nantes
- Équipe de chercheur de Vancouver
- École Centrale de Nantes



Contexte

Collaboration entre :

- CHU de Nantes
- Équipe de chercheur de Vancouver
- École Centrale de Nantes

Encadrants :

- Thomas CARLIER
- Oriane THIERY
- Diana MATEUS
- Mira RIZKALLAH



Contexte

Collaboration entre :

- CHU de Nantes
- Équipe de chercheur de Vancouver
- École Centrale de Nantes

Encadrants :

- Thomas CARLIER
- Oriane THIERY
- Diana MATEUS
- Mira RIZKALLAH

Sujet :

Améliorer les performances d'un CNN réalisant une segmentation d'images TEP et scanographie (développé par Vancouver)

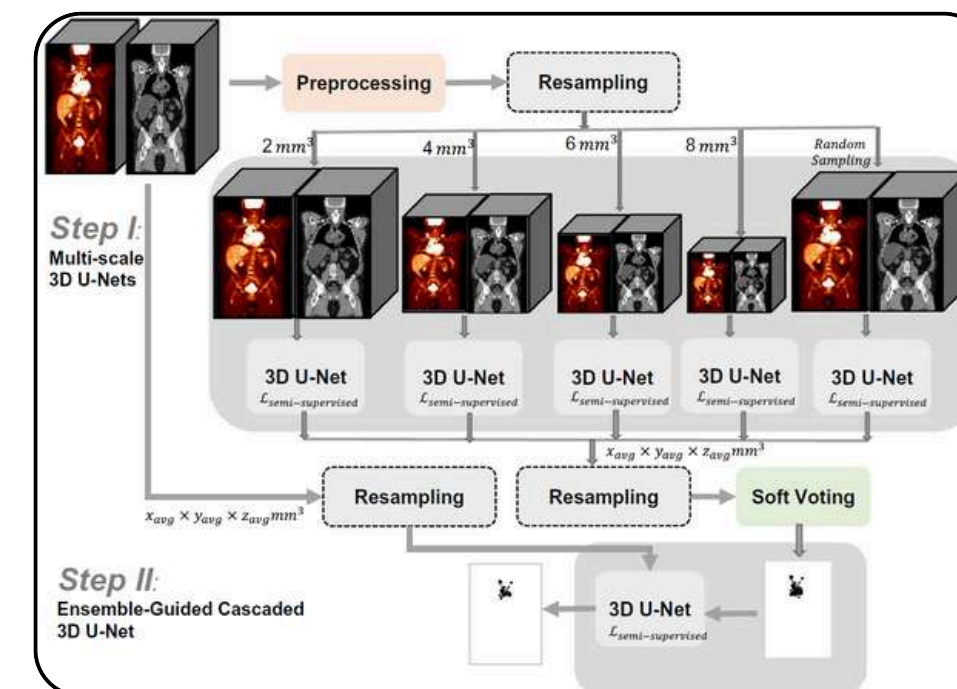
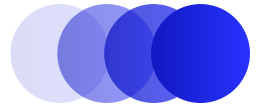


Image TEP et Scanographie



Imagerie avant traitement

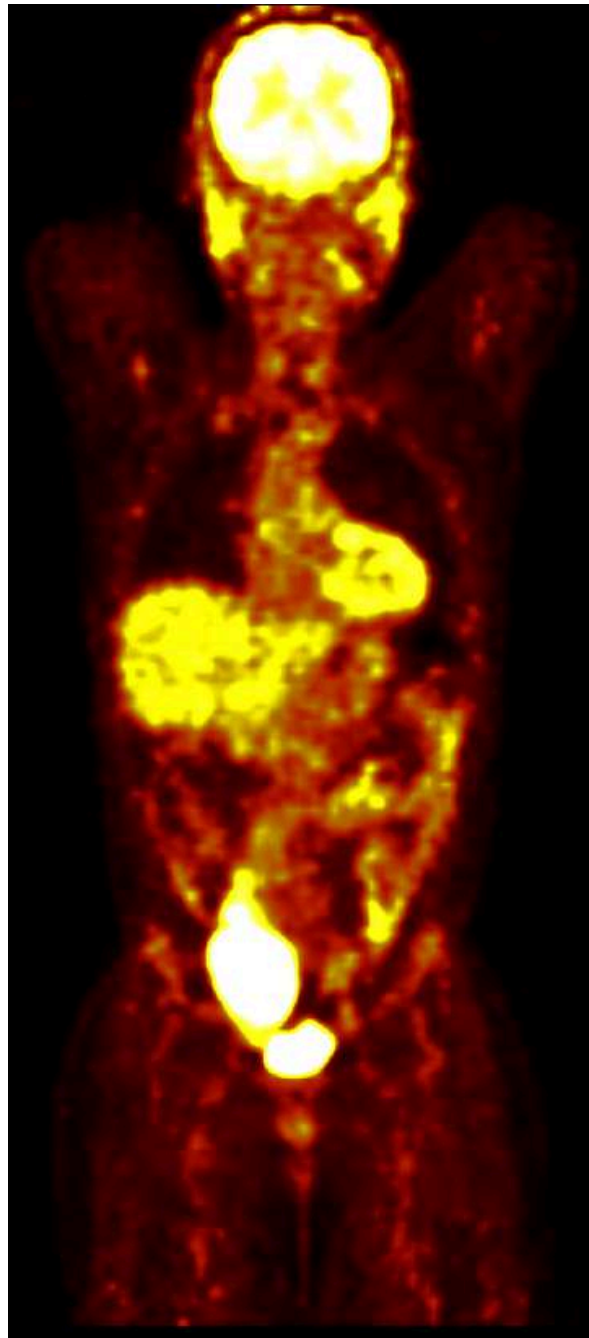
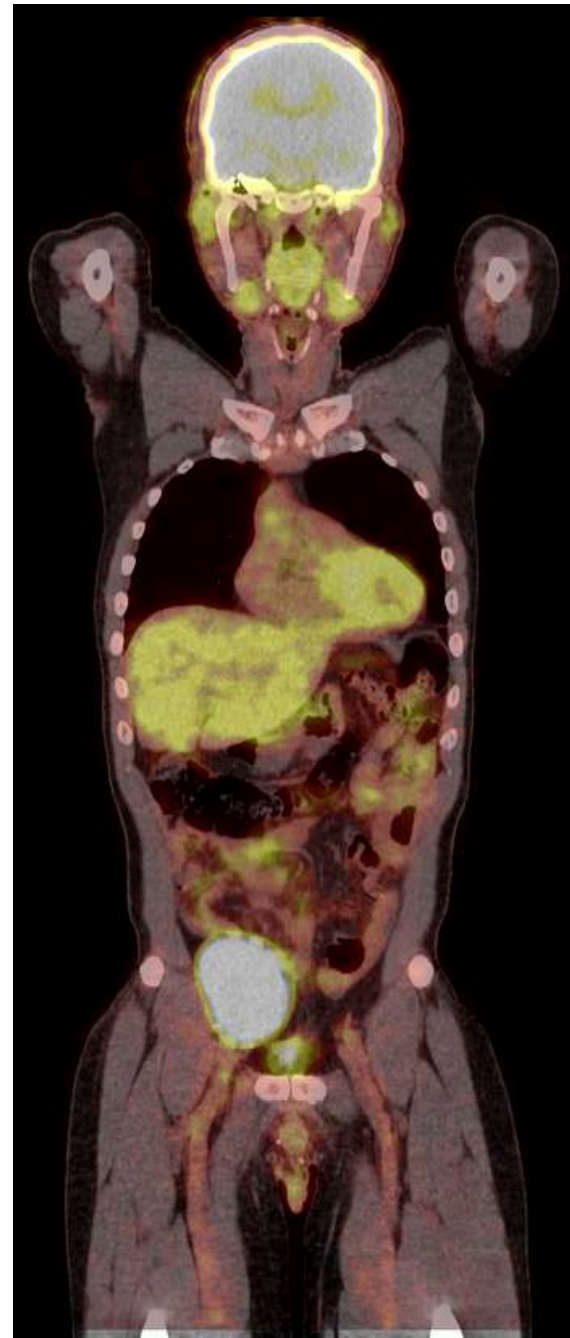


Image TEP



Scanographie

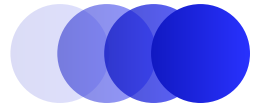


Superposition

Deux modalités d'image :

- TEP : Tomographie par Emission de Positron
- Scanographie (rayons X)

Image TEP et Scanographie



Imagerie avant traitement

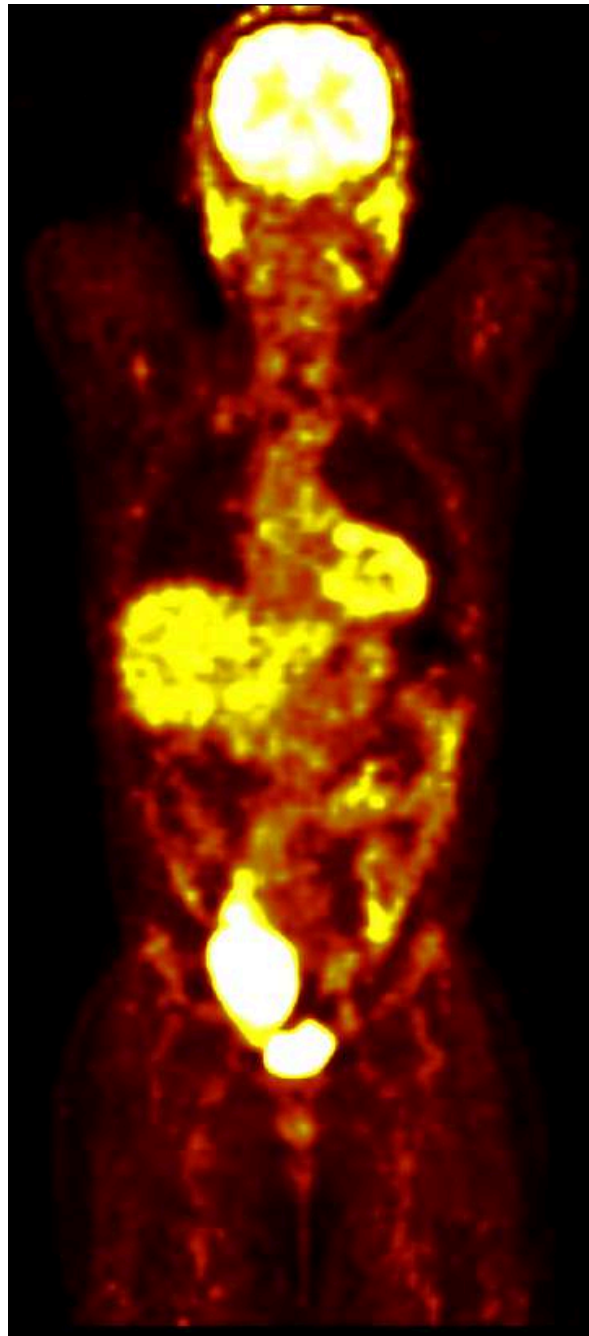
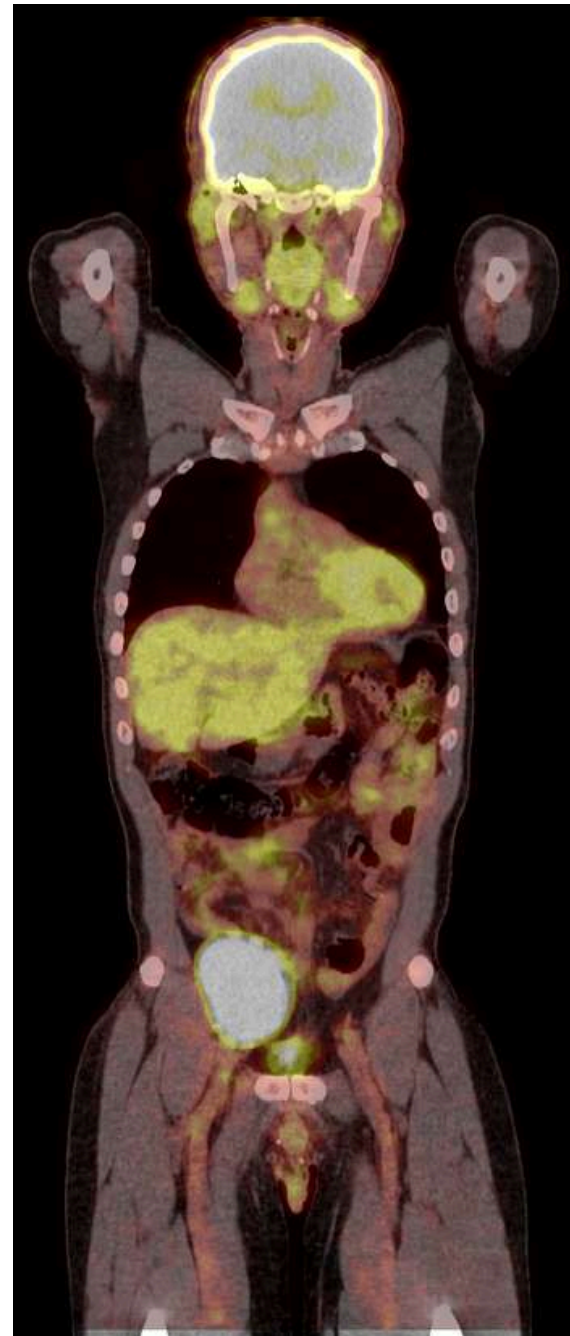


Image TEP



Scanographie



Superposition

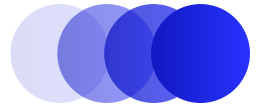
Deux modalités d'image :

- TEP : Tomographie par Emission de Positron
- Scanographie (rayons X)

Fonctionnement de la TEP :

Injection d'une solution de FDG (glucose modifié avec du Fluor radioactif) et mesure de la concentration

Image TEP et Scanographie



Imagerie avant traitement

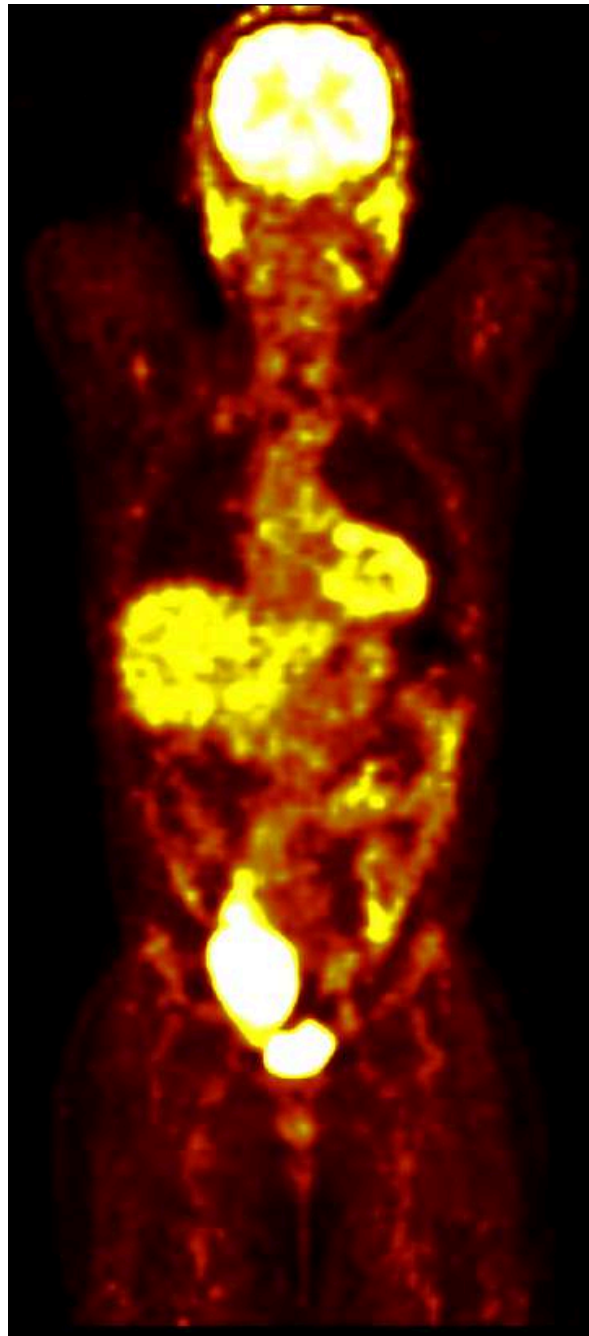
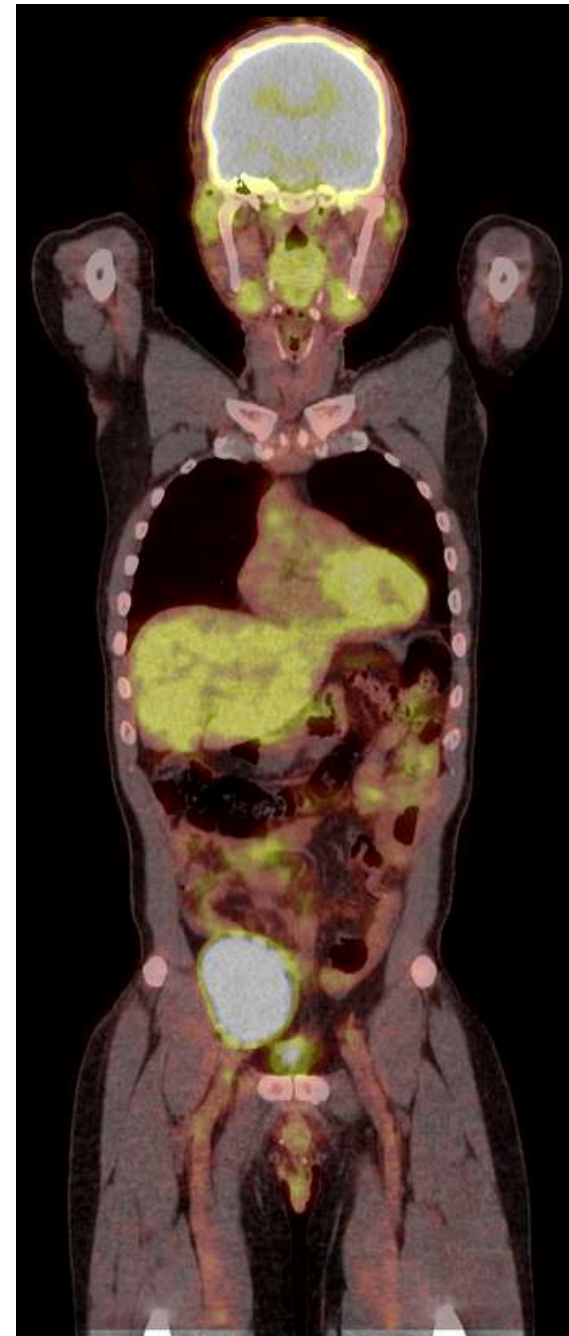


Image TEP



Scanographie



Superposition

Deux modalités d'image :

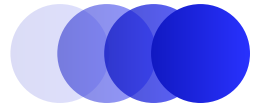
- TEP : Tomographie par Emission de Positron
- Scanographie (rayons X)

Fonctionnement de la TEP :

Injection d'une solution de FDG (glucose modifié avec du Fluor radioactif) et mesure de la concentration

Base de données : issue du protocole clinique GAINED réalisé par LYSA (Lymphoma Study Association)

Image TEP et Scanographie



Imagerie avant traitement

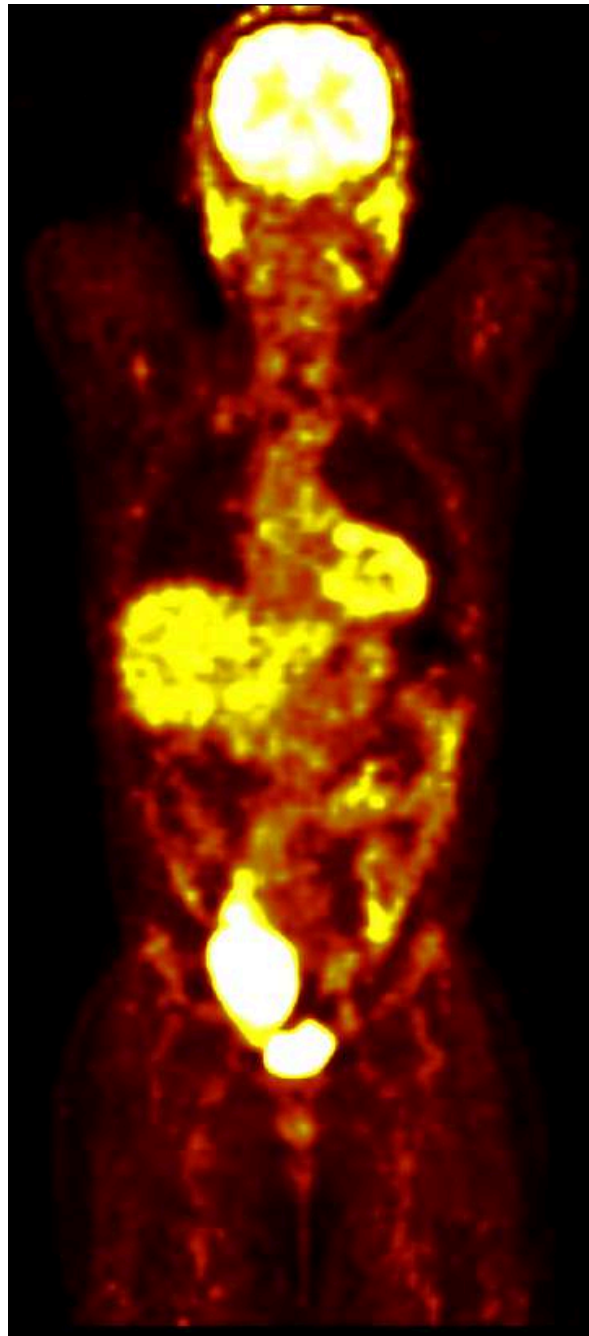
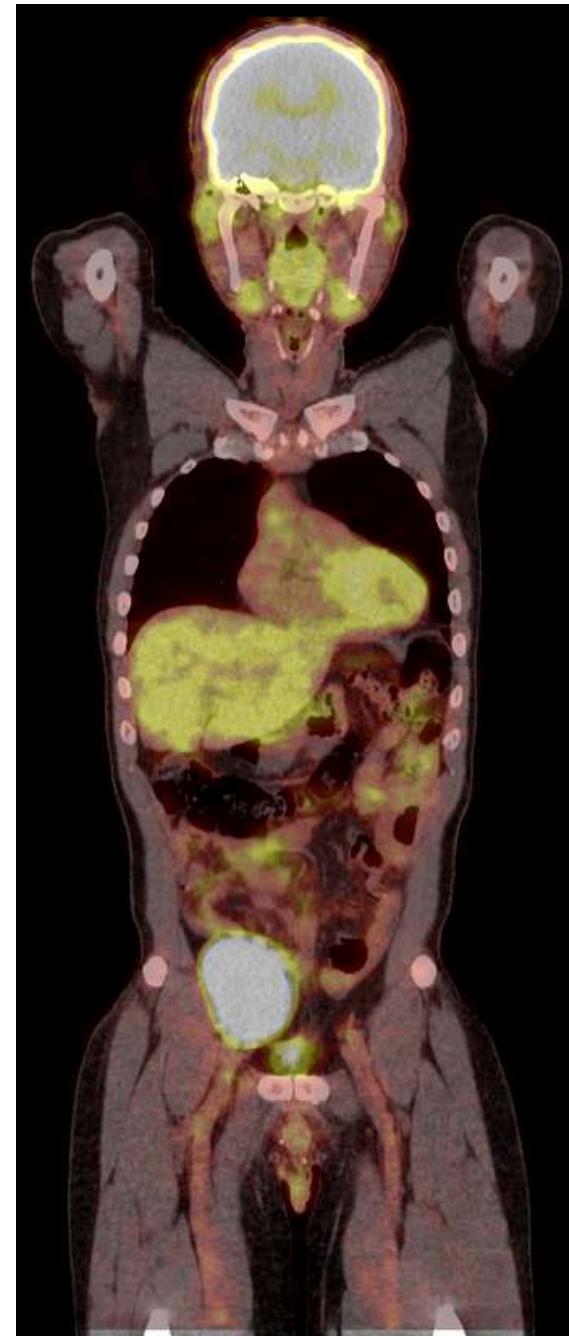


Image TEP



Scanographie



Superposition

Deux modalités d'image :

- TEP : Tomographie par Emission de Positron
- Scanographie (rayons X)

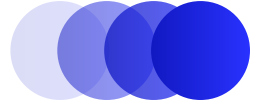
Fonctionnement de la TEP :

Injection d'une solution de FDG (glucose modifié avec du Fluor radioactif) et mesure de la concentration

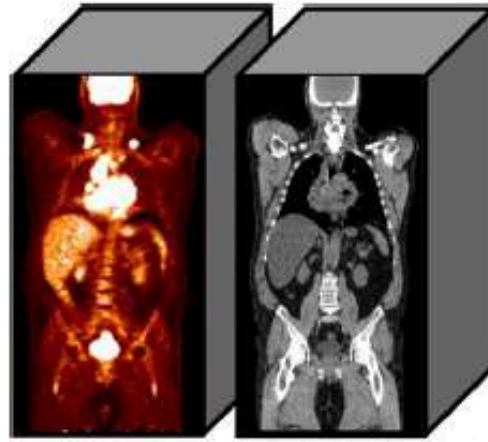
Base de données : issue du protocole clinique GAINED réalisé par LYSA (Lymphoma Study Association)

Type de maladie : Lymphome B-diffus à grandes cellules (DLBCL)

Contexte : TMTV-Net (F. Youssefirizi et al, 2024)



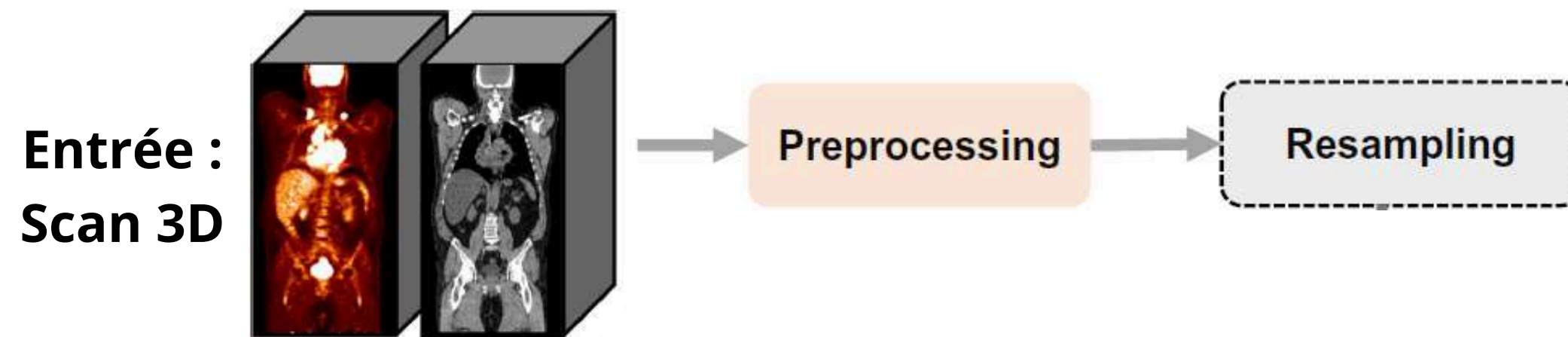
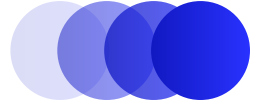
**Entrée :
Scan 3D**



**Sortie:
Image binaire 3D**



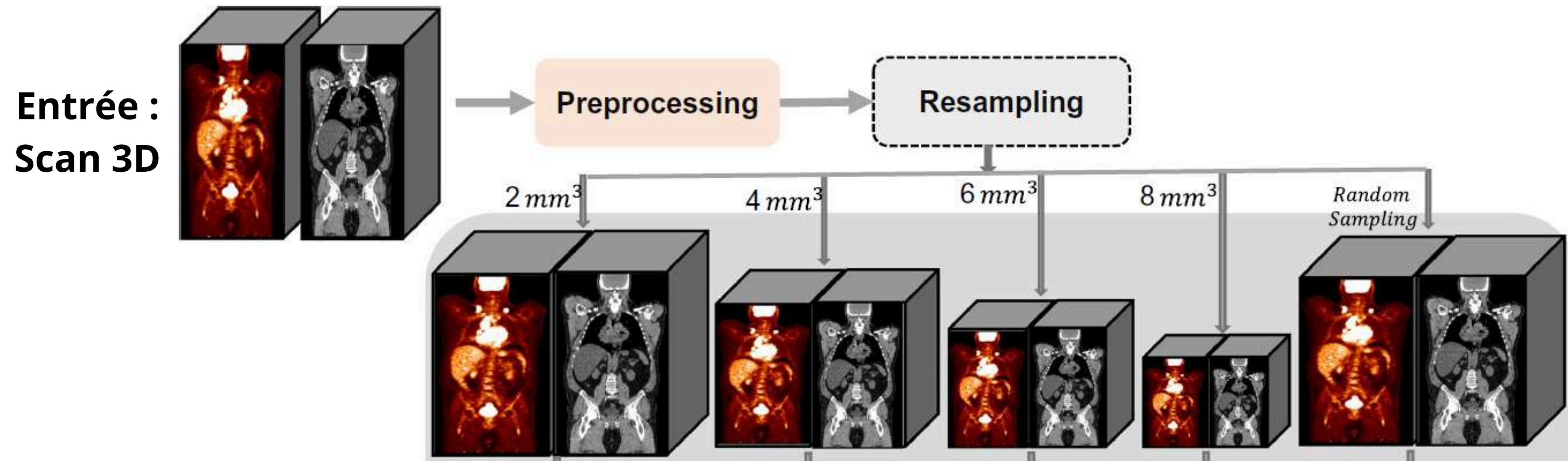
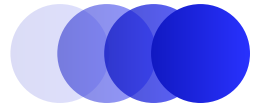
Contexte : TMTV-Net (F. Yousefirizi et al, 2024)



Sortie:
Image binaire 3D

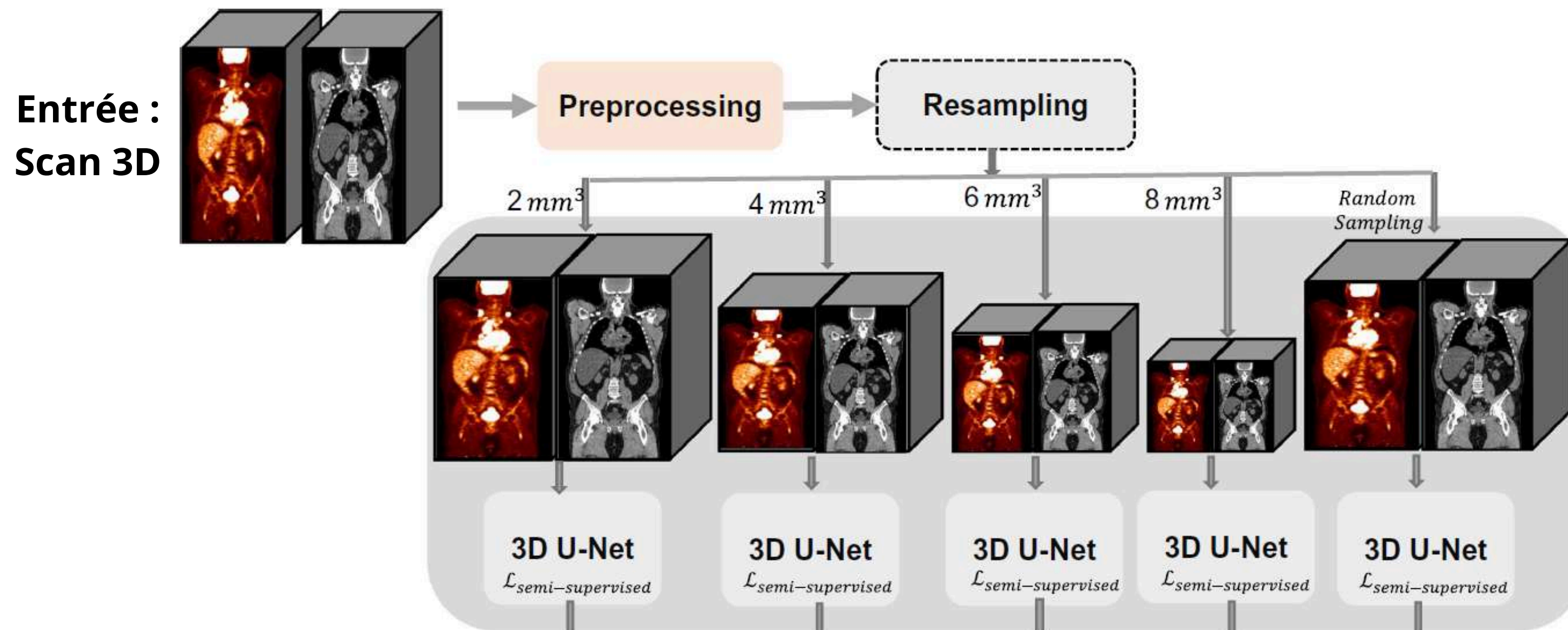
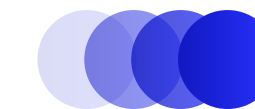
The output of the network is a 3D binary image, depicted as a small rectangular volume containing a sparse cluster of black voxels, representing the segmented tumor volume.

Contexte : TMTV-Net (F. Youssefirizi et al, 2024)



Sortie:
Image binaire 3D

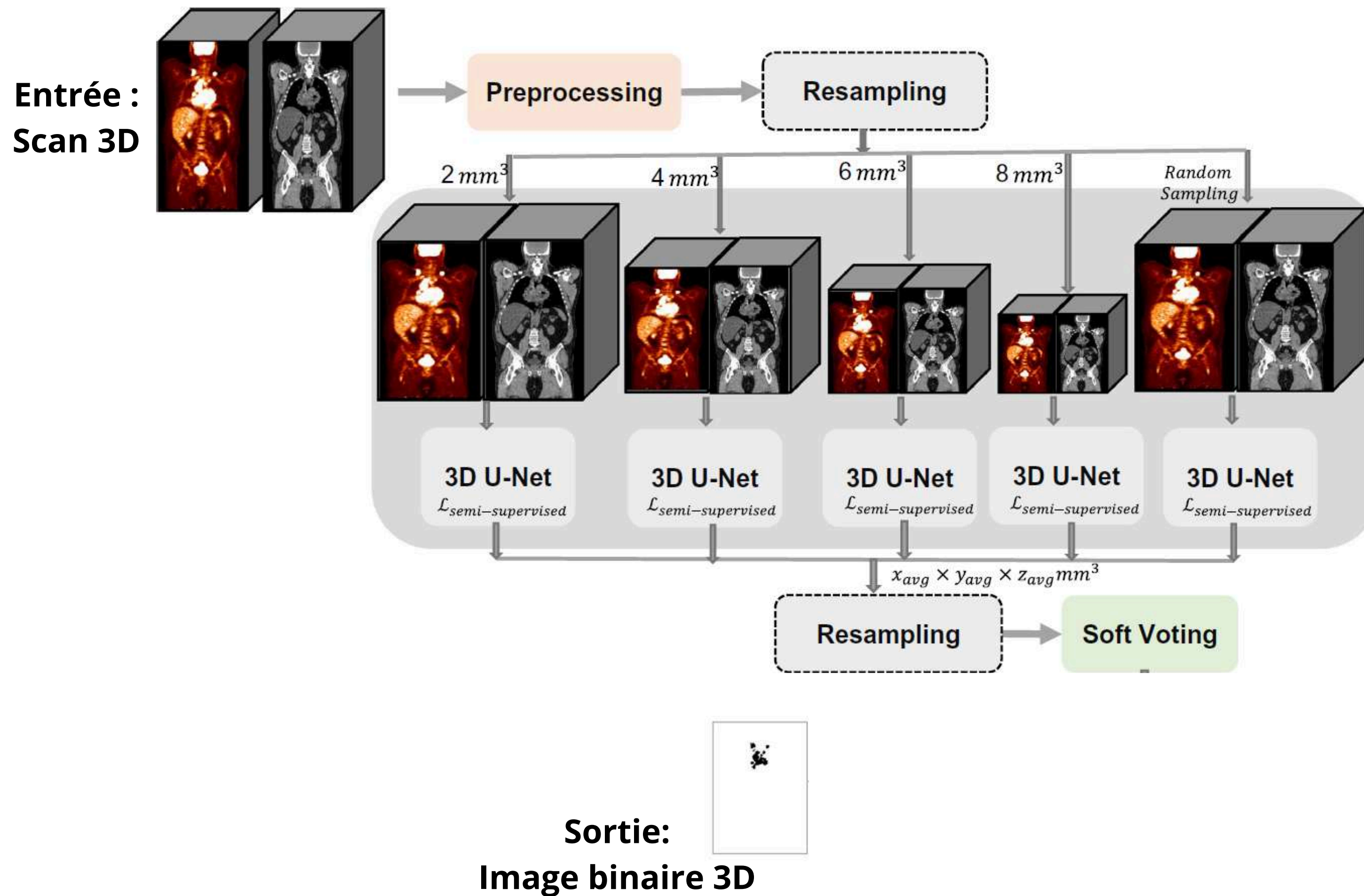
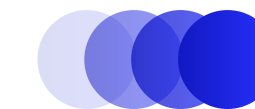
Contexte : TMTV-Net (F. Youssefirizi et al, 2024)



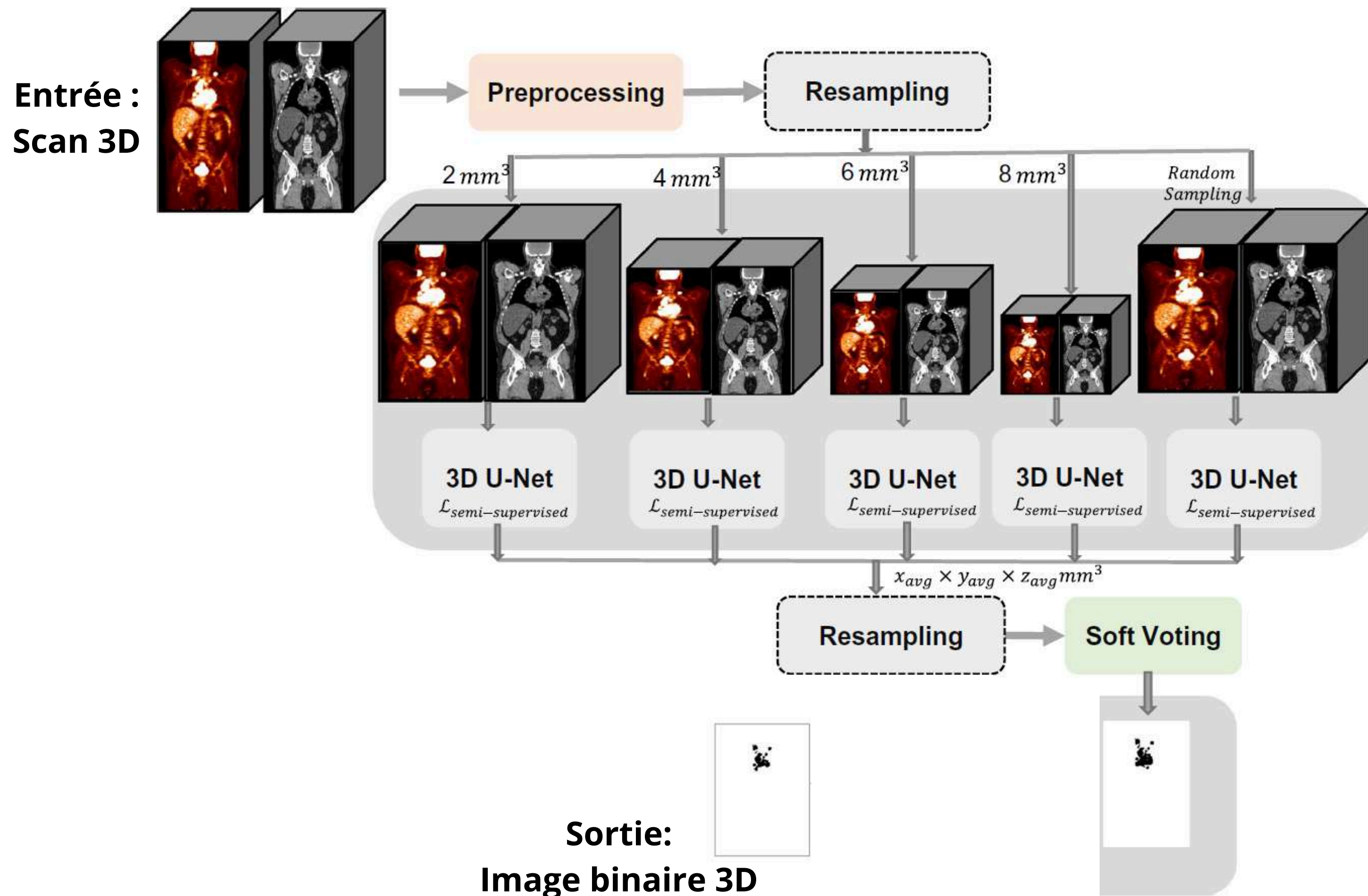
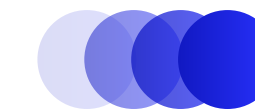
Sortie:
Image binaire 3D



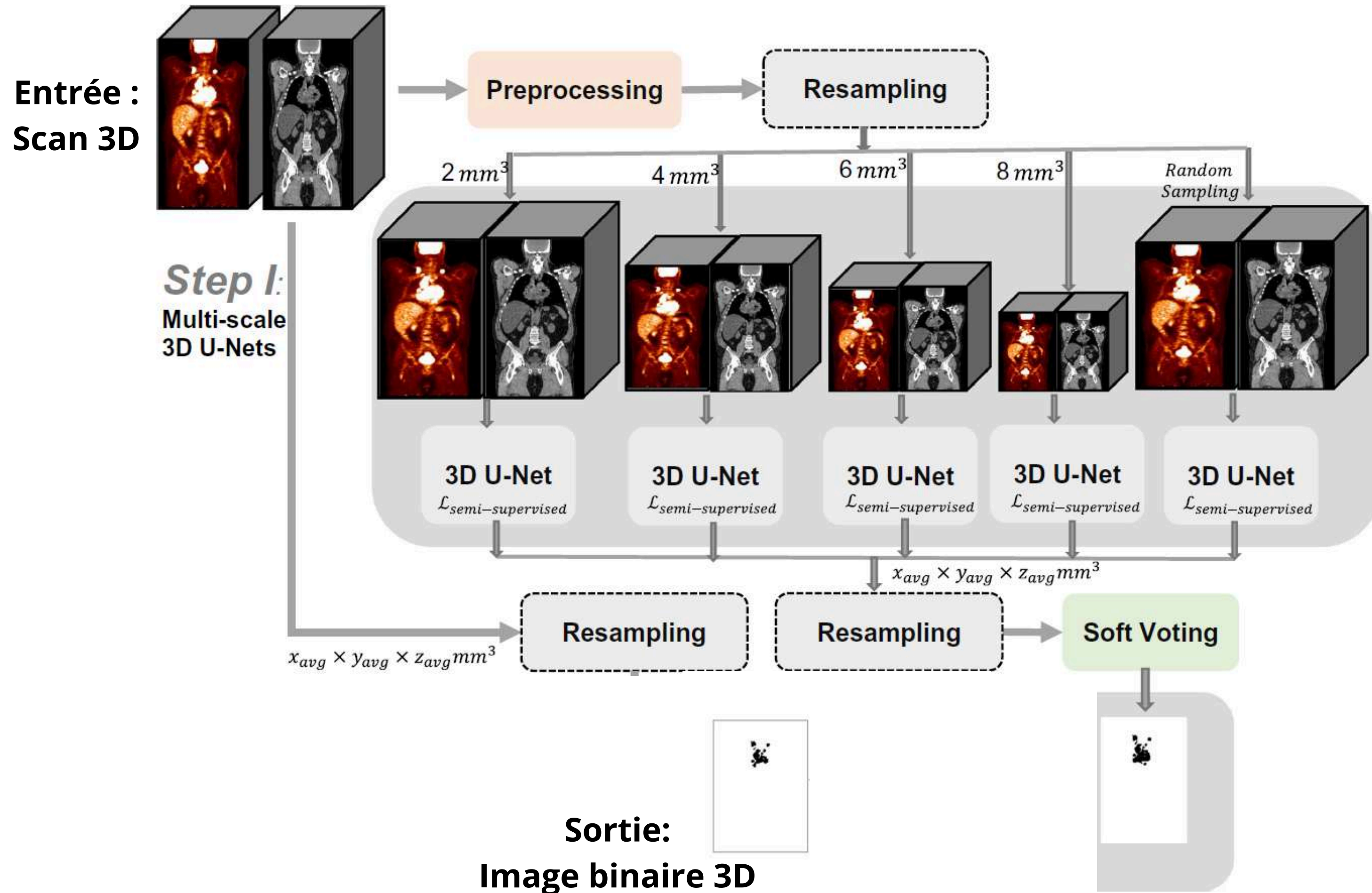
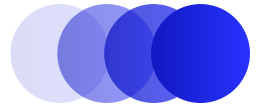
Contexte : TMTV-Net (F. Youssefirizi et al, 2024)



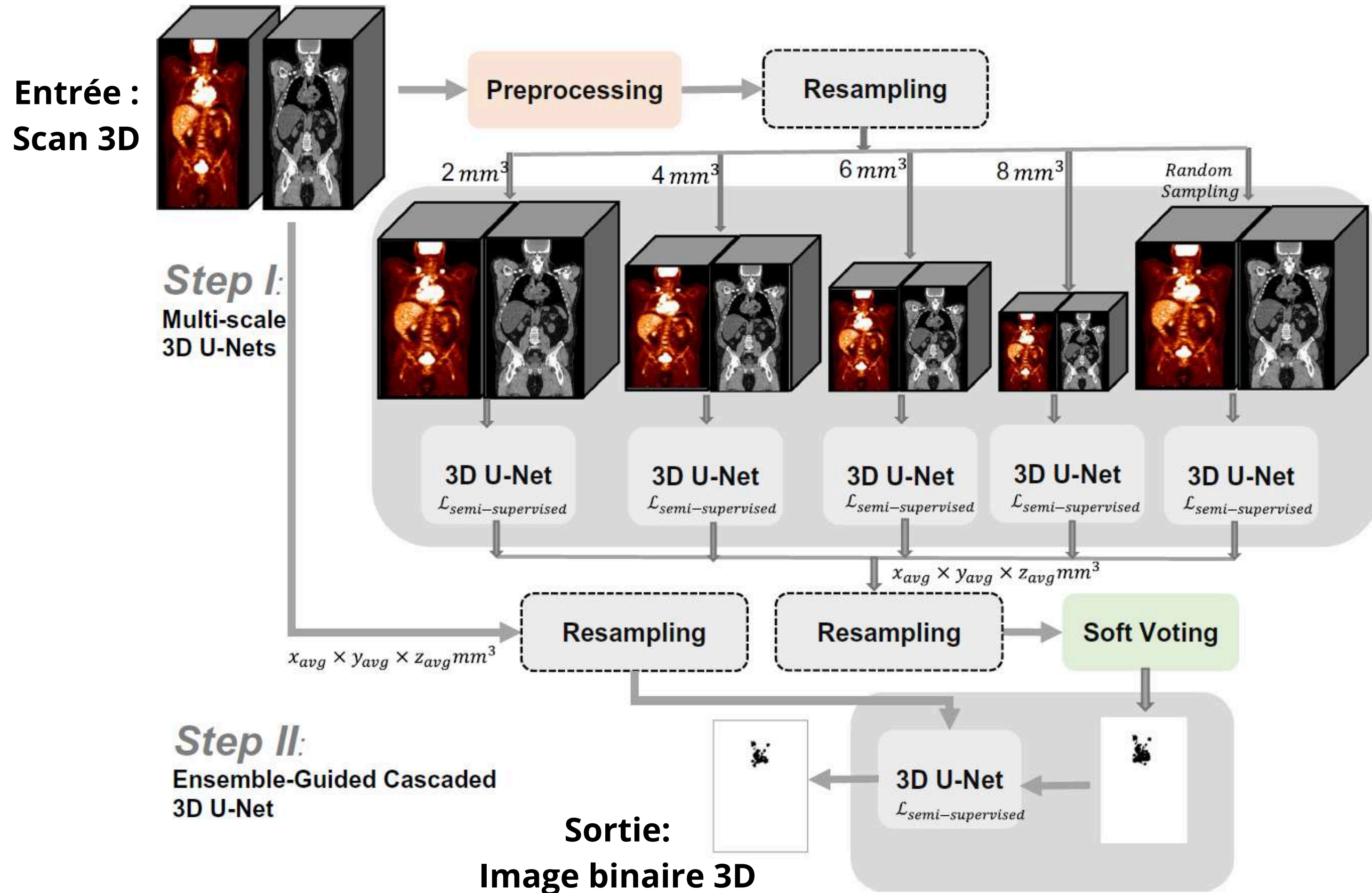
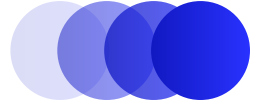
Contexte : TMTV-Net (F. Youssefirizi et al, 2024)



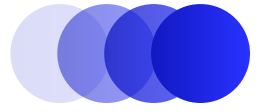
Contexte : TMTV-Net (F. Yousefirizi et al, 2024)



Contexte : TMTV-Net (F. Yousefirizi et al, 2024)

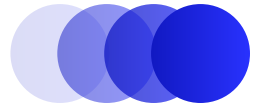


Contexte : TMTV-Net (F. Yousefirizi et al, 2024)



y : sortie du réseau θ : paramètre du réseau g : vérité terrain

$$\mathcal{L}_{semi-supervised}(y, g; \theta) =$$



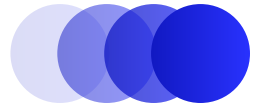
y : sortie du réseau θ : paramètre du réseau g : vérité terrain

$$\mathcal{L}_{semi-supervised}(y, g; \theta) = \alpha \mathcal{L}_{MS}(y; \theta)$$



**Qualité de la
segmentation,
non supervisé
(négligeable)**

$$\alpha = 10^{-5}, \beta = 1, \lambda = 2$$



y : sortie du réseau

θ : paramètre du réseau

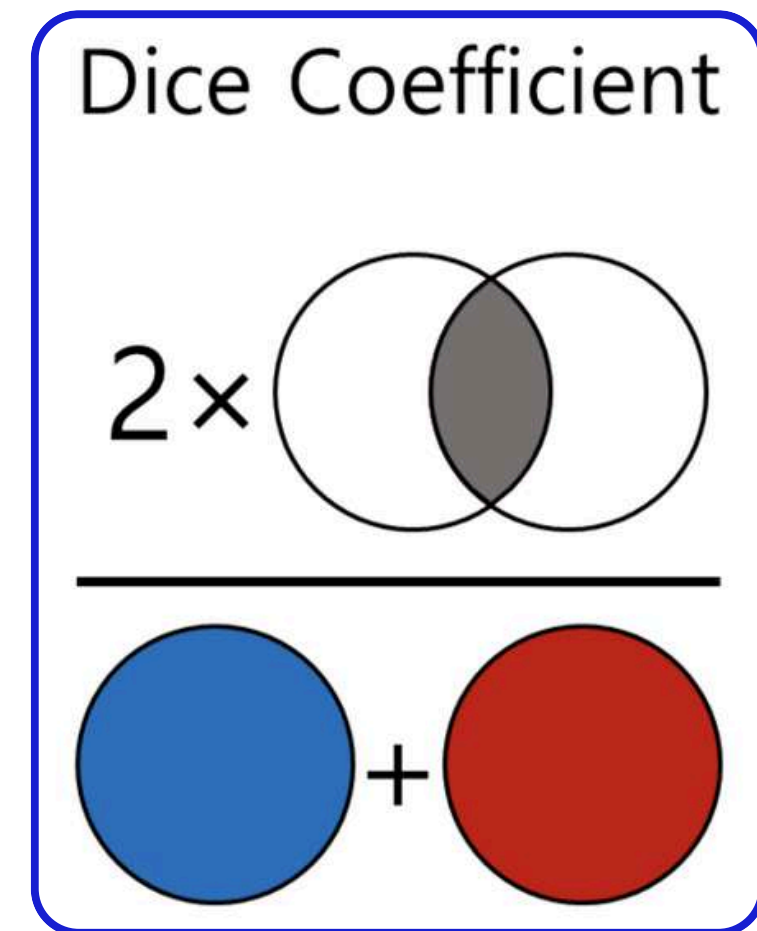
g : vérité terrain

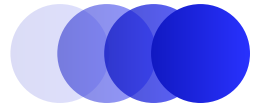
$$\mathcal{L}_{semi-supervised}(y, g; \theta) = \alpha \mathcal{L}_{MS}(y; \theta) + \beta \mathcal{L}_{Dice}(y, g; \theta)$$

**Qualité de la
segmentation,
non supervisé
(négligeable)**

Ecart de surface

$$\alpha = 10^{-5}, \beta = 1, \lambda = 2$$





y : sortie du réseau

θ : paramètre du réseau

g : vérité terrain

$$\mathcal{L}_{semi-supervised}(y, g; \theta) = \alpha \mathcal{L}_{MS}(y; \theta) + \beta \mathcal{L}_{Dice}(y, g; \theta) + \lambda \mathcal{L}_{CE}(y, g; \theta)$$

**Qualité de la
segmentation,
non supervisé
(négligeable)**

Ecart de surface

Entropie croisée

$$\mathcal{L}_{CE}(g, y) = -g \log(y) - (1 - g) \log(1 - y)$$

$$\alpha = 10^{-5}, \beta = 1, \lambda = 2$$



02

Objectifs

Problème

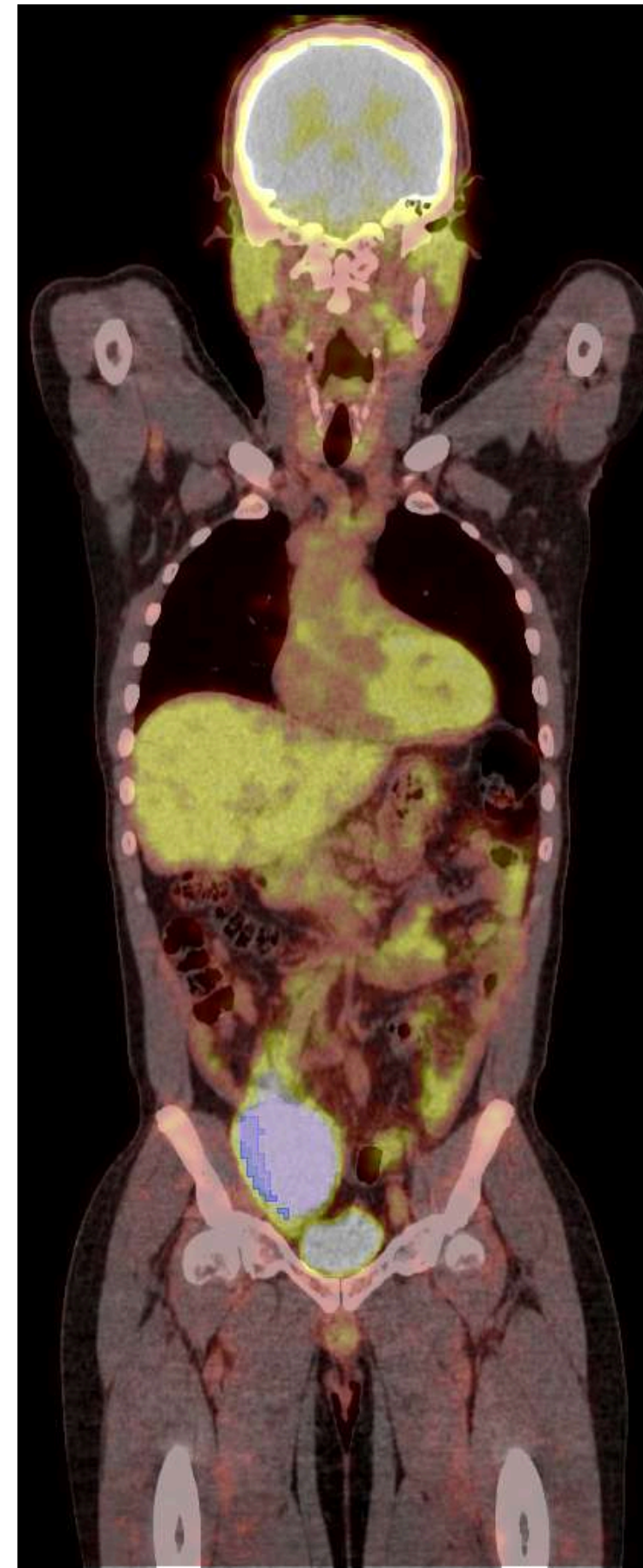
01

Mauvaise segmentation
de certains patients

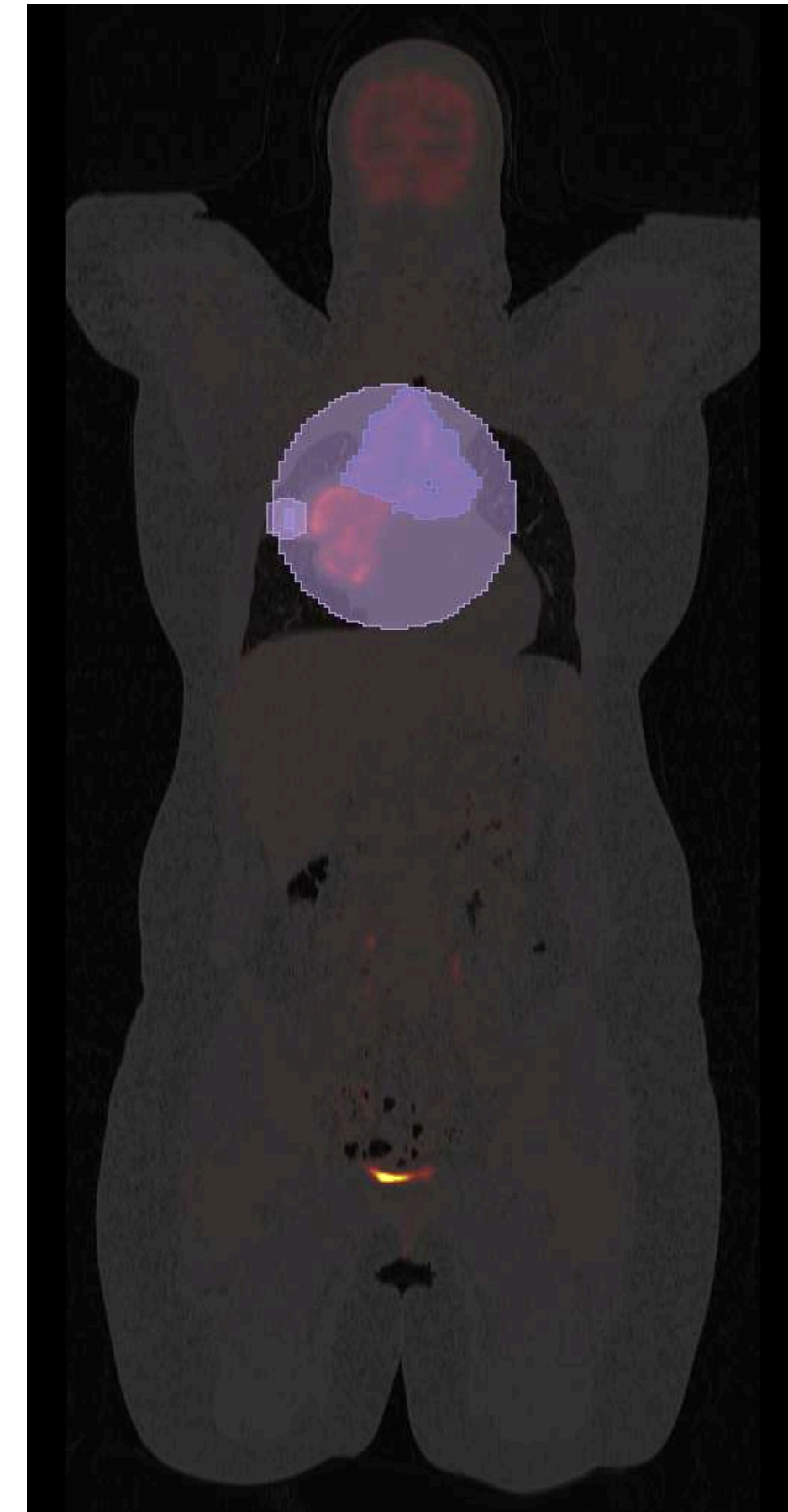
Objectif

02

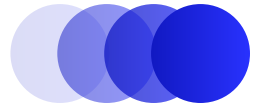
Améliorer les
performances de TMTV-
NET avec des méthodes
d'Apprentissage
Progressif



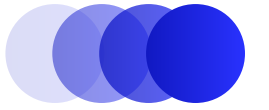
Patient mal segmenté



Patient "mal" segmenté



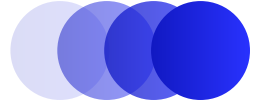
Démarche de notre projet



01

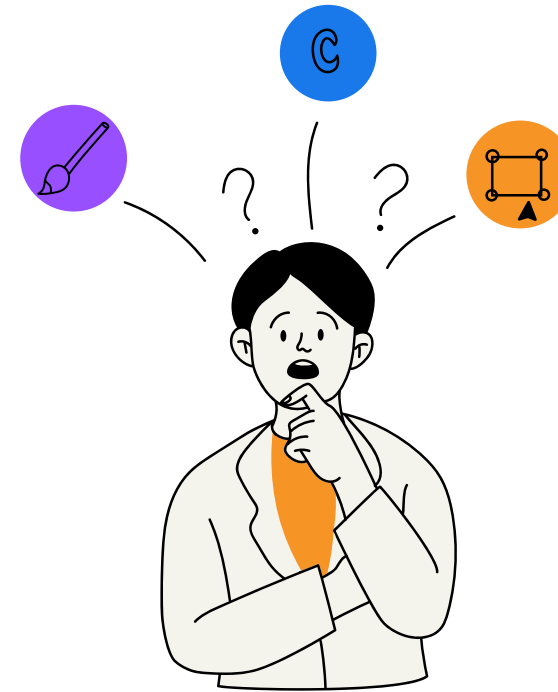
État de l'art de toutes les
méthodes
d'Apprentissage
Progressif
(Curriculum Learning)

Démarche de notre projet



01

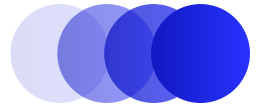
État de l'art de toutes les
méthodes
d'Apprentissage
Progressif
(Curriculum Learning)



02

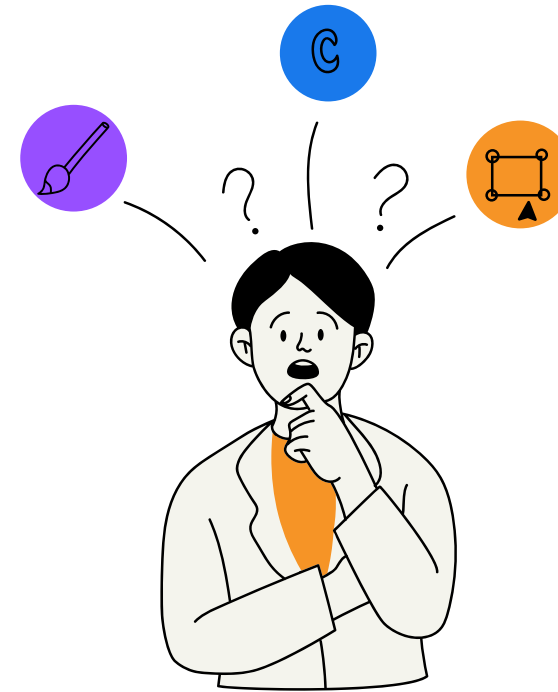
Choix de la méthode la
plus adaptée

Démarche de notre projet



01

État de l'art de toutes les
méthodes
d'Apprentissage
Progressif
(Curriculum Learning)



02

Choix de la méthode la
plus adaptée



03

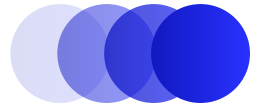
Application de la
méthode pour
améliorer les
performances de
TMTV-NET



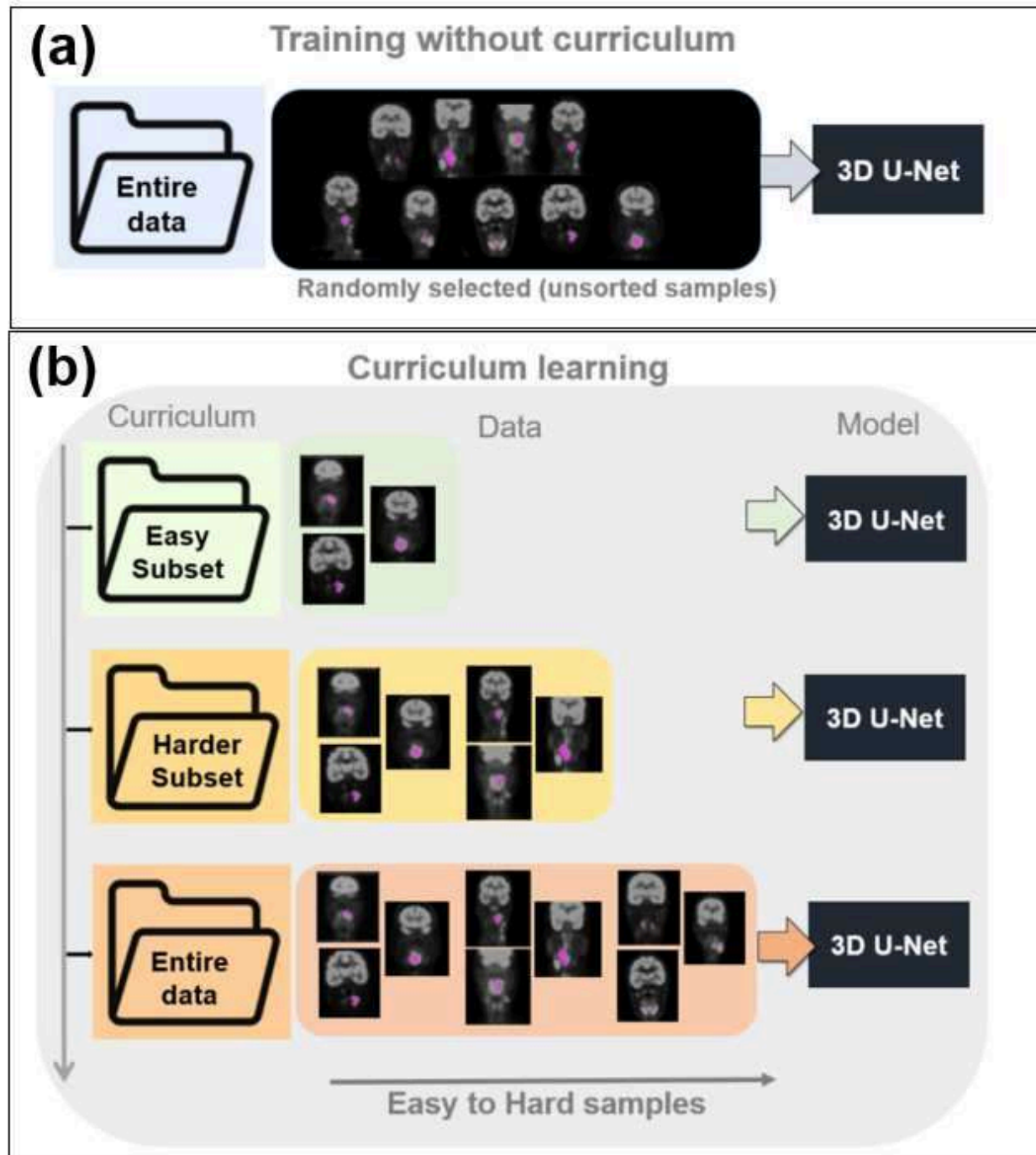
03

Contribution

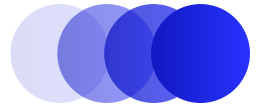
Bref état de l'art sur l'Apprentissage Progressif (AP)



Curriculum Learning for Improved Tumor Segmentation in PET Imaging (F. Yousefirizi et al, 2022)

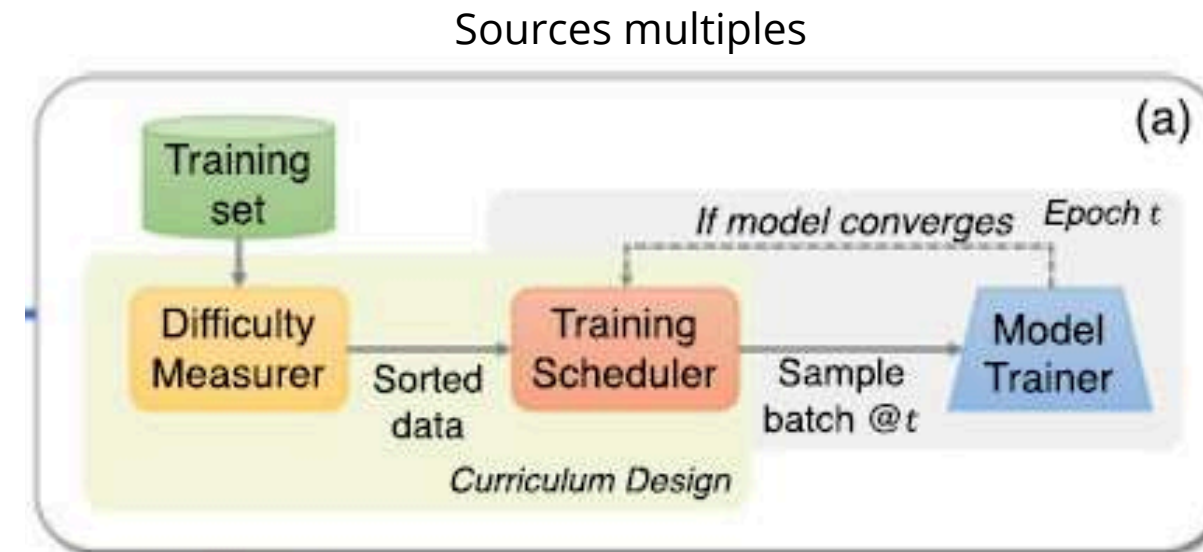
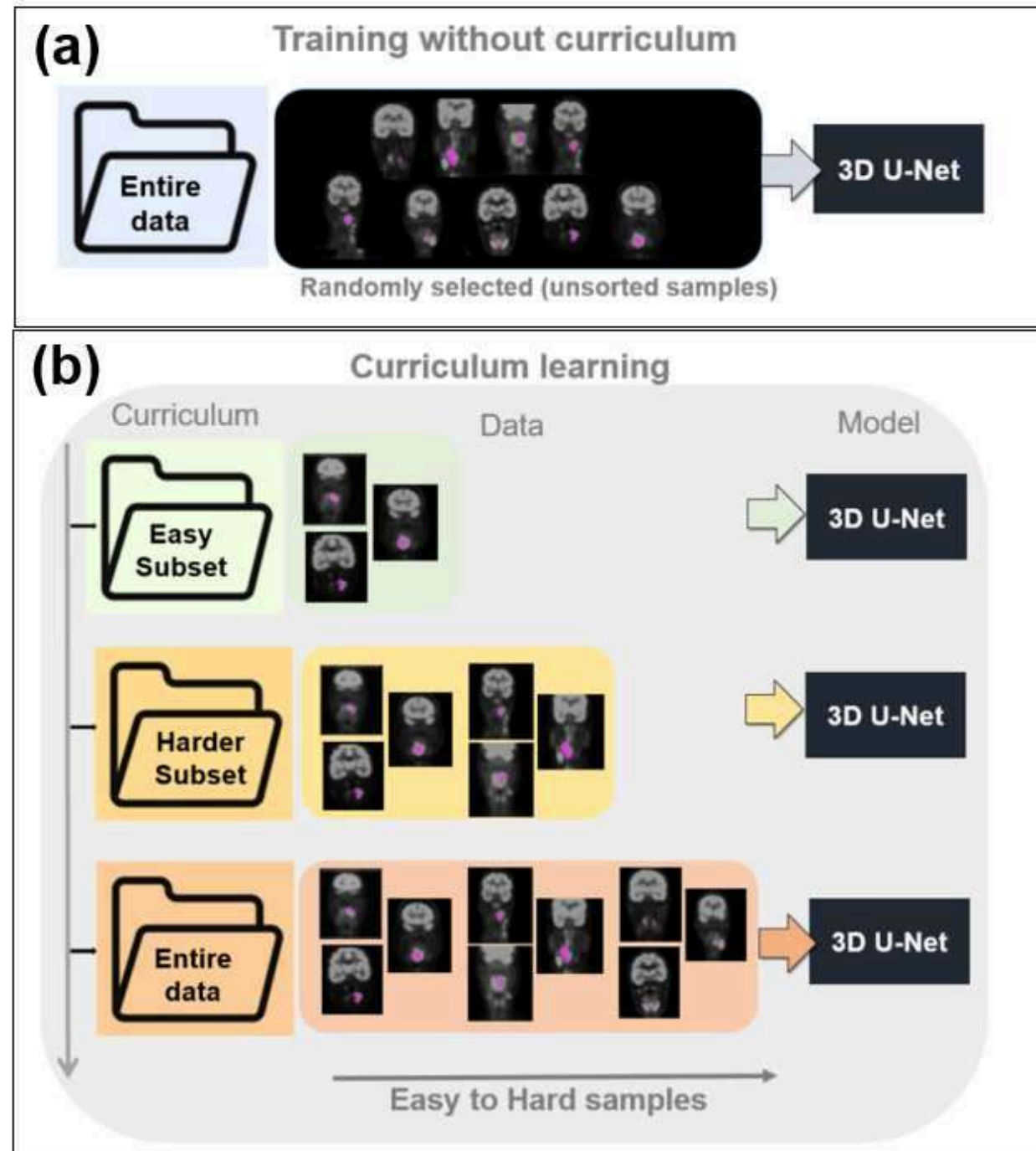


Bref état de l'art sur l'Apprentissage Progressif (AP)



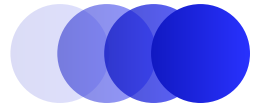
Curriculum Learning for Improved Tumor Segmentation in PET Imaging (F. Yousefirizi et al, 2022)

A Survey on Curriculum Learning (X. Wang et al, 2022)

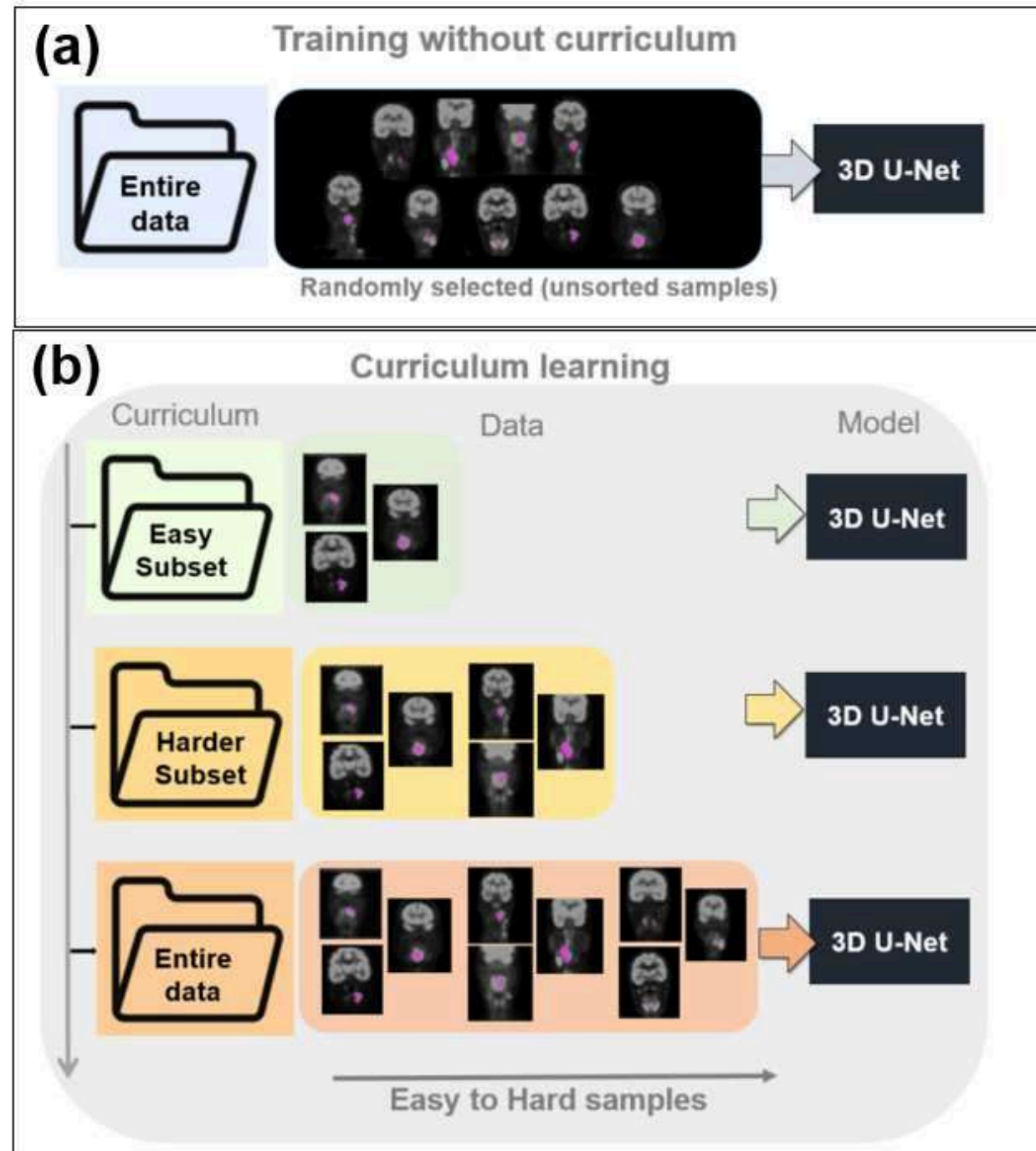


AP Prédéfini
(Predefined Curriculum Learning)

Bref état de l'art sur l'Apprentissage Progressif (AP)



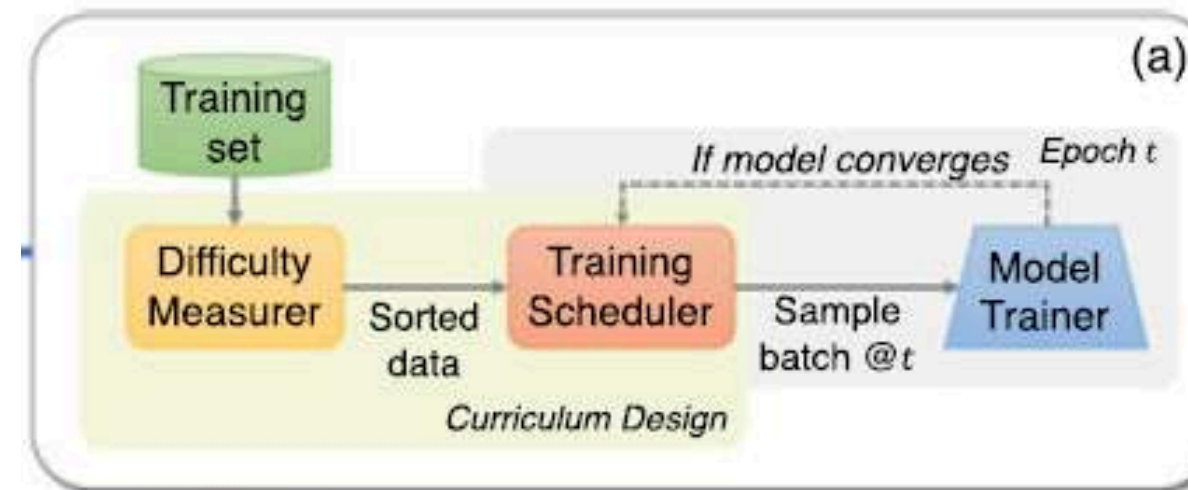
Curriculum Learning for Improved Tumor Segmentation in PET Imaging (F. Yousefirizi et al, 2022)



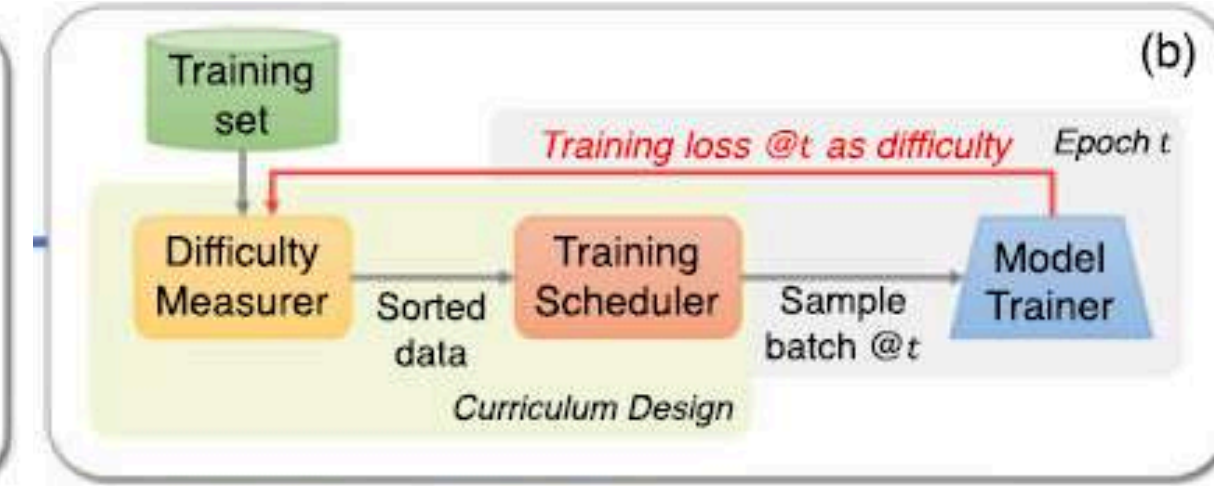
A Survey on Curriculum Learning (X. Wang et al, 2022)

M. Kumar et al., "Self-paced learning for latent variable models," 2010

Sources multiples

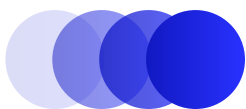


AP Prédéfini

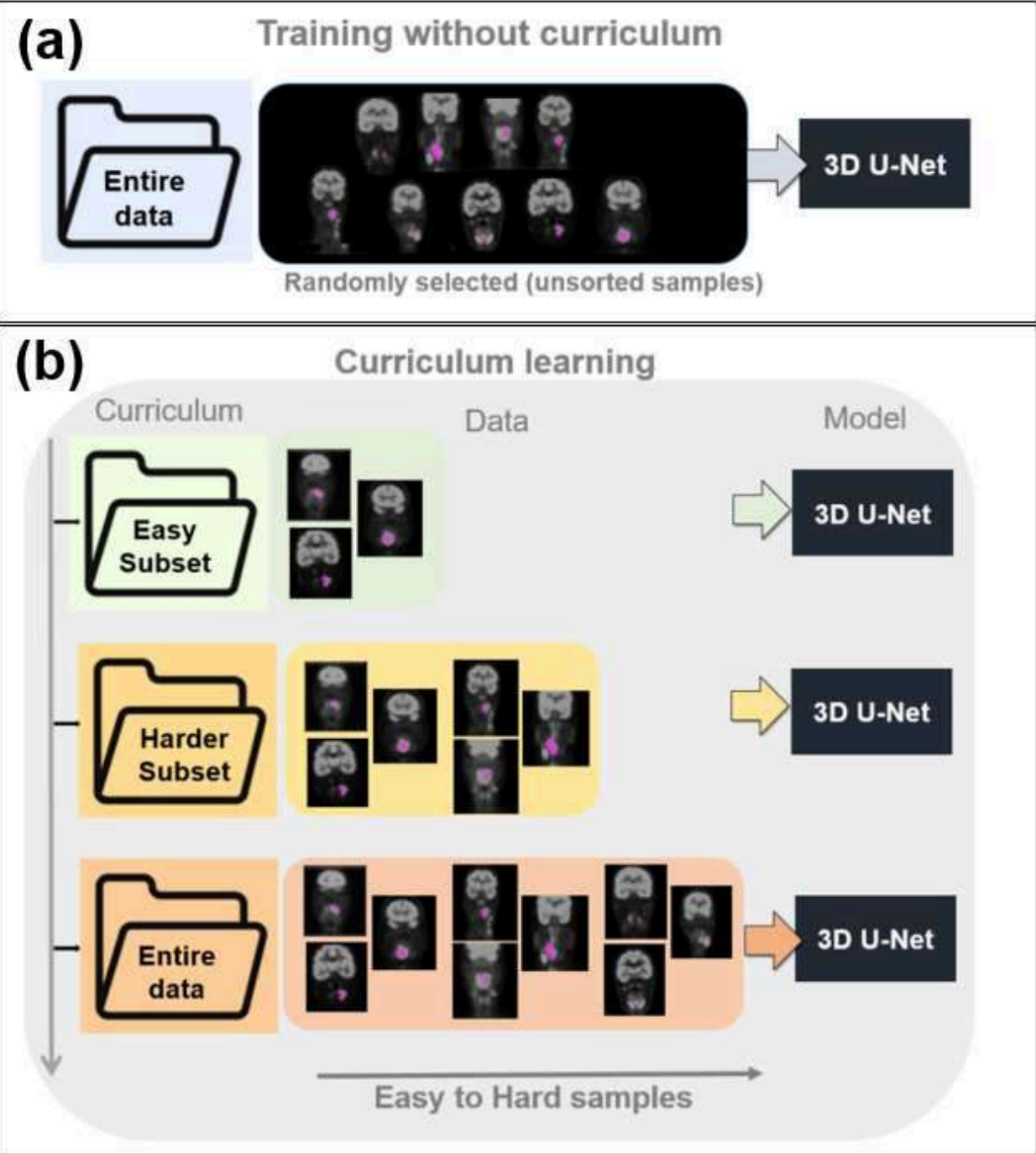


Apprentissage Autorythmé
(Self-paced Learning)

Bref état de l'art sur l'Apprentissage Progressif (AP)

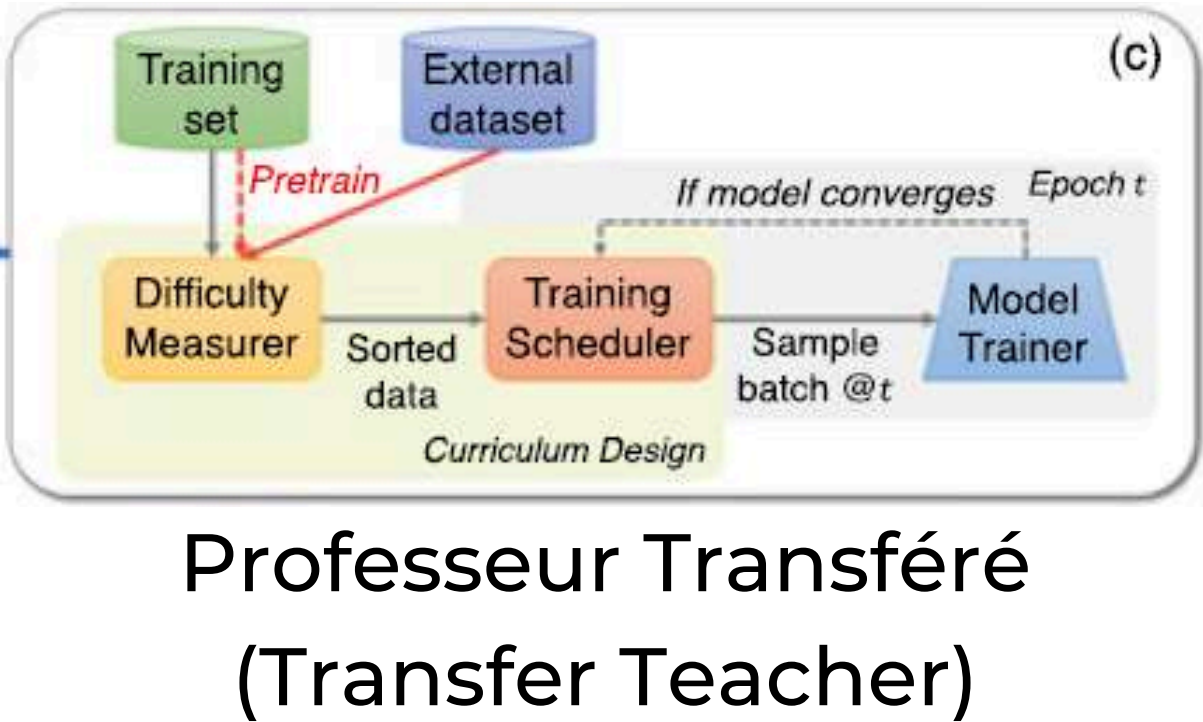
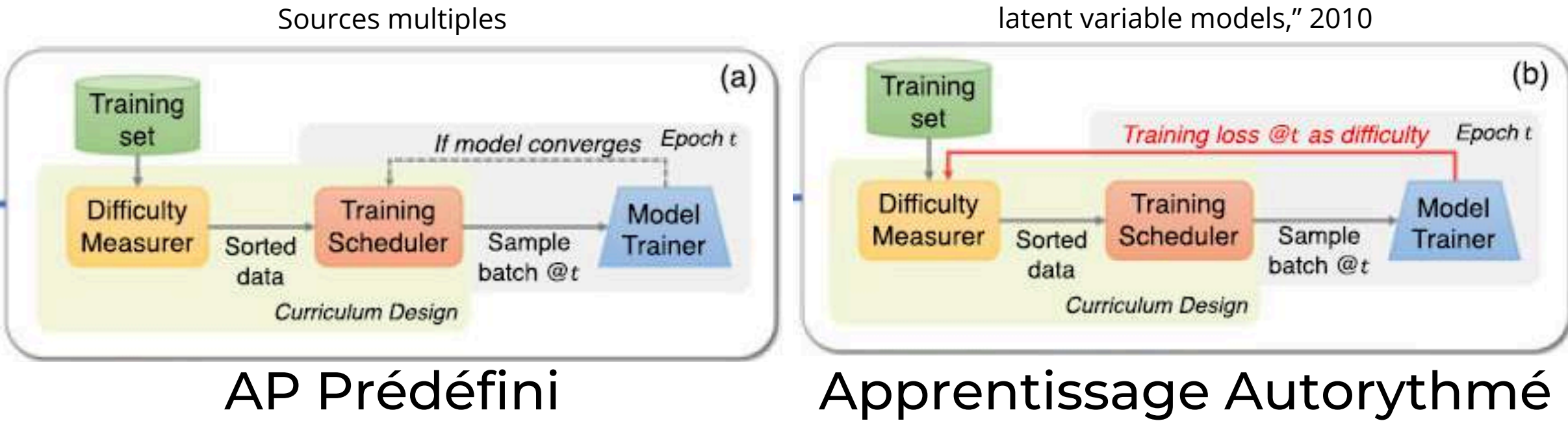


Curriculum Learning for Improved Tumor Segmentation in PET Imaging (F. Yousefirizi et al, 2022)



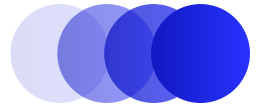
A Survey on Curriculum Learning (X. Wang et al, 2022)

M. Kumar et al., "Self-paced learning for latent variable models," 2010

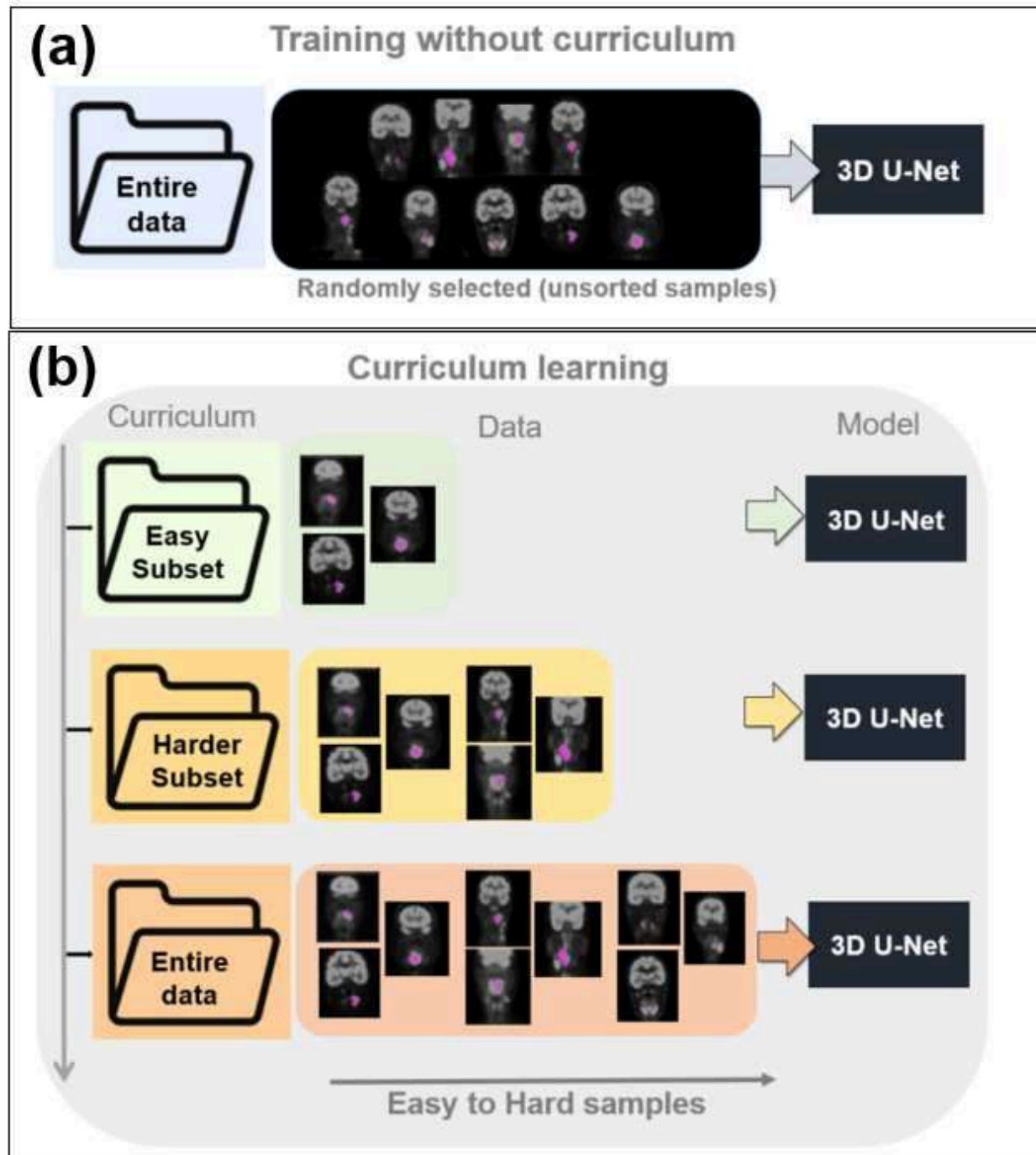


G. Hacohen and D. Weinshall, "On the power of curriculum learning in training deep networks," 2019
+ Sources multiples

Bref état de l'art sur l'Apprentissage Progressif (AP)



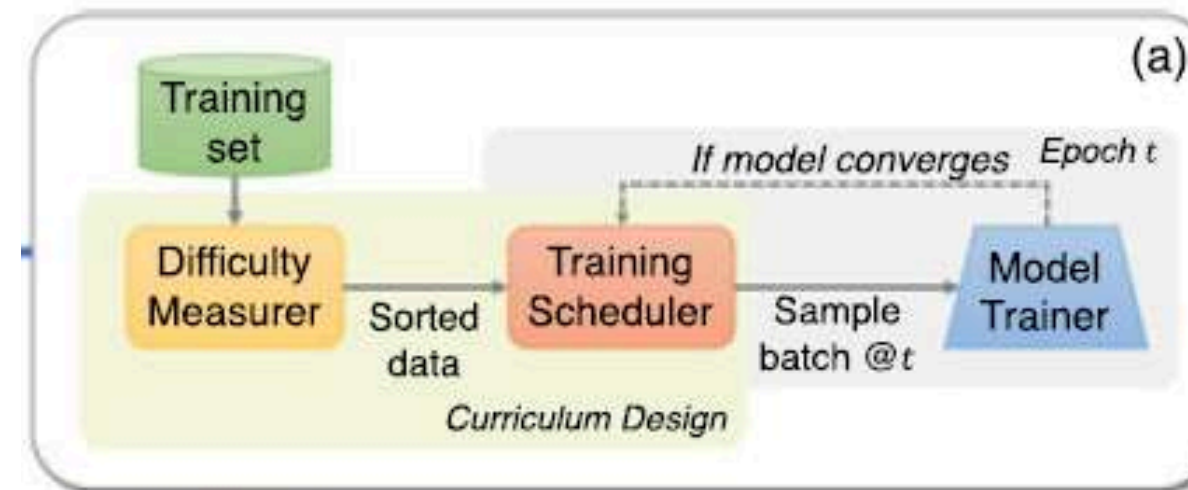
Curriculum Learning for Improved Tumor Segmentation in PET Imaging (F. Yousefirizi et al, 2022)



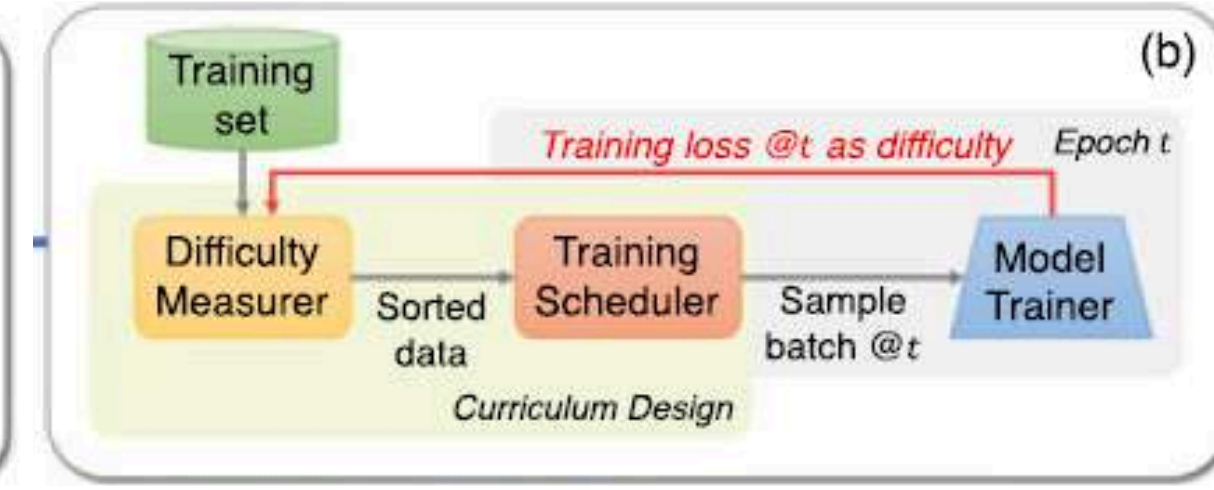
A Survey on Curriculum Learning (X. Wang et al, 2022)

M. Kumar et al., "Self-paced learning for latent variable models," 2010

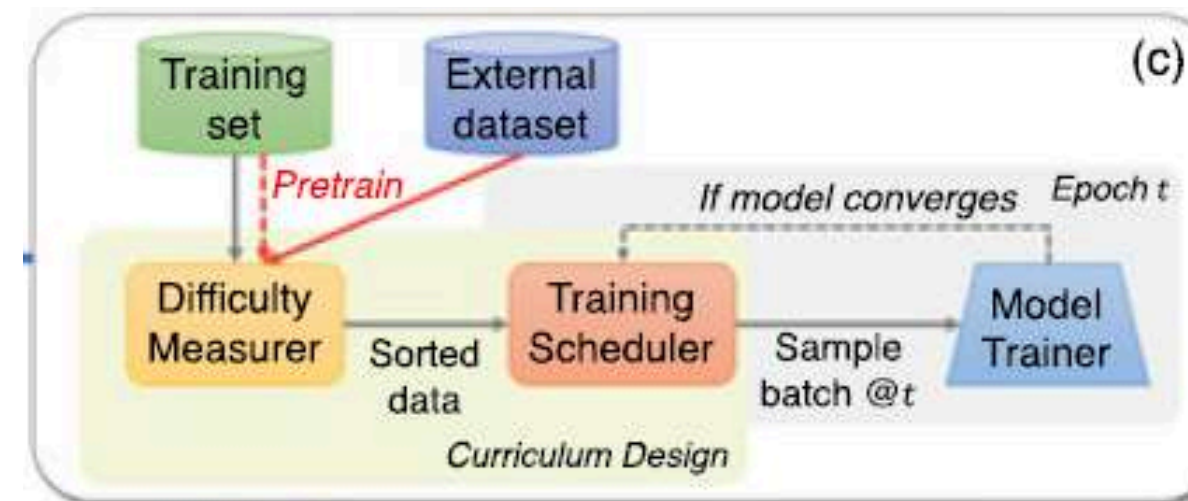
Sources multiples



AP Prédéfini

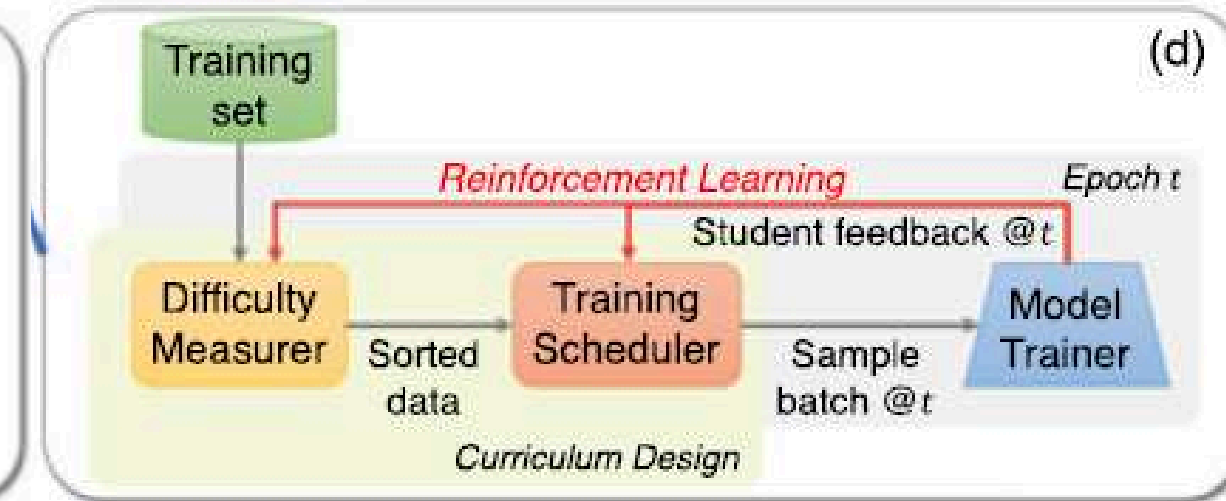


Apprentissage Autorythmé



Professeur Transféré

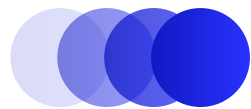
G. Hachohen and D. Weinshall, "On the power of curriculum learning in training deep networks," 2019
+ Sources multiples



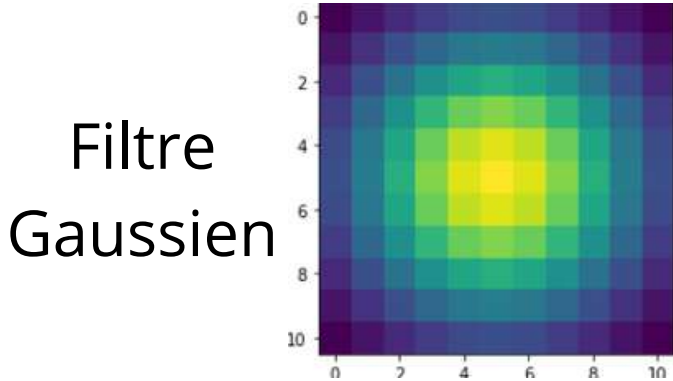
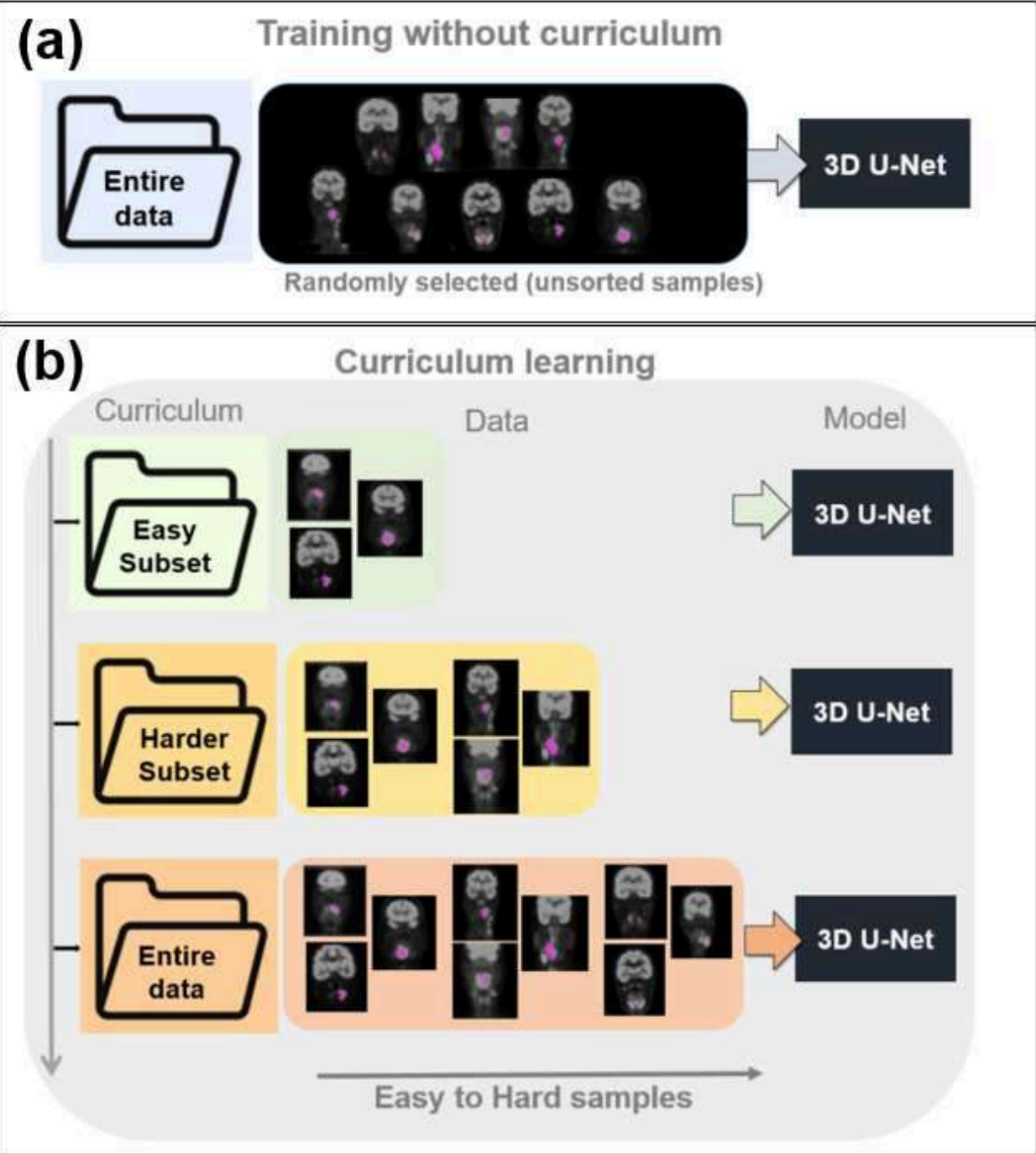
Professeur Apprenant par Renforcement

A. Graves et al., "Automated curriculum learning for neural networks," 2017

Bref état de l'art sur l'Apprentissage Progressif (AP)



Curriculum Learning for Improved Tumor Segmentation in PET Imaging (F. Yousefirizi et al, 2022)



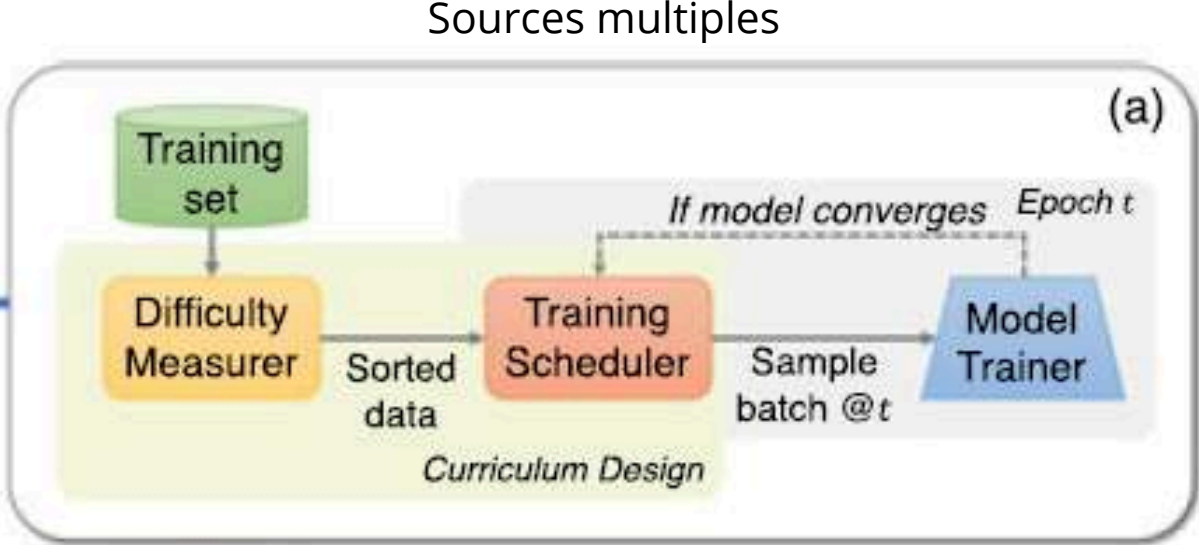
Filtre
Gaussien

Apprentissage Progressif
par lissage
(Curriculum by Smoothing)

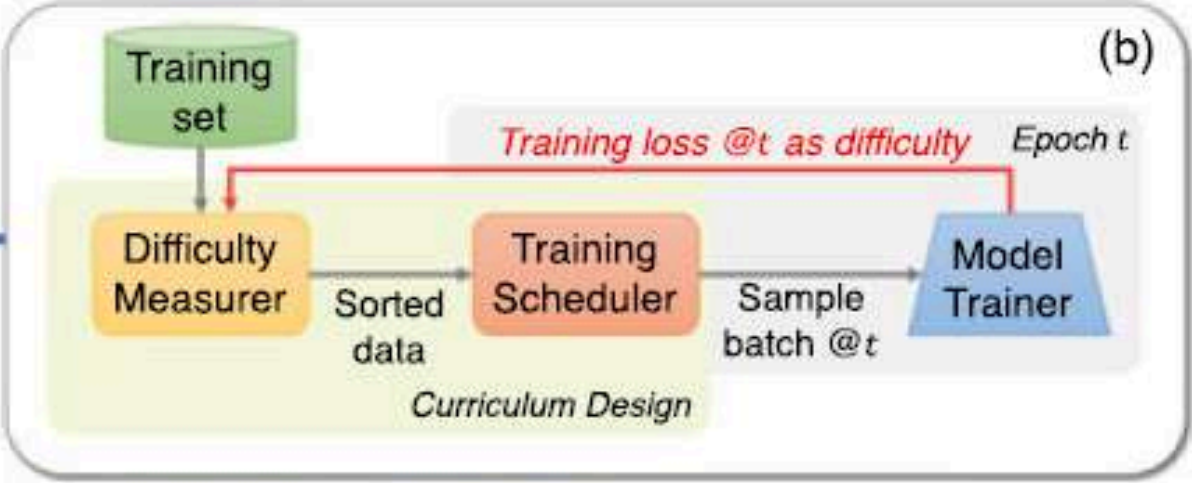
Samarth Sinha et al. 2020

A Survey on Curriculum Learning (X. Wang et al, 2022)

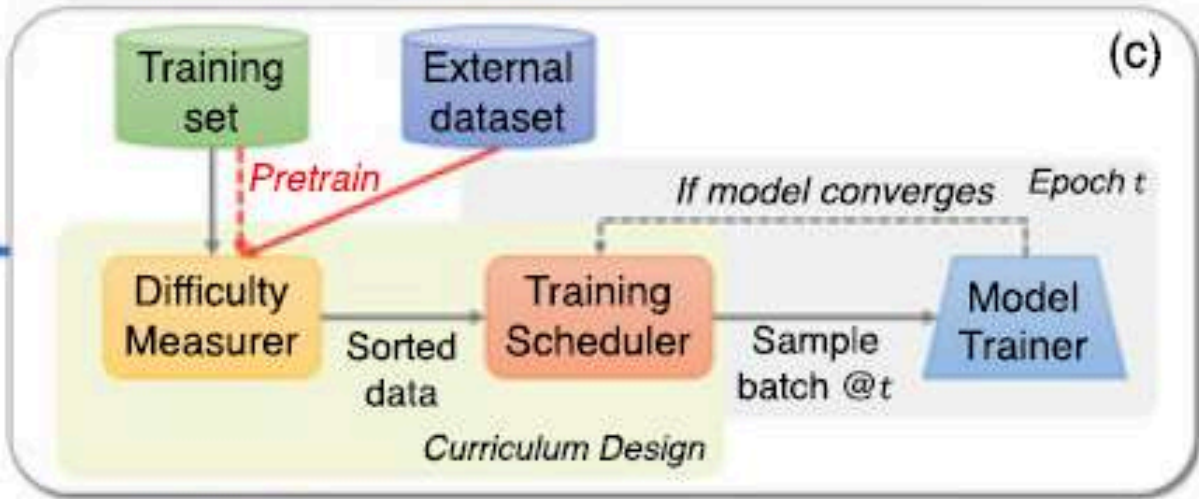
M. Kumar et al., "Self-paced learning for latent variable models," 2010



AP Prédéfini

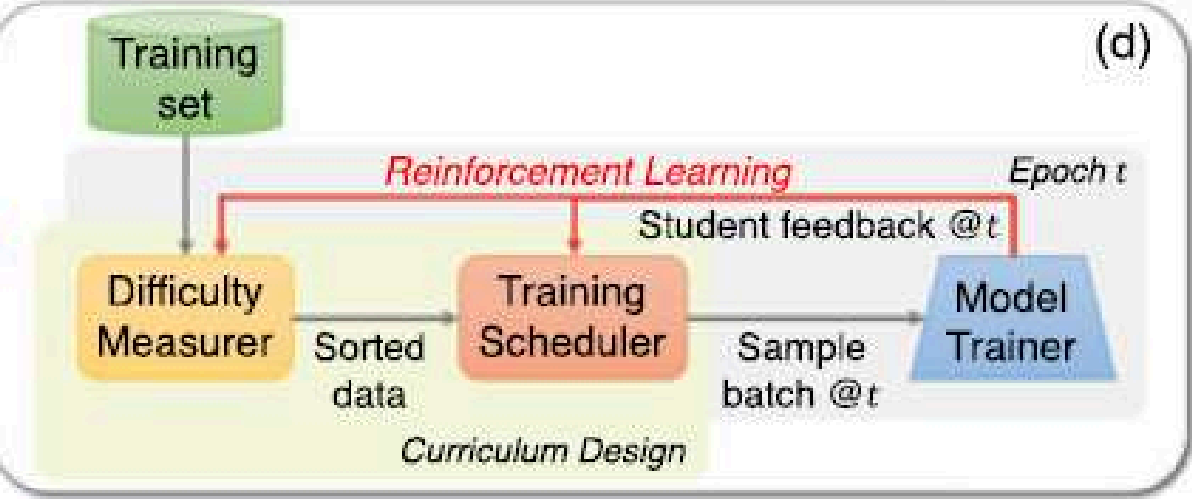


Apprentissage Autorythmé



Professeur Transféré

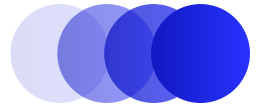
G. Hachon and D. Weinshall, "On the power of curriculum learning in training deep networks," 2019
+ Sources multiples



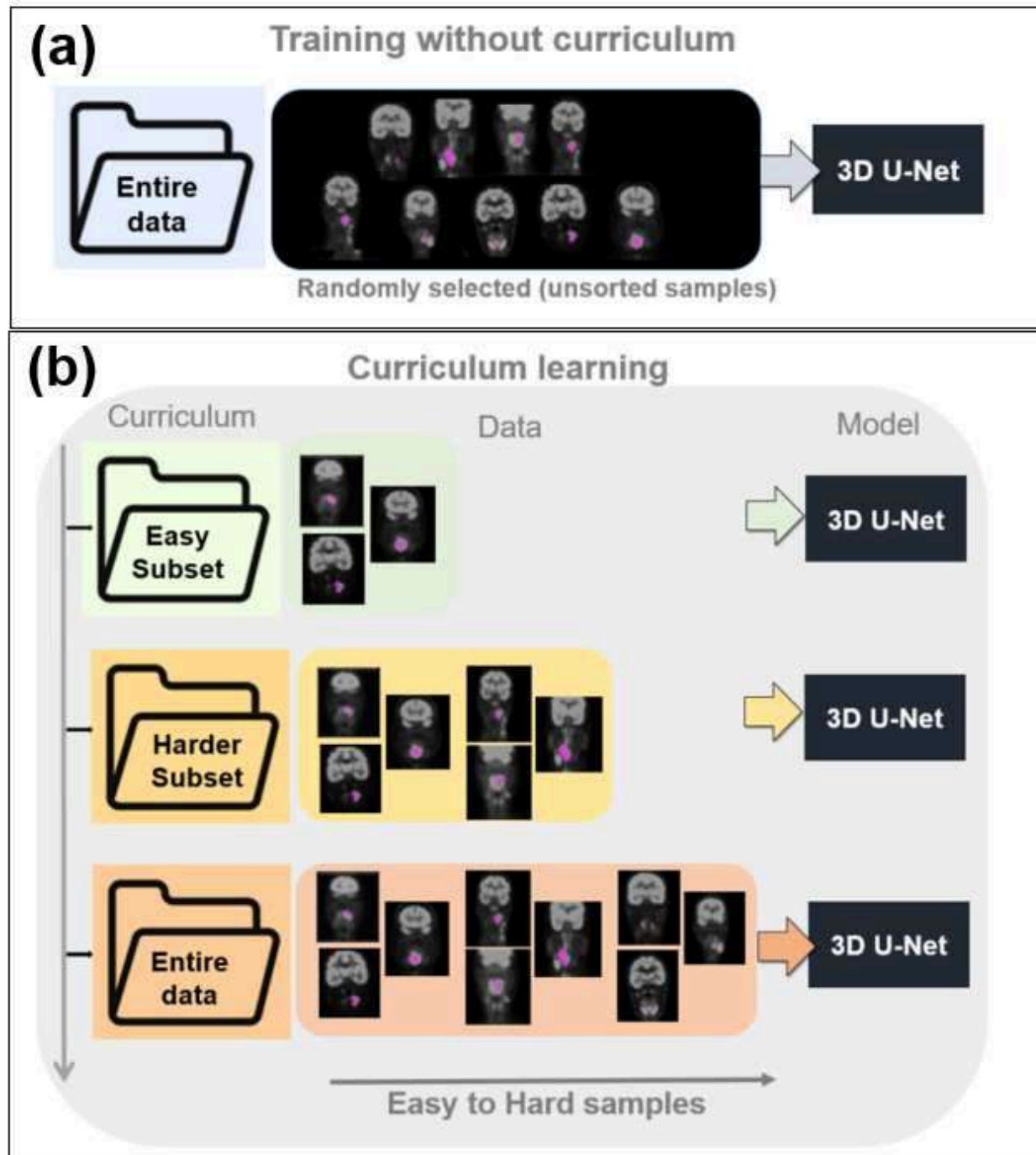
Professeur Apprenant par
Renforcement

A. Graves et al., "Automated curriculum learning for neural networks," 2017

Bref état de l'art sur l'Apprentissage Progressif (AP)



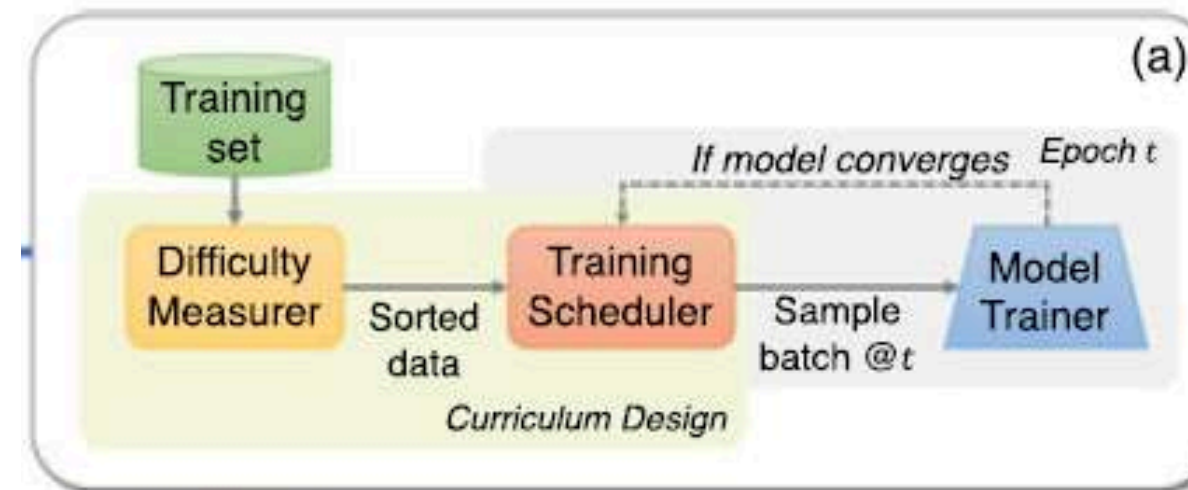
Curriculum Learning for Improved Tumor Segmentation in PET Imaging (F. Yousefirizi et al, 2022)



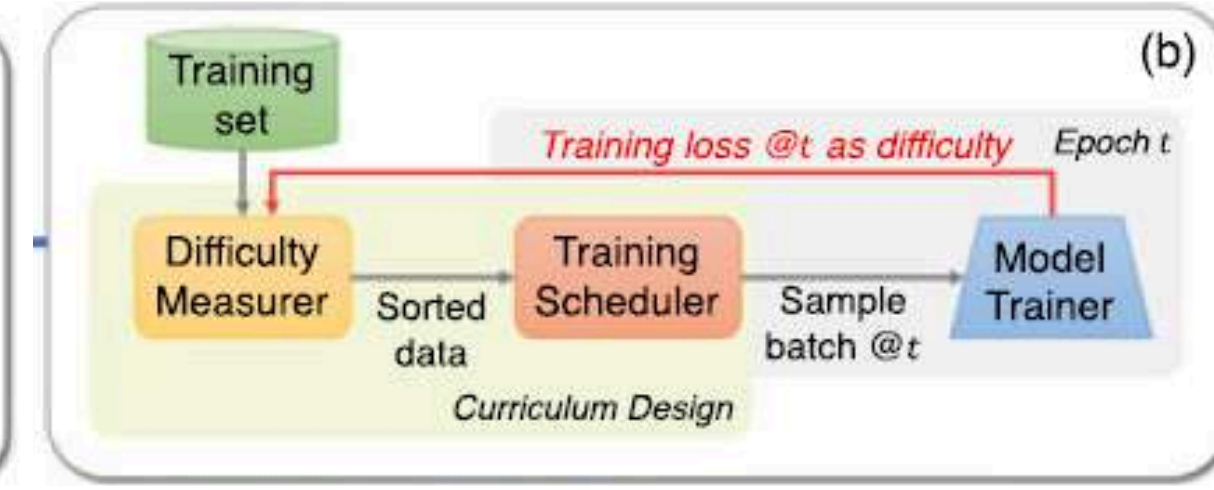
A Survey on Curriculum Learning (X. Wang et al, 2022)

M. Kumar et al., "Self-paced learning for latent variable models," 2010

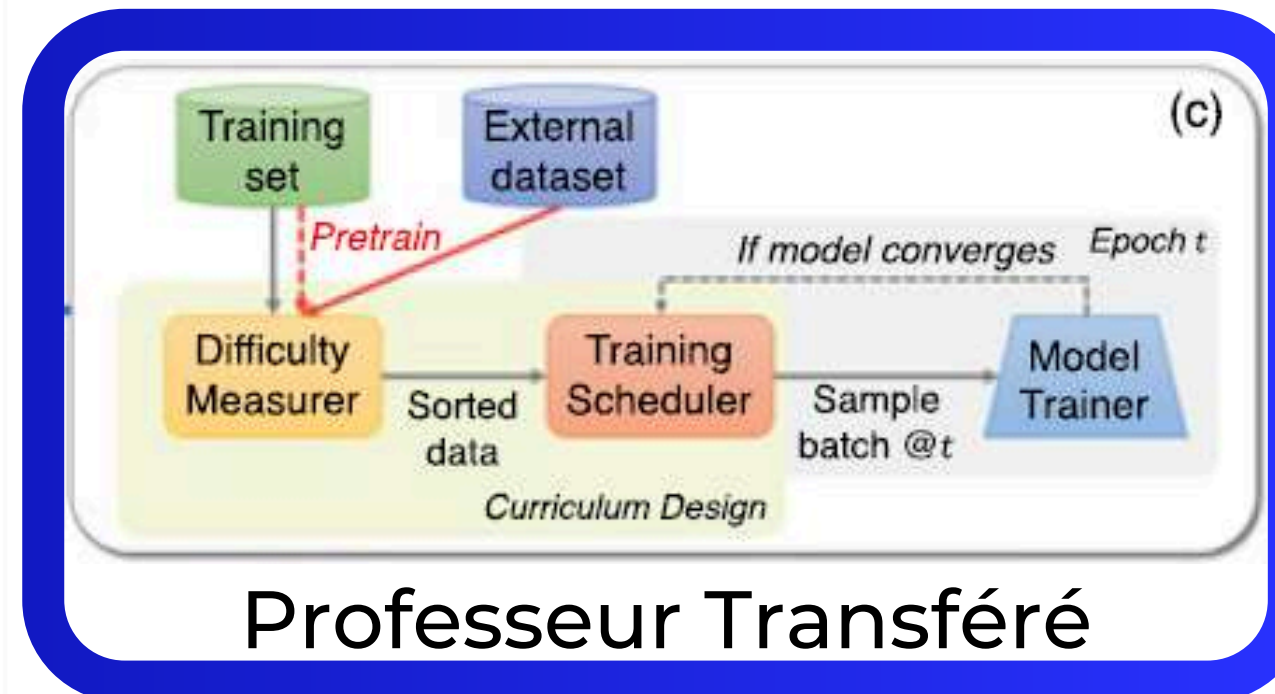
Sources multiples



AP Prédéfini

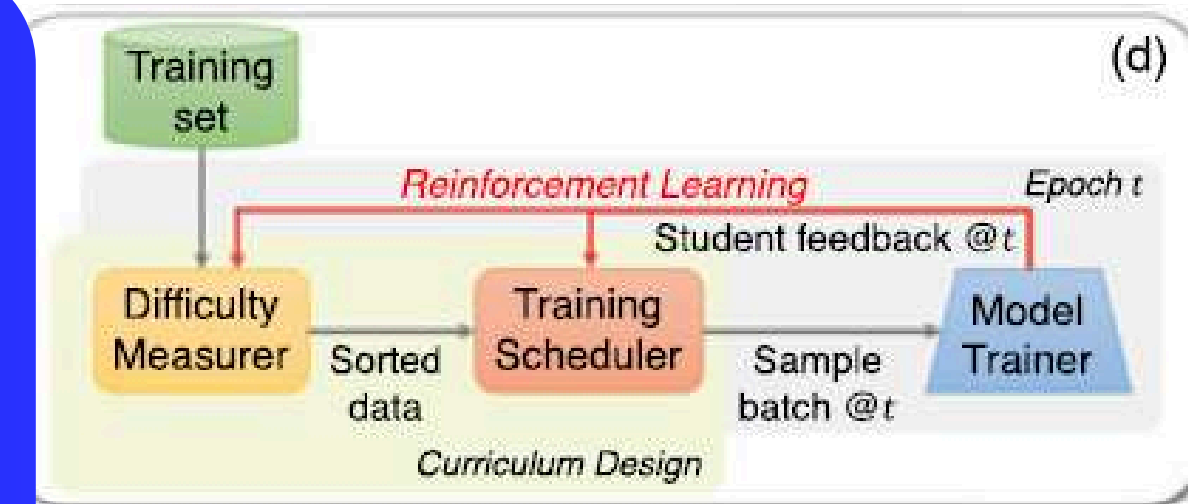


Apprentissage Autorythmé



Professeur Transféré

G. Hachohen and D. Weinshall, "On the power of curriculum learning in training deep networks," 2019
+ Sources multiples

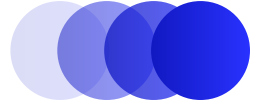


Professeur Apprenant par Renforcement

A. Graves et al., "Automated curriculum learning for neural networks," 2017

Motivations de ce choix : Poids du réseau pré-entraîné disponibles, Métriques de performances déjà produites, Peaufinage des poids possible

Prise en main du code (version du 19/12/2024)



The screenshot shows the GitHub repository for TMTV-Net. At the top, it indicates the repository was updated by 'qurit-frizi' 2 weeks ago with 140 commits. Below this is a table of recent commits:

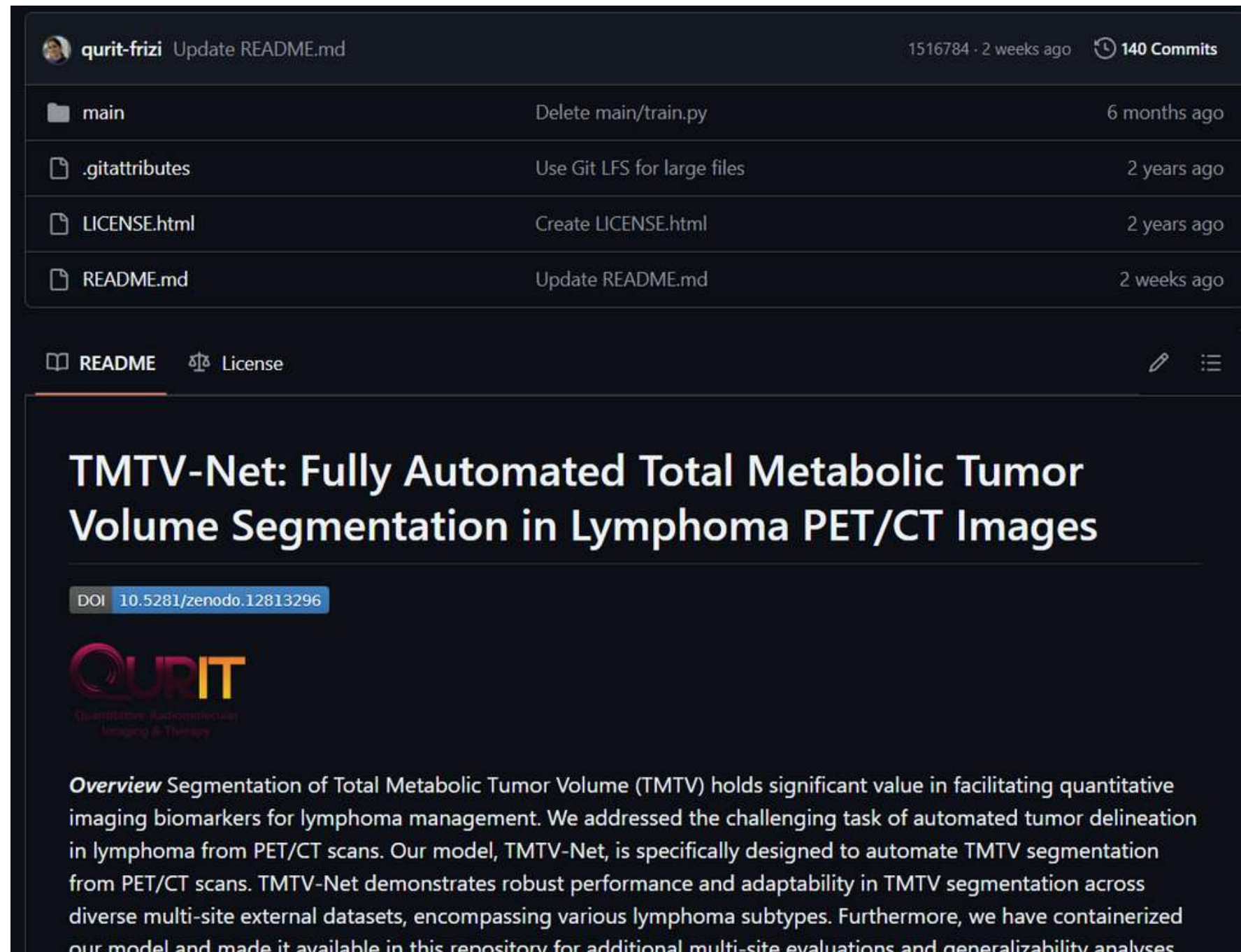
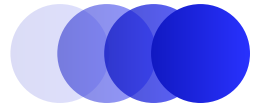
File	Commit Message	Time
main	Delete main/train.py	6 months ago
.gitattributes	Use Git LFS for large files	2 years ago
LICENSE.html	Create LICENSE.html	2 years ago
README.md	Update README.md	2 weeks ago

Below the commit table, there are tabs for 'README' and 'License'. The 'README' tab is active, showing the title 'TMTV-Net: Fully Automated Total Metabolic Tumor Volume Segmentation in Lymphoma PET/CT Images' and a DOI link '10.5281/zenodo.12813296'. The QURIT logo is also present. The 'Overview' section describes the segmentation of Total Metabolic Tumor Volume (TMTV) and the automated model TMTV-Net.

Code disponible sur GitHub

(<https://github.com/qurit-frizi/TMTV-Net/>)

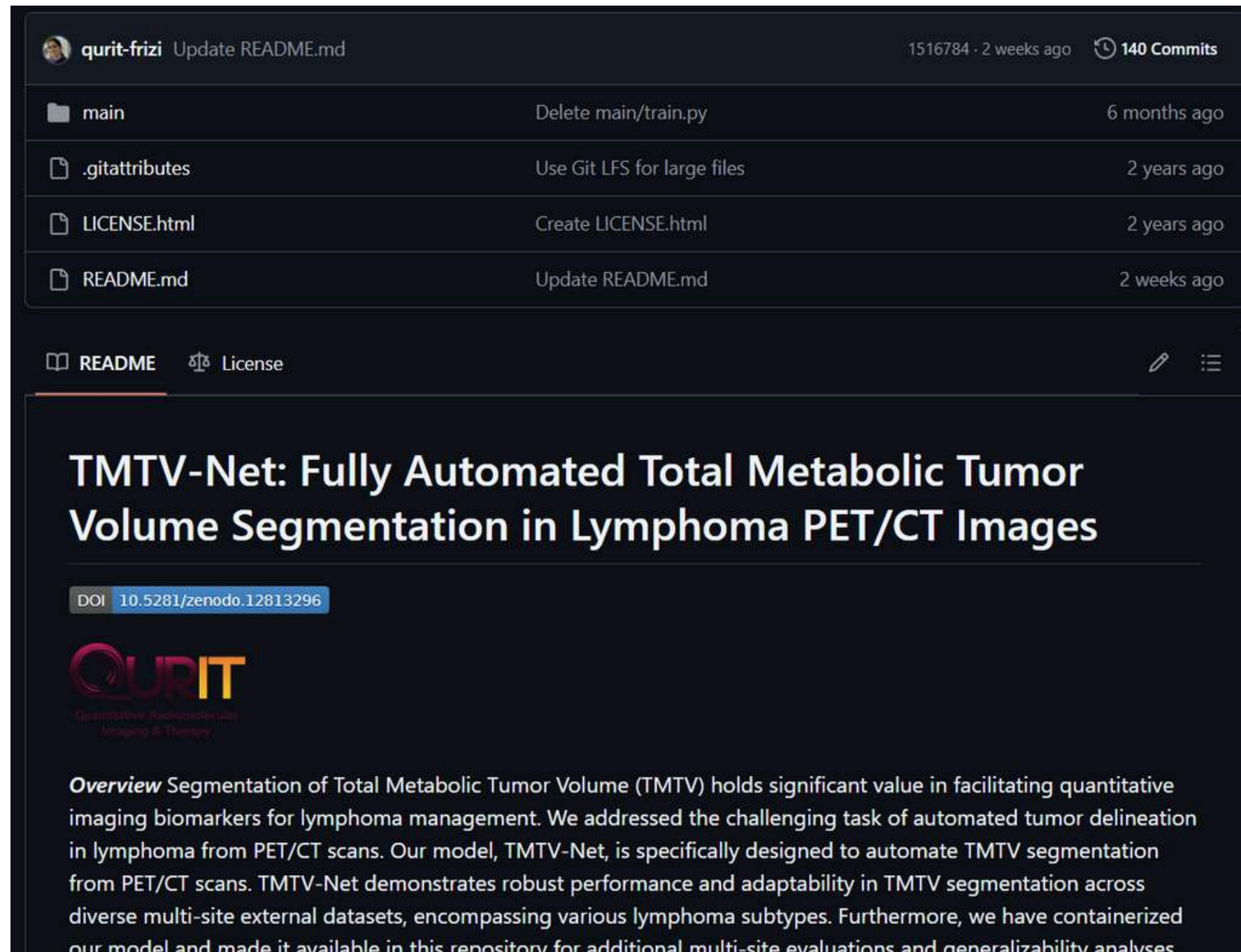
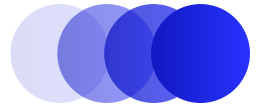
Prise en main du code (version du 19/12/2024)



Code disponible sur GitHub

(<https://github.com/qurit-frizi/TMTV-Net/>)

Prise en main du code (version du 19/12/2024)



~5 min

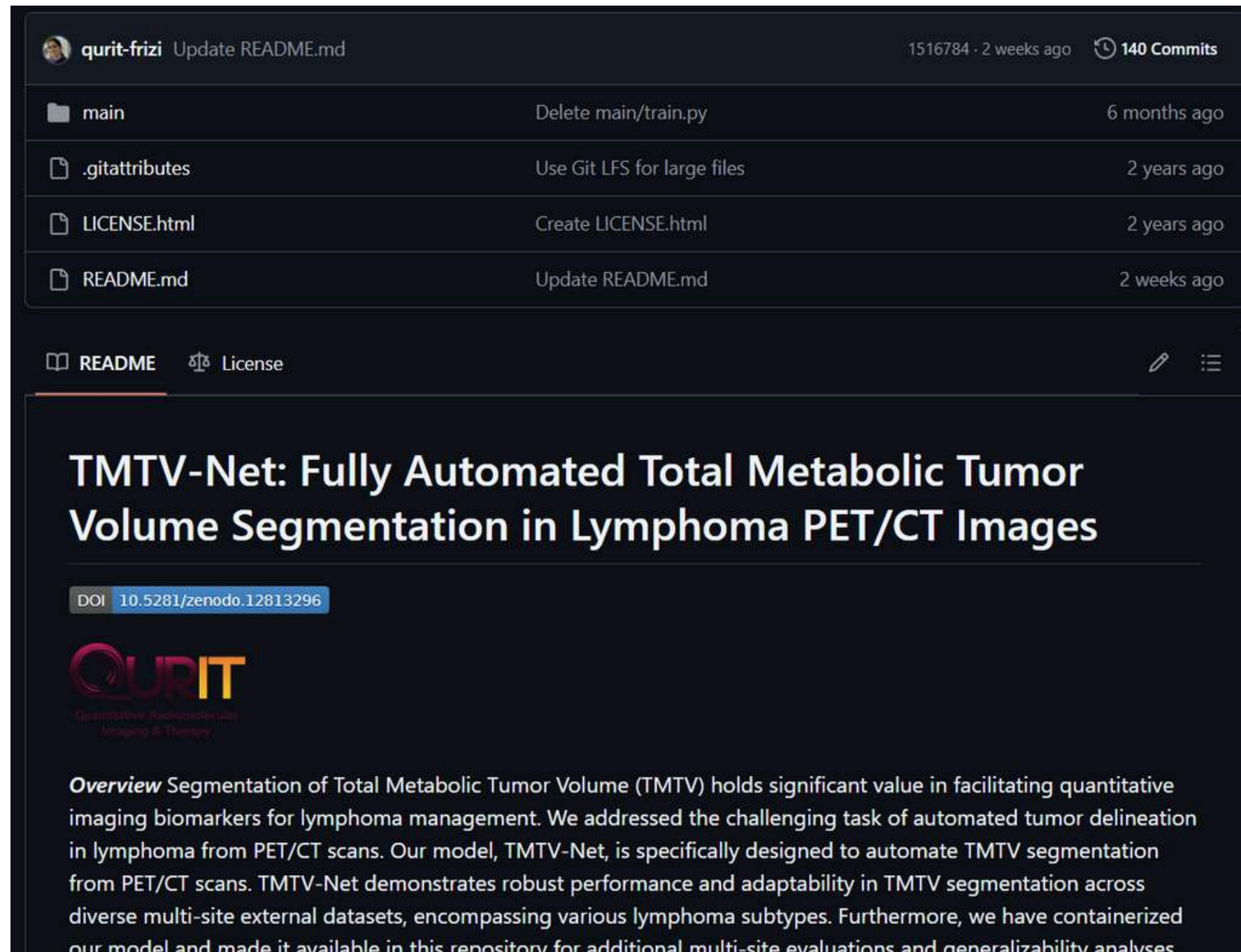
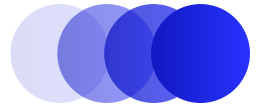


~20 min
(ou +)

Code disponible sur GitHub

(<https://github.com/qurit-frizi/TMTV-Net/>)

Prise en main du code (version du 19/12/2024)



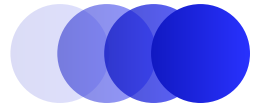
~5 min

**~20 min
(ou +)**

- Code très bien structuré
- Très peu de commentaires
- Compréhension du code jusqu'à un point de blocage
- Objet de type "Dataset" qui ne possède aucun exemple

Code disponible sur GitHub
(<https://github.com/qurit-frizi/TMTV-Net/>)

Écriture d'un petit code



```
Patient : 11011101021004
Tolerance : 5
Lesionwise threshold : 50.0%

Max SUV = 23.127735137939453
Distance moyenne : 10.613 mm
Distance de Hausdorff : 44.9 mm
Dice : 0.558
NSD à 5mm : 0.668
BJI à 5mm : 0.626

TMTV calculé par TMTV-NET (non seuillé):
TMTV calculé par TMTV-NET (seuillé): 52.1
TMTV réel (seuillé à 4): 134.4 ml

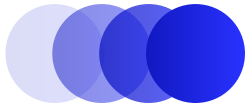
TMTV FP non seuillé :42.18 ml
TMTV FP seuillé : 0.06 ml
TMTV FN : 82.37 ml
TMTV TP : 52.03 ml
Précision : 99.88 %
Recall : 38.71 %

Approach 1 :
Nombre de lésions TP : 1 / 1 (100.0%)
Nombre de lésions FN : 0 / 1 (0.0%)
Nombre de prédictions FP : 0 / 1 (0.0%)

Approach 2 :
Nombre de lésions TP : 1 / 1 (100.0%)
Nombre de lésions FN : 0 / 1 (0.0%)
Nombre de prédictions FP : 0 / 1 (0.0%)
```

Fichier texte contenant les
métriques

Écriture d'un petit code



```
Patient : 11011101021004
Tolerance : 5
Lesionwise threshold : 50.0%

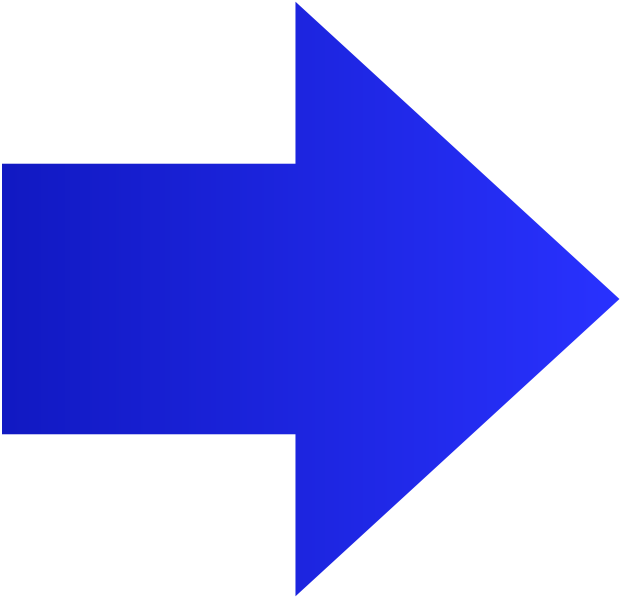
Max SUV = 23.127735137939453
Distance moyenne : 10.613 mm
Distance de Hausdorff : 44.9 mm
Dice : 0.558
NSD à 5mm : 0.668
BJI à 5mm : 0.626

TMTV calculé par TMTV-NET (non seuillé):
TMTV calculé par TMTV-NET (seuillé): 52.1
TMTV réel (seuillé à 4): 134.4 ml

TMTV FP non seuillé :42.18 ml
TMTV FP seuillé : 0.06 ml
TMTV FN : 82.37 ml
TMTV TP : 52.03 ml
Précision : 99.88 %
Recall : 38.71 %

Approach 1 :
Nombre de lésions TP : 1 / 1 (100.0%)
Nombre de lésions FN : 0 / 1 (0.0%)
Nombre de prédictions FP : 0 / 1 (0.0%)

Approach 2 :
Nombre de lésions TP : 1 / 1 (100.0%)
Nombre de lésions FN : 0 / 1 (0.0%)
Nombre de prédictions FP : 0 / 1 (0.0%)
```



Métrique	Tolérance	Lesion threshold (%)	...
110111010 21004	5	50.0	
...			
...			

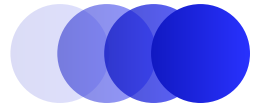
Tableau contenant les données

Fichier texte contenant les
métriques



04

**Résultats et
Difficultés
rencontrées**

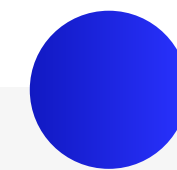


CHU Nantes



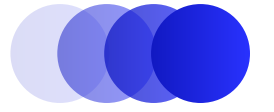
- Besoin d'accéder aux ordinateurs du CHU
- Données trop grosses et sensibles
- Création environnement malgré le pare-feu du CHU

Vancouver



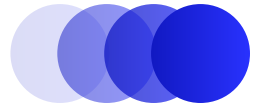
- Code très difficilement exploitable
- Besoin d'aide mais peu d'interactions

Résultats



- État de l'art des méthodes d'Apprentissage Progressif
- Compréhension et Maîtrise du code
- Programme pour exploitation des métriques
- Documentation recommandée par le CHU pour les repreneurs

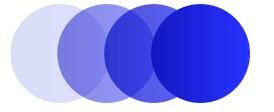




- État de l'art des méthodes d'Apprentissage Progressif
- Compréhension et Maîtrise du code
- Programme pour exploitation des métriques
- Documentation recommandée par le CHU pour les repreneurs

Documentation :

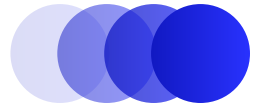
- Démarche et réflexion de ce projet



- État de l'art des méthodes d'Apprentissage Progressif
- Compréhension et Maîtrise du code
- Programme pour exploitation des métriques
- Documentation recommandée par le CHU pour les repreneurs

Documentation :

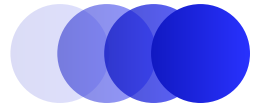
- Démarche et réflexion de ce projet
 - Recherche bibliographique
 - Compréhension du code
 - Difficultés rencontrées



- État de l'art des méthodes d'Apprentissage Progressif
- Compréhension et Maîtrise du code
- Programme pour exploitation des métriques
- Documentation recommandée par le CHU pour les repreneurs

Documentation :

- Démarche et réflexion de ce projet
 - Recherche bibliographique
 - Compréhension du code
 - Difficultés rencontrées
- Construction du Docker ou de l'environnement venv



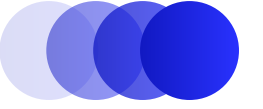
- État de l'art des méthodes d'Apprentissage Progressif
- Compréhension et Maîtrise du code
- Programme pour exploitation des métriques
- Documentation recommandée par le CHU pour les repreneurs

Documentation :

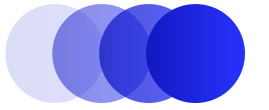
- Démarche et réflexion de ce projet
 - Recherche bibliographique
 - Compréhension du code
 - Difficultés rencontrées
- Construction du Docker ou de l'environnement venv
- Comment utiliser le code

The background of the slide features a series of concentric circles in various shades of blue, creating a tunnel-like effect that draws the eye towards the center.

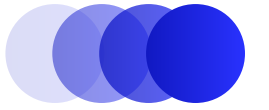
05 Conclusion



- Importance des commentaires dans un code



- Importance des commentaires dans un code
- Passer moins de temps sur la création de l'environnement



- Importance des commentaires dans un code
- Passer moins de temps sur la création de l'environnement
- Un premier pas vers le monde de la recherche



**Merci pour
votre attention**

