



Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques et Sciences Médicales

Avis de Soutenance
THESE DE DOCTORAT

Présentée par

Madame CHAYMAE EL MECHAL

Discipline : Sciences et Techniques d'Information et de Communication
Spécialité : Traitement de l'information et Systèmes intelligents

Sujet de la thèse

Visualisation 3d et réalité virtuelle au service de la chirurgie

Formation Doctorale " Sciences de l'Ingénieur, Sciences Physiques, Mathématiques et informatique"

Thèse présentée et soutenue **le vendredi 18 septembre 2026 à 09h** au Centre des
Conférences de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, devant le jury composé de :

NOM ET PRÉNOM	TITRE	ETABLISSEMENT	
MOUHCINE ZOUAK	PES	Université Euromed Polytechnic School Fès	Président
ISMAIL BERRADA	PES	Université Mohamed 6 Ben Guerir	Rapporteur
MOHAMED EL KAMILI	PES	Ecole Supérieure de Technologie de Casablanca	Rapporteur
AICHA ALAMI HASSANI	MCH	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Rapporteur
FATIHA MRABTI	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Examineur
SAID NAJAH	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Examineur
NAJIBA EL AMRANI EL IDRISSI	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Directeur de Thèse

Laboratoire de recherche : Signaux, Systèmes et Composants
Etablissement : Faculté des Sciences et Techniques de Fès

Résumé de la thèse

L'imagerie médicale joue un rôle central dans la pratique clinique moderne, en permettant la visualisation non invasive des structures anatomiques internes et en soutenant une prise de décision diagnostique et thérapeutique précise. La segmentation tumorale demeure une tâche complexe, notamment dans le cadre de la planification chirurgicale, où la délimitation précise des contours est essentielle pour les résultats cliniques. Malgré les progrès récents de l'apprentissage profond, les performances restent limitées par l'hétérogénéité tumorale, les zones à faible contraste et la complexité de la variabilité anatomique. Dans cette étude, nous abordons la segmentation tumorale dans deux domaines cliniquement et structurellement différents, à savoir les tumeurs cérébrales en IRM multimodale et les tumeurs pulmonaires en imagerie CT. Ces modalités sont choisies afin d'évaluer la capacité de généralisation dans des conditions d'imagerie fondamentalement différentes, où l'IRM fournit une information riche multi-séquences (T1, T1c, T2, FLAIR), tandis que le CT repose sur une représentation unimodale basée sur la densité, caractérisée par un contraste plus faible et une sensibilité accrue au bruit. Pour surmonter ces défis, nous proposons un cadre de segmentation unifié combinant plusieurs architectures complémentaires, notamment Two-Stream nnU-Net, TransUNet++ et Two Stream Cascade U-Net. Contrairement aux modèles de segmentation classiques à flux unique, l'approche proposée introduit un paradigme d'apprentissage multi-flux structuré qui sépare et affine explicitement les informations spatiales et contextuelles complémentaires. La nouveauté de ce travail réside dans une stratégie intégrée de représentation multi-niveaux et de fusion, améliorant à la fois la qualité des caractéristiques et l'interaction inter-modale. Au niveau de la représentation, les données d'entrée sont transformées à l'aide d'un mappage pseudo-RGB associé aux encodages CMYD et HSD, introduisant un espace d'entrée plus discriminant et sensible au contraste. Au niveau architectural, un apprentissage à double flux est utilisé pour modéliser des chemins de caractéristiques complémentaires, tandis qu'un mécanisme de raffinement en cascade améliore progressivement la précision de segmentation à travers des étapes successives. Au niveau de l'interaction, un mécanisme de fusion attentionnelle adaptative inter-modale (ACMAF) est introduit afin de sélectionner et d'intégrer dynamiquement les caractéristiques multi-échelles les plus informatives. Cette architecture hiérarchique établit une synergie efficace entre l'amélioration des représentations, l'apprentissage multi-flux et la fusion par attention, conduisant à une optimisation plus stable et à un meilleur raffinement des contours. Les résultats expérimentaux obtenus sur les bases de données BraTS, TCIA, LIDC et CHU



Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques et Sciences Médicales

Fès démontrent que le cadre proposé surpasse de manière constante les architectures de référence ainsi que les méthodes de l'état de l'art en termes de score Dice et de distance de Hausdorff (HD95), atteignant une meilleure superposition volumétrique et une précision accrue des contours. Globalement, les résultats confirment que les améliorations de performance ne dépendent pas uniquement de la profondeur des réseaux, mais sont fortement influencées par la conception des représentations et les stratégies de fusion structurée, faisant de la méthode proposée une solution robuste et cliniquement fiable pour la segmentation tumorale et la reconstruction tridimensionnelle. Mots clés : Segmentation tumorale ; IRM multimodale ; CT pulmonaire ; Two-Stream nnU Net ; TransUNet++ ; Two-Stream Cascade U-Net ; ACMAF ; CMYD-SurfaceNet, HSD SurfaceNet ; Raffinement des contours ; Reconstruction 3D.