

5.00 crédits	30.0 h + 30.0 h	Q2
--------------	-----------------	----

Enseignants	Janssens Guillaume ;Lee John ;Sterpin Edmond ;
Langue d'enseignement	Anglais > Facilités pour suivre le cours en français
Lieu du cours	Louvain-la-Neuve
Thèmes abordés	La protonthérapie gagne de plus en plus d'importance comme une modalité de traitement alternatif à la radiothérapie pour des types particuliers de patients et de cancers. Comparés aux photons, les protons déposent leur énergie dans une région beaucoup plus localisée, ce qui permet de beaucoup mieux cibler la tumeur et réduit donc les effets secondaires, principalement au niveau des tissus sains. Le cours se construit sur 4 piliers : • Pilier 1 : l'oncologie par radiation. • Bases du cancer et de la carcinogenèse; • Traiter le cancer avec des radiations : principes et éléments de radiobiologie; • Etapes principales d'un protocole traitement par radiothérapie; • Introduction à la thérapie par particules : principes et état de l'art; • Radioprotection : blindage de la zone de traitement, protection du personnel et du patient; • L'économie de la santé : options de traitement et aiguillage/orientation des patients, remboursement et impact sur les services de sécurité sociale. • Pilier 2 : les technologies pour la protonthérapie. Ce pilier donne un regard spécifique sur le processus de « livraison » du proton, çàd couvrant la génération du proton, son accélération (synchrotron/cyclotron), son convoyage par champs magnétiques, et jusqu'au dépôt dans une zone bien définie dans le patient. • Produire et accélérer des protons: cyclotrons et synchrotrons; • Conception détaillées de cyclotrons (et synchro-cyclotrons); • Ligne de guidage du faisceau, magnéto-optique; • Robotique : structures tournantes, systèmes de positionnement; • Faisceau thérapeutique : <i>pencil beam scanning</i> (balayage par un faisceau fin); • Sécurité et assurance qualité dans les technologies médicales : automates de sécurité, interlocks, redondances, dispositifs de mesure du faisceau (chambres d'ionisation) et analyse des données du faisceau. • Pilier 3 : technologies auxiliaires pour la protonthérapie. Ce pilier couvre les dispositifs et flux de données associés au traitement (sa préparation, son exécution, et sa vérification), avec toutes leurs spécificités, en comparaison aux traitements par radiothérapie conventionnelle (rayons X). • Système de planification de traitement (<i>treatment planning system</i> , TPS), gestion informatique des dossiers oncologiques (<i>oncology information system</i> , OIS), imagerie ; rôle de l'intégration software; • Calcul de dose, ce incluant des méthodes analytiques et stochastiques par simulations Monte Carlo, l'optimisation des plans de traitement, l'évaluation de leur robustesse face aux incertitudes et l'optimisation robuste; • L'imagerie dans et en-dehors de la salle de traitement (<i>computed tomography</i> (CT), <i>on-board cone-beam CT</i> (CBCT), imagerie par résonance magnétique (MRI)). Reconstruction et analyses d'images; • Vérification in vivo de la longueur de parcours des protons: caméra à gamma prompt, radiographie proton et tomographie par émission de positons (PET). • Pilier 4 : les traitements du futur. • Le guidage par image : état de l'art et perspectives, évolution vers des traitements adaptatifs; • Résoudre les challenges de la protonthérapie : voies d'innovation (incertitudes de longueur de parcours, imagerie du proton, etc.); • Traitements émergents : introduction à la thérapie par faisceau d'ions. Traitements émergents : combinaison de la radiation et de la médication
Acquis d'apprentissage	A la fin de cette unité d'enseignement, l'étudiant est capable de : • AA 1.1, 1.2, 1.3 • AA 2.1, 2.2, 2.3 • AA 4.1, 4.2 • AA 6.1, 6.2, 6.3, 6.4

Modes d'évaluation des acquis des étudiants	Les laboratoires comptent pour 50% de la note. Pour chaque projet, l'évaluation porte sur la qualité de la programmation et du rapport fourni. Les règles institutionnelles en matière d'utilisation de l'IA sont d'application. Pendant l'examen, quelques questions peuvent être posées à propos du rapport et du code (pour chaque projet). L'objectif pour l'étudiant est de démontrer une bonne compréhension du problème et de la solution fournie par l'étudiant. Pour chaque projet, les rapports doivent être rendus deux semaines après la dernière session de laboratoire correspondante. Si la date limite n'est pas respectée, il y a une pénalité de 2 points pour chaque 48 heures entamées. Il n'y a pas de possibilité de rendre son rapport ou d'améliorer sa note pour la seconde session en Aout. L'examen final compte pour 50% de la note. C'est un examen oral avec préparation. C'est un examen à cahier fermé.
Méthodes d'enseignement	Le cours combine une série de séances ex-cathedra - donnant une forte importance sur les aspects « systèmes » d'un centre de protonthérapie - et des projets de groupe (apprentissage par projet, APP) menés par les étudiants. Les groupes sont composés de X étudiants (à déterminer). Les modalités pratiques (présentiel/comodal/distanciel) dépendent des conditions sanitaires. Les sujets possibles pour les travaux de groupe (APP) sont : - Le pré-dimensionnement des équipements principaux (accélérateur, aimants d'une ligne de faisceau, besoins globaux en énergie/puissance/rapport de masse, ...) - Reconstruction CT/CBCT de base - Moteur de calcul de dosage de base - Stratégies pour gérer les incertitudes (par exemple au-travers de marges et/ou de planification robuste) - Last but not least, quelques activités pratiques pourraient être envisagées au sein du centre en protonthérapie Leuven/Louvain à l'horizon 2019-2020 Les règles institutionnelles en matière d'utilisation de l'IA sont d'application. Une visite sur site d'un centre de protonthérapie à proximité (max. 3 heures de voiture) pourrait être envisagée.
Contenu	La protonthérapie gagne de plus en plus d'importance comme une modalité de traitement alternatif à la radiothérapie pour des types particuliers de patients et de cancers. Comparés aux photons, les protons déposent leur énergie dans une région beaucoup plus localisée, ce qui permet de beaucoup mieux cibler la tumeur et réduit donc les effets secondaires, principalement au niveau des tissus sains. Le cours se construit sur 4 piliers : Pilier 1 : l'oncologie par radiation. • Bases du cancer et de la carcinogenèse • Traiter le cancer avec des radiations : principes et éléments de radiobiologie • Etapes principales d'un protocole traitement par radiothérapie • Introduction à la thérapie par particules : principes et état de l'art • Radioprotection : blindage de la zone de traitement, protection du personnel et du patient • L'économie de la santé : options de traitement et aiguillage/orientation des patients, remboursement et impact sur les services de sécurité sociale Pilier 2 : les technologies pour la protonthérapie. Ce pilier donne un regard spécifique sur le processus de « livraison » du proton, çàd couvrant la génération du proton, son accélération (synchrotron/cyclotron), son convoyage par champs magnétiques, et jusqu'au dépôt dans une zone bien définie dans le patient. • Produire et accélérer des protons: cyclotrons et synchrotrons • Conception détaillées de cyclotrons (et synchro-cyclotrons) • Ligne de guidage du faisceau, magnéto-optique • Robotique : structures tournantes, systèmes de positionnement • Faisceau thérapeutique : pencil beam scanning (balayage par un faisceau fin) • Sécurité et assurance qualité dans les technologies médicales : automates de sécurité, interlocks, redondances, dispositifs de mesure du faisceau (chambres d'ionisation) et analyse des données du faisceau Pilier 3 : technologies auxiliaires pour la protonthérapie. Ce pilier couvre les dispositifs et flux de données associés au traitement (sa préparation, son exécution, et sa vérification), avec toutes leurs spécificités, en comparaison aux traitements par radiothérapie conventionnelle (rayons X). • Système de planification de traitement (treatment planning system, TPS), gestion informatique des dossiers oncologiques (oncology information system, OIS), imagerie ; rôle de l'intégration software • Calcul de dose, ce incluant des méthodes analytiques et stochastiques par simulations Monte Carlo, l'optimisation des plans de traitement, l'évaluation de leur robustesse face aux incertitudes et l'optimisation robuste. • L'imagerie dans et en-dehors de la salle de traitement (computed tomography (CT), on-board cone-beam CT (CBCT), imagerie par résonance magnétique (MRI)). Reconstruction et analyses d'images. • Vérification in vivo de la longueur de parcours des protons (caméra à gamma prompt, radiographie proton et tomographie par émission de positons (PET)) Pilier 4 : les traitements du futur. • Le guidage par image : état de l'art et perspectives, évolution vers des traitements adaptatifs • Résoudre les challenges de la protonthérapie : voies d'innovation (incertitudes de longueur de parcours, imagerie du proton, etc.) • Traitements émergents : proton-thérapie rotationnelle

	• Traitements émergents : introduction à la thérapie par faisceau d'ions • Traitements émergents : combinaison de la radiation et de la médication
Ressources en ligne	TEAMS est la plateforme utilisée pour la communication avec les étudiants et le partage de contenu
Bibliographie	Harald Paganetti "Proton Therapy Physics" CRC Press
Autres infos	Tous les cours magistraux bénéficient d'un format digital, soit un cours-préenregistré, soit un cours donné en direct (et possiblement enregistré). Pour les projets, nous encourageons les étudiants à assister physiquement aux séances afin d'interagir avec les professeurs et les assistants. Bien que la diffusion en direct puisse être assurée pendant ces séances, les assistants accordent la priorité aux étudiants présents dans la salle et ne garantissent pas nécessairement d'option de streaming.
Faculté ou entité en charge:	GBIO

Programmes / formations proposant cette unité d'enseignement (UE)				
Intitulé du programme	Sigle	Crédits	Prérequis	Acquis d'apprentissage
Master [120] : ingénieur civil biomédical	GBIO2M	5		
Master [120] in Medical Physics	PHMD2M	5		