

Polytechnique Montréal

Département de génie informatique et génie logiciel

INF6953J Conception informatique et logicielle en nanorobotique médicale

Automne 2018

Plan de cours

Professeur coordonnateur du cours:

Nom : Sylvain Martel
Bureau : M-4408
Téléphone : (514) 340-4711 poste 5098
Courriel : sylvain.martel@polymtl.ca

Coordonnateur des travaux pratiques:

Nom : Dumitru Loghin
Courriel : dumitru.loghin@polymtl.ca

Information générale :

Crédits : 3
Triplet horaire : 3- 1.5 - 4.5

Pré-requis :

80 crédits pour les étudiants du baccalauréat.

Les étudiants doivent posséder une connaissance d'un niveau intermédiaire en langage de programmation C++ et une connaissance suffisante de l'anglais afin de pouvoir faire de la revue/recherche de la littérature.

Cours : Mardi 14h45-17h45, B-429

Laboratoires (travaux pratiques): Vendredi 8h30-11h30, L-4708

1. Introduction – Description de l'annuaire

Concepts et connaissances fondamentales pour le développement de plateformes interventionnelles, informatiques et logicielles dédiées à la nanorobotique médicale. Introduction aux concepts de biologie synthétique pour l'ingénierie et la programmation d'agents biologiques et hybrides. Systèmes de livraison systémique et non-système d'agents thérapeutiques et

diagnostiques, routes physiologiques de livraison pour le cancer et autres applications, environnements physiologiques tumoraux localisés et métastatiques et impacts sur les modules informatiques et logiciels. Types de traitements et supports logiciels. Exploitation des principes de base en nanotechnologie, choix des systèmes de locomotion, contraintes technologiques et niveaux d'autonomie à considérer dans les plateformes informatiques. Impacts de la miniaturisation sur la conception des systèmes, agents biologiques versus agents artificiels, stratégies de contrôle et de navigation pour ciblage dans milieux physiologiques et implantation dans modules logiciels. Biochimie pour implantation de vecteurs navigables thérapeutiques. Choix des différentes modalités d'imagerie médicale et leurs intégrations dans les plateformes informatiques. Support informatique et logiciel pour interventions médicales et pour l'implantation de salles interventionnelles spécialisées pour le traitement du cancer.

2. Objectifs d'apprentissage

Le cours vise à:

- Donner une introduction de la nanorobotique médicale, de ses applications et avantages par rapport aux traitements actuels;
- Donner une description des opportunités et contraintes technologiques et physiologiques reliées à la nanorobotique médicale;
- Donner une introduction de la physique au niveau nanométrique et microscopique applicable à la nanorobotique médicale;
- Introduction à la conception d'agents nanorobotiques pour applications médicales;
- Introduction au choix des modalités d'imagerie médicale et de contrôle;
- Introduction aux protocoles pour interventions nanorobotiques;
- Introduction au support informatique et contraintes principales à considérer dans la conception de plateformes informatiques et logicielles pour la nanorobotique médicale.

Au terme de ce cours, l'étudiant pourra :

- Écrire un logiciel de simulation de base basé sur certains principes acquis en classes sur la nanorobotique médicale;
- Concevoir des logiciels relié aux applications de la nanorobotique médicale qui tiennent comptes des diverses connaissances acquise en classe.

Également, dans le cadre de ce cours, les étudiants développeront les qualités précisées dans le tableau ci-dessous (voir: www.polymtl.ca/etudes/bc/qualites). L'évaluation sera effectuée dans les différentes évaluations du cours.

Connaissances en génie	Analyse de problèmes	Investigation	Conception	Utilisation d'outils d'ingénierie	Travail individuel et en équipe
------------------------	----------------------	---------------	------------	-----------------------------------	---------------------------------

3. Mode d'évaluation

La pondération est comme suit:

- 2 présentations (lecture dirigée): $2 \times 10\% = 20\%$
- Projet en équipe: 30%
- Un examen final: 50%
- **NOTE** : Une moyenne pondérée de moins de 40% pour les 2 présentations (lecture dirigée) et l'examen finale entraînera automatiquement un échec indépendamment des résultats obtenus pour le projet en équipe.

4. Horaire détaillé

Le cours INF6953J est donné au rythme de 3 heures par semaine et d'un examen final en plus de sessions dédiés au projet en équipe. L'emploi du temps projeté est le suivant en ordre chronologique. La matière couverte correspond à certains chapitres ou sections du livre de référence du cours.

1. 28 aout - Cours 1 : Bienvenue et introduction à la nanorobotique médicale

- Description de la nanorobotique médicale, ses avantages, applications, etc.
- La nanorobotique médicale: passé, présent et futur
- Opportunités pour le génie informatique et logiciel
- Opportunités pour les autres branches du génie
- Lecture supplémentaire et obligatoire : Lecture 1

2. 31 aout – Travaux pratiques

3. 4 septembre – Cours 2 : Environnements et microenvironnements physiologiques pour interventions nanorobotiques et impact sur la conception de plateformes informatiques et logiciels

- Description et caractéristiques de l'environnement tumoral (zones nécrotiques, zones hypoxiques, zones péri-tumorales, zones interstitielles, système lymphatiques, pression interstitielle, etc.)
- Stages et propagations des cellules cancéreuses
- Métastases et zones de ciblage métastatiques
- Réseau artériel et artéioles
- Routes physiologiques de livraison d'agents thérapeutiques
- Impact sur la conception de plateformes informatiques et logicielles
- Lecture supplémentaire et obligatoire : Lecture 2
- Recherche articles sur sujet du cours 2 pour présentations (étudiants sélectionnés seulement)

4. 7 septembre – Travaux pratiques

5. 11 Septembre – Présentations états des travaux pratiques

6. 14 Septembre – Travaux pratiques

7. 18 Septembre – Cours 3 : Possibilités d'amélioration des traitements actuels par la nanorobotique médicale et impact sur la conception de plateformes informatiques et logiciels

- Descriptions des principaux traitements: chimiothérapie, radiothérapie, immunothérapie
- Vecteurs thérapeutiques actuels et stratégies de thérapies ciblées
- Opportunités pour la nanorobotique médicale et impact sur les plateformes interventionnelles et informatiques
- Présentations en classe (sujet du cours 2) (étudiants sélectionnés seulement)
- Recherche articles sur sujet du cours 3 pour présentations (étudiants sélectionnés seulement)

8. 21 septembre – Travaux pratiques

9. 25 septembre - Cours 4 : Systèmes et méthodes de propulsion d'agents nanorobotiques dans le corps humain et impact sur la conception de plateformes informatiques et logiciels

- Méthodes de propulsion (magnétiques (pulling, MRN, DFN, etc.), biomimétiques, catalytiques et chimiques, par ultrasons, biologiques, etc.
- Choix des méthodes de propulsion
- Exemples d'agents micro- nanorobotiques et plateformes couvrant la gamme des différentes méthodes de propulsion
- Plateformes informatiques et logicielles pour les différentes méthodes de propulsion
- Présentations en classe (sujet du cours 3) (étudiants sélectionnés seulement)
- Lecture supplémentaire et obligatoire : Lectures 3 et 4
- Recherche articles sur sujet du cours 4 pour présentations (étudiants sélectionnés seulement)

10. 28 septembre - Travaux pratiques

11. 2 octobre – Pas de cours

12. 5 octobre – Travaux pratiques

13. 9 octobre – Pas de cours

14. 16 octobre – Présentations états des travaux pratiques

15. 19 octobre – Travaux pratiques

16. 23 octobre – Cours 5 : Exploitation de la nanotechnologie en nanorobotique médicale et impact sur la conception de plateformes informatiques et logiciels

- Super-paramagnétisme, interactions dipolaires, effet Néel, etc.

- Applications : hyperthermie, agents de contrastes, etc.
- Techniques de livraison au cerveau : ultrasons focalisé à haute intensité (HIFU), méthodes de diffusion, etc.
- Modules informatiques et logicielles requis pour l'exploitation de la nanotechnologie dans le contexte médical
- Présentations en classe (sujet du cours 4) (étudiants sélectionnés seulement)
- Lecture supplémentaire et obligatoire : Lecture 5
- Recherche articles sur sujet du cours 5 pour présentations (étudiants sélectionnés seulement)

17. 26 octobre – Travaux pratiques

18. 30 octobre – Cours 6 : Conception d'agents nanorobotiques thérapeutiques, diagnostiques, et pour l'imagerie

- Architectures et fonctionnalités requises des agents nanorobotiques médicaux
- Méthodes biochimiques pour charger les charges thérapeutiques, etc.
- Agents artificiels versus agents biologiques
- Agents magnétiques, chimiques, biomimétiques, biologiques (bactériens, etc.)
- Niveaux d'autonomie et impacts sur les plateformes informatiques et logicielles
- Future concepts de conception sur plateformes informatiques: introduction à la biologie synthétique et computation ADN pour nanorobots, etc.
- Présentations en classe (sujet du cours 5) (étudiants sélectionnés seulement)
- Lecture supplémentaire et obligatoire : Lectures 6 et 7
- Recherche articles sur sujet du cours 6 pour présentations (étudiants sélectionnés seulement)

19. 2 novembre – Travaux pratiques

20. 6 novembre – Cours 7 : Choix des modalités d'imagerie : Résonance magnétique, ultrasons, CT, PET, etc., impact sur les stratégies de contrôle et leur intégration dans une salle informatique et logiciel dédiée à la nanorobotique médicale

- Choix de modalités d'imagerie : Résonance magnétique, ultrasons, CT, PET, etc.
- Stratégies de contrôle de navigation dans le réseau artériel
- Stratégies de guidage dans les microenvironnements physiologiques
- Impacts sur le développement de plateformes interventionnelles, informatiques et logicielles
- Présentations en classe (sujet du cours 6) (étudiants sélectionnés seulement)
- Lecture supplémentaire et obligatoire : Lectures 8 et 9
- Recherche articles sur sujet du cours 7 pour présentations (étudiants sélectionnés seulement)

21. 9 novembre – Travaux pratiques

22. 13 novembre – Cours 8 : Support informatique pour la nanorobotique médicale

- Contraintes technologiques
- Support pour protocoles d'interventions
- Support pour équipements dans les salles d'interventions
- Support informatique pré-opérative, intra-opérative et post-opérative
- Interface usager, etc.

- Présentations en classe (sujet du cours 7) (étudiants sélectionnés seulement)

23. 16 novembre – Travaux pratiques

24. 20 novembre – Première séance de présentations, de démonstrations et d'évaluations des travaux pratiques

25. 27 novembre – Deuxième séance de présentations, de démonstrations et d'évaluations des travaux pratiques

26. 4 décembre – Examen final

5. Travaux pratiques (TP)

- Les travaux pratiques porteront sur un projet relié à la nanorobotique médicale. Les étudiants seront informés des détails (objectifs, requis, etc.) au début de la session. Les étudiants devront rédiger un rapport en discutant des approches utilisées et des résultats. Lors de la soumission, le rapport doit inclure les fichiers avec le code C++.