



REGROUPEMENT QUÉBÉCOIS SUR LES MATÉRIAUX DE POINTE

Grande conférence du RQMP (édition 2024)

- Les métamatériaux -

7 mai 2024

Université McGill



REGROUPEMENT QUÉBÉCOIS
SUR LES MATÉRIAUX DE POINTE

Horaire de la journée

Heure	Activité	Lieu
10h-11h	Accueil et café	Foyer
11h	Mot d'ouverture du nouveau directeur	
11h15	Introduction sur le sujet	Salle Prince Arthur
11h30	Conférence Jennifer Dionne	
12h30	Repas	Foyer
13h30	Conférence Kai Wang	
14h	Conférence Audrey Laventure	Salle Prince Arthur
14h30	Conférence Julien Sylvestre	
15h – 16h	Assemblée des professeurs	Salle du parc
15h – 15h30	Rencontre étudiante avec Jennifer Dionne	Salle Prince Arthur
15h30 – 16h	« Raconte ton projet en 1min »	
16h	Session affiches et cocktail	Salle Prince Arthur
17h30	Remise des prix et mot de clôture	

LES PRIX DE RÉCOMPENSES ÉTUDIANTES SONT OFFERTS PAR :

PRIMA
Les matériaux pour avancer



McGill Nouvelle Résidence

3625 Av du Parc, Montréal, QC H2X 3P8



**REGROUPEMENT QUÉBÉCOIS
SUR LES MATÉRIAUX DE POINTE**

Grande conférencière

- Prof. Jennifer Dionne, Stanford University –



Jennifer Dionne est professeure agrégée de science et d'ingénierie des matériaux et, par courtoisie, de radiologie à Stanford. Elle est également chercheuse au Chan Zuckerberg Biohub, rédactrice adjointe de Nano Letters et directrice adjointe de Q-NEXT, une initiative quantique nationale financée par le DOE. De 2020 à 2023, elle a été première vice-recteur des installations partagées de Stanford pour améliorer les installations de recherche partagées, notamment en finançant durablement l'éducation expérientielle, en soutenant les nouveaux utilisateurs et en modernisant l'instrumentation. Jen a obtenu son B.S. en physique, en sciences des systèmes et en mathématiques de l'Université Washington de St. Louis, d'un doctorat en physique appliquée au California Institute of Technology en 2009 et d'une formation postdoctorale en chimie à Berkeley. En tant que pionnière de la nanophotonique, elle est passionnée par le développement de méthodes permettant d'observer et de contrôler les processus chimiques et biologiques à mesure qu'ils se déroulent avec une résolution à l'échelle nanométrique, mettant ainsi l'accent sur les défis critiques en matière de santé mondiale et de durabilité. Ses recherches ont permis de développer des méthodes sans culture pour détecter les agents pathogènes et leur sensibilité aux antibiotiques ; méthodes sans amplification pour détecter et séquencer les acides nucléiques et les protéines ; et de nouvelles méthodes pour imager les réactions chimiques induites par la lumière avec une résolution à l'échelle atomique.

Son travail a été récompensé par le prix Alan T. Waterman, le prix du nouvel innovateur du directeur du NIH, une bourse d'inventeur Moore, le prix des jeunes chercheurs de la Materials Research Society et le prix présidentiel de début de carrière pour les scientifiques et les ingénieurs, et figurait sur la liste d'Oprah de "50 choses qui vous feront dire 'Wow!'". Elle est particulièrement fière des nombreux anciens élèves exceptionnels diplômés de son laboratoire. Les membres du laboratoire Dionne ont reçu

McGill Nouvelle Résidence

3625 Av du Parc, Montréal, QC H2X 3P8



REGROUPEMENT QUÉBÉCOIS SUR LES MATÉRIAUX DE POINTE

des prix, notamment des bourses HHMI, Beckman, Schmidt et Packard, et d'anciens élèves occupent désormais des postes de professeur dans les meilleures universités (par exemple, professeurs au MIT, Stanford, Berkeley, Northwestern, entre autres) et dans l'industrie (Apple, Intel, Facebook/ Meta, Lockheed Martin, Pacific Biosciences, Tempus), les startups (fondateurs d'Antora et Arabesque), la politique (Congressional Fellows) et la communication (dont un lauréat du prix Pulitzer). Jen est passionnée par la traduction des inventions scientifiques en innovations commerciales et est cofondatrice de Pumpkinseed, une société d'immunopeptidomique. Elle considère également la sensibilisation comme un élément essentiel de son rôle et collabore fréquemment avec des artistes visuels et du spectacle pour transmettre la beauté de la science au grand public. Au-delà du laboratoire, Jen aime faire du vélo de longue distance, du trail et revivre son enfance avec ses deux jeunes fils.

<https://mse.stanford.edu/people/jennifer-dionne>



REGROUPEMENT QUÉBÉCOIS SUR LES MATÉRIAUX DE POINTE

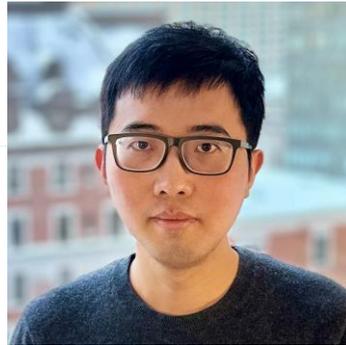
Emerging nanophotonic platforms for molecular sensing, sequencing and synthesis

We present development of nanophotonic sensors suitable for field-deployment that enable early disease onset, help inform optimal treatment, and uncover new biological pathways associated with personal, population, and ecosystem-level health. First, we combine Raman spectroscopy and deep learning to accurately classify bacteria by both species and drug susceptibility in a single step. With a convolutional neural network, we achieve species identification and antibiotic susceptibility accuracies similar to leading mass spectrometry techniques. We show how this technique can be applied to rapid tuberculosis detection, as well as to waste-water monitoring of bacterial pathogens. Next, we present our lab's "Very-large-scale Integrated high-Q Nanophotonic Pixels" (VINPix) as uniquely addressable sites for molecular sensing, sequencing, and synthesis. Three crucial performance metrics of metasurfaces and their constituent resonators are the quality-factor (Q-factor), mode-volume, and ability to control far-field radiation. Often, resonators face a trade-off between these parameters. We demonstrate that this perceived compromise is not inevitable – high-Q, subwavelength mode volumes, and controlled dipole-like radiation can be achieved, simultaneously. We describe how we achieve Q-factors ranging from the thousands to millions, with resonator densities exceeding $5\text{M}/\text{cm}^2$. By combining VINPix arrays with acoustic bioprinting for local chemical functionalization, we develop chips that detect multi-omic signatures on the same platform. We discuss integration of these sensors with workflows in Stanford's Clinical Virology Laboratory, as well as with autonomous underwater robots from Monterey Bay Aquarium Research Institute (MBARI) for real-time ocean biodiversity monitoring. Then, we describe how these chips can be used for label-free peptide sequencing. By tailoring each resonator for strong Raman enhancement, we demonstrate high-resolution identification of wildtype and mutated human leukocyte antigens relevant to cancer. Finally, we show how VINPix can be converted into reaction sites for molecular synthesis by integrating optically absorbing heating elements. Reactions at each of the nanoantennas can be activated by a unique combination of optical wavelength and polarization, eliminating errors seen in other solid-state synthesis platforms due to misalignment. Further, the high-Q of each VINPix prevents spectral and spatial crosstalk between the nanoantennas, enabling maximum molecular sequence diversity with minimal error.



Conférenciers du RQMP

- Kai Wang, McGill -



Metasurfaces for quantum photonics

Photons promise important roles in quantum technologies owing to their versatile degrees of freedom that can encode information in multidimensional quantum states. Traditional methods to control and measure such photonics states based on bulk optical elements are cumbersome, error-prone, and inefficient. Recent progress in nanostructured metasurfaces promises unparalleled precision and flexibility in controlling light in all degrees of freedom, offering advantages in efficiency, miniaturization, and scalability. While most of the effort in developing metasurfaces focused on classical light, designing metasurfaces for quantum photonics is playing an enabling role in changing the way we control and measure quantum states of light [1].

I will present some of our results that leverage optical metasurfaces to mediate the interference [2], tomographic measurement [2,3], and non-unitary transformations [4] of quantum states of light encoded in the polarization, photon number, and spatial degrees of freedom. These results point to a pathway toward using meta-optics to advance the control and measurement of quantum states of light across many platforms.

[1] K. Wang, M. Chekhova, and Y. Kivshar, *Physics Today* 75, 38 (2022).

[2] K. Wang, et al. *Science* 361, 1104 (2018).

[3] S. Lung et al. *ACS Photonics* (2024). DOI: 10.1021/acsp Photonics.3c01287

[4] S. Lung et al. *ACS Photonics* 7, 3015 (2020).



**REGROUPEMENT QUÉBÉCOIS
SUR LES MATÉRIAUX DE POINTE**

- Audrey Laventure, Université de Montréal –



Développer des stratégies pour comprendre et contrôler l'organisation des matériaux imprimés en 3D.

Les relations structure-traitement-propriétés des polymères sont bien établies pour les échantillons de couches minces, mais il existe encore un manque de connaissances important à combler afin de les comprendre dans le contexte d'échantillons de polymères imprimés en 3D. Or, ces connaissances liées à l'impact du traitement sur l'organisation moléculaire sont essentielles pour permettre son contrôle, et éventuellement sa modulation pour atteindre les propriétés ciblées. Notre groupe de recherche relève actuellement ce défi en développant des stratégies pour étudier les relations structure-traitement-propriétés en jeu dans la fabrication additive de matériaux polymères, plus particulièrement via l'écriture à l'encre directe et l'extrusion à chaud. Nos efforts se concentrent sur le développement d'une compréhension fondamentale des phénomènes se produisant au niveau moléculaire dans les matériaux thermoplastiques imprimés en 3D. Pour ce faire, nous avons développé un processus expérimental rationalisé dans lequel des corrélations entre le comportement rhéologique des matériaux à imprimer, les paramètres d'impression et les propriétés des échantillons imprimés en 3D résultants (phases en présence via des analyses calorimétriques différentielles à balayage et spectroscopie vibrationnelle) sont établies. De telles relations nous permettent de mieux comprendre, et à terme, de contrôler l'organisation moléculaire des polymères en déconvoluant l'impact de la structure chimique des matériaux des paramètres de traitement sur les propriétés résultantes des matériaux imprimés en 3D.

McGill Nouvelle Résidence

3625 Av du Parc, Montréal, QC H2X 3P8



REGROUPEMENT QUÉBÉCOIS
SUR LES MATÉRIAUX DE POINTE

- Julien Sylvestre, Université de Sherbrooke -



Neuromorphic metamaterial structures

Machine learning models can be trained to robustly implement very complex input-output relationships. They traditionally run on digital computers, and therefore any interaction with the real world must be through arrays of sensors and actuators that convert information between the digital and the analog domains. A fundamentally different approach would be to create objects that similarly respond to physical stimuli from their environment to implement complex input-output relationships, but without any digital computer, sensor or actuator. As a step in this direction, we have shown that a certain type of mechanical metamaterial could implement the same type of computation as a recurrent neural network. We have leveraged this equivalence to build mechanical structures with a sense of touch: these structures can be trained to change their stiffness depending on the texture or shape of the objects they get in contact with. In this talk, we will describe our general approach, and present examples that include a 3D-printed structure that was trained to be soft when it is pressed against vowel characters from the Braille alphabet, and stiff when pressed against consonants.

McGill Nouvelle Résidence

3625 Av du Parc, Montréal, QC H2X 3P8



**REGROUPEMENT QUÉBÉCOIS
SUR LES MATÉRIAUX DE POINTE**

Session affiches

Affiches de recherche :

Informations à venir

Affiches équipements :

Informations à venir

McGill Nouvelle Résidence

3625 Av du Parc, Montréal, QC H2X 3P8



REGROUPEMENT QUÉBÉCOIS SUR LES MATÉRIAUX DE POINTE

Comment s'y rendre

Les nouvelles résidences de l'Université McGill se trouvent au 3625 Av du Parc, Montréal, QC H2X 3P8. Une signalisation sera installée pour vous indiquer la salle Prince Arthur pour la Grande Conférence.

En métro :

Le site est accessible via la station Place des arts de la ligne verte, sortir par l'avenue du Parc et remonter jusqu'au numéro 3625 après 13 minutes de marche (juste après le carrefour avec Av. Prince Arthur).

À vélo :

Un stationnement à vélo est disponible dans le hall d'entrée de la résidence (à gauche de la porte d'entrée). Il y a également des stations de *bixi* proches.

En auto :

L'Université McGill dispose d'un stationnement visiteurs dont l'entrée se situe au croisement des rues University et Milton, pour 21\$/jour. <https://www.mcgill.ca/transport/parking/downtown/visitors>
Aucune place n'a été réservée pour la conférence, ce mode de transport est donc déconseillé.

Autobus à partir de l'Université de Sherbrooke :

Un bus partira le matin de l'Université de Sherbrooke et reviendra le soir. L'horaire exact sera communiqué dans les jours précédant l'événement aux personnes inscrites. Veuillez donc bien cocher la case « je prends le trajet en bus depuis Sherbrooke » lors de votre inscription à l'événement. Le repas du soir vous sera fourni.