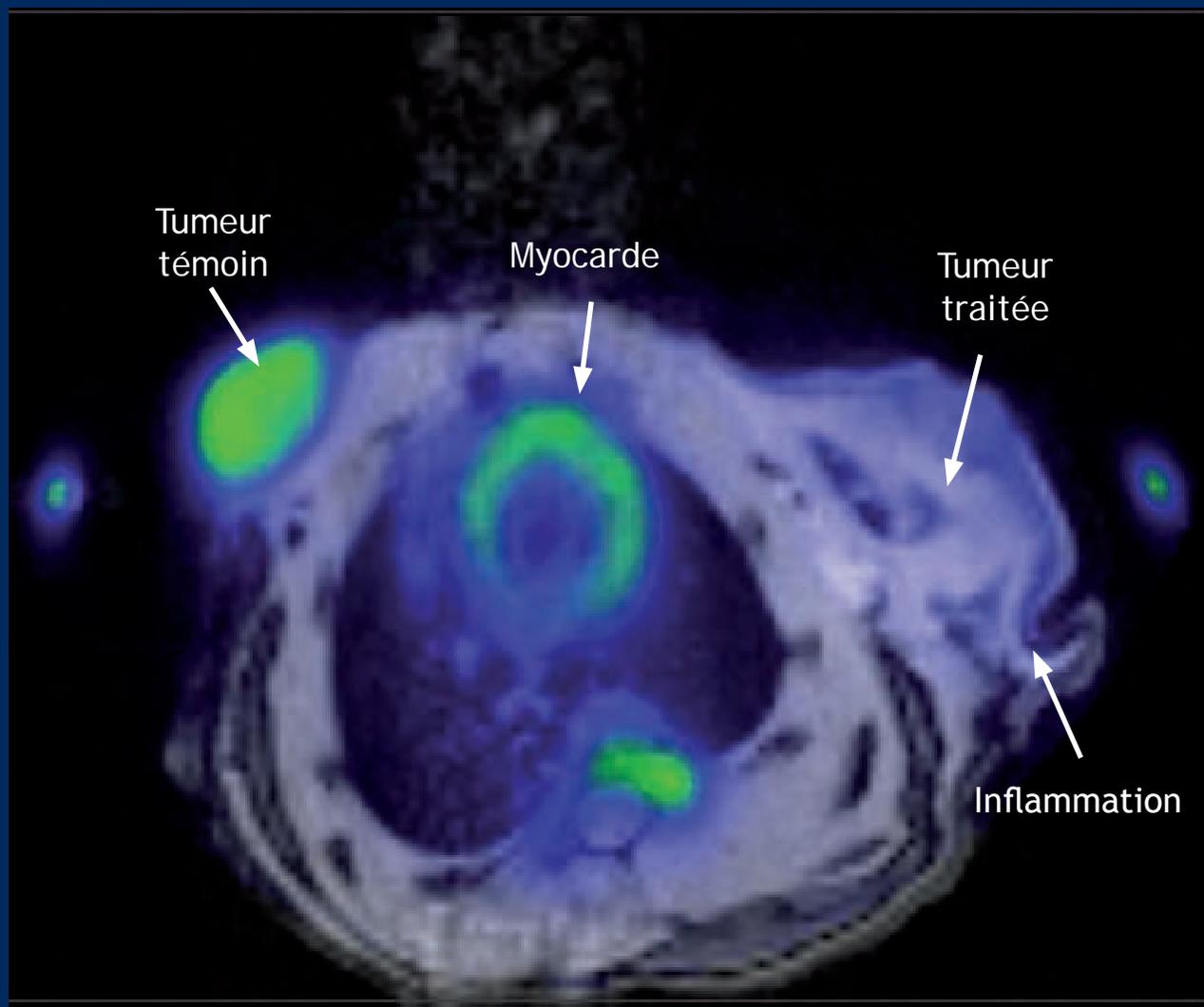


IRSC / CRSNG ATELIER SUR L'IMAGERIE MÉDICALE

Les 6 et 7 octobre 2009
Vancouver (Colombie-Britannique)



Images recalées, obtenues par TEP/IRM, d'un rat avec une tumeur témoin (gauche) et une tumeur traitée (droite), montrant aussi une captation élevée de ^{18}F -FDG dans le muscle cardiaque.

Rédigé par : Judith Bray, Ph. D., directrice adjointe, IC, et Maura Ricketts, M.D., M.Sc.S., FRCPC, consultante
Conception créative par : Diane Christin, agente de projet, IC
Image de la couverture offerte par Roger Lecomte, Martin Lepage, Luc Tremblay et Johanne E. van Lier, Université de Sherbrooke

Instituts de recherche en santé du Canada
160, rue Elgin, bureau 97
Indice de l'adresse : 4809A
Ottawa (Ontario) K1A 0W9

Institut du cancer des IRSC
Bureau 701
3655, promenade Sir-William-Osler
Montréal (Québec) H3G 1Y6
Téléphone : 514-398-5611
Télécopieur : 514-398-8845
www.irsc.gc.ca

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2010
N° de catalogue : MR21-147/2010F (papier)
ISBN : 978-1-100-93843-1

No de catalogue : MR21-147/2010F-PDF
ISBN : 978-1-100-93844-8

Table des matières

Sommaire	4
Rapport de l'atelier	7
Introduction	7
Exposés et discussions scientifiques	9
Développements technologiques	9
Études précliniques	15
Recherche clinique et translationnelle	19
Du laboratoire au chevet des malades	20
Perspectives internationales	26
Réunions en petits groupes et recommandations	30
Mot de la fin	33
Annexe 1 : Liste des participants	34
Annexe 2 : Ordre du jour	56

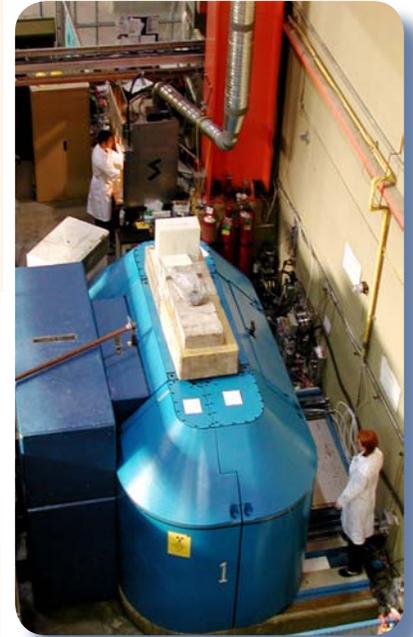
SOMMAIRE

Le domaine de l'imagerie médicale évolue rapidement et fait désormais partie intégrante des soins de santé modernes. Au Canada, le milieu de la recherche en imagerie médicale est d'ailleurs très actif; non seulement il rejoint un large éventail de disciplines scientifiques, mais la liste de ses succès est longue, allant des progrès technologiques novateurs aux nouvelles applications cliniques. Le Canada se démarque par ses forces inégalées dans le domaine de l'imagerie, notamment :

- *le Centre canadien de rayonnement synchrotron, un des rares centres de ce type au monde, qui s'avère un outil performant pour la recherche universitaire et industrielle;*
- *le Centre de développement et de commercialisation de traceurs (CDCT), soit la première installation au monde où l'on s'intéresse à tous les domaines liés à l'élaboration de traceurs d'imagerie moléculaire;*
- *le laboratoire TRIUMF, chef de file mondial en physique subatomique, qui rassemble des physiciens passionnés, des professionnels talentueux provenant de multiples disciplines, une technologie sophistiquée et des partenaires commerciaux;*
- *un grand nombre de centres et de réseaux de recherche en imagerie répartis dans les universités, les hôpitaux et les centres de recherche d'un bout à l'autre du pays.*

L'imagerie médicale sert de lien entre les chercheurs des sciences physiques et ceux des sciences de la vie. L'enrichissement mutuel et la collaboration interdisciplinaire qui en découlent font en sorte que les résultats de recherche sont applicables dans beaucoup de domaines, d'industries et de pays. Les domaines de recherche qui englobent l'imagerie biomédicale peuvent être regroupés comme suit.

- *Les développements en matière de technologie et de dispositifs (matériel informatique et logiciels).*
- *La mise au point de traceurs et la caractérisation biologique (notamment les agents de contraste de résonance magnétique (RM), les traceurs optiques et les indicateurs radioactifs), ce qui comprend également le domaine en pleine évolution des biomarqueurs d'imagerie et de la contribution qu'ils pourraient apporter à la médecine personnalisée.*
- *Les essais cliniques multicentriques, qui peuvent appuyer la recherche en imagerie biomédicale. Ces études cliniques contribuent à l'évaluation des nouveaux agents et des techniques d'imagerie chez de vastes populations de patients et permettent de cibler les agents et les techniques qui devraient passer à la phase suivante des essais ou de la pratique clinique. On peut aussi intégrer les biomarqueurs d'imagerie aux essais en matière de mise au point de médicaments et à la recherche de résultats cliniques.*
- *L'évaluation des technologies de la santé. La recherche en matière de services et de politiques de santé vise à évaluer les avantages sociaux et la rentabilité des méthodes d'imagerie nouvelles et actuelles.*



Vue du dessus du cyclotron TR-13 du laboratoire TRIUMF.
Image offerte par TRIUMF.

Le domaine de l'imagerie médicale s'inscrit à la fois dans le mandat du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG) et celui des Instituts de recherche en santé du Canada (IRSC). En effet, le partenariat fructueux qui unit déjà les IRSC au CRSNG, le Programme de projets de recherche concertée sur la santé (PRCS), favorise la collaboration entre les chercheurs des sciences physiques et ceux des sciences de la vie. Récemment, ces deux organismes de financement ont par ailleurs travaillé conjointement à l'élaboration accélérée d'une initiative visant à répondre à la sérieuse pénurie de technétium 99m causée par la fermeture du réacteur nucléaire de Chalk River. Inspirés par ces partenariats féconds, les IRSC et le CRSNG ont organisé conjointement un atelier sur invitation portant sur l'imagerie médicale, qui s'est tenu les 6 et 7 octobre 2009. Au cours de cet atelier, on a présenté un aperçu des forces du Canada en matière de recherche en imagerie ainsi qu'une comparaison des activités du Canada dans ce domaine avec celles du Royaume-Uni et des États-Unis. De plus, des discussions ont permis aux participants de définir des stratégies qui permettraient aux deux organismes de faire avancer l'imagerie médicale au Canada.

Bien que l'atelier ait donné lieu à un grand nombre de recommandations, le sujet de l'heure demeure l'impression que l'incidence de la recherche canadienne en imagerie biomédicale, à l'échelle tant nationale qu'internationale, est moins importante que la somme de ses parties. Contrairement aux États-Unis, qui compte



plusieurs réseaux d'imagerie et infrastructures de soutien tels que l'American College of Radiologists Imaging Network (ACRIN) et le National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering (NIBIB), en matière d'imagerie médicale, le Canada n'a ni stratégie nationale ni réseaux à l'échelle nationale. On partage plutôt le financement entre des programmes d'imagerie spécialisés et indépendants. À ce jour, aucun mécanisme n'a été mis en place pour coordonner les activités liées à l'imagerie au Canada ou pour entretenir un réseau qui servirait à valoriser les forces ainsi que les sommes précédemment investies dans les infrastructures. L'absence d'un institut d'imagerie, ou seulement de coordination entre les organismes de financement comme les IRSC, ne favorise pas les découvertes de classe mondiale dans le domaine de la recherche translationnelle ou clinique en imagerie biomédicale. Il est donc opportun de promouvoir le financement de la recherche partout au pays afin de faciliter les efforts de recherche translationnelle et de favoriser les associations régionales et nationales. On pourrait en arriver à une telle coordination en mettant sur pied soit un institut d'imagerie ou de technologie biomédicale, soit un centre de réseautage qui faciliterait la recherche et en assurerait la coordination entre les divers centres d'imagerie existants. Le développement technologique s'oriente vers la combinaison des méthodes d'imagerie, et les technologies d'imagerie individuelles s'appliquent à un certain nombre de disciplines cliniques. De vastes réseaux, servant de liens entre les centres en place, faciliteraient l'application des résultats de recherche aux études précliniques et à la pratique clinique.



De plus, l'absence d'un mécanisme pour faciliter et coordonner les essais cliniques limite non seulement l'incidence de ceux-ci, mais aussi leur utilisation clinique et les possibilités de recherche en services de santé, des aspects qui contribuent tous au succès de la recherche en imagerie biomédicale (qu'elle soit basée sur des dispositifs, des médicaments ou le développement de logiciels). Seulement une partie de la recherche en imagerie et sur les biomarqueurs fait son chemin jusqu'aux essais cliniques, et une partie encore moins importante se rend à la pratique clinique. Les possibilités d'utilisation de l'imagerie biologique sont innombrables, mais au Canada, les connaissances circulent plutôt difficilement entre les différentes étapes : invention technologique, recherche préclinique et application dans la pratique clinique. Les universités et l'industrie comptent de vastes bibliothèques de marqueurs qui n'ont toujours pas fait l'objet de recherches approfondies en vue d'une application clinique. Le Canada possède un talent énorme en sciences fondamentales et en technologies, mais sans l'existence de liens solides et durables entre ces domaines et le milieu clinique, les percées médicales se font plus rares ou sont réalisées par d'autres pays. Pour résoudre ce problème, une solution serait de mettre sur pied un réseau national d'essais cliniques d'imagerie, qui veillerait à l'organisation, à la coordination et à l'examen de la qualité, ainsi que des exigences réglementaires pour les essais d'imagerie au Canada.



Scanner pour petits animaux LabPETMC, commercialisé par AMI inc. Image offerte par Roger Lecomte.

Le réseau appuierait :

- la mise au point et la validation de nouveaux traceurs d'imagerie;
- l'intégration d'essais de biomarqueurs d'imagerie aux essais adressés aux groupes coopératifs, aux essais relatifs à la mise au point de médicaments et à la recherche sur les résultats cliniques;
- l'élaboration d'une base de données pour les méthodes d'imagerie, nouvelles ou actuelles, ayant des indications cliniques spécifiques..



Préparation d'un patient pour une TEP du cerveau. Image offerte par TRIUMF.

L'imagerie biomédicale est forcément un domaine multidisciplinaire qui fait appel à de grandes équipes de chercheurs en sciences physiques et en sciences de la vie, qui s'assurent de l'évolution constante du domaine. Toutefois, au Canada, il est difficile de créer des équipes d'une telle envergure, et il est nécessaire de mettre en place de nouveaux mécanismes de soutien pour les équipes multidisciplinaires de grande taille, afin de faciliter l'application de la recherche de découvertes (que ce soit en matière de dispositifs ou de médicaments) à des études expérimentales sur les animaux ainsi qu'à des essais cliniques de phase précoce. De telles équipes doivent être constituées de chercheurs en développement technologique, de chercheurs en imagerie médicale titulaires d'un doctorat et de cliniciens-chercheurs, qui pourraient tous compter sur

l'appui d'une version élargie de l'actuel programme des PRCS des IRSC et du CRSNG. De plus, les équipes de chercheurs biomédicaux et de cliniciens-chercheurs bénéficieraient d'un milieu, par exemple un hôpital, où se trouvent à la fois l'équipement d'imagerie nécessaire, les médecins et la population étudiée. Afin de combler la pénurie de médecins et de cliniciens-chercheurs, il faut voir à la mise en place de mécanismes spécifiques se traduisant par des programmes de formation, l'acquisition de compétences de base au Collège royal des médecins et chirurgiens, un soutien financier approprié et le changement du climat qui règne actuellement dans le milieu universitaire et qui empêche d'accorder le crédit nécessaire à l'application clinique.



*Un radiochimiste prépare un radiotracteur au laboratoire TRIUMF.
Image offerte par TRIUMF.*

Comme il n'existe actuellement aucun mécanisme ni processus pour faciliter la commercialisation des résultats de la recherche en imagerie biomédicale, la communauté scientifique du Canada est considérablement désavantagée par rapport à ses collègues et concurrents de l'Union européenne, des États-Unis et de l'Asie. Si les Centres d'excellence en commercialisation et en recherche (CECR) ont créé le premier centre destiné à la commercialisation des traceurs d'imagerie moléculaire, le CDCT, celui-ci ne s'est toutefois vu accorder un financement que pour une période de cinq ans. Pour tirer pleinement profit des forces prometteuses existantes, les chercheurs canadiens ont besoin d'un soutien accru et durable en matière de commercialisation des technologies et des traceurs d'imagerie moléculaire – y compris des investissements dans de petites entreprises de haute technologie –, de l'amélioration de la capacité du Canada à gérer chacune des phases de la création de propriété intellectuelle, de l'établissement de partenariats entre les secteurs public et privé à l'échelle provinciale, et du soutien de programmes spécifiques, comme le CDCT, visant à multiplier les succès du Canada en matière de commercialisation et à promouvoir l'expertise en entrepreneuriat, ainsi que la propriété des découvertes.

La recherche en imagerie biomédicale souffre également d'importantes lacunes en matière d'infrastructures. Parmi les groupes de recherche les plus prospères, nombreux sont ceux qui ont été créés au moment des premiers concours de la Fondation canadienne pour l'innovation (FCI). La durée de vie utile de l'équipement financé à la suite de l'acceptation de ces demandes tire à sa fin, et les gouvernements provinciaux et fédéral n'ont indiqué aucun mécanisme qui garantirait la modernisation ou le remplacement de cet équipement. Il est donc urgent d'élaborer une stratégie de financement en ce qui a trait au matériel informatique, aux logiciels, au traitement de l'image et à la mise au point de traceurs. De plus, il est essentiel d'assurer un financement durable et à long terme pour couvrir les frais d'exploitation des équipes et des centres actuels, y compris un soutien destiné au personnel hautement qualifié.

Le coût de la technologie et des soins médicaux n'a cessé d'augmenter au cours des dernières décennies; selon l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), les principaux inducteurs de coûts dictant les dépenses en matière de soins de santé sont la mise au point ainsi que la diffusion des technologies médicales et des nouveaux médicaments. Peu de gens, surtout parmi les politiciens, croient qu'investir dans de nouvelles technologies revient à mettre en œuvre une mesure d'économie des coûts. Les principales contraintes en matière de soins de santé sont ressenties par les gouvernements provinciaux, alors que la majeure partie du financement pour la recherche en santé vient du gouvernement fédéral. Au fur et à mesure que les nouveaux traitements, essais et technologies seront intégrés au milieu clinique, il deviendra nécessaire de bien comprendre leur incidence sur le système de soins de santé. Étant donné la structure du système de soins de santé canadien, on doit tenir compte du contexte national lorsque l'on considère la question de l'accès à des services d'imagerie de qualité. Pour ce faire, il faudrait entamer des analyses stratégiques portant sur la recherche en imagerie pour les services de santé, l'évaluation des technologies de la santé et les études sur l'efficacité clinique, ainsi que sur la rentabilité.



*Vue intérieure des électrodes en D dans un cyclotron producteur d'isotopes médicaux.
Image offerte par TRIUMF.*

Les questions et les recommandations abordées pendant l'atelier seront examinées par les IRSC et le CRSNG, qui transmettront ensuite l'information aux autres organismes qui souhaitent faire avancer le domaine de l'imagerie médicale au Canada.

IRSC / CRSNG

RAPPORT DE L'ATELIER



INTRODUCTION

Le 28 décembre 1895, la Société physico-médicale de Würzburg publie Über eine neue Art von Strahlen (Sur une nouvelle sorte de rayonnement), article du Pr Wilhelm Conrad Röntgen. Son explication de la science qui sous-tend les rayons X lui vaut tous les plus grands prix scientifiques de l'époque, dont le premier prix Nobel, et s'avère l'aboutissement inespéré de recherches menées par des scientifiques comme le Dr William Gilbert (1540-1603), l'inventeur du terme « électron », l'ingénieur Michael Faraday (1791-1867), l'inventeur de la dynamo, et le mathématicien James Clerk Maxwell (1831-1879), qui décrit les caractéristiques de l'énergie électromagnétique. Le Pr Röntgen a découvert les rayons X pendant qu'il expérimentait sa toute nouvelle acquisition technique, le tube de Lénard, inventé par Philipp Lenard (1862-1947) à peine quelques années plus tôt.

Aucun de ces scientifiques émérites n'aurait toutefois pu imaginer la vitesse à laquelle allait évoluer l'imagerie médicale et l'envergure des progrès qu'on réaliserait dans le domaine par la suite. En effet, l'électroencéphalogramme (1929), le microscope électronique (années 1950), la médecine nucléaire (années 1950 et 1960), le tomodensitogramme et les systèmes d'imagerie par résonance magnétique (IRM) (années 1970) sont maintenant considérés comme des techniques médicales de base. L'imagerie moléculaire et fonctionnelle fait partie des domaines de la médecine qui évoluent le plus rapidement. En plus des rayons X habituels, les techniques d'imagerie les plus courantes dans la pratique clinique actuelle sont la tomodynamométrie (TDM), l'IRM, l'ultrason et la tomographie d'émission monophotonique (TEMP). Le tomodynamogramme, les appareils d'IRM, les appareils à ultrasons et les gamma-caméras sont aujourd'hui essentiels à la pratique clinique. La tomographie par émission de positons (TEP) et la spectroscopie par résonance magnétique (SRM)



TEP
Imagerie d'une plaque vulnérable de l'artère carotide par fusion TEP/TDM avec 18F-fluorodésoxyglucose
TDM avec contraste
Fusion
Rudd et coll., Circulation, vol. 105, 2002, p. 2708.

sont également des techniques de plus en plus utilisées pour la prise en charge des patients atteints de cardiopathies, de cancers et de troubles neurologiques.

On utilise de plus en plus ces techniques, seules ou simultanément, pour procéder à l'examen des fonctions biologiques, reconnaître les signes précurseurs d'une maladie, guider des interventions chirurgicales ou surveiller les réponses à un traitement. Au cours des 40 dernières années, les spécialistes des domaines médical et technique ont collaboré à la création d'outils diagnostiques qui permettent de détecter une pathologie avant que ne soient causés des dommages irréparables. Cette capacité d'établir un diagnostic plus tôt dans le processus d'évolution de la maladie a révolutionné la notion de médecine, qui est passée de la détection d'une maladie à la détection de la possibilité d'une maladie. Au cours des dix dernières années, nous avons donc assisté à l'apparition de l'intervention thérapeutique adaptée aux indicateurs biomédicaux importants des patients. Les chercheurs prévoient que ce type d'intervention pourra bientôt être adapté aux caractéristiques spécifiques de chaque maladie.

JETER UN PONT ENTRE LES SCIENCES PHYSIQUES ET LES SCIENCES DE LA VIE

La plupart des techniques d'imagerie radiologique, comme la TDM et l'IRM, sont devenues, au fil des progrès, des outils cliniques permettant d'obtenir des images de l'anatomie. Aujourd'hui, à l'aide de la médecine nucléaire (la TEMP et la TEP), de l'IRM fonctionnelle et d'autres méthodes en développement, on cherche à obtenir des images des processus physiologiques et biologiques sur les plans cellulaire et moléculaire. Ainsi, afin que ce domaine puisse évoluer, il est capital que soient créés des partenariats entre les spécialistes des sciences fondamentales — comme les physiciens, les ingénieurs, les chimistes, les biologistes, les spécialistes en science des matériaux, les informaticiens, les médecins, tels les radiologistes, les pathologistes et les endoscopistes (soit les professionnels « traditionnels » de l'imagerie), et les cliniciens, notamment les chirurgiens, les ophtalmologistes, les neurologues et les dermatologues.

Comme il s'agit d'un domaine qui englobe à la fois les sciences physiques et les sciences de la vie, l'imagerie médicale s'établit comme un pont entre les domaines de recherche du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG) et ceux des Instituts de recherche en santé du Canada (IRSC). Ces deux organismes collaborent déjà dans le cadre d'un partenariat, soit le Programme des projets de recherche concertée sur la santé (PRCS), qu'on a mis en œuvre pour que les chercheurs en sciences physiques et en sciences de la vie travaillent de concert et contribuent ainsi à la progression de la recherche à la croisée de ces deux disciplines. On prévoit par ailleurs que le CRSNG, les IRSC et le Conseil national de recherches du Canada (CNRC) lanceront une initiative conjointe sur les dispositifs médicaux, laquelle comprendra un volet sur l'imagerie (anatomique et moléculaire). Récemment, les IRSC et le CRSNG ont travaillé conjointement au lancement et au financement d'un processus accéléré d'appel de demandes afin de trouver une solution à la grave pénurie de technétium 99m causée par la fermeture prolongée du réacteur nucléaire de Chalk River. En octobre 2009, les IRSC et le CRSNG ont une fois de plus uni leurs efforts et organisé un atelier sur invitation portant sur l'imagerie médicale.



BUT ET OBJECTIFS DE L'ATELIER

Le but de l'atelier était d'obtenir un aperçu de l'imagerie médicale au Canada et d'explorer des manières de consolider cette science, notamment en accélérant l'intégration des nouveaux résultats de la recherche et des nouveaux développements technologiques à la pratique clinique. Des chercheurs du Canada et d'ailleurs étaient invités à venir présenter leur domaine ou leur modèle d'exécution des programmes respectif, leur expertise allant des développements technologiques aux essais cliniques, en passant par la prestation des soins de santé (voir la liste des participants, annexe 1). Les objectifs de l'atelier étaient les suivants :

- *déterminer les tendances nationales et internationales majeures en recherche dans le domaine de l'imagerie, et fournir des éléments de comparaison ainsi que des points de repère internationaux;*
- *cibler les besoins futurs du Canada en matière de recherche en imagerie, comme la mise au point d'appareils et de réseaux qui transformeraient le domaine afin d'améliorer les résultats pour le patient, et ce, pour l'ensemble des maladies;*
- *élaborer des tactiques permettant de déterminer les priorités stratégiques de la recherche en imagerie;*
- *explorer des mécanismes qui favoriseraient une collaboration et une intégration durables entre les sciences de la vie et les sciences physiques afin de faciliter l'application des résultats de recherche à la pratique clinique.*

Au cours de l'atelier de deux jours, une série de présentations ont été données, suivies de périodes de discussion ouverte et de réunions en petits groupes visant à discuter de sujets ciblés (voir l'ordre du jour, annexe 2).

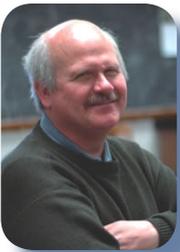
Chacune des séances (développements technologiques, études précliniques et recherche clinique et translationnelle) a commencé par une présentation de l'état actuel des réalisations dans le domaine de compétence du conférencier invité, suivie d'une discussion ouverte des participants portant sur une grande variété de thèmes.



EXPOSÉS ET DISCUSSIONS SCIENTIFIQUES

DÉVELOPPEMENTS TECHNOLOGIQUES

L'IMAGERIE BIOMÉDICALE SYNCHROTRONIQUE (SYNCHROTRON BIOMEDICAL IMAGING)



Conférencier : Dean Chapman

Le Centre canadien de rayonnement synchrotron (CCRS), l'installation nationale de recherche sur le rayonnement synchrotron, se trouve sur le campus de l'Université de la Saskatchewan, à Saskatoon. Il s'avère un outil puissant en matière de recherche universitaire et industrielle dans des domaines comme les sciences de l'environnement, les ressources naturelles et l'énergie, la santé et les sciences de la vie, ainsi que les technologies de l'information et des communications. Bien que les méthodes qu'on y utilise soient principalement appliquées à la recherche en sciences biologiques fondamentales afin d'expliquer la biologie fondamentale des cellules, des tissus et des organes, certaines peuvent être appliquées à des modèles animaux, voire à des milieux cliniques. Le fait de discerner les cartilages, par exemple, permet d'observer la progression de maladies comme l'arthrose. Sans les méthodes de contraste uniques du synchrotron, il serait impossible de visualiser de tels processus. Le rayonnement synchrotron peut servir de modèle pour d'autres méthodes d'imagerie, car il permet de comprendre les aspects techniques de ces méthodes et fournit les points de repère nécessaires pour définir les combinaisons et les conditions optimales. On peut s'inspirer de ce modèle pour pratiquement tous les systèmes monochromatiques, même les rayons X. Le centre de la Saskatchewan serait en mesure d'appliquer le rayonnement synchrotron à l'être humain, mais ne possède actuellement aucune source de rayonnement fonctionnelle (SRF) à cette fin précise. L'utilité clinique du rayonnement synchrotron est donc limitée à cause non seulement de la difficulté à obtenir du temps d'utilisation d'une SRF, mais aussi des dimensions considérables de l'appareil, des systèmes de sécurité que nécessite son application à l'être humain et des coûts de fonctionnement élevés. Les synchrotrons ont malgré tout profité à la recherche chez l'humain en offrant une définition de l'image qu'aucune autre technologie ne rend possible. Ils ont entre autres été utilisés *in vivo* en imagerie par absorption, en imagerie avec soustraction logarithmique de seuils d'absorption K, en imagerie par fluorescence, en imagerie à contraste de phase, en imagerie par analyseur, en imagerie par diffraction de rayons X et en radiographie d'images multiples. Ailleurs dans le monde, les synchrotrons sont de plus en plus utilisés pour des applications cliniques. Le centre de synchrotron de Trieste, par exemple, entreprend actuellement la réalisation de mammographies et la production d'images d'une qualité



Synchrotrons dans divers pays.

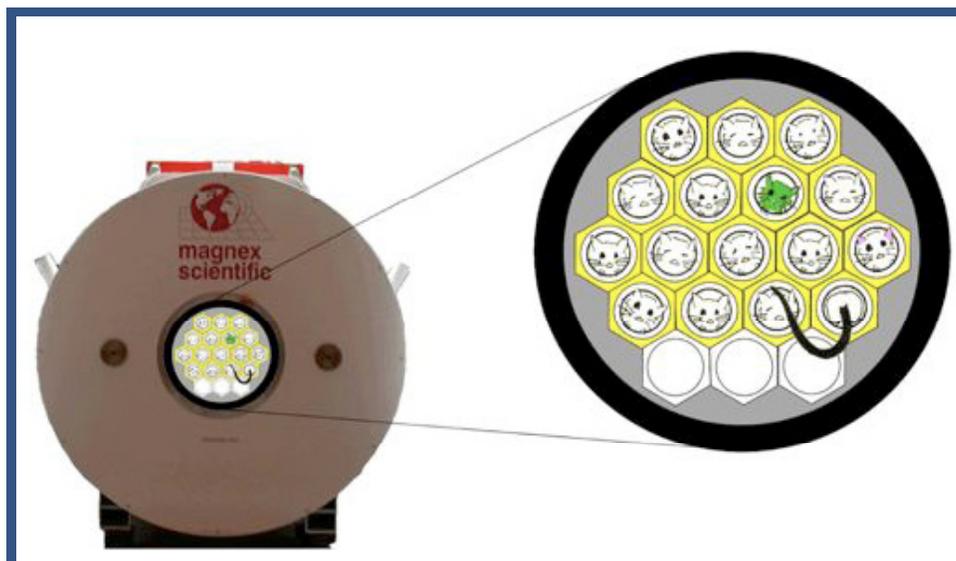
remarquable grâce au système Konica à contraste de phase, qui permet de circonscrire les tumeurs. La recherche appuyée par les synchrotrons s'oriente maintenant vers l'imagerie fonctionnelle de structures comme le système cardiovasculaire et les poumons, et l'imagerie des gènes. Cette méthode d'imagerie est de plus en plus prometteuse pour la pratique clinique.

L'IMAGERIE PAR RÉSONANCE MAGNÉTIQUE



Conférencier : Bruce Balcom

Dans le milieu biomédical, l'IRM est utilisée afin d'obtenir une image de la structure; cette méthode est basée sur la susceptibilité magnétique des molécules d'eau qui réagissent aux champs magnétiques statiques et de radiofréquence. On utilise généralement l'IRM pour obtenir une image des tissus mous, bien qu'elle puisse aussi servir de technique d'imagerie pour les tissus durs. L'imagerie de composés sans hydrogène, ce qui exclut l'eau et la graisse, est plutôt commune, par exemple pour obtenir l'image d'une concentration de sodium et de son acheminement au cerveau. En matière d'IRM, on tend à améliorer la sensibilité et la précision de la technologie. L'utilisation d'un champ magnétique intense améliore la qualité des images d'IRM grâce à une meilleure qualité du signal et du rapport signal sur bruit, mais les coûts liés à une telle augmentation de l'intensité du champ magnétique sont considérables. Les recherches en cours visent également à améliorer les antennes, les traceurs et le modèle de l'aimant. On s'intéresse par ailleurs beaucoup à la combinaison des méthodes parce qu'en entreprenant une TEP et un examen IRM simultanément, on peut recueillir à la fois l'information métabolique et structurale. Cette combinaison de techniques permet de reconnaître d'importants changements métaboliques et de les situer structurellement, si on procède ensuite à une TEMP, grâce à une résolution de l'image sans précédent. La conception d'un seul appareil qui combinerait ces différentes méthodes d'imagerie représente toutefois un défi de taille.



*Analyse à haut débit de phénotypes chez la souris.
Image offerte par Mark Henkelman, Université de Toronto.*

Autre grande innovation : on travaille actuellement à l'élaboration d'un appareil d'IRM portable, qui constituerait un progrès majeur en matière de diagnostic au chevet du patient. De nombreux obstacles empêchent toutefois qu'on adapte les progrès technologiques au milieu médical, entre autres parce qu'il n'existe aucune façon de faire participer les cliniciens à l'évaluation des nouvelles technologies et que les chercheurs n'ont quant à eux généralement pas le temps ou les aptitudes nécessaires pour promouvoir leur travail. Cette absence de collaboration entre les chercheurs qui conçoivent les technologies et les cliniciens-chercheurs, qui sont indispensables pour que ces technologies soient adoptées, a ralenti ou empêché la mise en œuvre de nombreuses technologies médicales. Il semble qu'au Canada, on ne forme ni n'attire des personnes compétentes ou qualifiées en entrepreneuriat, bien que le succès apparent des réseaux d'imagerie créés grâce

au Fonds ontarien d'encouragement à la recherche-développement laisse croire qu'il y a de l'espoir dans ce domaine. Quoi qu'il en soit, les obstacles à la recherche en technologie médicale au Canada sont tels qu'un grand nombre d'étudiants hautement qualifiés en techniques d'IRM partent travailler au Royaume-Uni, en Allemagne ou aux États-Unis, où les sommes investies dans le développement de la technologie médicale sont plus imposantes.



Appareil d'IRM portable.
Image offerte par Bruce Balcolm.

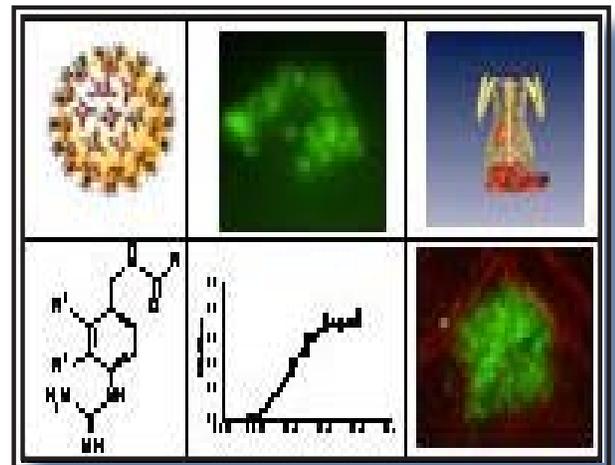
LES TRACEURS D'IMAGERIE MOLÉCULAIRE



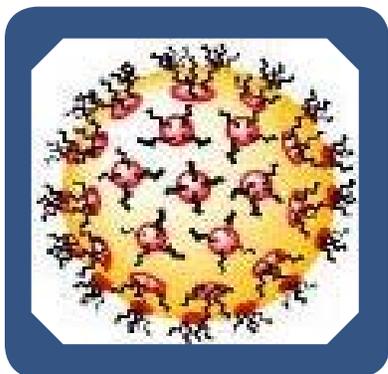
Conférencier : John Valliant

Les traceurs sont conçus pour constituer des composés chimiques biologiquement inertes qui rendent possible l'étude non effractive des processus biologiques à l'intérieur des cellules et des organes d'organismes vivants. Ils sont amplement utilisés en médecine parce qu'ils peuvent indiquer les changements survenant au cours d'un processus biologique (comme le captage du glucose) plutôt que de simplement permettre l'observation de changements anatomiques. Grâce aux traceurs, il devient donc possible de détecter les changements relatifs à la biochimie d'une tumeur (ou de toute autre maladie) avant même de déceler la variation de la taille de cette tumeur, facteur important de la surveillance de la réponse à un traitement. Par exemple, grâce à l'imagerie moléculaire du sein, qui repose sur l'utilisation de traceurs, il est possible de détecter des tumeurs plus petites que ne le permet une mammographie ordinaire. L'imagerie moléculaire peut aussi être utilisée pour évaluer non seulement les contours, ce qui permet d'orienter la biopsie et le traitement, mais aussi la distribution, les propriétés d'utilisation des récepteurs et la pharmacocinétique des nouveaux candidats-médicaments. En ce qui a trait à l'utilisation de plusieurs traceurs pour des cibles complémentaires ou de traceurs multimodaux pouvant être détectés par plus d'une méthode d'imagerie, de nouvelles recherches sont en cours et profitent du fait qu'il est possible de concevoir des traceurs pour pratiquement toutes les méthodes d'imagerie.

La découverte ainsi que le processus d'élaboration d'un traceur exigent du chercheur qu'il démontre que le traceur en question est lié à la cible visée. Pour ce faire, il faut partir de la biochimie fondamentale, en signalant, par exemple, l'activité accrue d'un biomarqueur à un certain stade de la maladie. La mise au point d'un traceur exige des développements dans les domaines de la chimie et du génie; le traceur doit ensuite être validé par l'intermédiaire de la biologie chimique. L'application à la science médicale commence par des études expérimentales sur animaux et se termine par des essais cliniques. Au tout début du processus, le CRSNG fournit habituellement la majeure partie du financement, tandis que les IRSC ainsi que les autres organismes de santé ou de recherche provinciaux appuient les premiers travaux d'évaluation. Les réseaux de centres d'excellence (RCE), pour leur part, ont récemment apporté un soutien financier limité destiné à la commercialisation (par l'intermédiaire du programme des CECR). Aucun financement n'est actuellement consacré à des essais multicentriques de grande envergure visant l'examen de nouveaux traceurs.



Traceurs d'imagerie moléculaire.
Image offerte par John Valliant.



LES TECHNOLOGIES D'IMAGERIE MÉDICALE : ESSENTIELLES À LA RECHERCHE ET À L'APPLICATION MÉDICALE EN CARDIOPATHIE ISCHÉMIQUE



Conférencier : Frank Prato

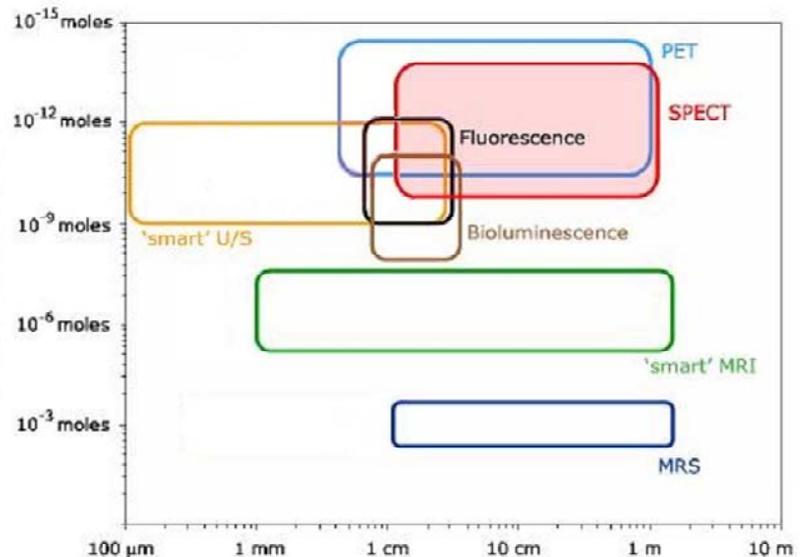
Au Canada, comme dans les pays développés en général, le nombre de décès dus aux crises cardiaques a diminué considérablement au cours des 25 dernières années; on dénombre en effet trois fois moins de cas chez les hommes et plus de deux fois moins chez les femmes. Ce progrès est en partie attribuable à l'amélioration des techniques d'imagerie, notamment l'angiographie, la médecine nucléaire, l'IRM et la TDM. Étant donné la diminution du nombre de décès causés par une maladie aiguë, le nombre de personnes vivant avec une insuffisance cardiaque congestive potentiellement fatale, lui, a augmenté. Selon la Fondation des maladies du cœur du Canada, environ 400 000 Canadiens souffrent d'insuffisance cardiaque, et 50 % de ceux-ci y succomberont moins de cinq ans après avoir reçu le diagnostic. Mentionnons qu'il s'agit là d'une tendance générale et que de plus en plus de patients souffrent de maladies chroniques telles que le cancer ou le diabète. Progresser de la maladie aiguë à la maladie chronique ne suffit pas; il faut aussi trouver des traitements. L'imagerie médicale représente la seule manière non effractive de confirmer ou de détecter la cause mécaniste d'une maladie chez l'humain, que ce soit à l'échelle de l'organisme, de l'organe, du sous-organe ou de la cellule. La détection des biomarqueurs spécifiques d'une maladie s'avère nécessaire pour découvrir le mécanisme de celle-ci et parvenir à pratiquer une médecine personnalisée.

Des obstacles non négligeables s'opposent aux tentatives d'obtenir des images de biomarqueurs dont la spécificité accrue permet de dépister les maladies.

- *Au fur et à mesure qu'augmente la spécificité des biomarqueurs, la concentration de ceux-ci dans le contexte a tendance à diminuer. Une fois que cette concentration descend sous l'ordre du picomolaire, il n'existe en fait aucune manière non effractive d'obtenir une image des biomarqueurs.*
- *En ce qui a trait à l'imagerie chez l'humain (et chez les gros animaux), on note, parmi les méthodes existantes, un rapport presque inverse entre la résolution spatiale et la sensibilité. Les méthodes de médecine nucléaire, par exemple, permettent de détecter une concentration de l'ordre du picomolaire (voir point ci-dessus) d'un biomarqueur s'il est distribué sur des centimètres cubes de tissu; l'IRM ne permet pour sa part que de détecter une concentration de l'ordre du micromolaire, mais sur une surface se mesurant en millimètres cubes.*
- *Seuls les traceurs servant à détecter des biomarqueurs qui ont été conçus pour l'imagerie en médecine nucléaire ont reçu, dans le passé, l'approbation réglementaire nécessaire pour être utilisés chez l'humain.*

L'imagerie moléculaire et hybride apporte de nouvelles stratégies et possibilités pour affronter ces obstacles :

- *La sensibilité, en médecine nucléaire, peut être améliorée grâce à l'imagerie hybride si l'on combine les aspects anatomique et fonctionnel (RM, TDM) avec les aspects fonctionnel ou métabolique et moléculaire (TEP, TEMP). La sensibilité des traceurs de la médecine nucléaire peut être optimisée grâce à une réduction du captage non spécifique, dans la mesure où l'on peut déterminer le contexte anatomique en utilisant une autre méthode. Il a été démontré qu'il était non seulement possible de réduire le rapport contraste sur bruit relatif à la détection, mais aussi d'améliorer, à partir de l'information anatomique, la recon-*



Technologies d'imagerie moléculaire chez les gros animaux et l'humain. Adapté de Meikle et coll., PMB, vol. 50, 2005, R45-R61. Image offerte par Frank Prato.

struction d'images TEMP et TEP, ainsi que la conception de l'équipement que ces techniques nécessitent.

- Les plateformes hybrides, particulièrement sous les formes TEP/RM et TEMP/RM, feront en sorte que de multiples biomarqueurs puissent être détectés simultanément. Le débit des traceurs (le débit sanguin myocardique, par exemple) peut être mesuré à l'aide de la RM et utilisé pour la modélisation de traceurs cinétiques afin d'améliorer la détection des biomarqueurs par la TEP et la TEMP.
- Les plateformes hybrides peuvent être utilisées pour détecter la présence de multiples biomarqueurs dont la spécificité, s'ils sont séparés, est insuffisante, mais dont la concentration suffit pour qu'ils soient détectés et qui, lorsqu'on les détecte simultanément, offrent une spécificité accrue. Le débit sanguin mesuré à l'aide de la RM, par exemple, et la détection de myoblastomes à l'aide de la TEMP ou de la TEP pourraient être utilisés en combinaison pour un remodelage local dans le cas d'une insuffisance cardiaque.
- En ce qui a trait aux plateformes hybrides de types TEP/RM et TEMP/RM, il est possible de concevoir un traceur rapporteur pour la RM, dont la fonction serait de produire un signal micromolaire lorsque la concentration des biomarqueurs descend sous 1 picomolaire. Actuellement, il est impossible d'appliquer cette technique à l'humain, mais on a récemment entrepris des essais cliniques au cours desquels on injecte de l'ADN non humain à des humains à des fins diagnostiques en oncologie.

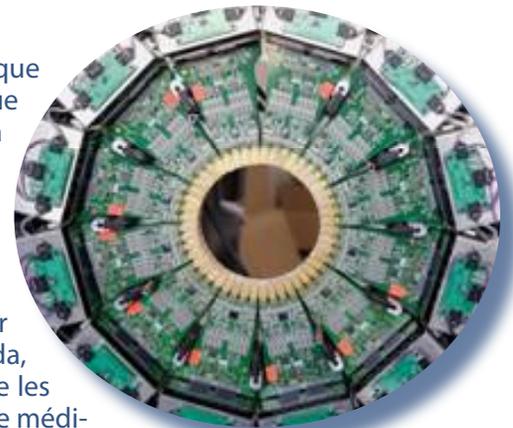


Appareil 3T (Siemens).
Image offerte par Frank Prato.

Étant donné que les technologies éprouvées en matière de développement de la technologie des biomarqueurs s'avèrent la TEP et, dans une moindre mesure, la TEMP, et que la conception d'un seul traceur pouvant être utilisé chez l'humain représente une lourde tâche, qui doit, en grande partie, être exécutée pour chaque centre séparément, il est essentiel de créer un réseau d'installations de cyclotrons et de radiochimie afin de rationaliser cette technologie. La situation est différente pour les autres technologies d'imagerie, dont l'équipement peut aisément être transporté d'un endroit à l'autre. En ce qui a trait à la TEP et à la TEMP, une exigence supplémentaire vient s'ajouter, soit l'obtention de l'approbation pour le matériel destiné à être injecté ainsi que pour la mise en œuvre des nouveaux appareils technologiques. Seul un réseau d'installations de radiochimie géré adéquatement peut faire du Canada un pays compétitif en matière de détection des biomarqueurs et de prestation de soins personnalisés.

DISCUSSION OUVERTE SUR LES DÉVELOPPEMENTS TECHNOLOGIQUES

On a déterminé que la conception de logiciels et leur application en milieu clinique constituaient un chaînon manquant. Sans logiciels conviviaux, le milieu clinique n'est pas en mesure d'adopter la nouvelle technologie. Le financement relatif à l'application de la technologie de l'information (TI) pose problème : les bailleurs de fonds refusent d'admettre que la TI fait partie de la recherche, et les logiciels ne présentent pas de véritable intérêt sur le plan commercial. En fait, la valeur économique de nombreux dispositifs médicaux n'est pas suffisante pour encourager les grandes entreprises à octroyer du financement, et beaucoup de petites entreprises n'ont tout simplement pas les ressources financières nécessaires pour investir dans la recherche et le développement d'applications cliniques. Au Canada, le chemin de la commercialisation est semé d'embûches, et les partenariats entre les IRSC et le CRSNG deviendront sans doute essentiels pour que progresse l'imagerie médicale. La capacité et la volonté d'appuyer la commercialisation varient considérablement d'une université à l'autre, et la commercialisation doit bien souvent se faire sur le marché international pour que son succès soit assuré, ce qui représente un défi de taille pour les petites entreprises en démarrage. On pourrait envisager, comme



Tomographe par émission de positons
construit à partir de photodiodes à
avalanche (PDA).
Image offerte par Roger Lecomte.



Image offerte par le Centre for Functional and Metabolic Mapping, Institut de recherche Robarts, Université Western Ontario.

l'établissement d'un réseau national – un réseau d'essais en imagerie « prêt à l'emploi » – par l'intermédiaire duquel il serait possible non seulement d'évaluer les nouvelles technologies ainsi que les nouveaux traceurs, mais aussi d'intégrer l'imagerie aux activités de mise au point de médicaments. Une telle structure permettrait d'appuyer la formation d'équipes grâce à un programme de subventions visant à établir et à favoriser des liens entre les innovations du domaine de la science fondamentale des traceurs, les dispositifs médicaux et l'application clinique. Ce réseau permettrait par ailleurs de profiter des avantages qu'entraînent tant la connaissance que la commercialisation et d'organiser des programmes de formation nationaux pour les spécialistes et les boursiers des sciences fondamentales qui comprendraient un volet d'échanges internationaux. Actuellement, l'incapacité d'entreprendre des essais cliniques de grande envergure ne fait que nuire davantage à l'application des nouveaux traceurs à la pratique clinique. Les réseaux d'essais cliniques en place sont en fait commandés par les besoins de services des entreprises pharmaceutiques. Les mesures incitatives visant à encourager les professionnels de l'imagerie à y participer sont limitées ou inexistantes. De plus, très peu de scientifiques entreprennent des essais en imagerie. Il faudrait donc tenter de développer la capacité du Canada en matière d'études cliniques.

À la suite de deux incidents récents (tests de dépistage du cancer du sein à Terre-Neuve et rapports d'autopsie en Ontario), la qualité et l'uniformité des services en imagerie diagnostique sont devenues un sujet de préoccupation majeure d'un bout à l'autre du pays. L'ensemble de l'information administrative recueillie à l'intérieur d'un réseau constituerait un outil important qui favoriserait la compréhension des valeurs et de l'efficacité comparées et qui, par le fait même, faciliterait l'accès aux dernières technologies en matière de diagnostic.

La mise en place d'un réseau de cyclotrons au Canada, comprenant des installations de radiochimie, contribuerait à la rationalisation des efforts en vue de faire des progrès technologiques. Idéalement, un tel réseau engloberait une variété de méthodes et garantirait la normalisation des procédures de fonctionnement d'un centre à l'autre, ce qui rendrait possible le classement national en vue de l'approbation des essais cliniques. Il nécessiterait la mise en commun des aptitudes des promoteurs de la technologie, des bio-informaticiens et des cliniciens-chercheurs. De plus, la formation d'un

solution, la création de chaires de commercialisation du Canada suivant le modèle du Programme des chaires de recherche du Canada.

Bien que la mise au point de traceurs constitue un domaine de recherche prometteur, la conception de nouveaux traceurs ne résoudra aucun problème tant que ceux-ci n'auront pas reçu l'approbation pour être utilisés chez l'humain. Or, dans les 15 dernières années, aucun agent en imagerie moléculaire ciblée n'a reçu une telle approbation. Les exigences réglementaires sont perçues comme un obstacle de plus en plus important et, de façon générale, comme un lourd fardeau, étant donné les nombreuses phases qu'elles commandent et les tâches administratives qui en découlent. La complexité de ce processus engendre des coûts très élevés : on estime, par exemple, qu'il est impossible de mener les essais de phase 2, qui visent à définir de quelle façon les traceurs seront utilisés chez l'humain, au Canada. Toutefois, la création du Centre de développement et de commercialisation de traceurs (CDCT) permettrait



Appareil d'IRM 3T TRIO de Siemens. Image offerte par Paul Matthews.

réseau national faciliterait les essais de grande envergure, mettant ainsi fin à la situation actuelle, où l'on voit les mêmes petits essais ponctuels se répéter partout au pays, comme ce fut le cas pour les biomarqueurs des récepteurs des œstrogènes. Au Canada, on dénombre bien peu d'installations de recherche en imagerie, particulièrement en ce qui a trait aux isotopes médicaux, et il est donc possible de mettre en place un réseau national qui contribuerait à mettre à profit l'expertise qui se développe d'un bout à l'autre du pays.



Cyclotrons médicaux au Canada.
Image offerte par Frank Prato.

Au fur et à mesure que les progrès en matière de technologies, de traitements et de tests feront leur entrée dans le milieu clinique, il sera important que les gouvernements saisissent bien leur incidence sur le système de soins de santé. Même s'il n'est pas facile de brandir l'argument de l'économie de coûts et malgré que les politiciens accueillent parfois avec un profond cynisme l'argument selon lequel la technologie peut mener à des économies sur le plan des soins de santé, on note plusieurs exemples de réussite, comme l'introduction des tests de fluodésoxyglucose chez les patients en Colombie-Britannique. Les gouvernements des provinces canadiennes devraient s'intéresser à la mise en place de réseaux, puisque ceux-ci fourniraient les ressources nécessaires pour accroître l'utilisation de la technologie au sein du système de soins de santé et étudier des façons de l'optimiser. La population canadienne devrait elle aussi s'y intéresser, puisqu'elle dépend du système de santé publique pour l'obtention de diagnostics et de traitements fiables et de qualité supérieure.

ÉTUDES PRÉCLINIQUES

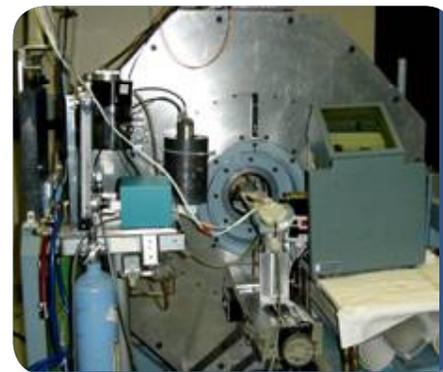
LA TEP PRÉCLINIQUE ET LA MISE AU POINT DE BIOMARQUEURS



Conférencier : Roger Lecomte

La TEP peut être appliquée à des modèles animaux dans des conditions contrôlées; elle est non effractive et peut être réalisée à de multiples reprises chez le même animal. La TEP est un outil technologique puissant des voies moléculaires parce qu'elle permet d'étudier les cibles, récepteurs et lieux de liaison allostérique moléculaires, la relation entre le génotype et le phénotype, l'expression génétique et l'évaluation de la thérapie génique. Un grand nombre d'indicateurs radioactifs de la TEP sont actuellement à l'étude en vue d'être utilisés en recherche, et, parmi ces indicateurs, nombreux sont ceux qui présentent un potentiel de diagnostic clinique.

La microTEP est la technologie qui sert de pont entre les études précliniques chez les animaux et les essais cliniques. Elle permet de dépister plus rapidement les composés de recherche, de réduire le délai avant l'utilisation clinique et de réduire les coûts, étant donné que les chercheurs peuvent décider de la pertinence du composé plus tôt qu'en utilisant une autre méthode. De plus, les études peuvent être menées chez un petit nombre d'animaux. L'Université de Sherbrooke a fabriqué son premier tomographe par émission de positons pour les animaux en 1995. Depuis, on a observé une augmentation continue de la demande pour ses services. En effet, en 2001, le Centre d'imagerie moléculaire de Sherbrooke était le centre de recherche en TEP préclinique le plus actif au monde, après l'Université de la Californie à Los Angeles (UCLA), et, en 2005, Sherbrooke avait déjà obtenu une licence pour son LabPETMC, tomographe par émission de positons construit à partir de photodiodes à avalanche (PDA). Puis, en 2008, Gamma Medica-Ideas (anciennement Avancement moléculaire en imagerie inc.) a introduit le Triumph FlexMC, instrument qui allie les méthodes de la TEP, de la TEMP et de la TDM, aujourd'hui commercialisé partout dans le monde par GE Soins de santé.



Tomographe par émission de positons pour animaux à Sherbrooke. Image offerte par Roger Lecomte.



Imagerie TEP d'un rat avec une tumeur traitée par thérapie photodynamique. Image offerte par Roger Lecomte.

Toutefois, la mise au point de nouvelles technologies s'avère un processus aussi long que la mise au point de biomarqueurs. Il s'est en effet écoulé 11 ans entre l'idée originale et l'obtention de la première image, 13 ans avant la conception d'un prototype de tomodynamomètre, et 23 ans avant que le produit soit finalement commercialisé. Le succès du LabPET de Sherbrooke n'aurait pas été possible sans le soutien financier continu et à long terme dont il a bénéficié. La fiabilité des investissements a été, encore plus que le total des sommes investies, d'une grande importance, car c'est ce qui a permis aux membres de l'équipe de mise au point ainsi qu'au personnel clé, y compris les technologues et les spécialistes de la technologie de l'information, de continuer à travailler conjointement pendant toute la durée du processus.

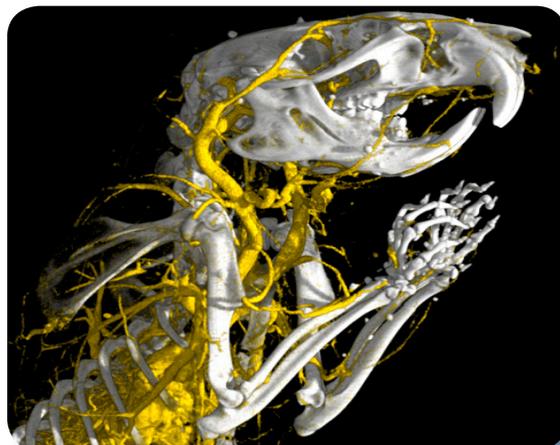
En ce qui a trait aux perspectives d'avenir, l'imagerie multimodale, notamment sous les formes TEP/IRM et TEP/TDM, offre le meilleur potentiel de progrès en matière de diagnostics et de prise en charge des malades, étant donné que cette technique rend possible l'étude simultanée de la physiologie, de la biochimie et de l'anatomie. Plus les traceurs créés seront spécifiques, plus on devra avoir recours à des plateformes multimodales ainsi qu'à de nombreux traceurs multimodaux – combinant, par exemple, la TEP et l'IRM, la TEP et la fluorescence – qui sont encore inexplorés.

LA MICROTDM APPLIQUÉE À L'APPAREIL LOCOMOTEUR



Conférencier : David Holdsworth

Le Canada bénéficie de la présence d'un important groupe de concepteurs et d'utilisateurs de la microTDM, les concepteurs étant répartis entre London, Sherbrooke et Saskatoon. On trouve des installations de microTDM à Montréal, Toronto, London, Hamilton, Guelph, Calgary et Vancouver. De plus, l'énorme potentiel industriel du Canada vient d'entreprises comme Enhanced Vision Systems (EVS, London), General Electric (London) et Gamma Medica-Ideas (London et Sherbrooke). Avancement moléculaire en imagerie inc. (Sherbrooke) et Visualsonics (Toronto), pour leur part, travaillent actuellement au développement du potentiel, bien réel, de la synergie avec d'autres méthodes. De plus, dans le passé, le Canada a vu se nouer des liens aux fins de recherche au sein du secteur privé, notamment avec le réseau d'imagerie préclinique financé par le Fonds pour la recherche en Ontario. Le Canada peut compter sur un rendement technique élevé et sur de l'équipement à la fine pointe de la technologie, qui permet non seulement une résolution spatiale allant de 10 µm à 150 µm, mais aussi l'imagerie de perfusion, la synchronisation d'image tant respiratoire que cardiaque, l'imagerie quantitative de l'architecture et de l'anatomie, ainsi que le balayage rapide de l'organisme entier des animaux pour déterminer leur phénotype et leur composition.



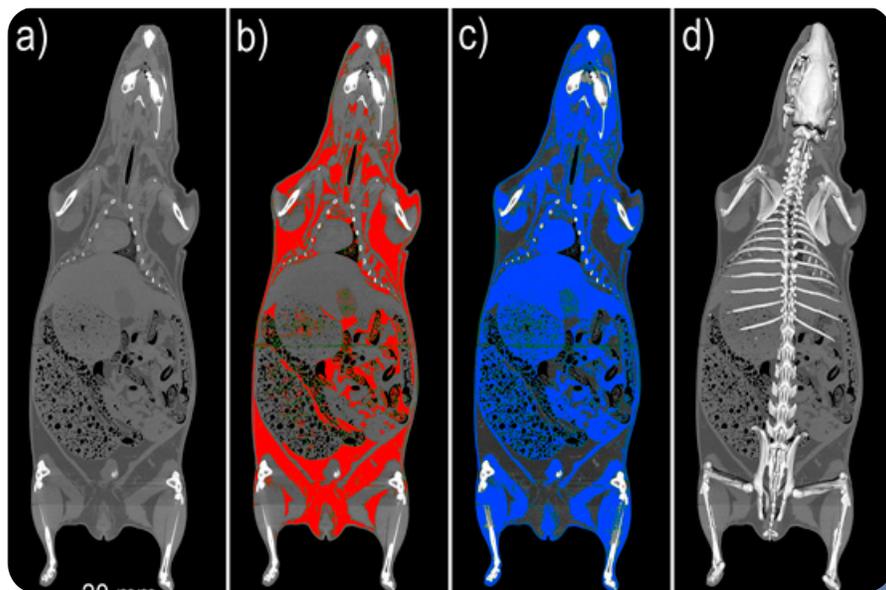
MicroTDM en double énergie des os et de la vasculature d'un rat, avec agent de contraste contenant du plomb. Image offerte par P. Granton.

La place que la microTDM s'est forgée au sein de l'ensemble du milieu de la recherche demeure toutefois restreinte. Elle est perçue comme une méthode spécialisée, et certains jugent qu'il ne s'agit que d'une coûteuse solution de rechange à l'histopathologie. De plus, l'obtention de la meilleure résolution spatiale qui soit exige que le sujet soit soumis à de fortes doses de radiations. À ces obstacles s'ajoutent les facteurs qui suivent.

- La coordination entre les lieux de développement au Canada est limitée.
- Il est difficile de valider les nouvelles techniques analytiques de microTDM, étant donné la nébulosité de la norme avec laquelle elles devraient être comparées. Une des hypothèses veut que la microTDM soit en fait elle-même la norme.

- Malgré les améliorations importantes apportées aux détecteurs et aux ordinateurs, le processus de fabrication des machines ne suit pas l'évolution technique. Par conséquent, des infrastructures coûteuses sont fort susceptibles de devenir obsolètes rapidement, soit après seulement cinq ans, selon certains.

Des possibilités non négligeables doivent être envisagées. Un meilleur rendement permettrait d'améliorer la rentabilité et mènerait à une application plus généralisée de la microTDM. Pour parvenir à un meilleur rendement, il faudrait voir à l'amélioration des systèmes d'acquisition ainsi que des algorithmes de posttraitement, à l'élaboration d'un système automatisé, à l'accès à distance à des spécimens *ex vivo* ainsi qu'à l'optimisation des paramètres d'acquisition afin de réduire la durée du balayage. Par exemple, grâce à la microTDM, des chercheurs dans le domaine de la régénération des os chez les rats ont réussi à faire passer les coûts des évaluations de 300 \$, soit la valeur d'une évaluation de pathologie vétérinaire, à 30 \$ par animal. La microTDM peut être employée pour l'évaluation quantitative des fonctions qui sont plus faciles à étudier chez les animaux vivants, comme la synchronisation d'image respiratoire ou cardiaque, le métabolisme des tissus et la perfusion ou la cinématique des articulations en mouvement. Il serait possible de développer les techniques d'imagerie multispectrale et multimodale grâce à l'analyse multicanal, à la TDM en double énergie, à des combinaisons entre la microTDM, la TEMP, l'IRM et la TEP, à l'association des fonctions avec l'anatomie à l'aide de systèmes d'acquisition et d'algorithmes de posttraitement – afin d'améliorer la segmentation automatique pour la classification des tissus – et au moyen d'une combinaison de microTDM et de thérapie conformationnelle chez des modèles animaux. L'essentiel de la science fondamentale repose encore sur l'utilisation de techniques comme la microscopie photonique, la luminométrie et la fluorimétrie. Des développements synergiques en matière d'imagerie cellulaire ou d'application de la micro-imagerie à des techniques autres que la TDM, la TEMP, la TEP et l'IRM représentent des options de combinaisons possibles pour la microscopie photonique et l'imagerie des cellules vivantes.



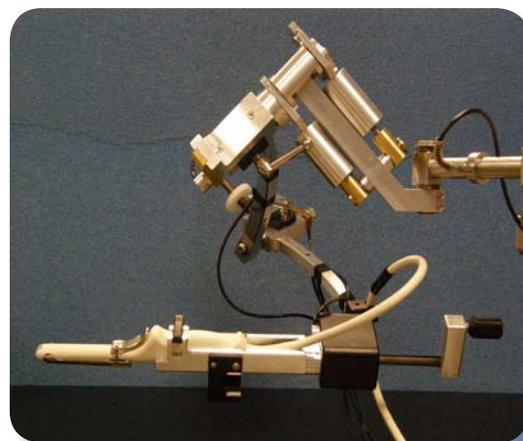
Examen du corps entier d'un cochon d'Inde par microTDM montrant les tissus adipeux, maigres et minéralisés. Image offerte par T. Regnault.

DU CONCEPT À L'UTILISATION CLINIQUE

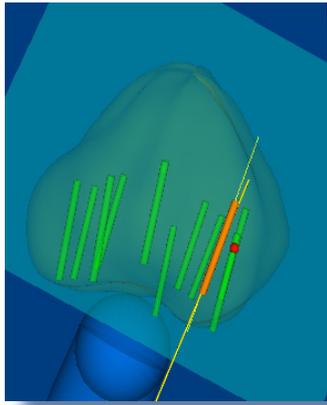


Conférencier : Aaron Fenster

Pour devenir un chef de file et réaliser le potentiel prometteur de notre travail de laboratoire, il est indispensable de recevoir du financement pour les activités d'application clinique. Le Canada occupe une position particulièrement intéressante en matière d'interventions guidées par imagerie et de dispositifs médicaux comme ceux de la robotique médicale. En fait, en ce qui concerne ces deux domaines, tant les coûts liés à l'application clinique que les obstacles réglementaires sont peu importants. Plus important encore, les chercheurs canadiens œuvrant dans ces deux domaines sont des chefs de file mondiaux, et la feuille de route de l'application clinique comprend des succès comme l'utilisation de la TDM pour l'imagerie des accidents vasculaires cérébraux. Les universitaires canadiens ont



Système de guidage mécanique. Image offerte par Aaron Fenster.



*Prostate avec sites des biopsies en vert vif et site de la biopsie prévue en jaune.
Image offerte par Aaron Fenster.*

fait leurs preuves en matière de commercialisation, et des entreprises d'imagerie se sont formées par suite de collaborations universitaires. La mise au point de l'intervention guidée par imagerie, se traduisant par l'utilisation des techniques d'imagerie par ultrasons 3D pour la biopsie par aspiration ciblée dans les cas de cancer de la prostate, constitue un exemple de réussite canadienne. Il a fallu deux ans pour que l'appareil soit approuvé par la Food and Drug Administration et commercialisé, mais seulement six semaines pour qu'il soit classé 3A au Canada et qu'on puisse l'utiliser au cours d'essais cliniques. Il fait actuellement l'objet d'essais cliniques tant au Canada qu'aux États-Unis. On pourrait éventuellement élaborer des procédures guidées par imagerie pour le cancer de la prostate, du cerveau et du sein, les cardiopathies et les examens études de l'abdomen; on peut d'ailleurs s'attendre à un succès à la fois clinique et commercial.

Le seul obstacle majeur à l'application clinique des nouvelles technologies réside dans le fait que les médecins manquent de temps pour faire avancer les essais cliniques. Leur expertise est pourtant essentielle pour que soit intégrée la recherche à la pratique clinique. Ils sont en effet les utilisateurs finaux de la technologie et connaissent les priorités de la pratique clinique. Les obstacles sont toutefois considérables. Bien qu'il puisse être utile d'élaborer des initiatives visant à former des cliniciens-chercheurs, il est évident que les cliniciens sont

confrontés à des défis de taille. Leur horaire chargé en milieu clinique, la prestation de soins aux patients, la dépendance au paiement à l'acte, le manque de soutien de la part du milieu universitaire en ce qui a trait à l'accord de crédits universitaires pour l'application et les essais cliniques, les lacunes en matière d'acquisition de compétences de base au Collège royal des médecins et chirurgiens du Canada et la pénurie de mentors sont autant de facteurs qui nuisent au recrutement de cliniciens-chercheurs et à leur maintien en poste.

DISCUSSION OUVERTE SUR LES ÉTUDES PRÉCLINIQUES

Dans de nombreux milieux universitaires, le financement et le savoir-faire nécessaires à la mise en place de systèmes destinés aux études cliniques – qui sont, par exemple, en mesure de résoudre des problèmes liés à la réglementation et à la propriété intellectuelle – sont minimes, voire absents. L'expertise en conception de prototypes et l'expérience qui pourrait servir à accélérer le processus de commercialisation sont rares au Canada. Bien que l'imagerie préclinique joue un rôle important dans la mise au point de médicaments, les grandes sociétés pharmaceutiques sont réticentes à l'idée d'investir dans ce domaine, même si l'étape préclinique est incontestablement la moins coûteuse du processus.

L'industrie pharmaceutique actuelle se trouve dans une situation critique et doit repenser son rôle dans les activités de recherche et développement. Les molécules centrales pourraient bien devenir l'objet principal de la recherche pharmaceutique, et on aura besoin de partenaires pour mener les phases précliniques. Pour travailler en collaboration avec les sociétés pharmaceutiques, il faudra comprendre leurs objectifs et leur proposer des projets visant à les réaliser.



Image offerte par Frank Prato.

À l'heure actuelle, deux obstacles principaux entravent l'accès à la TEP : les frais d'achat ainsi que les coûts d'entretien des infrastructures (cyclotrons, radiochimie, tomographes) et la pénurie de main-d'œuvre hautement qualifiée. La mise sur pied d'une infrastructure financière stable requiert soit le paiement d'honoraires élevés pour les services rendus, soit une nouvelle source de financement, soit ces deux solutions à la fois (comme dans le cas des National Institutes of Health [NIH], aux États-Unis, qui octroient des subventions aux centres, leur permettant ainsi d'offrir des barèmes d'honoraires subventionnés). Le financement des services a eu pour effet d'augmenter le nombre de chercheurs qui utilisent les installations et de maximiser l'accès à la technologie. Sans un financement stable, tel que celui dont bénéficient les centres américains, le paiement à l'acte ne peut être un modèle durable pour le milieu scientifique au Canada. En fait, l'expérience montre que les organismes de financement ne sont même pas disposés à assumer 50 % du coût réel; en leur demandant plus, on risquerait un rejet des demandes de

financement. Sans partenaire de soutien, on ne peut assurer ni la bonne marche ni la modernisation des installations en vue de garantir le respect des bonnes pratiques de fabrication (BPF), ce qui augmente considérablement les coûts d'exploitation de ces installations. On se trouve donc dans une impasse, car sans les fonds que nécessite le maintien de la conformité aux BPF, il est impossible d'intéresser quelque partenaire commercial que ce soit. Les centres qui bénéficient d'un financement de soutien sont plus attractifs aux yeux des investisseurs, et la preuve en est que des investisseurs américains ont approché les participants de centres canadiens recevant un tel financement.

Au Canada, les incitations à créer des équipes interdisciplinaires font défaut. Ce type d'équipes est pourtant nécessaire afin de lier la conception de nouveaux produits à leur application clinique. Bien que le CRSNG soit en mesure d'appuyer les équipes multidisciplinaires, le Canada est considérablement limité quant au financement qu'il peut leur apporter, et les IRSC n'offrent plus de subventions aux programmes et aux équipes. Dans les dernières années, la perte de telles subventions a particulièrement nui à la durabilité du secteur, car toutes les strates du personnel hautement qualifié en ont subi les conséquences, des étudiants jusqu'aux cliniciens.

Malgré tous ces obstacles, le Canada peut devenir un chef de file dans le domaine des études précliniques s'il crée un réseau national destiné à l'imagerie des petits animaux, lequel serait composé des groupes actuels qui mettent au point ou utilisent la microTDM, la microTEMP, la microTEP et la micro-IRM. L'élaboration et la diffusion de procédures de fonctionnement normalisées ainsi que l'occasion de collaborer seraient très utiles en soi.

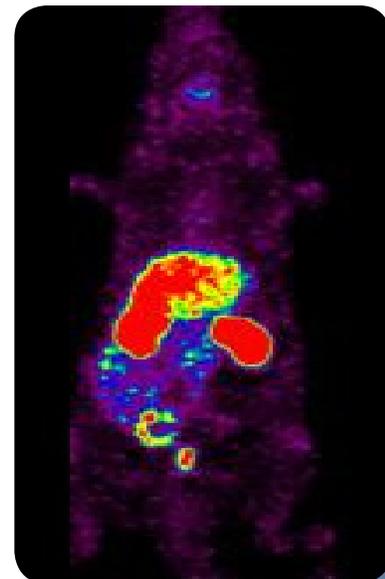


Image d'une souris à laquelle on a injecté de la phtalocyanine marquée au ^{64}Cu (offerte par J.E. van Lier et R. Lecomte, Université de Sherbrooke)



RECHERCHE CLINIQUE ET TRANSLATIONNELLE

LES PERSPECTIVES EN IRM AU CANADA



Conférencier : Ravi Menon

Étant donné l'omniprésence de l'eau dans l'organisme, l'IRM peut être utilisée pour mesurer la structure et l'ultrastructure de ce dernier, ses fonctions, sa biochimie et sa physiologie. Comme les molécules d'eau se diffusent principalement le long des gaines de myéline, l'IRM est fréquemment utilisée pour étudier le cerveau. Elle arrive à montrer les plaques qui se forment dans celui des patients atteints de la maladie d'Alzheimer ainsi qu'à déceler, peut-être jusqu'à 20 ans à l'avance, l'altération des fonctions cérébrales qui précède les déficits comportementaux. L'IRM peut aussi être utilisée pour élaborer des cartes quantitatives lorsque la myélinisation s'accomplit dans le cerveau, un outil important dans les cas d'affections neurologiques comme la sclérose en plaques. Cette progression vers des domaines de pointe est motivée par le besoin d'augmenter la vitesse et d'améliorer la résolution des appareils d'IRM ainsi que par la volonté d'utiliser de nouveaux noyaux atomiques et agents de contraste. Le système IRM 7 teslas arrive à montrer de nombreux neurotransmetteurs et marqueurs de cellules nerveuses ou gliales. Il peut être utilisé pour mesurer le métabolisme et observer les changements qui se produisent dans le cerveau. Grâce à l'IRM H_2^{17}O , il

est possible de mesurer la consommation d'oxygène du cerveau. Au Canada, on utilise l'IRM, sans agent de contraste, pour évaluer la réserve vasculaire cérébrale après un accident vasculaire cérébral ou dans les cas de démence. On pourrait employer cette méthode pour obtenir une image des fonctions cardiaques. Ailleurs dans le monde, l'IRM est employée pour la planification préchirurgicale en neurochirurgie, et les résultats cliniques se sont nettement améliorés grâce à cette procédure. À ce jour, un simple facteur a empêché les chercheurs d'en faire autant au Canada : l'absence de code de facturation. La recherche future devrait être axée sur l'amélioration des agents de contraste et la mise au point de nouveaux traceurs moléculaires.

Les possibilités de l'IRM n'ont cessé de se multiplier, et le Canada a suivi la cadence en adoptant les nouvelles technologies, bien qu'il ait tardé

un peu plus que d'autres pays. Jusqu'à récemment, cette manière de faire était

avantageuse, car ceux qui optaient tôt pour les nouvelles techniques passaient la majeure partie de leur temps à tenter de comprendre le fonctionnement des appareils. Toutefois, au cours des 10 à 15 dernières années, le Canada a commencé à perdre le rythme : il met désormais plus de cinq ans à acquérir les nouvelles technologies. Le pays a de plus pris un retard non négligeable ailleurs, soit sur le plan structural. En effet, les lignes directrices de Santé Canada n'ont pas été modifiées depuis 1987, et Santé Canada a plutôt accepté que les Canadiens se conforment à la réglementation de la Food and Drug Administration, mise à jour en 2003. Deux des quinze scientifiques œuvrant dans le domaine de l'IRM les plus cités au cours des vingt dernières années sont des Canadiens, et le Canada fait office de centre de données pour de nombreux essais internationaux en IRM. Il possède 1 % des aimants et est à l'origine de 5 % des découvertes scientifiques issues de la recherche en IRM, lesquelles ont mené à la rédaction de 93 % de tous les articles portant sur l'imagerie publiés dans Nature et Science au cours des 15 dernières années. Les coûts liés au fonctionnement des gros aimants les plus récents étant exorbitants (la nouvelle installation de 9 teslas de la France

coûtera près de 10 millions de dollars par année), la solution pour que le Canada continue d'être compétitif et productif devant la montée en flèche des coûts liés aux aimants pourrait bien être le financement des infrastructures de base.

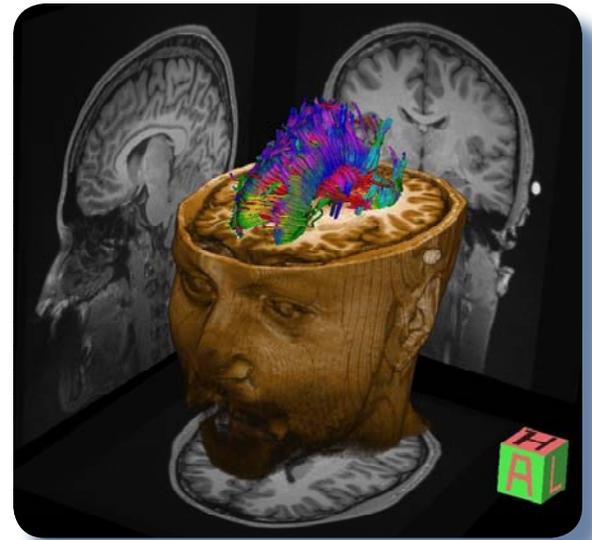


Image offerte par Ravi Menon.

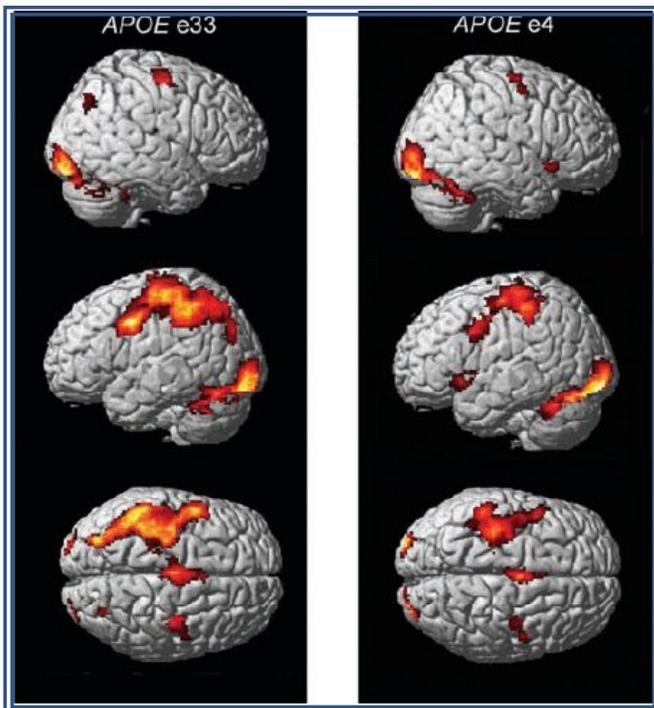


Image offerte par Lars Nyberg, Karolinska.

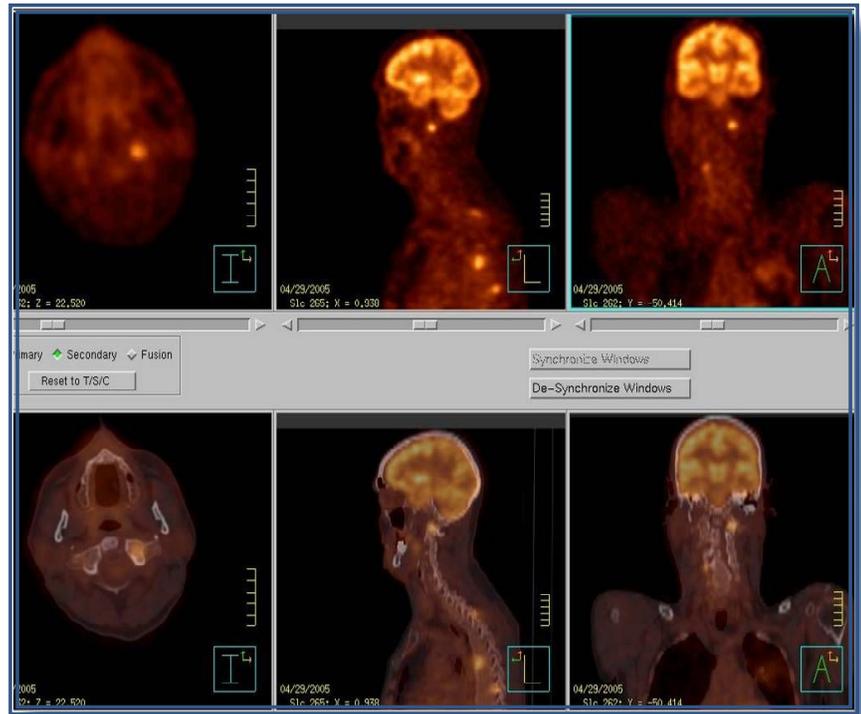
DU LABORATOIRE AU CHEVET DES MALADES



Conférencier : François Bénard

Les dispositifs d'imagerie hybride, les nouveaux agents de contraste et les traceurs marqués sont au premier plan de la recherche clinique de pointe en imagerie. De nombreux problèmes cliniques majeurs doivent être résolus dans le domaine de l'oncologie. Par exemple, il est difficile d'évaluer l'hypoxie au sein d'une tumeur lorsqu'on essaie de définir la cible de la radiothérapie, et on risque aussi d'omettre de petits nœuds au moment de définir le volume cible, d'où l'importance de la précision de

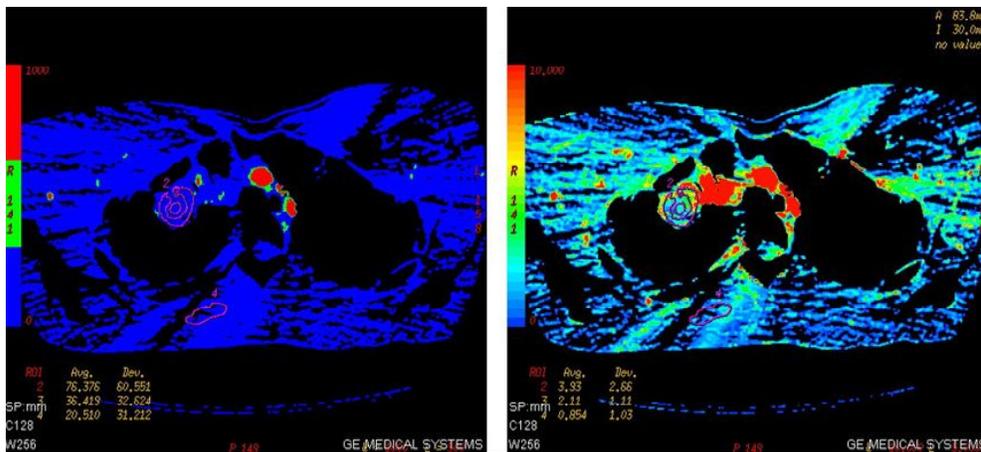
la stadification. On doit par ailleurs tenir compte des cancers dont la vitesse de croissance varie considérablement, comme celui de la prostate et peut-être certains types de cancers du sein. Certaines de ces tumeurs peuvent demeurer indolores et ne jamais entraîner de problèmes, particulièrement chez les personnes âgées. Il importe de faire la différence entre les tumeurs qui doivent être traitées et celles qui doivent être surveillées. Les outils d'imagerie, comme la TEP de la prolifération cellulaire ou du métabolisme du glucose, pourraient fournir certaines réponses. Lorsqu'on traite les cancers de manière systémique, le taux de réponse de la population à certains traitements peut être aussi bas que 20 %, et il est souvent bien difficile de prédire si les tumeurs répondront ou non au traitement. Un autre aspect du problème réside dans l'évaluation de la réponse aux nouveaux traitements ciblés, qui peuvent ralentir la croissance de la tumeur sans toutefois réduire la taille de celle-ci de façon importante. Le Gleevec® est un bon exemple de traitement efficace qui ne modifie pas la grosseur de la tumeur, bien qu'il en suspende l'activité métabolique. Dans de tels cas, il est essentiel d'évaluer la réponse au traitement (par exemple en mesurant le métabolisme du glucose au moyen de la TEP).



*Imagerie du cancer par TEP/TDM.
Image offerte par François Bénard.*

Parmi les oncologues, on admet maintenant que les cellules tumorales sont hétérogènes et que, pour comprendre la réponse de chaque sous-population, il peut être nécessaire d'avoir recours à plusieurs traceurs qui permettront d'évaluer un traitement. Manifestement, l'imagerie moléculaire et fonctionnelle pourrait finir par jouer un rôle important au moment de mesurer la réponse d'un cancer à un traitement donné. À l'heure actuelle, il ne s'agit toutefois pas d'une science précise – on évalue la réponse de la tumeur en fonction de ses dimensions –, mais la TEP et d'autres techniques d'imagerie fonctionnelle, telle l'imagerie dynamique avec produit de contraste, permettent de détecter les réponses plus tôt que les méthodes morphologiques. Il est par ailleurs indispensable de se doter d'indicateurs prévisionnels de la réponse au traitement, étant donné l'impressionnante hétérogénéité caractérisant les sièges tumoraux, voire les tumeurs elles-mêmes. Par exemple, le taux de variabilité de l'expression des récepteurs des œstrogènes dans les tumeurs d'une même patiente peut atteindre 30 %. Si, pour chaque traitement, on disposait de biomarqueurs, qu'ils soient d'imagerie ou non, afin de diviser la population de patients en deux catégories, soit ceux qui sont les plus susceptibles de répondre au traitement et ceux qui le sont le moins, on pourrait alors leur éviter les effets secondaires inutiles de traitements inefficaces. On révolutionnerait ainsi la manière de prendre en charge les patientes atteintes

d'un cancer, et on ouvrirait en outre la porte aux traitements ciblés et personnalisés. L'herceptine est un bon exemple de médicament qui a été commercialisé avec succès parce qu'il contenait un biomarqueur immunohistochimique permettant de déterminer la réponse des patientes. Il est fort probable que d'autres médicaments ont été rejetés pour la seule raison qu'ils ne contenaient aucun biomarqueur permettant de déterminer la réponse du patient et, par le fait même, à quelle sous-population celui-ci appartenait. Même s'il est peu probable qu'une entreprise



*Imagerie du flux sanguin par TDM dynamique renforcée par contraste.
Image offerte par François Bénard.*

pharmaceutique se réjouisse en réalisant que 70 % des patients ne répondront pas à un médicament donné, si l'on arrive par la suite à cibler la population dont le taux de réponse est très élevé, le médicament en question sera probablement d'une utilité clinique considérable.

LA RECHERCHE EN IMAGERIE MOLÉCULAIRE APPLIQUÉE À L'ONCOLOGIE



Conférencière : Karen Gulenchyn

On peut tirer des leçons des efforts visant à intégrer la TEP au système de soins de santé de l'Ontario, qui illustrent bien le défi que représentent les essais cliniques en imagerie. Au début des années 2000, des membres de la communauté médicale suggéraient que la TEP soit utilisée dans la pratique clinique. Étant donné la piètre qualité générale de la recherche translationnelle en imagerie, les experts de l'évaluation de la technologie de la santé doutaient que les données suffisent à soutenir l'utilisation de la TEP au fluodésoxyglucose. Après une analyse documentaire portant sur l'utilisation de la TEP au fluodésoxyglucose en oncologie, en cardiologie et en neurologie, le ministère de la Santé de l'Ontario a déterminé que les données existantes ne suffisaient effectivement pas à justifier la coûteuse application clinique de la TEP. Un appel de propositions a été lancé en juin 2002, et six essais, dont trois essais contrôlés randomisés (ECR), ont été élaborés. La durée de réalisation de ces essais s'est avérée beaucoup plus longue que prévue pour diverses raisons, notamment le manque d'expérience d'une grande partie des chercheurs responsables de mener les essais et la nécessité de faire appel à un grand nombre de patients. Malgré ces obstacles, trois des cinq essais initiaux ont été menés à terme, et on a obtenu des résultats positifs dans deux de ces essais. On a interrompu l'un de ces deux essais à un stade précoce étant donné que l'efficacité de la TEP avait été démontrée. Dans les deux cas, l'utilisation clinique de la technologie a été approuvée. Cette expérience a démontré la nécessité d'avoir recours à des outils informatiques améliorés ainsi qu'à un programme d'assurance de la qualité afin de veiller à l'uniformité des paramètres des tomodesitomètres utilisés.

La réalisation des essais s'est avérée complexe étant donné la quantité d'activités d'information et de formation qu'ils commandaient, ainsi que le consensus auquel devaient en arriver les chercheurs de multiples disciplines. L'élaboration de protocoles a pour sa part été gênée par le manque de chercheurs spécialisés en imagerie et le défi de faire accepter la randomisation dans le milieu de l'imagerie. On a finalement dû enseigner les principes que sous-tendent les bonnes pratiques cliniques (BPC), y compris le processus de consentement, aux technologues en imagerie. Pour assurer le succès des réseaux futurs, il faudra faire ce qui suit :

- Définir clairement la question. Vise-t-on à obtenir les résultats concernant un seul patient ou un système de santé en entier?
- Cerner l'objectif : déterminer et valider le meilleur traceur pour chaque cible définie au moyen des BPF.
- Choisir la méthode d'imagerie la plus appropriée.
- S'assurer que les groupes de projets sont multidisciplinaires (constitués, par exemple, de chimistes, d'oncologues, de pathologistes, de personnel d'essais cliniques).
- Favoriser les études multicentriques, autant que possible, afin d'assurer l'utilisation efficace des traceurs et de la technologie d'imagerie.
- Démontrer l'excellence des méthodes d'essais cliniques, grâce à un solide système de gestion des données et à des programmes d'assurance de la qualité.

À l'avenir, les essais à partir de la TEP pourraient comprendre l'évaluation des réponses aux traitements en fonction de l'utilisation et du métabolisme du glucose, de la prolifération de l'ADN et de l'apoptose, ainsi que la stratification des patients, grâce à l'imagerie de l'hypoxie, en fonction des traitements qui leur conviennent. On pourrait aussi utiliser des techniques comme l'imagerie de la perméabilité, au moyen de l'IRM et de la spectroscopie par résonance magnétique (SRM), ou encore la mesure du débit, de concert avec l'administration de médicaments, au moyen d'ultrasons.

Certaines des forces du Canada pourraient être mieux exploitées. Un système de santé financé par le secteur public, des centres spécialisés de traitement contre le cancer ainsi que l'accès à de vastes populations de patients qui sont généralement traités par des spécialistes, selon des protocoles communs, sont autant de facteurs qui contribuent à la préparation du terrain pour un réseau d'essais cliniques. Il existe en fait déjà de bons réseaux, dont l'Ontario Clinical Oncology Group, l'Institut ontarien de recherche sur le cancer et le réseau de l'Ouest canadien. Pour réduire les coûts liés aux essais, on pourrait envisager d'étudier plusieurs applications à la fois en se basant sur la fonction de l'intervention

plutôt que sur la maladie. Le tout nouveau réseau d'essais cliniques sur le fluorure de sodium est un exemple éloquent de travail conjoint.

LE SYSTÈME CARDIOVASCULAIRE



Conférencier : Rob Beanlands

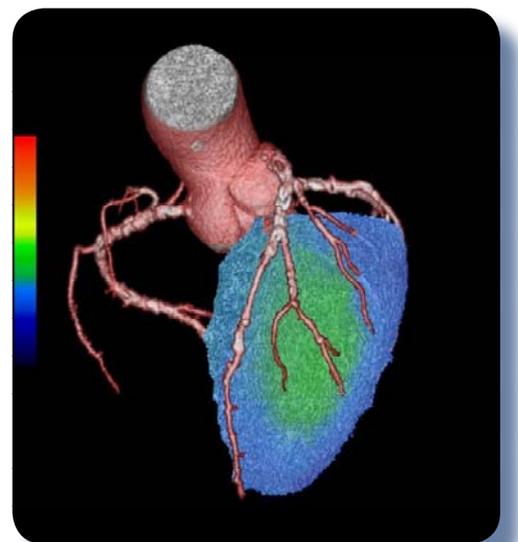
L'athérosclérose et d'autres maladies du système cardiovasculaire acquises s'installent généralement de façon asymptomatique, lorsque la personne est encore jeune, puis elles progressent petit à petit jusqu'à ce qu'elles atteignent un point critique où des symptômes risquent de se manifester et des incidents graves peuvent survenir, souvent soudainement. Il est donc important de mettre en œuvre dès que possible des mesures visant à prévenir ou à retarder les incidents ischémiques, l'insuffisance cardiaque et la mort subite. Toutefois, le médecin traitant est encore et toujours confronté à de nombreuses questions sans réponse. Comment peut-on arriver à cibler les patients les plus susceptibles de souffrir d'insuffisance cardiaque (ou les signaux annonciateurs de l'insuffisance cardiaque)? La délimitation précoce des plaques fait-elle une différence? Les maladies microvasculaires peuvent-elles être la cible de traitements et, le cas échéant, de quels traitements? Comment les biomarqueurs peuvent-ils aider à détecter une maladie, à en surveiller l'évolution et à choisir le traitement approprié? On note aussi une certaine confusion quant aux tests, à savoir lesquels sont les meilleurs et permettront d'obtenir le moins de faux positifs ou de faux négatifs, et quant au diagnostic ainsi qu'au traitement des patients à un stade avancé de la maladie ou souffrant d'une maladie multisystémique. Actuellement, il n'existe aucune technique permettant de visualiser directement la microcirculation coronarienne *in vivo* chez les humains, aucun modèle animal valable pour l'athérosclérose et que des modèles insatisfaisants pour l'insuffisance cardiaque. Le défi consiste à trouver des moyens de rechange pour trouver des applications cliniques et transférer les connaissances relatives aux maladies à l'utilisation clinique.

L'imagerie est un outil important, mais qui soulève trop souvent de nombreuses inquiétudes quant à la précision des tests, à l'accès à la meilleure technologie qui soit et à l'utilisation optimale des nouveaux traceurs. On ne peut non plus négliger les questions de réglementation et de coûts. Toutes ces préoccupations sont toutefois compensées par le potentiel pratique de la coronarographie par TDM, l'IRM à haute résolution, les possibilités fonctionnelles quantitatives qu'offre la TEP ainsi que la promesse de méthodes combinées comme la TEMP et la TEP/TEM, ainsi que l'IRM/TEP. Associées à des biomarqueurs novateurs, ces technologies offrent des moyens spécifiques d'orienter les traitements d'une manière jugée impossible il n'y a pas si longtemps. La mise au point récente d'un nouvel agent de perfusion devrait révolutionner l'imagerie cardiaque et modifier la méthode de fabrication des caméras. Parmi ces nouvelles technologies, nombreuses sont celles qui peuvent être utilisées en imagerie pour diverses situations cliniques. On observe de nombreux points communs entre les exigences de l'imagerie du cancer et celles de l'imagerie cardiovasculaire, à la différence près que l'oncologie vise à tuer les cellules, tandis que la cardiologie vise à les réparer.

Il existe déjà des équipes et des réseaux provinciaux, comme l'Imaging Network of Ontario, dont la recherche concertée est financée par le Fonds pour la recherche en Ontario. De plus, on assiste déjà, à l'échelle nationale, au développement d'une équipe et d'un réseau de grande envergure en imagerie cardiovasculaire. « IMAGE Heart Failure » est une subvention de grande équipe qui a été octroyée à un groupe dont les membres sont répartis d'un bout à l'autre du Canada et en Finlande. Les équipes de chaque ville sont responsables d'une méthode de base particulière : l'IRM à Calgary et à London, la TEP à Ottawa, et la TEMP à Toronto et à Ottawa. Étant donné que la pratique clinique rend la randomisation complexe à l'intérieur d'une même



Imagerie préclinique par TEP/TDM avec l'INVEON de Siemens. Image offerte par Paul Matthews.



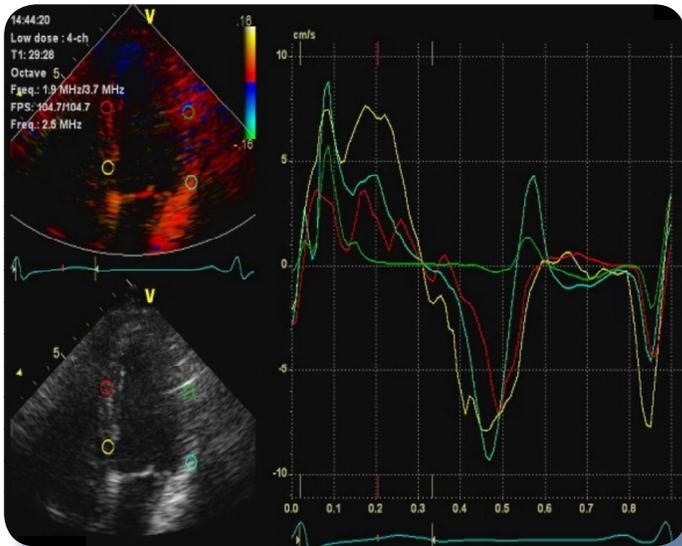
*Image offerte par Rob deKemp et al
J Nucl Card 2007*

ville, on combinera des stratégies de randomisation d'une manière unique avec la conception des cohortes qui serviront à la comparaison des résultats. Il existe trois types de projets à l'intérieur du réseau, allant des modèles animaux aux plateformes de patients. En voici les objectifs généraux :

- *déterminer les répercussions des stratégies d'imagerie sur les résultats cliniques pertinents et la prise de décisions concernant les patients souffrant d'insuffisance cardiaque;*
- *établir des normes, des mesures d'assurance de la qualité et des bases de données centrales afin de mener des recherches fondées sur des résultats fiables;*
- *en faire une plateforme d'évaluation des nouveaux biomarqueurs pour l'insuffisance cardiaque.*

Le Canadian Atherosclerosis Imaging Network « Hearts and Minds » (CAIN) (chercheur principal : Jean-Claude Tardif) est titulaire d'une subvention de réseau des IRSC et reçoit, depuis peu, du financement de la Fondation canadienne

pour l'innovation (FCI) pour la création d'un réseau intégré de communication. Né d'un atelier financé par l'Institut de la santé circulatoire et respiratoire (ISCR), ce projet multidisciplinaire pancanadien regroupe des chercheurs de plus de 20 sites différents et comprend des laboratoires d'imagerie de base partout au pays. Les travaux de recherche portent, entre autres, sur l'utilisation des ultrasons 3D pour observer les plaques carotidiennes, la combinaison TEP/TDM et IRM pour analyser l'histoire naturelle des plaques, et les ultrasons intravasculaires pour comprendre l'athérosclérose coronarienne au moyen de l'imagerie directe chez de vastes populations de patients.



*Image offerte par Kwan-Leung Chan,
Institut de cardiologie de l'Université d'Ottawa.*

Les travaux de ces groupes faciliteront la compréhension de l'insuffisance cardiaque et de l'athérosclérose, ainsi que de leurs traitements respectifs. Même s'ils pouvaient servir à l'évaluation des techniques et des biomarqueurs nouvellement créés, cela ne suffit pas. Étant donné le large éventail de méthodes et de biomarqueurs qu'on met au point, il est impératif d'instaurer des moyens d'accélérer leur application et de déterminer leurs utilisations possibles en milieu clinique.

DISCUSSION OUVERTE SUR LA RECHERCHE CLINIQUE ET TRANSLATIONNELLE

L'un des principaux obstacles nuisant à l'évolution du domaine de la recherche translationnelle est la difficulté de transférer les biomarqueurs et les indicateurs radioactifs potentiels aux essais cliniques ainsi qu'au milieu clinique. Contrairement à ce que l'on observe aux États-Unis, au Royaume-Uni et dans d'autres pays, au Canada, il y a peu d'investissements provenant de personnes ou d'entreprises pour l'élaboration de nouveaux indicateurs radioactifs et de nouveaux agents de contraste. Les multinationales n'investissent pas au Canada parce que le pays constitue un marché restreint. Non seulement les coûts liés à la mise sur pied d'une installation de fabrication qui respecte les BPF sont très élevés, mais il en coûte plus de 100 000 \$ par composé pour entreprendre les essais de toxicité de petite envergure, nécessaires afin de déterminer la faisabilité clinique. On fournit néanmoins peu d'efforts pour encourager de tels investissements au Canada. De plus, le coût des essais de toxicité est exorbitant si on le considère comme une partie du profit potentiel. Au Canada, un fossé sépare les sciences fondamentales, dans lesquelles on doit absolument être novateur, de la recherche clinique, dont on critique le manque d'innovation. Il s'agit là d'un problème central, car, au Canada, on n'encourage nullement l'application de la science à la pratique clinique, et ce, à aucun niveau du milieu universitaire, des organismes de financement aux universités mêmes.

Les essais bien conçus sont coûteux et complexes; ceux qui sont basés sur des échantillons de petite taille généreront pour leur part des résultats non généralisables et sur lesquels on ne peut se baser pour prendre des décisions judicieuses. Le Canada doit donc coordonner ses efforts afin de concevoir de meilleurs essais cliniques en imagerie, qui comprennent des contextes normatifs ainsi que des procédures de fonctionnement normalisées. Les demandes d'essai clinique pourraient pour leur part être réparties dans les réseaux. L'établissement principal, ou chef de file du réseau,

pourrait recevoir du financement lui permettant de fournir de la formation pour des essais précis et d'aider à régler les questions de réglementation (par exemple en coordonnant les activités avec Santé Canada pour appuyer les présentations de demandes). Il est bien connu que de nombreux traceurs ont de multiples fonctions et applications. Un travail concerté permettrait de concevoir des essais cliniques destinés à l'étude des multiples applications d'un même traceur de manière simultanée, ce qui accélérerait le processus d'approbation réglementaire et réduirait les coûts assumés par le concepteur et le gouvernement fédéral. On pourrait par ailleurs « grouper » les demandes de propriété intellectuelle, par exemple en présentant celles qui sont relatives aux modèles d'hypoxie en cardiologie, en neurologie et en oncologie simultanément plutôt que séparément. Le gouvernement et les établissements en tireraient eux aussi des avantages importants : uniformisation de l'adaptation de la technologie, diminution du nombre de méthodes et économies en matière d'approvisionnement.



Il serait également possible de conclure des accords bilatéraux avec l'Europe et les États-Unis pour ce qui est des agents présentant peu de risques. Si leur utilisation est approuvée dans des pays où les normes sont aussi élevées que celles du Canada, le processus d'approbation devrait être accéléré. Peut-être pourrait-on créer un système unifié pour les essais de toxicité et élaborer de nouvelles technologies d'étiquetage requérant une moins grande quantité de précurseurs, en vue de réduire les coûts engendrés et de favoriser une évaluation plus appropriée.

Les frais liés aux soins médicaux et à la technologie n'ont cessé d'augmenter au cours des dernières décennies. Peu de gens, particulièrement parmi les politiciens, croient que l'investissement dans de nouvelles technologies permet de réaliser des économies. Néanmoins, on envoie des Canadiens aux États-Unis pour leur traitement, leur suivi et leur diagnostic parce que les services en imagerie et en matière de biomarqueurs ne suffisent pas à la demande au Canada. Pour contrer ce problème, certaines provinces, comme l'Alberta et le Québec, achètent les services de fournisseurs privés, une mesure qui, apparemment, vise à réaliser des économies. Il semble donc y avoir une incitation économique liée à l'investissement dans le domaine de la technologie au Canada. Des économies considérables pourraient en fait être réalisées grâce à une gestion adéquate de l'imagerie du traitement et du diagnostic. Toutefois, les chercheurs canadiens n'ont pas réussi à démontrer aux patients, au public en général ou aux politiciens que les technologies d'imagerie sont rentables et qu'elles contribuent à améliorer l'état de santé des patients. Sans l'appui du Canadien moyen, il est difficile pour les politiciens de donner la priorité au financement destiné à la recherche. Aux États-Unis, le financement de la TEP n'est pas le fruit d'un processus scientifique, mais plutôt d'un processus politique mené par un public engagé.

Les gouvernements provinciaux aimeraient que les avantages cliniques soient démontrés; il semble toutefois peu pratique d'attendre d'obtenir les données sur la mortalité. Tant que l'histoire naturelle d'une maladie n'est pas bien comprise, il peut s'avérer difficile de savoir quels sont les critères appropriés. Le processus de réglementation requiert un certain degré de certitude, mais la médecine et les progrès dans le domaine médical sont itératifs et dynamiques. Puisque les bailleurs de fonds provinciaux sont réticents à l'idée d'entreprendre des études comparatives sur l'efficacité, il est important que le milieu médical conçoive des études pouvant aider les gouvernements à obtenir l'information dont ils ont besoin afin de démontrer les avantages pour les patients, les contribuables, l'industrie et l'économie. Du point de vue de la réglementation fédérale, l'utilisation d'un succédané valable ou d'un marqueur intermédiaire pour remplacer un biomarqueur est acceptable, même si les avantages cliniques ne sont pas démontrés clairement.



L'IMAGERIE ET LA MISE AU POINT DE MÉDICAMENTS EN NEUROSCIENCES TRANSLATIONNELLES



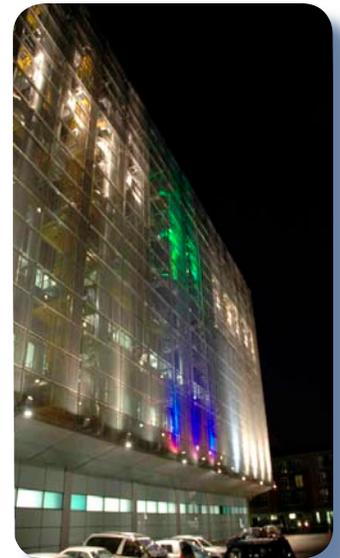
Conférencier : Paul Matthews

L'industrie pharmaceutique se trouve à la croisée des chemins : de 2012 à 2014, on assistera à l'expiration des brevets de médicaments qui représentent environ 40 % du revenu des grandes sociétés pharmaceutiques. Il est de plus en plus difficile de renouveler les produits pour maintenir leur valeur marchande. La mise au point de nouveaux produits pharmaceutiques est un processus difficile, long et coûteux : il faut en moyenne de 15 à 20 ans avant qu'une molécule ne fasse l'objet d'essais chez l'humain, les coûts engendrés dépassent un milliard de dollars américains, et seulement une molécule sur dix, approximativement, sera utilisée sur le marché après avoir été testée chez l'humain.

Le succès du processus est encore moins assuré pour les médicaments destinés aux principales maladies chroniques, qui représentent une proportion importante des besoins insatisfaits sur le plan médical. Les modèles précliniques sont généralement de bien pauvres indicateurs prévisionnels. Les entreprises pharmaceutiques sont extrêmement motivées à trouver des façons d'améliorer leur processus décisionnel en matière de conception de nouveaux médicaments, afin de le rendre plus sûr, plus rapide et moins coûteux. Les biomarqueurs d'imagerie pourraient faciliter l'atteinte de ces trois objectifs et continuer de servir, après la commercialisation, à la différenciation, à la prolongation de l'évaluation des indications et à certains aspects de la surveillance de l'innocuité. On peut amoindrir les coûts en utilisant des biomarqueurs d'imagerie afin de déterminer en quoi une molécule donnée s'avère meilleure qu'une autre dans les essais de phases précoces. L'application de l'imagerie à la médecine expérimentale peut mener à la prise de décisions basées sur des modèles de maladies humaines ainsi qu'à la réduction de l'importance des études précliniques dans le processus décisionnel.

Le GSK Clinical Imaging Centre (CIC), qui se trouve à l'Imperial College, fonctionne grâce à la relation entre le milieu universitaire et l'industrie; il s'agit en effet d'un partenariat entre l'Imperial College de Londres, l'hôpital Hammersmith et GlaxoSmithKline (GSK). En tant que centre pharmaceutique de médecine expérimentale basée sur l'imagerie, le CIC est unique au sein de l'industrie; en tant que centre où l'on utilise l'imagerie de pointe chez l'humain dans le but précis de satisfaire aux besoins de la médecine pharmaceutique, il est unique au monde. Les trois parties engagées dans cette initiative y trouvent leur compte : toutes trois ont pris part à la construction du bâtiment, et l'Imperial College était ravi de ce partage des coûts, qui lui permet d'occuper la moitié de l'édifice en déboursant moins du tiers du montant initialement prévu pour la construction. En échange, l'Imperial College a mis en place des structures pour appuyer l'entente de collaboration et une grille générale afin de maximiser la valeur pour GSK, en veillant à ce que les frais généraux soient appropriés aux installations utilisées pour chaque étude. De plus, l'Imperial College a réorganisé son bureau des services de recherche afin de fournir un seul point de référence pour ainsi accélérer le processus d'approbation et de distribution des fonds pour la recherche. Les principaux objectifs du CIC sont de soutenir la mise au point de médicaments, d'élaborer de nouvelles méthodes d'imagerie et d'appuyer des programmes de formation novateurs.

Le CIC possède non seulement une grande variété d'outils de pointe pour la recherche en imagerie chez l'humain et des installations de recherche en radiochimie et de fabrication de radiopharmaceutiques, mais aussi une installation entièrement gérée selon les BPF. Les cliniques, laboratoires et bureaux du CIC occupent environ 4 000 m², ce qui en fait le plus important centre de recherche clinique en imagerie au Royaume-Uni. On y trouve en plus un dispositif d'IRM 3T, deux de TEP/TDM, deux cyclotrons, des laboratoires de radiochimie et de biologie (équipés de la technologie microTEP). Le CIC comprend par ailleurs des équipements de TI de pointe. Le personnel se compose de plus de 70 équivalents temps plein (ETP), dont des radiochimistes, des biologistes, des médecins, des cliniciens-chercheurs, des physiciens, des infirmières, des radiographes, des analystes de données et du personnel d'exécution. De plus, le personnel reçoit l'appui des unités de GSK, qui possèdent une expertise pointue pour travailler auprès de collaborateurs, de boursiers et de stagiaires universitaires. La formation en imagerie clinique et spécialisée occupe une place importante au CIC, où



Centre d'imagerie clinique de GSK, hôpital Hammersmith, Londres.
Image offerte par Paul Matthews.

L'on favorise l'innovation et le recrutement de personnel qui excelle dans sa profession, facteur indispensable pour assurer la durabilité. Le CIC compte aussi de nombreux programmes de formation (dont certains sont financés par des sources externes comme le Wellcome Trust, le Medical Research Council et la Commission européenne), y compris des centres de formation au doctorat conçus pour permettre aux cliniciens d'appivoiser la recherche.



À l'origine, le CIC visait principalement la mise au point de médicaments en neurosciences et en oncologie grâce aux molécules étudiées lors d'essais cliniques de phase 1 ou ultérieure. Bien que les dépenses considérables liées à la TEP de pointe rendent difficile la proposition d'un modèle de gestion de l'imagerie moléculaire pour la conception d'applications diagnostiques, dans le cadre du processus décisionnel des entreprises pharmaceutiques, dont les principaux coûts relatifs à la mise au point de médicaments peuvent être minimisés ou évités grâce aux activités, il peut s'agir d'une partie viable des opérations. À l'aide de la TEP, on peut différencier les molécules sur le plan clinique, obtenir une ligne directrice pour déterminer le dosage, évaluer la distribution des molécules thérapeutiques dans les endroits ou les tissus ciblés présentant une toxicité potentielle et mesurer la pharmacodynamie. Tous ces éléments contribuent à faire passer plus rapidement une molécule à une phase ultérieure à celle des études précliniques. Les nouvelles méthodes hybrides comme la TEP et l'IRM fonctionnelle sont encore plus prometteuses en ce qui a trait à l'atteinte de ces objectifs.

L'imagerie peut changer la manière de réaliser les essais cliniques et nous amener à redéfinir le concept de « maladie ». En la combinant avec les biomarqueurs, il est possible de s'éloigner des études auprès de vastes populations et, par exemple, de confirmer le potentiel d'une activité grâce à une étude de biodistribution menée chez aussi peu que 6 à 10 sujets. L'imagerie permet également de diviser la population en fonction des pathologies ou des réponses afin d'augmenter les chances de réponse à un médicament donné. Elle ne constitue donc pas qu'un simple outil : il s'agit d'une technologie de rupture.

À plus long terme, on pourrait utiliser l'imagerie pour relier le diagnostic et la thérapie, et ainsi améliorer l'utilité clinique des médicaments coûteux, en se basant sur la biologie (plutôt que sur les effets indésirables) pour établir le dosage et la pharmacodynamique.

Le Canada est déjà très actif dans ce domaine. Le partenariat entre le CIC et le Centre de toxicomanie et de santé mentale (CAMH), dont l'un des membres, Sylvain Houle, a participé à l'atelier, en est un bon exemple. En effet, de ce partenariat a découlé l'élaboration du premier agent, le PHNO, ayant montré, in vivo, une spécificité et une sélectivité en tant que nouvel antagoniste du récepteur dopaminergique D3. D'après les études de TEP, le dosage initialement établi pour l'application clinique était sous-optimal. Des études approfondies en imagerie ont démontré qu'une dose plus importante pouvait atteindre une plus grande occupation du récepteur, et donc permettre de passer à l'étape suivante du développement clinique.

De tels partenariats illustrent bien les avantages de la collaboration menant à l'innovation entre le milieu universitaire et l'industrie. Ils seront indispensables pour tirer profit des énormes bibliothèques de molécules que possède l'industrie. Toutefois, pour assurer la durabilité de ce travail en commun, il est capital de comprendre comment récompenser les personnes qui l'effectuent afin qu'elles bénéficient de la même reconnaissance que les responsables. Il faut aussi repenser le soutien professionnel afin d'encourager les personnes désireuses de sortir des structures actuelles à se diriger vers une interdisciplinarité intelligente.

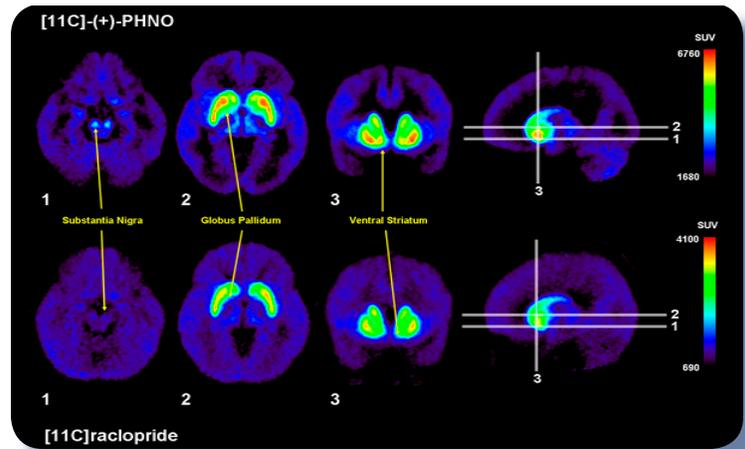
En travaillant conjointement avec le milieu universitaire, l'industrie peut tirer de nombreux avantages, par exemple en ce qui a trait à l'accès à de nouveaux traceurs et à la mise au point améliorée des nouvelles techniques comme la caméra TEP ou le matériel destiné à la chimie synthétique. Il y a en fait quatre critères élémentaires à respecter afin d'assurer la réussite d'une collaboration entre l'industrie et le milieu



*Cyclotron Eclipse de Siemens.
Image offerte par Paul Matthews.*

universitaire : la compréhension des attentes mutuelles, le travail en partenariat, la transparence quant aux objectifs et aux activités, et l'efficacité des mécanismes de planification commune.

Le CIC mène ses activités en se basant sur un concept relativement nouveau, ce que les autres entreprises surveillent de près. GSK s'est chargé des frais liés au centre d'imagerie. Il s'agit d'une entreprise coûteuse, mais le CIC fait déjà ses preuves : ses membres sont entièrement concentrés sur la mission de GSK, on ne note aucun retard de mise en marche, on tire avantage du savoir d'experts et on « formule les bonnes questions grâce au bon essai au bon moment. » Le CIC sert par ailleurs de modèle pour les politiques gouvernementales en matière de sciences et de technologie au Royaume-Uni; on voulait en effet favoriser un environnement de haute technologie qui encouragerait les partenariats entre les secteurs public et privé dans les domaines des soins de santé et de la pharmacologie, deux secteurs économiques importants au Royaume-Uni.



Découvertes scientifiques réalisées dans le cadre de partenariats entre l'industrie et le milieu universitaire : mise au point de nouvelles applications du radiotracer PHNO. Image offerte par Paul Matthews.

DES IN VIVO CELLULAR AND MOLECULAR IMAGING CENTERS (ICMIC) À L'AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY IMAGING NETWORK (ACRIN) : DE LA RECHERCHE FONDAMENTALE EN IMAGERIE ONCOLOGIQUE AUX ESSAIS CLINIQUES D'IMAGERIE CHEZ DES PATIENTS SOUS LA GOUVERNE DU NATIONAL CANCER INSTITUTE (NCI) DES ÉTATS-UNIS



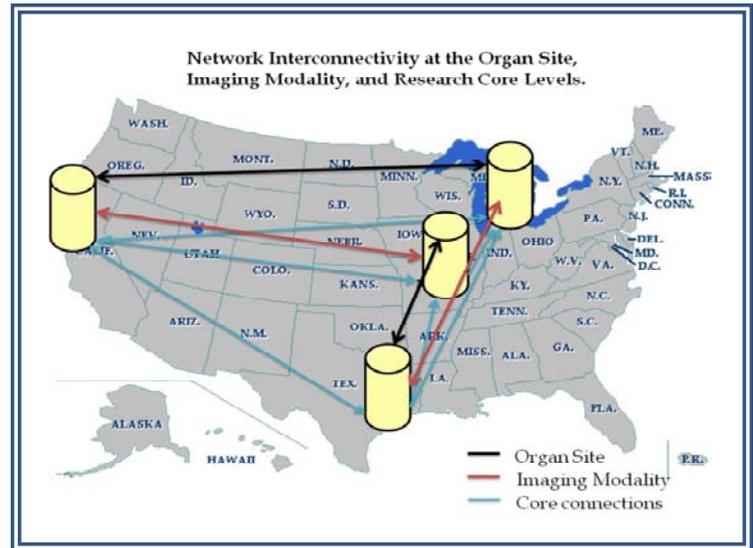
Conférencière : Barbara Croft

Le but des ICMIC est de faciliter l'intégration des sciences fondamentales (moléculaires et cellulaires) aux sciences de l'imagerie grâce à des techniques d'imagerie basées sur des molécules et qui permettent d'étudier le cancer de manière non effractive et quantitative. Le programme des ICMIC a été créé en 1998, à la suite des recommandations d'un groupe de travail sur les sciences de l'imagerie (Imaging Sciences Working Group). En 2000, les trois premiers ICMIC ont reçu un financement s'élevant à six millions de dollars pour couvrir les frais des projets de recherche, du financement de base, des projets de développement et du perfectionnement professionnel. Entre 2000 et 2010, on a financé la création de 11 ICMIC, et bien que le montant du financement ait augmenté au cours des six premières années, il est depuis demeuré relativement bas. À ce jour, les ICMIC en place ont produit plus de 755 articles scientifiques, 10 études cliniques en partenariat, 2 brevets et 21 demandes de brevets, en plus d'avoir entrepris 107 projets de développement. Leurs chercheurs proviennent d'une vingtaine de groupes disciplinaires différents, tant du milieu des sciences fondamentales que de celui des sciences cliniques. Cette année, un organisme indépendant a mené une évaluation détaillée qui a révélé un bilan entièrement positif et qui pourrait servir de modèle pour des évaluations similaires des programmes de réseaux canadiens. Voici les observations qui pourraient présenter un intérêt particulier pour le Canada :

- *de manière générale, les très grands établissements n'avaient pas de partenaires externes, peut-être parce qu'ils étaient autonomes sur le plan du travail;*
- *trop peu de collaborateurs sont susceptibles de s'intéresser aux petits établissements moins développés, ce qui empêche ceux-ci de maximiser leur potentiel;*
- *la majorité des ICMIC recevaient également du financement destiné à l'acquisition de ressources pour l'imagerie des petits animaux.*

Le programme des ICMIC, axé sur l'intégration à l'échelle du système, a réuni avec succès des intervenants de nombreuses disciplines différentes provenant des sciences physiques et des sciences de la vie. Des liens ainsi créés sont nés des outils précliniques novateurs destinés à la mise au point de médicaments et de nouveaux outils cliniques d'imagerie servant tant au développement préclinique que clinique. Les ICMIC ne sont qu'un des nombreux programmes d'imagerie du cancer appuyés par le NCI, bien qu'il s'agisse de l'un des principaux en termes d'investissement. Pour plus de détails

à ce sujet, on peut consulter <http://imaging.cancer.gov/researchfunding>. Même si les sommes investies dans l'imagerie par le NCI sont plus importantes que celles provenant d'autres instituts des National Institutes of Health (NIH), d'autres programmes des NIH s'intéressent à l'imagerie : les National Cooperative Drug Discovery and Development Groups (NCDDDG) (U01/U19), une initiative du National Institute of Mental Health (NIMH), du National Institute on Drug Abuse (NIDA) et du National Institute on Alcohol Abuse and Alcoholism (NIAAA) qui porte sur le traitement des troubles mentaux, de la toxicomanie et de l'alcoolisme; l'Innovation in Molecular Imaging Probes (R01), partenariat entre le National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering (NIBIB), le National Institute on Aging (NIA), le National Institute of Arthritis and Musculoskeletal and Skin Diseases (NIAMS), le National Institute of Child Health and Children Development (NICHD), le National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases (NIDDK), le NIMH et le National Institute of Neurological Disorders and Stroke (NINDS) (numéro d'annonce du programme : PAR-09-016).



Pendant les 11 dernières années, l'ACRIN (<http://www.acrin.org>) a reçu du financement pour la recherche en imagerie du cancer (soit trois cycles de financement). Chaque établissement où sont menés des essais cliniques est financé en fonction du protocole plutôt que de l'« adhésion ». Peuvent y participer les radiologistes du milieu universitaire, des hôpitaux communautaires et des services médicaux indépendants, divers groupes coopératifs, les représentants de l'industrie et les payeurs de services de santé. Ces établissements sont répartis dans 32 États, le district fédéral de Columbia et quatre autres pays, dont le Canada, qui en compte cinq (un en Nouvelle-Écosse, un au Québec, et trois en Ontario). Les participants profitent des avantages suivants :

- leadership,
- administration,
- gestion des données,
- personnel de soutien professionnel et réglementaire,
- centre de biostatistique à l'Université Brown.

L'ACRIN gère le National Oncologic PET Registry (NOPR), qui travaille à garantir l'accès au remboursement de Medicare pour certaines tomographies par émission de positons. Lorsque l'American College of Radiology (ACR) est parvenu à exercer des pressions afin que des remboursements de Medicaid soient accordés pour ces tomographies, l'utilisation de la TEP a connu des changements majeurs.

Il existe plusieurs possibilités d'associations avec le NCI et d'autres organismes, y compris des collaborations par l'intermédiaire du Network for Translational Research (NTR). Le but de ce réseau est d'accélérer le passage de la recherche translationnelle en imagerie multimodale *in vivo* et des plateformes spectroscopiques du laboratoire, ou de la phase préclinique, à la phase clinique. Ce but peut être atteint notamment en concevant, en optimisant et en validant des plateformes des méthodes de technologies d'imagerie afin qu'elles puissent passer à l'étape des essais cliniques, effectués à un ou à plusieurs endroits, et qu'elles soient finalement introduites dans la pratique clinique. Le NTR compte sur des équipes de recherche multidisciplinaires formées de membres de différents établissements et organisées en réseau pour atteindre ces objectifs. À l'heure actuelle, aux États-Unis, quatre centres reçoivent du financement et collaborent à cinq activités principales (normes et conformité, TI, traceurs chimiques et thérapie guidée par l'image, instrumentation et relations professionnelles, et études pathologiques et cliniques). D'autres centres ont été invités à s'associer, dont les centres d'imagerie du cancer de Cancer Research UK (CRUK). On encourage les centres canadiens à explorer cette possibilité.



De plus, il existe des partenariats entre le milieu universitaire et l'industrie dont les membres mènent des travaux sur la détection précoce du cancer, le diagnostic et les réponses aux traitements, et qui utilisent l'imagerie comme biomarqueur. Pour plus de détails, on peut consulter <http://imaging.cancer.gov>, où un schéma indique comment les NIH lient les différentes initiatives entre elles et optimisent la génération actuelle de plateformes d'imagerie afin qu'elles soient utilisées pour les essais cliniques. Les percées dans le domaine de l'imagerie pourraient bien jouer un rôle capital en ce qui a trait à la détection des biomarqueurs à un stade très précoce de néoplasie. Après la guerre de Corée, une étude des résultats d'autopsie a démontré que les jeunes hommes qui étaient décédés à la guerre avaient déjà des plaques d'athérosclérose, des résultats qui ont modifié le modèle de l'époque. En effet, initialement, la TDM visait entre autres à appuyer les autopsies; c'est d'ailleurs à cette fin que les Suisses l'utilisent. Peut-être doit-on déterminer « ce qu'avaient les gens qui sont morts, et non seulement de quoi ils sont morts. »

RÉUNIONS EN PETITS GROUPES

Le deuxième après-midi de l'atelier a été consacré aux discussions en groupes et à l'analyse de deux scénarios susceptibles de faire avancer la recherche en imagerie au Canada. Pour le premier scénario, on a demandé aux participants de considérer des activités réalisables à partir d'un financement modeste obtenu grâce à un partenariat (IRSC, CRSNG, etc.), en utilisant les fonds existants, par exemple de trois à cinq millions de dollars par année pour une période de cinq ans. Les participants devaient donc déterminer la manière la plus stratégique d'utiliser ces fonds pour garantir un rendement du capital investi acceptable et une incidence importante sur la recherche en imagerie au Canada. Pour le second scénario, on a permis aux participants de se livrer à une « réflexion sans limites » afin de formuler des recommandations de solutions qui permettraient de révolutionner le domaine de l'imagerie si les contraintes financières étaient faibles ou inexistantes. Étant donné les forces actuelles du Canada, quelle infrastructure ou quel facteur particulier permettrait à notre milieu de la recherche de devenir l'un des chefs de file de l'imagerie médicale sur la scène internationale?

RECOMMANDATIONS À LA SUITE DES RÉUNIONS EN PETITS GROUPES

SCÉNARIO 1 – FONDS EXISTANTS

Voici les recommandations qu'on a présentées et dont on a discuté :

Création d'un centre d'évaluation clinique de la technologie d'imagerie



Le but d'un tel centre serait de réaliser des essais cliniques intégrés partout au pays, en utilisant des protocoles d'imagerie normalisés. Le centre serait en fait le lieu à partir duquel plusieurs hôpitaux coordonneraient les essais. L'expertise et le rôle du centre en matière d'élaboration d'essais cliniques pour les technologies d'imagerie et les biomarqueurs permettraient d'établir les normes spécifiques relatives à ce genre d'essai. De plus, chaque établissement ferait bénéficier le réseau de son expertise particulière. Nombre de ces établissements recevraient du financement pour des essais cliniques précis, mais le centre serait la concrétisation du réseau nécessaire pour faciliter la collaboration entre les chercheurs en sciences physiques et ceux en sciences de la vie, et ainsi créer un pont entre le laboratoire et le chevet des patients. Ce centre de coordination résoudrait enfin le problème que rencontrent les centres isolés, c'est-à-dire

l'absence de la masse critique essentielle pour effectuer des essais cliniques de grande envergure bénéficiant d'un financement adéquat. Les fonds aideraient à couvrir les frais liés à la gestion et à l'analyse des données, au salaire des scientifiques et aux activités de réseautage et d'action concertée.

Le centre se chargerait, entre autres :

- de l'élaboration de protocoles ainsi que de l'organisation et de la facilitation des essais cliniques, y compris

l'obtention de l'approbation éthique;

- de l'élaboration des procédures de fonctionnement normalisées relatives aux techniques d'imagerie;*
- de l'apport d'un soutien pour l'élaboration de protocoles et la compilation de biostatistiques;*
- de la collecte, du stockage, du traitement et de l'analyse des données pour tous les établissements qui effectuent des essais;*
- de l'apport d'un soutien aux sites d'essai, au réseau et aux champions des divers établissements;*
- de la réalisation des évaluations économiques.*

Fonds pour l'application clinique



Dans cette proposition, on suggère qu'un financement d'environ cinq millions de dollars par année soit accordé à des initiatives ciblées, en attribuant autour de 500 000 \$ par projet pour des activités qui permettraient d'appliquer une technologie existante dans la pratique clinique, ce que les habituels concours ouverts de subventions ne permettent pas de faire. Ce financement s'appliquerait aux activités non intuitives, comme l'élaboration d'études précliniques validées portant sur les maladies chez des modèles animaux ou la mise au point de technologies et d'outils novateurs destinés à la biologie fondamentale, à condition qu'elles visent un résultat clinique pertinent. Parmi les exemples de projets qui seraient admissibles, mentionnons la mise à l'essai d'un nouveau tomographe en milieu clinique ou des essais cliniques sur les biomarqueurs existants afin d'en déterminer l'efficacité. Les appels de

demandes et les subventions seraient présentés sous forme de deux concours chaque année pour permettre aux candidats dont la demande a été rejetée de la peaufiner et de la présenter à nouveau. Les propositions devraient prévoir un résultat clinique au cours des cinq années suivantes. Les activités de base comprendraient un programme de formation en imagerie pour les étudiants des cycles supérieurs, les boursiers postdoctoraux et les médecins.

En route vers l'application clinique



Le but de cette proposition serait de favoriser le transfert de la recherche fondamentale et préclinique en imagerie vers l'application clinique grâce à la mise en place d'un réseau formé de centres actuels. Un appel de demandes permettrait de recueillir les propositions en lien avec n'importe quelle étape du processus, du laboratoire à l'application clinique, l'objectif étant que les essais cliniques soient effectués au cours des cinq années suivantes. Une proposition pourrait porter sur un modèle animal ou encore la mise au point d'un biomarqueur, pourvu que le chemin menant à la mise en œuvre des résultats dans le milieu clinique soit clair. On ne s'attendrait toutefois pas à ce qu'absolument tous les projets proposés puissent atteindre cet objectif dans les cinq années prescrites. Afin d'encourager la progression vers la pratique clinique, aucune limite financière, hormis celle du budget total de financement,

ne serait imposée à l'heure de présenter les propositions. Les équipes de recherche, qui ne se verraient imposer aucune contrainte financière, pourraient donc « voir grand » et demander le financement dont elles ont réellement besoin pour mener leurs projets à terme.

On exigerait que les projets soient multidisciplinaires et qu'une grande importance soit accordée à la participation tant des experts en développement technologique que des cliniciens-chercheurs. Les PRCS des IRSC et du CRSNG font déjà le pont entre les sciences physiques et les sciences de la vie, mais n'obligent pas la participation de cliniciens-chercheurs, ce qui semble pourtant être un critère essentiel à la formation d'une équipe qui désire voir ses recherches se rendre à l'étape des essais cliniques. Le recrutement et la formation de médecins chercheurs, idéalement pendant leurs études de M.D./Ph. D., s'avèreraient nécessaires, et on recommanderait la création d'une ligne budgétaire à cette fin. Tout comme l'approche qui vise à faire profiter les patients de la recherche, il s'agit d'une proposition unique en son genre. D'un point de vue structural, elle inciterait les chercheurs en sciences fondamentales et les cliniciens à collaborer. De plus, l'élaboration systématique d'une évaluation fondée sur des données quantitatives constituerait une activité de base visant à répondre aux critiques envers les protocoles d'imagerie actuels, très difficiles à valider. La validation

constitue en effet une étape cruciale, bien que difficile, du processus, particulièrement dans un contexte où l'on évalue de nombreux patients dans divers établissements. On assisterait ainsi à la création de paramètres quantitatifs complètement réinventés, lesquels, à leur tour, mèneraient à des modèles de systèmes complexes et avancés. Dans le cadre de ce programme, il serait important d'élaborer un plan d'application des connaissances afin d'assurer la commercialisation, lorsque appropriée, et de faciliter l'intégration des méthodes et des procédures novatrices à la pratique clinique au Canada.

SCÉNARIO 2 – INVESTISSEMENT DE NOUVEAUX FONDS (« RÉFLEXION SANS LIMITES »)

Centres nationaux d'excellence en imagerie



Dans cette proposition, on suggère la mise en place d'un ou plusieurs centres nationaux améliorés en imagerie, qui constitueraient une ressource pour le pays tout entier. La structure des établissements déjà en place – tels que TRIUMF, le programme de nanotechnologie de l'Alberta et les centres principaux du CNRC – pourrait servir de modèle pour leur création. À l'échelle internationale, les centres d'imagerie du Royaume-Uni, qu'on a récemment financés, ou l'ACRIN, aux États-Unis, constitueraient aussi de bons modèles. La stabilité du financement de base et du financement des infrastructures des centres revêtirait une importance capitale. Chaque centre serait déjà reconnu internationalement pour son expertise – que celle-ci se rapporte à une maladie, à une technologie ou aux deux à la fois – et pourrait cibler une ou plusieurs maladies, mais il est attendu que la plupart d'entre eux utiliseraient des plateformes multimodales.

On peut envisager que l'un de ces centres se trouverait au cœur d'un réseau d'essais cliniques en imagerie, semblable au Groupe des essais cliniques de l'Institut national du cancer du Canada (INCC). Comme proposition de rechange, on pourrait créer un institut d'imagerie biomédicale ou des sciences de l'imagerie. Toutefois, pour avoir une plus grande portée, on a plutôt suggéré la mise sur pied d'un institut de technologie biomédicale.

Réseau canadien d'essais cliniques en imagerie



L'augmentation des coûts et du rôle de l'imagerie dans la prestation de soins de santé impose un programme dont la portée et le cadre sont nationaux afin de garantir une utilisation appropriée et rentable de la technologie. Ce réseau serait différent des autres réseaux d'essais cliniques en ce que ses centres d'intérêt seraient l'imagerie et les biomarqueurs. Un réseau canadien d'imagerie viserait la prestation de services de santé sécuritaires, rentables et basés sur l'imagerie et les biomarqueurs, qui auraient une incidence sur l'évolution de l'état de santé des patients. L'ACRIN pourrait encore une fois servir de modèle pour l'élaboration de ce programme : celui-ci se caractériserait par une gestion rigoureuse et du temps réservé pour les chercheurs, particulièrement les cliniciens. Le réseau permettrait également la création de liens avec les laboratoires qui travaillent

dans le domaine des nouvelles sciences précliniques, comme la métabolomique. Cela encouragerait les centres participants à miser sur leurs forces respectives pour progresser. L'évaluation de la technologie ferait aussi partie intégrante des activités du réseau, et il serait essentiel que chacun des centres offre de la formation ainsi que des programmes de formation ciblés et financés. Le réseau accomplirait les fonctions suivantes :

- *entretien de la technologie et coordination de l'introduction de nouvelles technologies (les développements technologiques d'un établissement pourraient être transmis aux autres établissements);*
- *élaboration de protocoles normalisés et de procédures de fonctionnement normalisées;*
- *mise en place de bases de données en ligne sur les essais, lesquelles pourraient inclure les bases de données sur l'imagerie (données brutes anonymes);*
- *amélioration des bonnes pratiques cliniques;*
- *possibilité de mettre l'accent sur la médecine personnalisée;*

- *possibilité de collaborer avec les chercheurs du domaine des services et des politiques de la santé, et les gouvernements provinciaux.*

Le financement d'un tel réseau exigerait la participation des secteurs public et privé et pourrait passer d'un million de dollars par année, initialement, à cinq millions de dollars par année à l'étape suivante.

Subventions pour l'application en imagerie médicale



Dans cette proposition, on suggère que des fonds de « transformation » soient octroyés aux établissements d'imagerie ayant réussi à faire progresser une nouvelle idée jusqu'à son application en milieu clinique. Ces fonds, renouvelables à échéance, seraient donc distribués à la suite d'un concours et s'élèveraient à environ un million de dollars par année par centre pour une période de cinq ans. Au total, on offrirait environ 10 subventions, qui seraient octroyées à des centres plutôt qu'à des groupes précis. Le financement serait distribué à la suite d'un appel de demandes et couvrirait les frais liés au corps professoral, au temps réservé pour les médecins et au personnel de soutien (notamment pour les centres de TEP et d'IRM).

MOT DE LA FIN

Plusieurs thèmes ont été soulevés à maintes reprises pendant l'atelier, dont :

- *le besoin d'obtenir du financement durable pour les équipes de recherche multidisciplinaires en imagerie médicale;*
- *le besoin d'évaluer les technologies d'imagerie actuelles et nouvelles;*
- *la nécessité de se baser sur des approches multidisciplinaires qui prévoient la collaboration des experts en développement technologique et des cliniciens-chercheurs;*
- *le besoin de créer des réseaux de recherche et d'essais cliniques misant sur les forces du Canada pour accélérer l'application des découvertes et des progrès afin que les patients puissent en bénéficier.*

Les principales préoccupations concernent les défis auxquels fait face la recherche translationnelle au Canada et l'importance de surmonter les obstacles actuels pour faire progresser plus rapidement les découvertes vers le milieu clinique, en vue d'améliorer les soins de santé et l'état de santé des patients. Cela doit être accompli en tenant compte du contexte canadien, soit en gardant à l'esprit les facteurs culturels et économiques qui orientent la prestation des soins de santé. Ce rapport d'atelier servira de base pour les discussions futures entre les IRSC, le CRSNG et les autres parties intéressées, en vue d'élaborer des stratégies pour stimuler le progrès en imagerie médicale au Canada.



Annexe 1 : Liste des Participants

Photo	Nom	Coordonnées	Intérêts en recherche fournis par les participants
	<p>Douglas N. Abrams</p> <p>Directeur</p>	<p>Edmonton Radiopharmaceutical Centre 11560, avenue University Edmonton (Alberta) T6G 1Z2</p> <p>Tél. : 780-432-8970 Courriel : dougabra@cancerboard.ab.ca</p>	<p>Nos recherches portent sur la radiosynthèse et le développement de produits radiopharmaceutiques à des fins diagnostiques et thérapeutiques en médecine nucléaire. Nos travaux actuels portent entre autres sur les analogues des inhibiteurs de l'aromatase, les traceurs de ganglions sentinelles et le traitement des mélanomes et des tumeurs neuroendocrines.</p>
	<p>Bruce Balcom</p> <p>Professeur, Directeur du Centre de recherche en IRM</p>	<p>Université du Nouveau-Brunswick C.P. 4400, Édifice IUC, Salle 231 Fredericton (Nouveau-Brunswick) E3B 5A3</p> <p>Tél. : 506-458-7938 Courriel : bjb@unb.ca</p>	<p>Résonance magnétique et méthodes de mesure de l'imagerie par résonance magnétique. Instruments, matériel, traitement de données.</p>
	<p>Rob Beanlands</p> <p>Chef, Service d'imagerie cardiaque</p>	<p>Institut de cardiologie de l'Université d'Ottawa 40, rue Ruskin, salle 1220, Ottawa (Ontario) K1Y 4W7</p> <p>Tél. : 613-761-5296 Courriel : rbeanlands@ottawaheart.ca</p>	<p>Le Dr Rob Beanlands est chercheur de carrière (Fondation des maladies du cœur de l'Ontario [FMCO]) et chef de file mondial du domaine de l'imagerie nucléaire cardiovasculaire. Ses recherches portent sur les fonctions métabolique et cellulaire chez les patients atteints de maladies cardiovasculaires, ainsi que sur la réponse de ceux-ci aux traitements. Il est chef de l'imagerie cardiaque et directeur fondateur du Centre national de TEP cardiaque, établissement d'avant-garde financé en partie par deux subventions de la FCI, et le seul établissement au Canada doté de la TEP qui soit consacré aux maladies cardiovasculaires. Il a de nombreuses publications à son actif, possède une expérience solide dans la direction d'essais multicentriques d'imagerie à grande échelle, dont l'essai PARR-2, et dirige le registre de TEP cardiaque (CADRE), financé par la province. Le Dr Beanlands a reçu de nombreuses subventions évaluées par les pairs des IRSC et de la FMCO, et a instauré des collaborations solides avec des partenaires provenant de l'Institut de cardiologie de l'Université d'Ottawa et d'établissements situés partout au Canada et à l'étranger. Il est cochercheur principal du Canadian Atherosclerosis Imaging Network pour le site d'Ottawa et directeur du programme Molecular Function and Imaging, qui offre un programme de formation multidisciplinaire en recherche translationnelle, comprenant les sciences fondamentales, les traitements régénératifs, la physique et le génie de</p>

Photo	Nom	Coordonnées	Intérêts en recherche fournis par les participants
			l'imagerie, la cardiologie, la chimie et la recherche clinique, à plus de 30 étudiants des cycles supérieurs ainsi qu'à des stagiaires en milieu clinique. Il est responsable de la subvention d'équipe IMAGE-HF des IRSC et est l'ancien président de la Société canadienne de cardiologie nucléaire (SCCN). Il est le président actuel du comité du programme scientifique (CPS) de la Société canadienne de cardiologie (SCC), rédacteur en chef adjoint du <i>Journal of Nuclear Cardiology</i> (JNC), administrateur de l'American College of Cardiology (ACC) et membre du Conseil cardiovasculaire de la Society of Nuclear Medicine (SNM).
	François Bénard Professeur Membre du groupe d'experts	Université de la Colombie-Britannique 675, 10 ^e Avenue Ouest Vancouver (Colombie-Britannique) V5Z 1L3 Tél. : 604-675-8206 Courriel : fbenard@bccrc.ca	Détection de cancers par tomographie par émission de positons (TEP); suivi de la réponse des cancers aux traitements; mise au point de nouveaux produits radiopharmaceutiques pour l'imagerie des cancers.
	Steven Burrell Directeur de la recherche, radiologie	QE II Health Sciences Centre et Université Dalhousie QE II HSC, Département d'imagerie diagnostique, 1796, rue Summer Halifax (Nouvelle-Écosse) B3H 3A7 Tél. : 902-473-6161 Courriel : sburrell@dal.ca	Mon domaine de recherche principal est la médecine nucléaire. Je m'intéresse entre autres aux sujets suivants : a) l'oncologie, y compris la TEP; b) l'imagerie nucléaire cardiaque; c) l'imagerie moléculaire et l'imagerie de la perfusion cérébrale; d) l'imagerie des petits animaux.
	Anna Celler Physicienne médicale principale et professeure agrégée	Département de radiologie, VCHA / Université de la Colombie-Britannique Groupe de recherche en imagerie médicale, Pavillon de recherche de l'Hôpital général de Vancouver 828, 10 ^e Avenue Ouest Vancouver (Colombie-Britannique) V5Z 1L8 Tél. : 604-875-5252 Courriel : aceller@phsyics.ubc.ca	Médecine nucléaire, tomographie d'émission à photon unique (TEMP) et TEP, imagerie quantitative avec correction de l'atténuation, de la diffusion, de la perte de résolution et de l'effet de volume partiel, étude de la dynamique fonctionnelle, reconstruction d'images, traitements de radiation interne, dosimétrie interne, diagnostic et stadification de tumeurs, imagerie de perfusion myocardique, quantification de défauts de perfusion, imagerie en double isotope, méthodes de visualisation et d'analyse multidimensionnelles de données, recalage et fusion d'images, méthodes de segmentation d'organes et de tumeurs, collimation électronique et caméra Compton, mathématiques des problèmes inverses et des techniques d'optimisation.

Photo	Nom	Coordonnées	Intérêts en recherche fournis par les participants
	<p>Dean Chapman CRC – Imagerie radiologique, Professeur d'anatomie et de biologie cellulaire</p>	<p>Candian Light Source Université de la Saskatchewan 501-121, Research Drive Saskatoon (Saskatchewan) S7N 1K2</p> <p>Tél. : 306-966-4111 Courriel : dean.chapman@usask.ca</p>	<p>Recherche en imagerie biomédicale synchrotron : une grande partie de la recherche consiste à étudier des maladies de l'humain chez des modèles animaux en utilisant des méthodes d'imagerie propres au rayonnement synchrotron, comme l'imagerie par diffraction de rayons X, l'imagerie par contraste de phase et l'imagerie avec soustraction logarithmique de seuils d'absorption K. Recherche sur les méthodes d'imagerie : ces projets ont pour but d'élaborer de nouvelles méthodes d'imagerie à rayons X ayant des applications surtout dans le domaine biomédical. Par exemple, nous travaillons à l'élaboration d'une méthode de soustraction pour la fluorescence et les seuils d'absorption K destinée à la visualisation de l'expression génique chez les petits animaux. En recherche translationnelle en imagerie, le but de certains projets est l'application de méthodes d'imagerie mises au point avec le synchrotron à l'imagerie de laboratoire et, ultimement, à l'imagerie clinique. Enfin, l'imagerie par diffraction de rayons X est l'une des méthodes que nous travaillons actuellement à mettre au point pour des applications en milieu clinique et en laboratoire.</p>
	<p>Guy Cloutier Professeur de radiologie et de génie biomédical</p>	<p>Université de Montréal LBUM-CRCHUM 2099, rue Alexandre-DeSève, salle Y-1619 Montréal (Québec) H2L 2W5</p> <p>Tél. : 514-890-8000, poste 24703 Courriel : guy.cloutier@umontreal.ca</p>	<p>Le Laboratoire de biorhéologie et d'ultrasonographie médicale (LBUM) mène des projets de recherche en imagerie médicale et en rhéologie sanguine. Nos programmes de recherche ont pour but d'améliorer le diagnostic et le suivi de l'hyperagrégation érythrocytaire, état pathologique caractérisé par une hyperviscosité du sang et des effets secondaires thrombotiques, de l'athérosclérose artérielle, des anévrismes vasculaires et la survenue de thromboses veineuses profondes, à l'aide de nouvelles méthodes d'imagerie ultrasonique. Le LBUM travaille aussi à la mise au point de nouvelles méthodes pour caractériser les propriétés biomécaniques des parois vasculaires et la viscoélasticité de lésions tumorales associées au cancer du sein à l'aide de l'élastographie par ultrasons. Ces projets de recherche sont réalisés en collaboration avec des cliniciens, des radiologues et des cardiologues, des chercheurs fondamentaux spécialisés en pathologies cardiovasculaires, des ingénieurs biomédicaux et des physiciens médicaux.</p>

Photo	Nom	Coordonnées	Intérêts en recherche fournis par les participants
	<p>Barbara Croft Directrice de programme</p>	<p>Cancer Imaging Program National Cancer Institute 6130, Executive Boulevard, Suite 6000 Bethesda (Maryland) 20892-7412</p> <p>Tél. : 301-496-9531 Courriel : bc129b@nih.gov</p>	<p>Barbara Y. Croft, Ph.D., est directrice de programme au Programme d'imagerie du cancer de la Division du traitement et du diagnostic du cancer au National Cancer Institute (NCI) des États-Unis. Elle détient un baccalauréat en chimie du Collège Swarthmore ainsi qu'une maîtrise et un doctorat de l'Université Johns Hopkins. M^{me} Croft a fait partie pendant 29 ans du corps professoral du Département de radiologie à l'École de médecine de l'Université de Virginie avant de se joindre au NCI il y a 11 ans. Ses domaines d'étude sont les produits radiopharmaceutiques et la physique de la médecine nucléaire. Elle s'est impliquée dans toutes les catégories de subventions en imagerie médicale oncologique au NCI, plus particulièrement dans le Programme de ressources en imagerie des petits animaux (Small Animal Imaging Resource Program), le Consortium pour la base de données d'images du poumon (Lung Image Database Consortium) et l'Initiative des ressources de bases de données en imagerie (Imaging Database Resources Initiative), financés à l'aide de la Fondation pour les NIH (National Institutes of Health).</p> <p>La mission du Programme d'imagerie du cancer du NCI des États-Unis est de faire la promotion de la recherche en imagerie du cancer dans le but d'améliorer les possibilités de diagnostic et de traitement en oncologie. Afin de l'accomplir, nous offrons des subventions et finançons des contrats en recherche fondamentale et clinique.</p>
	<p>Aaron Fenster Directeur</p>	<p>Institut de recherche Robarts Université Western Ontario 100, promenade Perth London (Ontario) N6A 5K8</p> <p>Tél. : 519-931-5708 Courriel : afenster@imaging.robarts.ca</p>	<p>Les recherches de l'équipe de M. Fenster portent sur la mise au point de techniques d'imagerie ultrasonique 3D et sur leur application au diagnostic, à la chirurgie et au traitement du cancer chez les humains et les modèles murins. Son équipe a mis au point des systèmes d'imagerie ultrasonique 3D pour l'imagerie et la quantification de l'athérosclérose carotidienne, la cryochirurgie et la curiethérapie de la prostate guidées par l'image, les biopsies du sein ou de la prostate guidées par l'image pour obtenir un diagnostic précoce de cancer, ainsi que l'imagerie des tumeurs et de leurs vaisseaux sanguins chez la souris.</p>

Photo	Nom	Coordonnées	Intérêts en recherche fournis par les participants
	<p>Philip L. Gardner</p> <p>Président-directeur général</p>	<p>Advanced Applied Physics Solutions 4004 Wesbrook Mall Vancouver (Colombie-Britannique) V6T 2A3</p> <p>Tél. : 604-222-7436 Courriel : gardner@triumf.ca</p>	<p>Production d'isotopes et mise au point de détecteurs.</p>
	<p>Karen Gulenchyn</p> <p>Chef, médecine nucléaire</p>	<p>Hamilton Health Sciences et St. Joseph's Healthcare Hamilton HSC 1P-15 1200, rue Main Ouest Hamilton (Ontario) L8N 3Z5</p> <p>Tél. : 905-521-2100, poste 75667 Courriel : gulenkar@hhsc.ca</p>	<p>Depuis cinq ans, les recherches de la D^{re} Gulenchyn portent principalement sur l'application de la tomographie par émission de positons (TEP) au ¹⁸F-fluorodésoxyglucose (¹⁸F-FDG) à des problèmes cliniques en oncologie dans le cadre du processus d'évaluation de la TEP au ¹⁸F-FDG en Ontario. Elle a été la médecin principale responsable de la conception des protocoles d'imagerie et a dirigé le sous-comité d'assurance de la qualité en collaboration avec le physicien principal responsable. Récemment, le groupe de recherche de Hamilton a commencé à élaborer un programme dont l'objectif est d'étudier l'application de l'imagerie moléculaire du sein chez les femmes qui présentent un risque élevé de cancer du sein.</p>

Photo	Nom	Coordonnées	Intérêts en recherche fournis par les participants
	<p>David W. Holdsworth</p> <p>Professeur, Département de chirurgie</p>	<p>Université Western Ontario 100, Perth Drive London (Ontario) N6A 5K8</p> <p>Tél. : 519-931-5777, poste 24154 Courriel : david.holdsworth@imaging.robarts.ca</p>	<p>David Holdsworth fait partie de l'équipe d'imagerie de l'Institut de recherche Robarts. Son programme de recherche porte sur la mise au point et l'utilisation de techniques de tomographie par émission de positons (TEP), d'imagerie par résonance magnétique (IRM) et d'échographie afin d'étudier les maladies cérébrovasculaires et musculosquelettiques. Dans le domaine des maladies vasculaires, M. Holdsworth a déjà été subventionné en tant que chercheur de carrière par la Fondation des maladies du cœur de l'Ontario, afin d'étudier l'utilisation de techniques de pointe d'échographie-Doppler pour caractériser des vaisseaux sanguins pathologiques menant au cerveau. Il est aussi financé par les IRSC pour mettre au point de nouvelles techniques radiologiques visant à faciliter le diagnostic et le traitement de maladies des vaisseaux sanguins à l'intérieur du cerveau, qui pourraient être appliquées aux traitements chirurgicaux et aux techniques endovasculaires.</p> <p>En 2007, M. Holdsworth est devenu titulaire de la chaire de recherche musculosquelettique de la D^{re} Sandy Kirkley et, depuis, concentre ses recherches dans le domaine des maladies musculosquelettiques. M. Holdsworth et son équipe ont mis au point de nouvelles méthodes de diagnostic et de traitement des maladies musculosquelettiques qui possèdent des applications précliniques et cliniques fondamentales. Ils ont aussi mis au point de nouvelles techniques de microtomographie qui ont été appliquées à divers modèles animaux, dont le lapin, le rat et la souris. De plus, M. Holdsworth a été financé par les IRSC, avec ses collègues, le D^r Douglas Naudie et Cynthia Dunning, pour mettre au point de nouvelles techniques permettant d'obtenir une image de l'interface entre les os et les implants métalliques, et pour améliorer les techniques actuelles d'analyse par radiostéréométrie à la suite d'un remplacement d'articulation.</p>
	<p>Sylvain Houle</p> <p>Directeur, Centre de TEP</p>	<p>Centre de toxicomanie et de santé mentale et Université de Toronto 250, rue College Toronto (Ontario) M5T 1R8</p> <p>Tél. : 416-979-4651 Courriel : sylvain.houle@utoronto.ca</p>	<p>Application de la tomographie par émission de positons (TEP) et de l'imagerie par résonance magnétique (IRM) à la recherche en santé mentale et en toxicomanie. Les travaux visent à comprendre les mécanismes sous-jacents de ces troubles, de même qu'à en étudier le traitement pharmacologique, ce qui comprend les phases initiales de mise au point de médicaments. Une grande partie des travaux est centrée sur l'élaboration de nouveaux traceurs de TEP pour la recherche.</p>

Photo	Nom	Coordonnées	Intérêts en recherche fournis par les participants
	<p>Paul C. Johns Professeur de physique</p>	<p>Université Carleton 1125, promenade Colonel By Ottawa (Ontario) K1S 5B6</p> <p>Tél. : 613-520-2600, poste 4317 Courriel : johns@physics.carleton.ca</p>	<p>Les recherches de M. Johns portent sur la physique de l'imagerie médicale par rayons X et sont financées par le CRSNG. Les travaux en cours dans son laboratoire portent sur les méthodes utilisant la diffusion élastique (cohérente) des rayons X pour obtenir de l'information diagnostique en radiologie. Ces travaux comprennent la mesure précise des propriétés de diffusion centrale des tissus et des fantômes, l'élaboration de stratégies de collimation et l'analyse et la modélisation de l'imagerie par diffusion de rayonnement X. L'utilisation exploratoire de rayonnement X de haute intensité produit par la ligne de faisceaux BioMedical Imaging and Therapy (BMIT) du Centre canadien de rayonnement synchrotron, en imagerie par diffusion cohérente, a été effectuée au moment de la mise en service des installations l'hiver dernier; d'autres expériences sont prévues. M. Johns s'intéresse aussi à la mise au point de nouvelles technologies de détection en radiographie numérisée, à la radiographie à double énergie et aux techniques de reconstruction en tomographie par ordinateur réduisant les artéfacts d'énergie et de diffusion.</p>
	<p>Karim S. Karim Professeur agrégé</p>	<p>Université de Waterloo Département de génie électrique et informatique Waterloo (Ontario) N2L 3G1</p> <p>Tél. : 519-888-4567, poste 38336 Courriel : kkarim@uwaterloo.ca</p>	<p>Capteurs plans numériques grand champ de rayonnement X et gamma à l'état solide (amplificateurs de photodiodes en silicium amorphe pour la radioscopie numérique, détecteurs à comptage de photon unique en silicium amorphe pour la TDM du corps entier; détecteurs à avalanche ultra-rapides avec grille de Frisch sur sélénium pour la TEMP et la TEP; détecteur solide avec grille de Frisch pour la mammographie par tomosynthèse; détecteur multicouche et filtres Ross pour la TDM en double énergie et les images de soustraction en mammographie numérique).</p>
	<p>Agnes V. Klein Directrice, Centre d'évaluation des produits radio-pharmaceutiques et biothérapeutiques</p>	<p>Direction des produits biologiques et des thérapies génétiques 200, promenade Tunney's Pasture Ottawa (Ontario) K1A 0K9</p> <p>Tél. : 613-954-5706 Courriel : agnes.v.klein@hc-sc.gc.ca</p>	<p>Je suis la directrice du centre où l'on procède à l'évaluation et à l'autorisation d'essais cliniques, ainsi qu'à l'examen précommercialisation des produits radiopharmaceutiques, ce qui correspond au sujet de cet atelier.</p>

Photo	Nom	Coordonnées	Intérêts en recherche fournis par les participants
	<p>Michael Kolios</p> <p>Professeur agrégé et titulaire d'une chaire de recherche du Canada</p>	<p>Université Ryerson Département de physique 350, rue Victoria Toronto (Ontario) M5B 2K3</p> <p>Tél. : 416-979-5000, poste 07065 Courriel : mkolios@ryerson.ca</p>	<p>Michael C. Kolios est professeur agrégé au Département de physique de l'Université Ryerson, professeur auxiliaire au Département de biophysique médicale de l'Université de Toronto et titulaire d'une chaire de recherche du Canada (niveau 2) sur les applications biomédicales des ultrasons. Ses travaux portent sur les applications biomédicales diagnostiques et thérapeutiques des ultrasons. Il dirige le laboratoire de spectroscopie et d'imagerie ultrasonore biomédicale avancée à l'Université Ryerson, qui héberge des outils d'imagerie ultrasonore de pointe dont les fréquences varient de 1 à 1 000 MHz. Ses travaux sur la caractérisation des tissus au moyen de la dépendance fréquentielle de la rétrodiffusion ont ouvert la porte à de nouvelles possibilités en diagnostic ultrasonore. Ses principaux domaines de recherche sont l'imagerie ultrasonore et la caractérisation des tissus, l'imagerie ultrasonore haute fréquence clinique et préclinique, la microscopie acoustique, l'imagerie photoacoustique et la tomographie par cohérence optique. Il s'intéresse aussi activement à l'utilisation de ces techniques en débimétrie. Ces derniers temps, son laboratoire a commencé à étudier les applications de techniques ultrasonores et photoacoustiques au domaine de l'imagerie moléculaire.</p>
	<p>Roger Lecomte</p> <p>Chef scientifique, Centre d'imagerie moléculaire de Sherbrooke</p>	<p>Université de Sherbrooke 3001, 12^e Avenue Nord, bureau 1864 Sherbrooke (Québec) J1H 5N4</p> <p>Tél. : 819-820-6868, poste 14608 Courriel : Roger.Lecomte@USherbrooke.ca</p>	<p>Professeur titulaire de médecine nucléaire et de radiobiologie à l'Université de Sherbrooke, et chef scientifique du Centre d'imagerie moléculaire de Sherbrooke. Travaux d'avant-garde en imagerie moléculaire préclinique à l'aide de la TEP. Conception, construction et utilisation du premier appareil de TEP équipé de la technologie de détection à base de photodiodes à avalanche, grâce auquel plusieurs innovations ont été accomplies en imagerie des petits animaux (rats et souris). Concepteur des premières installations d'imagerie préclinique utilisant la TEP au Canada. Cofondateur d'Avancement moléculaire en imagerie (AMI) inc., devenu Gamma Medica-Ideas inc., qui commercialise les scanners LabPET™, dotés de la seule technologie entièrement numérique de détection à base de photodiodes à avalanche pour TEP sur le marché. Travaux actuels portant sur l'intégration des techniques d'imagerie TEP, TEMP, TDM, IRM et optique à l'imagerie multimodalité pour des applications précliniques. Applications biologiques pour la mise au point de traceurs (¹¹C-acétoacétate,</p>

Photo	Nom	Coordonnées	Intérêts en recherche fournis par les participants
			<p>¹⁸FES/MFES, peptides marqués au ⁶⁴Cu, etc.), en cardiologie (perfusion, métabolisme et fonction), en oncologie (thérapie photodynamique [TPD], hormonothérapie et chimiothérapie), en neurologie (épilepsie, vieillissement), en étude du métabolisme (diabète, sepsie) et en génie tissulaire (imagerie de cultures tissulaires 3D <i>in situ</i>). Mise au point, en génie biomédical, d'instruments et de dispositifs accessoires pour l'imagerie moléculaire (compteur sanguin microvolumétrique, échantillonneur et analyseur sanguin microfluidique, etc.).</p>
	<p>Ting-Yim Lee Scientifique</p>	<p>Institut de recherche en santé Lawson 268, rue Grosvenor London (Ontario) N6A 4V2</p> <p>Tél. : 519-685-8300, poste 24131 Courriel : tlee@imaging.robarts.ca</p>	<p>J'ai mis au point des méthodes d'imagerie fonctionnelle qui utilisent la tomодensitométrie (TDM) dynamique renforcée par contraste pour l'évaluation quantitative du débit sanguin dans les tissus, de la volémie et du produit perméabilité-surface des capillaires. Nous avons validé les mesures effectuées pour le cerveau et le cœur, ainsi que pour des tumeurs du cerveau, du foie et des muscles squelettiques en les comparant avec la méthode des microsphères, qui fait office de référence. On peut facilement utiliser ces méthodes avec des tomодensitomètres cliniques en utilisant les agents de contraste et les procédures d'examen habituels. Ainsi, ces méthodes ont été appliquées à l'étude de patients aux prises avec un accident vasculaire cérébral (AVC) en phase aiguë, ou atteints de cardiopathies ischémiques ou de cancers. Dans le cas de l'AVC, la méthode permet de différencier un tissu ischémique viable d'un infarctus cérébral, ainsi que de déterminer la probabilité de survenue d'une transformation hémorragique. Il s'agit de deux aspects essentiels à considérer lors du choix d'un traitement thrombolytique. Dans le cas des cardiopathies ischémiques, la méthode permet de détecter une sténose coronarienne hémodynamiquement significative, et donc d'aider à sélectionner les patients qui peuvent bénéficier d'une revascularisation. Enfin, dans le cas du cancer, la méthode peut être appliquée à l'étude de l'angiogenèse tumorale et la réponse des tumeurs aux agents antiangiogéniques, comme les inhibiteurs de l'activité tyrosine kinase de la signalisation du facteur de croissance endothéliale vasculaire.</p>

Photo	Nom	Coordonnées	Intérêts en recherche fournis par les participants
	<p>Lorenzo Leonardi</p> <p>Coordonnateur du secteur des instruments médicaux</p>	<p>Conseil national de recherches Canada (CNRC) 100, promenade Sussex Ottawa (Ontario) K1A 0R6</p> <p>Tél. : 613-998-9469 Courriel : larry.leonardi@nrc-cnrc.gc.ca</p>	<p>Le CNRC reconnaît que l'industrie canadienne des dispositifs médicaux est l'un de ces secteurs clés où il est en mesure d'apporter une contribution scientifique et technique importante grâce à son expertise, à ses compétences multidisciplinaires et à ses infrastructures, et où il peut aider les entreprises à répondre à l'accroissement significatif du marché anticipé pour les prochaines années. Le CNRC reconnaît également que l'imagerie médicale diagnostique est un secteur dans lequel l'expertise scientifique et le savoir-faire en génie du CNRC peuvent avoir une influence marquée. En tant que coordonnateur, mon rôle est de proposer, d'élaborer et de coordonner des activités inter-instituts visant à soutenir la stratégie du secteur clé des dispositifs médicaux. De plus, je m'occupe de l'établissement et de l'entretien de relations avec des partenaires extérieurs provenant de multiples instituts et organismes.</p>
	<p>Howard Leong-Poi</p> <p>Professeur adjoint en médecine</p>	<p>Hôpital St. Michael Université de Toronto 7-052, aile Bond Hôpital St. Michael 30, rue Bond Toronto (Ontario) M5B 1W8</p> <p>Tél. : 416-864-5201 Courriel : Leong-poiH@smh.toronto.on.ca</p>	<p>Mon programme de recherche s'articule autour des applications diagnostiques et thérapeutiques de l'échographie de contraste (avec microbulles), parmi lesquelles on retrouve l'imagerie de perfusion ainsi que l'imagerie moléculaire de l'angiogenèse et des greffons de cellules souches. Je m'intéresse aussi aux thérapies géniques et cellulaires des maladies cardiovasculaires ischémiques et aux traitements antiangiogéniques du cancer.</p>
	<p>Martin Lepage</p> <p>Professeur agrégé et titulaire d'une chaire de recherche du Canada en imagerie par résonance magnétique</p>	<p>CIMS de l'Université de Sherbrooke Université de Sherbrooke 3001, 12^e Avenue Nord Sherbrooke (Québec) J1H 5N4</p> <p>Tél. : 819-346-1110, poste 11867 Courriel : Martin.Lepage@USherbrooke.ca</p>	<p>Mes domaines de recherche principaux sont la mise au point de nouveaux agents de contraste pour l'imagerie par résonance magnétique (IRM) et l'amélioration de la modélisation pharmacocinétique de l'IRM dynamique renforcée par contraste. Mon objectif final est d'améliorer la détection et la caractérisation des cancers, ainsi que le suivi de la réponse des patients aux traitements.</p>
	<p>Nigel S. Lockyer</p> <p>Directeur</p>	<p>TRIUMF 4004 Wesbrook Mall Vancouver (Colombie-Britannique) V6T 2A3</p> <p>Tél. : 604-222-7353 Courriel : director@triumf.ca</p>	<p>Mon domaine d'intérêt principal est la mise au point de détecteurs TEP.</p>

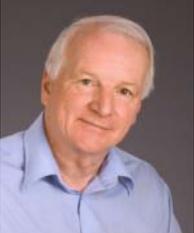
Photo	Nom	Coordonnées	Intérêts en recherche fournis par les participants
	<p>Alex MacKay Professeur Membre du groupe d'experts</p>	<p>Département de physique et d'astronomie de l'Université de la Colombie-Britannique 6224 Agricultural Road Vancouver (Colombie-Britannique) V6T 1Z1 Tél. : 604-822-7890 Courriel : mackay@physics.ubc.ca</p>	<p>Nos recherches portent sur la mise au point de techniques d'imagerie par résonance magnétique et de spectroscopie, et sur leur application à l'étude des processus pathologiques chez l'humain. Nous nous sommes intéressés à divers troubles médicaux, dont la sclérose en plaques, la schizophrénie et la phénylcétonurie. Dans le cadre de notre projet de recherche le plus important, nous utilisons la résonance magnétique pour mesurer des volumes de myéline <i>in vivo</i>.</p>
	<p>William Mackillop Professeur Président du conseil consultatif de l'IC</p>	<p>Cancer Research Institute Université Queen's Kingston (Ontario) K7L 3N6 Tél. : 613-533-6895 Courriel : william.mackillop@krcc.on.ca</p>	<p>Diagnostic, stadification et pronostic de cancers.</p>
	<p>Kennedy Mang'era Directeur et professeur adjoint</p>	<p>Centre des sciences de la santé Université du Manitoba Salle GC219 820, rue Sherbrook Winnipeg (Manitoba) R3A 1R9 Tél. : 204-787-3388 Courriel : mangerak@cc.umanitoba.ca</p>	<p>Marquage radioisotopique d'agents anticancéreux classiques au technétium 99^m et distribution améliorée de ces agents au site de la tumeur par conjugaison à des polymères; collaboration à l'exploration d'options de remplacement des méthodes de production par accélérateur de molybdène 99 à partir de molybdène 100 enrichi.</p>

Photo	Nom	Coordonnées	Intérêts en recherche fournis par les participants
	<p>Paul M. Matthews</p> <p>Vice-président à l'imagerie, GSK, directeur du Centre d'imagerie clinique de GSK et professeur de neurosciences cliniques, Imperial College</p>	<p>Imperial College de Londres et Centre d'imagerie clinique de GSK à l'hôpital Hammersmith DuCane Road Londres (Royaume-Uni) WC12 ONN</p> <p>Courriel : paul.m.matthews@gsk.com</p>	<p>Paul M. Matthews, M.D., Ph.D., FRCP, O.B.E., est vice-président à l'imagerie pour GlaxoSmithKline (GSK), directeur du Centre d'imagerie clinique (CIC) de GSK à l'hôpital Hammersmith, professeur de neurosciences cliniques au Département de neurosciences cliniques à l'Imperial College de Londres et professeur auxiliaire de neurologie et de neurochirurgie à l'Université McGill. Il contribue depuis plus de 25 ans à la recherche en imagerie biomédicale par des applications en résonance magnétique et, plus récemment, par l'exploration de l'intégration de l'imagerie moléculaire par tomographie par émission de positons (TEP) et de l'IRM fonctionnelle (IRMf) pour l'obtention de mesures pharmacodynamiques.</p> <p>Le CIC est en passe de devenir le leader mondial des centres multidisciplinaires de TEP moléculaire et d'IRM utilisées en pharmacologie humaine expérimentale pour la mise au point de nouveaux médicaments. Le CIC a été fondé dans le but de mettre à la disposition des chercheurs des installations internes permettant des études de pointe en imagerie humaine, afin d'offrir une plateforme de recherche pouvant mener à la création de meilleurs paradigmes pour la mise au point de médicaments. L'équipement et l'infrastructure permettent l'application de méthodes à la fine pointe de la technologie, et on y a recruté un personnel scientifique de renommée internationale en TEP et en IRM. L'infrastructure de TI (technologie de l'information) du CIC dispose du seul environnement compatible de traitement de l'image de l'acquisition à l'archivage qui existe actuellement. Le CIC symbolise un partenariat novateur entre le monde universitaire (Imperial College, Londres) et la deuxième société pharmaceutique en importance au monde.</p>
	<p>Alexander J. B. McEwan</p> <p>Professeur et président, Département d'oncologie, Faculté de médecine, et conseiller spécial de la ministre de la Santé</p> <p>Membre du groupe d'experts</p>	<p>Université de l'Alberta Département d'imagerie oncologique, Cross Cancer Institute 11560, avenue University Edmonton (Alberta) T6G 1Z2</p> <p>Tél. : 780-432-8524 Courriel : sandymce@cancerboard.ab.ca</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Imagerie moléculaire et biomarqueurs en imagerie - Application en milieu clinique - Essais cliniques en imagerie - Traitements radioisotopiques

Photo	Nom	Coordonnées	Intérêts en recherche fournis par les participants
	<p>Ravi Menon</p> <p>Titulaire d'une chaire de recherche du Canada et directeur adjoint</p>	<p>Institut de recherche Robarts Université Western Ontario 100, promenade Perth Case postale 5015 London (Ontario) N6A 5K8</p> <p>Tél. : 519-663-5777, poste 24148 Courriel : rmenon@robarts.ca</p>	<p>Mes recherches portent sur les applications de l'imagerie par résonance magnétique (IRM) à très haut champ dans le domaine des neurosciences fondamentales et cliniques. Nous mettons au point des solutions matérielles et logicielles novatrices permettant d'utiliser l'IRM pour procéder à l'étude structurale et fonctionnelle du cerveau chez divers sujets, notamment les souris, les primates non humains et les humains.</p>
	<p>Michel Meunier</p> <p>Professeur</p>	<p>École Polytechnique de Montréal Département de génie physique Montréal (Québec) H3C 3A7</p> <p>Tél. : 514-340-4711, poste 4971 Courriel : michel.meunier@polymtl.ca</p>	<p>Je suis titulaire d'une chaire de recherche du Canada de niveau 1 en micro/nano-ingénierie des matériaux par laser. La mission principale de la chaire est de modéliser et de mettre au point de nouvelles méthodes de fabrication des matériaux par laser et de nouvelles interactions laser-matière, dans le but de les appliquer au domaine biomédical. Grâce à la chaire, nous travaillons à la mise au point de techniques de fabrication de nouvelles nanoparticules et structures nanoplasmoniques, et de nouveaux biocapteurs optiques et plasmoniques. Le laboratoire met à la disposition des chercheurs divers lasers femtosecondes et nanosecondes, plusieurs capteurs bioplasmoniques et quelques systèmes de caractérisation optique. Voici quelques exemples de projets de recherche et de champs d'intérêt liés au domaine de l'imagerie médicale :</p> <ul style="list-style-type: none"> - fabrication de nouvelles nanoparticules plasmoniques non contaminées fonctionnalisées par ingénierie laser, pour des applications dans le domaine biomédical, dont l'imagerie et le traitement du cancer (photothérapie dynamique), par exemple, à l'aide de notre nouvelle méthode, nous avons mis au point de nouveaux alliages plasmoniques avec potentiel d'utilisation en imagerie multicolore; - mise au point de biocapteurs plasmoniques à haute sensibilité utilisant la détection synchrone et ses applications en imagerie cellulaire; - mise au point d'une technique de nanochirurgie cellulaire par laser femtoseconde pour la transfection de gènes.

Photo	Nom	Coordonnées	Intérêts en recherche fournis par les participants
	<p>Thierry Muanza Professeur adjoint</p>	<p>Centre du cancer Segal de l'Hôpital général juif 3755, chemin de la Côte-Sainte-Catherine, salle G-002 Montréal (Québec) H3T 1E2</p> <p>Tél. : 514-340-8288 Courriel : thierry.muanza@mcgill.ca</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Traitement associé par molécules ciblées et radiations ionisantes - Biomarqueurs - Oncologie du système nerveux central (SNC)
	<p>Frank Prato Responsable du programme d'imagerie et directeur scientifique adjoint</p>	<p>Institut de recherche en santé Lawson 268, rue Grosvenor London (Ontario) N6A 4V2</p> <p>Tél. : 519-646-6100, poste 64140 Courriel : prato@lawsonimaging.ca</p>	<p>Frank S. Prato possède une maîtrise en physique nucléaire et un doctorat en biophysique médicale de l'Université de Toronto. Ses travaux portent depuis 1972 sur l'imagerie en médecine nucléaire, et il a commencé en 1982 ses recherches en imagerie par résonance magnétique (IRM), qu'il continue à ce jour. Il est l'un des rares physiciens canadiens du domaine de l'imagerie médicale à avoir contribué au processus de financement accordé après examen par les pairs pour ces deux types d'imagerie. De plus, M. Prato est responsable d'un programme de protection contre les effets du rayonnement non ionisant et a collaboré à l'établissement des normes de sécurité canadiennes pour l'exposition à l'IRM et aux radiofréquences. Alors qu'il était président du Collège canadien des physiciens en médecine, il a fondé, avec d'autres, l'Organisation canadienne des physiciens médicaux. Ses recherches actuelles en imagerie biomédicale portent entre autres sur les combinaisons de différentes techniques (TEP/TDM, TEMP/TDM, TEP/RM, EEG/IRM et photoacoustique). La plupart des applications mises au point sont associées au domaine des maladies cardiovasculaires, mais certaines des méthodes d'imagerie peuvent aussi être appliquées au domaine des troubles neurologiques chez l'humain et aux études précliniques en oncologie.</p>
	<p>John A. Rowlands Directeur scientifique fondateur</p>	<p>Thunder Bay Regional Research Institute 980, Oliver Road Thunder Bay (Ontario) P7B 6V4</p> <p>Tél. : 416-480-5708 Courriel : rowlandj@tbh.net</p>	<p>Mise au point de nouvelles technologies de détection pour l'imagerie par rayons X, la TEMP, la TEP et l'imagerie optique. Mise au point de combinaisons de technologies d'imagerie, comme TEP/IRM ou rayons X/IRM.</p>

Photo	Nom	Coordonnées	Intérêts en recherche fournis par les participants
	<p>Thomas J. Ruth</p> <p>Chercheur principal et scientifique principal</p> <p>Membre du groupe d'experts</p>	<p>TRIUMF/BC Cancer Agency 4004 Wesbrook Mall Vancouver (Colombie-Britannique) V6T 2A3</p> <p>Tél. : 604-222-7526 Courriel : truth@triumf.ca</p>	<p>Mon champ d'expertise est l'utilisation d'accélérateurs pour la production de radionucléides et la mise au point de plateformes automatisées permettant leur isolation et leur incorporation en une formule propice à la prise de mesures, principalement à partir de techniques d'imagerie. En tant que directeur de la TEP pour le Programme TRIUMF de l'Université de la Colombie-Britannique de 1989 à 2008, j'ai collaboré à l'élaboration de protocoles complexes basés sur le recours à plusieurs radiotraceurs, afin de répondre à des questions fondamentales dans le domaine de la neurologie, surtout en ce qui concerne la maladie de Parkinson. Récemment, j'ai commencé à collaborer à la mise sur pied d'un programme de recherche en biologie du cancer à la BC Cancer Agency, dans le cadre duquel nous nous servons de la TEP. J'ai fait partie de nombreux comités, au pays et à l'étranger, formés pour traiter de la production et de l'utilisation des radionucléides, en lien avec des organismes comme l'IAEA, le département de l'Energie des États-Unis et la National Academy of Sciences (<i>Advancing Nuclear Medicine Through Innovation, 2006-2007</i> et <i>Production of Medical Isotopes with Highly Enriched Uranium, 2007-2009</i>). J'ai aussi fait partie de plusieurs groupes de travail spéciaux sur l'utilisation et la réglementation des produits radiopharmaceutiques émetteurs de positons (PREP) en recherche pour Santé Canada. De plus, je suis membre de la Canadian Association of Radiopharmaceutical Scientists, de la Société canadienne de médecine nucléaire, de la Society of Nuclear Medicine, de l'American Chemical Society et de la Society of Radiopharmaceutical Sciences (trésorier de 2005 à 2009). J'ai à mon actif plus de 250 publications évaluées par des pairs (articles et chapitres d'ouvrages).</p>
	<p>Vesna Sossi</p> <p>Professeure et directrice de la TEP</p>	<p>Université de la Colombie-Britannique 6224 Agricultural Road Vancouver (Colombie-Britannique) V6T 1Z1</p> <p>Tél. : 604-822-7710 Courriel : vesna@phas.ubc.ca</p>	<p>Imagerie par TEP de l'humain et du rongeur, avec une importance particulière accordée au système dopaminergique et à son rôle dans la maladie de Parkinson. Quantification, modélisation et interprétation de données obtenues par TEP de haute résolution.</p>

Photo	Nom	Coordonnées	Intérêts en recherche fournis par les participants
	<p>Jean-Paul Soucy Directeur, TEP</p>	<p>Institut neurologique de Montréal 3801, rue University Montréal (Québec) H3A 2B4 Tél. : 514-398-8515 Courriel : jean-paul.soucy@mcgill.ca</p>	<p>Analyse d'images obtenues par tomographie d'émission monophotonique (TEMP) en neurosciences; quantification régionale du débit sanguin cérébral au moyen de la TEMP; imagerie du système cholinergique par la TEP avec, pour marqueur, un ligand du transporteur vésiculaire de l'acétylcholine.</p>
	<p>Gilles Soulez Directeur de la recherche, plateforme d'imagerie</p>	<p>CHUM, Université de Montréal, Département de radiologie, CHUM – Hôpital Notre-Dame 1560, rue Sherbrooke Est Montréal (Québec) H2L 4M1 Tél. : 514-890-8250 Courriel : gilles.soulez.chum@ssss.gouv.qc.ca</p>	<p>Imagerie vasculaire et radiologie d'intervention. Modélisation de l'anévrisme aortique par angiotomodensitométrie. Fusion d'images dans le but de faciliter le guidage durant le traitement endovasculaire des anévrismes. Prévention des endofuites survenant après le traitement endovasculaire des anévrismes aortiques par optimisation de l'endoprothèse. Détection de plaque athéromateuse vulnérable par élastographie ultrasonore.</p>
	<p>Michael G. Sowa Agent de recherche principal</p>	<p>Conseil national de recherches Canada 435, avenue Ellice Winnipeg (Manitoba) R3B 1Y6 Tél. : 204-984-5193 Courriel : Michael.Sowa@nrc-cnrc.gc.ca</p>	<p>Imagerie optique, tomographie par cohérence optique, imagerie par microscopie optique non linéaire, imagerie spectroscopique proche-IR par réflectance diffuse, imagerie par fluorescence.</p>
	<p>Elizabeth Theriault Directrice scientifique adjointe</p>	<p>Institut des neurosciences, de la santé mentale et des toxicomanies des IRSC Instituts de recherche en santé du Canada Édifice Strangeway, Université de la Colombie-Britannique 430-5950, boulevard University Vancouver (Colombie-Britannique) V6T 1Z3 Tél. : 604-827-4744 Courriel : etheria@shaw.ca</p>	<p>L'Institut des neurosciences, de la santé mentale et des toxicomanies (INSMT) appuie la recherche sur le fonctionnement et les troubles du cerveau, de la moelle épinière, des systèmes sensoriels et moteurs, ainsi que de l'esprit. Le fardeau public que représentent ces troubles et maladies est énorme sur le plan social, économique et des coûts de la santé, et tout porte à croire que le nombre de gens touchés directement ou indirectement continuera de croître dans les années à venir.</p>

Photo	Nom	Coordonnées	Intérêts en recherche fournis par les participants
	<p>John Valliant</p> <p>Professeur agrégé de chimie, PDG et directeur scientifique</p> <p>Membre du groupe d'experts</p>	<p>Université McMaster et Centre pour le développement et la commercialisation des traceurs 1280, rue Main Ouest, BSB-B231 Hamilton (Ontario) L8S 4K1</p> <p>Tél. : 905-525-9140, poste 21212 Courriel : valliant@mcmaster.ca</p>	<p>Mise au point de nouveaux traceurs d'imagerie moléculaire, de plateformes de recherche sur les traceurs et de nouvelles approches pour le marquage radioisotopique de molécules. Dans le cadre de nos recherches, nous mettons au point des traceurs pour l'imagerie optique, la tomographie par émission de positons (TEP) et la tomographie d'émission monophotonique (TEMP) afin de les utiliser en oncologie, en chimie fondamentale et pour les études et les applications précliniques. Nous nous intéressons particulièrement aux agents permettant d'évaluer le potentiel métastatique des tumeurs.</p>

Photo	Nom	Coordonnées	Intérêts en recherche fournis par les participants
	<p>Brian C. Wilson</p> <p>Chef de division et professeur</p> <p>Membre du groupe d'experts</p>	<p>Institut du cancer de l'Ontario Université de Toronto 610, avenue University Toronto (Ontario) M5G 2M9</p> <p>Tél. : 416-946-2952 Courriel : wilson@uhnres.utoronto.ca</p>	<p>Mon domaine de recherche principal est l'imagerie optique, à la fois pour les études précliniques et pour les applications cliniques. Ce domaine comprend les applications optiques en biophysique fondamentale, la mise au point d'instruments, les études <i>in vitro</i> et <i>in vivo</i>, ainsi que les essais cliniques. Nous nous intéressons à deux applications cliniques en particulier : l'endoscopie multimodale, principalement du tube digestif (œsophage, côlon), pour la détection précoce du cancer, et la chirurgie du cancer guidée par imagerie optique, pour les tumeurs du cerveau, de la prostate et de la tête et du cou. Les techniques en voie de développement comprennent l'imagerie par fluorescence (avec fluorescence endogène des tissus et agents de ciblage moléculaire), la spectroscopie DRASC (diffusion Raman anti-Stokes cohérente) et d'autres interactions lumière-tissu non linéaires, la tomographie par cohérence optique Doppler (TCO Doppler) et l'utilisation de nanoparticules optiquement actives comme agents de ciblage ou comme « rapporteurs ». Dans le cadre de nos travaux sur les gliomes, l'imagerie optique est combinée à l'IRM, tandis que pour nos travaux sur la prostate, nous combinons l'imagerie optique à la robotique d'intervention (chirurgie et énergie focalisée).</p> <p>Les applications précliniques comprennent non seulement la micro-imagerie des cellules et des tissus, mais aussi l'imagerie de petits animaux <i>in vivo</i>. Pour la première application, nous nous servons de la macroscopie confocale en champ large multimodale et de la mise au point de traceurs optiques spécifiques pour des études moléculaires, génétiques et métabolomiques. En ce qui concerne la seconde application, nous avons recours à la tomographie par fluorescence, à la microscopie <i>in situ</i>, à la TCO Doppler et à l'imagerie par bioluminescence. Enfin, nous travaillons en ce moment à la mise au point de combinaisons de techniques, comme la bioluminescence et la TDM.</p>

Photo	Nom	Coordonnées	Intérêts en recherche fournis par les participants
	<p>Frank Wuest Professeur agrégé et titulaire de la chaire Dianne et Irving Kipnes en radiopharmaceutique</p>	<p>Département d'oncologie Université de l'Alberta 11560, avenue University Edmonton (Alberta) T6G 1Z2</p> <p>Tél. : 780-989-8150 Courriel : wuest@ualberta.ca</p>	<p>Mes recherches portent sur le champ interdisciplinaire de la radiopharmaceutique. Je m'intéresse plus particulièrement à l'utilisation de radioisotopes en imagerie moléculaire et au traitement des tumeurs. Mon programme de recherche a pour objectif d'évaluer et d'exploiter le potentiel diagnostique et thérapeutique de nouvelles cibles moléculaires impliquées dans la survenue et la progression des cancers en utilisant des produits radiopharmaceutiques, dans le but de mieux comprendre les cancers et de mieux les maîtriser, et ainsi améliorer les soins prodigués aux patients. Mes activités de recherche consistent principalement à concevoir et à synthétiser de nouveaux produits radiopharmaceutiques, et à procéder à leur caractérisation radiopharmacologique à l'aide de techniques d'imagerie multimodes qui combinent l'imagerie moléculaire fonctionnelle (TEP et TEMP) et la cartographie anatomique (TDM et IRM). Parmi ces types d'activités, on retrouve la recherche fondamentale en chimie radiopharmaceutique ainsi que la recherche translationnelle préclinique en oncologie visant à découvrir et à caractériser fonctionnellement des protéines spécifiques des tumeurs et d'autres caractéristiques du microenvironnement des tumeurs, <i>in vitro</i> et <i>in vivo</i>. Je m'intéresse plus particulièrement à l'application de la TEP du petit animal à la recherche translationnelle en oncologie, en combinaison avec d'autres méthodes d'imagerie comme l'IRM du petit animal. Les données biologiques ainsi obtenues peuvent ensuite être utilisées pour déterminer les relations entre structure et activité, et évaluer en profondeur la valeur clinique potentielle de nouveaux produits radiopharmaceutiques.</p>
	<p>Martin Yaffe Chercheur principal</p>	<p>Sunnybrook Health Sciences Centre, salle S6-57 2075, avenue Bayview Toronto (Ontario) M4N 3M5</p> <p>Tél. : 416-480-5715 Courriel : martin.yaffe@sunnybrook.ca</p>	<p>Mes recherches portent sur la mise au point et l'évaluation de nouvelles méthodes pour une détection du cancer précoce et précise, ainsi que sur les techniques de quantification du risque de cancer et sur le suivi thérapeutique. J'ai investi des efforts considérables dans la mise au point de la mammographie numérique, et je travaille maintenant sur des applications avancées en 3D (tomosynthèse) et sur l'imagerie de l'angiogenèse. De plus, j'ai récemment mis sur pied un programme de recherche en pathologie quantitative, dans le cadre duquel on utilise des techniques d'imagerie afin d'améliorer l'échantillonnage et de maximiser l'utilisation quantitative de l'information obtenue à partir des tissus pour le diagnostic des maladies, et de</p>

Photo	Nom	Coordonnées	Intérêts en recherche fournis par les participants
			<p>s'en servir comme référence pour la validation de nouvelles techniques d'imagerie. Une bonne partie de mes travaux portent sur le cancer du sein, mais dans le cadre de mon nouveau rôle de codirecteur (avec Aaron Fenster) d'un vaste programme de recherche en imagerie du cancer par le truchement de l'Institut de recherche sur le cancer de l'Ontario, j'ai diversifié mes champs d'intérêt pour inclure l'imagerie moléculaire et fonctionnelle de tous les types de cancers.</p>

Organisateurs de l'atelier

Photo	Nom	Coordonnées
	<p>Kimberly Banks Hart</p> <p>Associée, Initiatives stratégiques des instituts</p>	<p>Institut du cancer des IRSC Institut des maladies infectieuses et immunitaires des IRSC Instituts de recherche en santé du Canada 160, rue Elgin, 9^e étage Indice de l'adresse : 4809A Ottawa (Ontario) K1A 0W9</p> <p>Tél. : 613-954-1965 Courriel : kimberly.hart@cihr-irsc.gc.ca</p>
	<p>Pierre Bilodeau</p> <p>Directeur, Division des bio-industries</p>	<p>CRSNG 350, rue Albert Ottawa (Ontario) K1A 1H5</p> <p>Tél. : 613-947-9452 Courriel : pierre.bilodeau@nserc-crsng.gc.ca</p>
	<p>Doris Braslins</p> <p>Gestionnaire de programme, Division des bio-industries, Direction des programmes de partenariats de recherche</p>	<p>CRSNG 350, rue Albert Ottawa (Ontario) K1A 1H5</p> <p>Tél. : 613-996-7229 Courriel : doris.braslins@nserc-crsng.gc.ca</p>
	<p>Judith Bray</p> <p>Directrice adjointe</p>	<p>Institut du cancer des IRSC Institut des maladies infectieuses et immunitaires des IRSC Instituts de recherche en santé du Canada 160, rue Elgin, 9^e étage Indice de l'adresse : 4809A Ottawa (Ontario) K1A 0W9</p> <p>Tél. : 613-954-7223 Courriel : judith.bray@cihr.gc.ca</p>
	<p>Diane Christin</p> <p>Agente de projets pour les instituts</p>	<p>Institut du cancer des IRSC Institut des maladies infectieuses et immunitaires des IRSC Instituts de recherche en santé du Canada 160, rue Elgin, 9^e étage Indice de l'adresse : 4809A Ottawa (Ontario) K1A 0W9</p> <p>Tél. : 613-941-0997 Courriel : diane.christin@cihr-irsc.gc.ca</p>
	<p>David Hartell</p> <p>Associé, Initiatives stratégiques des instituts</p>	<p>Institut du cancer des IRSC Institut des maladies infectieuses et immunitaires des IRSC Instituts de recherche en santé du Canada 160, rue Elgin, 9^e étage Indice de l'adresse : 4809A Ottawa (Ontario) K1A 0W9</p> <p>Tél. : 613-941-4329 Courriel : david.hartell@cihr-irsc.gc.ca</p>

Photo	Nom	Coordonnées
	<p>Morag Park Directrice scientifique, Institut du cancer</p>	<p>Institut du cancer des IRSC Instituts de recherche en santé du Canada 3655, promenade Sir-William-Osler, salle 706 Montréal (Québec) H3G 1Y6</p> <p>Tél. : 514-398-2895 Courriel : mpark.ic-icr@mcgill.ca</p>
	<p>Maura Ricketts Directrice, Bureau de la santé publique</p>	<p>Association médicale canadienne 1867, Alta Vista Drive Ottawa (Ontario) K1G 5W8</p> <p>Tél. : 613-731-8610, poste 2279 Courriel : Maura.Ricketts@cma.ca</p>

Annexe 2 : Ordre du jour

ORDRE DU JOUR

Réunion : Atelier d'imagerie médicale des IRSC et du CRSNG

Date : Les 6 et 7 octobre 2009

Lieu : Hôtel Westin Bayshore, Vancouver

Salle : Oak

Objectifs

- Obtenir un « instantané » de l'état actuel du domaine de l'imagerie au Canada et comparer le secteur à ce qui se fait sur la scène internationale.
- Explorer des mécanismes possibles d'intégration à long terme des milieux des sciences physiques et de la vie dans le domaine de l'imagerie.
- Formuler une série de recommandations et de stratégies sur la meilleure manière de soutenir la recherche translationnelle, afin de permettre l'accélération de l'intégration des nouvelles technologies et procédures dans la pratique clinique.

Animatrice : Judy Bray

Membres du groupe d'experts : François Bénard, Alex MacKay, Sandy McEwan, Tom Ruth, John Valliant et Brian Wilson

Lundi 5 octobre 2009

L'autobus quittera l'hôtel à 18 h.

Heure	Description	Responsable
19 h à 21 h	Visite des installations de TRIUMF et réception. Un autobus transportera les participants au laboratoire TRIUMF et les ramènera à l'hôtel une fois la visite terminée. L'autobus quittera l'hôtel à 18 h; veuillez vous présenter au hall de l'hôtel à 17 h 50.	Nigel Lockyer

Mardi 6 octobre 2009

Heure	Description	Modérateur
8 h	<i>Déjeuner dans la salle Oak – deuxième étage du centre de conférences</i>	
8 h 40	Mot de bienvenue et introduction	Morag Park et Pierre Bilodeau
8 h 55	Entrée en matière : Survol de l'atelier et objectifs	Sandy McEwan
9 h 10	Développements technologiques Conférenciers : Dean Chapman et Bruce Balcom <i>Conférenciers : exposés de 15 minutes chacun, suivis chacun d'une période de questions de 5 minutes, puis période de</i>	Tom Ruth

	<i>30 minutes pour la tenue d'une discussion ouverte et la détermination de messages clés.</i>	
10 h 20	<i>Pause-santé – salle Oak</i>	
10 h 50	<p>Développements technologiques (suite) Conférenciers : John Valliant et Frank Prato</p> <p><i>Conférenciers : exposés de 15 minutes chacun, suivis chacun d'une période de questions de 5 minutes, puis période de 30 minutes pour la tenue d'une discussion ouverte et la détermination de messages clés.</i></p>	Tom Ruth
12 h	<i>Dîner – salle Marine – rez-de-chaussée de l'hôtel</i>	
13 h	<p>Préclinique Conférenciers : Roger Lecomte, David Holdsworth et Aaron Fenster</p> <p><i>Conférenciers : exposés de 15 minutes chacun, suivis chacun d'une période de questions de 5 minutes, puis période de 30 minutes pour la tenue d'une discussion ouverte et la détermination de messages clés.</i></p>	Brian Wilson
14 h 30	<i>Pause-santé – salle Oak</i>	
15 h	<p>Utilisation de l'imagerie translationnelle pour la mise au point de médicaments en neurosciences : un paradigme des partenariats public-privé (Translational imaging for neurosciences drug development: a paradigm for public-private partnerships)</p> <p>Conférencier : Paul M. Matthews, M.D., Ph. D., FRCP, O.B.E., vice-président à l'imagerie, GlaxoSmithKline et directeur du Centre d'imagerie clinique de GSK à l'hôpital Hammersmith, professeur de neurosciences cliniques au Département de neurosciences cliniques à l'Imperial College de Londres et professeur auxiliaire de neurologie et de neurochirurgie à l'Université McGill</p> <p><i>Exposé de 40 minutes, suivi d'une période de questions et de discussion de 20 minutes.</i></p>	François Bénard
16 h	<p>Des <i>In vivo</i> Cellular and Molecular Imaging Centers à l'American College of Radiology Imaging Network : de la recherche fondamentale en imagerie oncologique aux essais cliniques d'imagerie chez des patients sous la gouverne du National Cancer Institute (NCI) des États-Unis (From ICMIC to ACRIN: From Basic Oncologic Imaging Research to Patient Imaging Trials in the US National Cancer Institute Framework)</p> <p>Conférencière : Barbara Y. Croft, Ph.D., directrice de programme, Programme d'imagerie du cancer, Division du traitement et du diagnostic du cancer, National Cancer Institute, National Institutes of Health, É.-U.</p> <p><i>Exposé de 40 minutes, suivi d'une période de questions et de discussion de 20 minutes.</i></p>	François Bénard
17 h	Collaboration entre le CNRC, le CRSNG et les IRSC dans le domaine des dispositifs médicaux	Pierre Bilodeau et Larry Leonardi

17 h 15	Résumé et détermination de messages clés, de possibilités de partenariat et de thèmes potentiels pour les discussions en petits groupes	Sandy McEwan
17 h 45	<i>Réception dans la salle Marine – rez-de-chaussée de l'hôtel</i>	Tous
19 h	<i>Souper – Restaurant Le Gavroche, 1616, rue Alborni</i>	

Mercredi 7 octobre 2009

Heure	Description	Responsable
8 h 15	<i>Déjeuner dans la salle Oak</i>	
9 h	Plan de la journée	Judy Bray
9 h 10	Recherche clinique et translationnelle Conférenciers : Ravi Menon et François Bénard <i>Conférenciers : exposés de 15 minutes chacun, suivis chacun d'une période de questions de 5 minutes, puis période de 30 minutes pour la tenue d'une discussion ouverte et la détermination de messages clés.</i>	Alex MacKay
10 h 20	<i>Pause-santé</i>	
10 h 50	Recherche clinique et translationnelle (suite) Conférenciers : Robert Beanlands et Karen Gulenchyn <i>Conférenciers : exposés de 15 minutes chacun, suivis chacun d'une période de questions de 5 minutes, puis période de 30 minutes pour la tenue d'une discussion ouverte et la détermination de messages clés.</i>	Alex MacKay
12 h	Résumé des messages clés des exposés et des séances de discussion – sélection de 3 à 5 sujets pour les réunions en petits groupes	Membres du groupe d'experts
12 h 30	<i>Dîner dans la salle Marine – déplacement vers les salles de réunion en petits groupes</i>	
13 h 30	Réunion en petits groupes – l'objectif est de formuler des recommandations et d'élaborer des stratégies pour stimuler le progrès dans le domaine de l'imagerie médicale au Canada. Les thèmes des réunions en petits groupes seront sélectionnés par les membres du groupe de travail, à partir des discussions précédentes et des messages clés. Les participants pourront choisir le groupe qui les intéresse le plus.	
14 h 45	<i>Pause-santé</i>	

15 h	Retour sur les réunions en petits groupes et discussion ouverte Au cours de cette séance, des recommandations seront recueillies afin d'élaborer une stratégie unifiée pour stimuler le progrès en imagerie médicale au Canada, des avancées technologiques aux applications cliniques.	Membres du groupe d'experts
16 h	Remarques sur la voie d'avenir et mot de la fin	Morag Park et Pierre Bilodeau
16 h 15	Réunion du comité directeur – salle Marine	

