



# Supplément aux subventions à la découverte MDN-CRSNG Domaines cibles en défense et en sécurité

Dernière mise à jour – juillet 2017

---

- I. Systèmes autonomes
- II. Gestion de l'information et sciences des données pour la prise de décision
- III. Amélioration de la prise de décision dans des environnements répartis
- IV. Détection évoluée
- V. Systèmes en réseau résilients
- VI. Évitement des risques explosifs et caractérisation et atténuation des explosions
- VII. Systèmes, matériaux et signatures de prochaine génération

## **I. Systèmes autonomes**

### **Contexte**

Ce défi de recherche vise à explorer, à améliorer, à élaborer et à produire des solutions et des technologies de systèmes autonomes novateurs pour une vaste gamme d'applications qui offrent des fonctionnalités et des capacités décisionnelles fiables dans des environnements complexes dans le contexte de la défense, de la sûreté et de la sécurité. Les systèmes autonomes comprennent les différents degrés d'autonomie faisant partie du continuum d'interactions entre l'environnement, les humains et les machines (automatisation partielle à complète), ainsi que les diverses combinaisons d'autonomie homme-machine pouvant être nécessaires pendant la durée de la mission. L'accent est surtout mis sur l'efficacité opérationnelle et l'optimisation des capacités au moyen de l'automatisation des plateformes robotiques au lieu du développement de celles-ci.

### **Sujets de recherche**



## **1. Développement de la confiance dans les systèmes intelligents autonomes**

Les projets qui s'inscrivent dans ce sujet de recherche devraient être axés sur le développement et l'intégration de technologies et de méthodes novatrices visant à améliorer les capacités décisionnelles des systèmes intelligents automatisés (autonomes ou semi-autonomes) dans le cadre de missions de défense et de sécurité, y compris la compréhension et l'interprétation des intentions des systèmes et des utilisateurs (amis et ennemis). Les thèmes de recherche pourraient inclure, entre autres, l'intelligence artificielle, l'apprentissage machine, la perception artificielle, la sensibilisation au contexte, l'agilité du système (y compris adaptabilité, robustesse et résilience), le jumelage de plateformes avec et sans pilote, la détermination des effets de l'automatisation sur les performances humaines (comme une baisse de vigilance, une partialité relative à l'automatisation et une connaissance réduite de la situation), ainsi que la mesure dans laquelle l'intelligence artificielle peut reproduire la prise de décision humaine. L'objectif est de renforcer la confiance dans les systèmes intelligents complètement ou partiellement autonomes et de fournir des connaissances adéquates sur la façon dont les systèmes intelligents autonomes perçoivent et surveillent les environnements changeants, détectent et interprètent les changements, évaluent et choisissent les mesures à prendre et réagissent aux situations prévues et imprévues ou imprévisibles tout en gérant les défaillances ou les pannes totales.

## **2. Autonomie dans des environnements complexes et disputés**

Les projets qui s'inscrivent dans ce sujet de recherche devraient être axés sur le développement et l'intégration de technologies visant à améliorer les capacités des systèmes autonomes de gérer les imprévus à la suite de changements de situation mineurs à majeurs ainsi que les tâches qui repoussent les limites de détection, de modélisation, de planification ou de mouvement. Les objectifs de recherche pourraient inclure, entre autres, l'obtention de la connaissance et de la compréhension de la situation dans des environnements non structurés et non coopératifs; la facilitation de la prise de décision automatisée et dynamique en temps réel dans de mauvaises conditions environnementales; ainsi que la représentation et la gestion de situations complexes. Les environnements complexes et contestés nécessiteront un captage hétérogène intelligent et une détection robuste des anomalies et des obstacles pour permettre l'identification des éléments



essentiels de la situation avec un niveau élevé de certitude, ainsi que la prise en compte et la gestion de divers buts des intervenants (personne-machine, simple-compliqué-complexe) pour obtenir une planification dynamique et une gestion de l'exécution de la mission. Ils supposent aussi de fortes contraintes temporelles pour suivre le processus observation-détection-orientation-décision-action, lequel nécessite une grande marge de manœuvre de la part des différents intervenants (peu de supervision). La détermination du bon degré d'automatisation et/ou de la bonne attribution des tâches entre les intervenants (humain et non humain) pour diverses situations, divers environnements et divers contextes sera essentielle à la réussite de la mission.

### **3. Lutte contre les véhicules autonomes (VA)**

Les VA (aérien, de surface ou sous-marin) ou les drones équipés de technologies évoluées peuvent présenter des comportements adaptatifs complexes, dont une génération dynamique d'objectifs et de plans en réaction aux changements dans l'environnement. La capacité des VA d'adapter leur comportement est un facteur important pour leur détection, leur poursuite, leur évaluation de l'intention et leur neutralisation. La complexité de la reconnaissance des VA et de la lutte contre eux augmente considérablement lorsque ceux-ci sont en groupe.

**3.1 Détection et poursuite des VA :** Les projets qui s'inscrivent dans ce sujet de recherche devraient être axés sur l'étude des méthodes de détection active, passive et autres de véhicules autonomes, y compris la compréhension de la façon dont la conception, la configuration, la composition des matériaux, ainsi que l'état et l'environnement de fonctionnement des véhicules influent sur leur détectabilité.

**3.2 Reconnaissance de l'intention, des plans et des activités des VA :** Les projets qui s'inscrivent dans ce sujet de recherche devraient être axés sur les outils et les techniques de reconnaissance du but et de la mission (p. ex., scientifique, industriel, militaire) des VA détectés, ainsi que des plans ciblés et des activités effectuées pour réaliser leur mission. Ce travail examine le cas d'un VA seul ainsi que de groupes ou d'essaims de VA qui collaborent ensemble pour atteindre un but.



**3.3 Intervention contre les VA :** Les projets qui s'inscrivent dans ce sujet de recherche devraient être axés sur les outils et les techniques pour planifier et coordonner une combinaison d'interventions de mesure et de contre-mesure pour neutraliser des VA malveillants et des VA dont la mission nuit à la mission de l'équipe. Les mesures et les contre-mesures utilisées pourraient inclure, entre autres, le déploiement de nos propres systèmes autonomes.

#### **4. Automatisation des capacités humaines optimisées**

Les projets qui s'inscrivent dans ce sujet de recherche devraient être axés sur le développement et la mise en œuvre de technologies et de méthodes de pointe comportant l'utilisation de robots, de systèmes autonomes ou semi-autonomes et de la téléopération en vue d'optimiser les capacités et le rendement des humains. Ceci permettrait, par exemple, aux opérateurs humains de détecter et d'agir à grande distance et de commander simultanément plusieurs systèmes (comme une configuration en essaim). Les enjeux pourraient inclure, notamment, les facteurs humains de la robotique, les systèmes sans pilote, l'amélioration de la vision, l'interface et la collaboration adaptatives, l'interface cerveau-machine, l'interface haptique, la réalité virtuelle et augmentée, ainsi que la téléprésence et la latence.

## **II. Gestion de l'information et sciences des données pour la prise de décision**

### **Contexte**

Ce défi de recherche interdisciplinaire vise à élaborer des solutions novatrices portant principalement sur la production, le regroupement, l'analyse, la manipulation, la classification, le stockage, l'extraction, le déplacement et la communication, la protection et l'utilisation de données et d'information aux fins d'un processus décisionnel efficace dans des environnements sûrs et fiables, où la réduction de la charge cognitive et des systèmes est garantie.

### **Sujets de recherche**



## **1. Gestion efficace des données et des informations hétérogènes réparties (dont Internet des objets, sources ouvertes et médias sociaux)**

Les projets qui s'inscrivent dans ce sujet de recherche devraient être axés sur le développement de méthodes, de techniques et d'outils pour recueillir, gérer et stocker efficacement des données et des informations provenant de sources hétérogènes, c.-à-d. des capteurs physiques (dont l'Internet des objets) et des sources anthropiques, y compris les sources ouvertes et les médias sociaux. Les thèmes de recherche pourraient inclure, entre autres, la recherche sur la représentation des données (comme l'élaboration de cadres de données efficaces permettant la collecte, la codification et le stockage de données de capteurs multimodaux aux fins de fusion ultérieure et d'analytique des données); de nouvelles techniques de gestion de la qualité des données et des informations aux fins d'aide à la décision précise, fiable, digne de confiance, très utile et en temps opportun; la gestion et le partage améliorés d'informations (p. ex. nouvelles techniques d'extraction, de filtrage et d'intégration d'informations pour réduire les surcharges d'informations et maximiser le traitement embarqué); les concepts et les solutions qui appuient la gestion efficace des données hétérogènes réparties et multidimensionnelles, au-delà des outils de mégadonnées actuels; les techniques d'interaction homme-machine appuyant la recherche d'informations et la réponse aux questions en temps réel afin d'optimiser l'exploitation de l'information en vue d'améliorer les renseignements utilisables, le raisonnement, la planification, la collaboration et la prise de décision.

## **2. Gestion de l'information aux fins de disponibilité et de durabilité des plateformes**

Les progrès réalisés en gestion de l'information sont nécessaires pour permettre de prendre des décisions éclairées fondées sur des faits pour les décisions opérationnelles et de gestion de systèmes en temps réel et à plus long terme concernant les plateformes, tout en délaissant les approches sur papier pour la tenue de dossiers. Certains des enjeux inhérents à la disponibilité et à la durabilité de la plateforme des Forces armées canadiennes sont : l'environnement de modélisation à utiliser; les données à recueillir et la façon de les recueillir; la méthode de remplissage efficace du modèle avec les données (télémétrie ou autres moyens, en gardant à l'esprit les limites possibles en raison de la sécurité



opérationnelle); la manière d'analyser efficacement les données et de présenter des résultats significatifs et des conseils utiles à l'utilisateur. Pour les grandes plateformes complexes (comme des navires militaires), la solution à cet enjeu serait d'informer et de permettre des décisions opérationnelles au moyen de données et de conseils en temps réel sur la capacité du système de la plateforme; des décisions sur la maintenance de la plateforme au moyen d'une capacité de planification rentable, fondée sur les faits et à temps qui améliore la disponibilité et la durabilité de la plateforme; des décisions sur l'emploi de la plateforme avec les capacités actuelles des plateformes afin d'entreprendre des missions précises de manière efficace et sécuritaire; des décisions de fin de vie en fonction de l'état réel du matériel du système de la plateforme.

### **3. Fusion de l'information dans les processus de détection, de reconnaissance et de classification**

Il faut des techniques et des algorithmes pour intégrer et fusionner les données des capteurs (physique et humain) et des médias, ainsi qu'en extraire l'information contextuelle et sémantique afin de fournir des renseignements utilisables au consommateur d'information. Les nouvelles techniques viseront à réduire l'incertitude dans les processus de détection, de reconnaissance et de classification pour établir une correspondance ou une corrélation entre les objets et fournir des descriptions sémantiques des objets aux utilisateurs afin de réduire la surcharge d'informations.

### **4. Gestion de l'incertitude dans l'environnement physique**

Des techniques sont nécessaires pour quantifier l'incertitude relative à l'environnement physique (par exemple, l'incertitude associée à la propagation et à la réverbération acoustique sous-marine en raison de connaissances incertaines de l'environnement physique, comme l'océanographie, le fond marin et la bathymétrie), traduire cette incertitude en paramètres de risque et de rendement qui serviront à évaluer les mesures éventuelles à prendre dans la prise de décision, représenter et communiquer des incertitudes, ainsi que réduire l'incertitude (p. ex., stratégies d'échantillonnage sur place, assimilation des données et accès aux données de sources ouvertes).

## **5. Analyse intégrée de l'information quantitative et qualitative provenant d'ensembles de données massives**

Les projets qui s'inscrivent dans ce défi de recherche devraient être axés sur l'élaboration et l'intégration de méthodes, d'outils et de technologies qui permettent la transition des données en information, puis en connaissance. Ces méthodes et ces outils analytiques doivent être utilisables pour réaliser l'analyse quantitative et qualitative intégrée d'ensembles de données hétérogènes, notamment la combinaison de facteurs quantitatifs et qualitatifs dans un seul processus d'analyse et de visualisation. Un des principaux problèmes à surmonter est l'hétérogénéité de l'information et des jeux de données, comme les ressources humaines, les finances et les biens immobiliers. Toutefois, l'analyse des données (comme la fusion, la recherche de modèles et de tendances, et l'agrégation ou la désagrégation des données) représente une seule pièce du casse-tête. Pour rendre utilisable cette analyse en vue d'appuyer directement le processus décisionnel, d'autres méthodes analytiques, méthodologies et techniques (incluant entre autres l'apprentissage machine et l'intelligence artificielle) doivent être élaborées et mises en place. On pourra ainsi consolider l'information obtenue de l'analyse initiale et de l'agrégation des jeux de données initiaux avec d'autres informations contextuelles (provenant souvent d'autres sources). Ceci peut remédier aux incidences possibles associées aux informations manquantes, incertaines ou perdues et permettre la conversion de l'information en connaissance utilisable. De nouvelles méthodes et techniques sont aussi nécessaires pour l'analytique multimédia intégrée axée sur le contenu, provenant en particulier de sources textuelles et vidéo.

### **III. Amélioration de la prise de décision dans des environnements répartis**

Les projets qui s'inscrivent dans ce défi de recherche devraient être axés sur des systèmes, des technologies, des méthodes et des outils novateurs qui optimisent efficacement et économiquement l'aide à la prise de décisions humaines et le processus décisionnel au sein d'environnements collaboratifs et/ou répartis, ce qui réduit le fardeau cognitif du personnel militaire et améliore les processus de prise de décisions pour une sécurité accrue et les opérations de défense.

#### **1. Réduction de la surcharge d'information dans les opérations en réseau**



Une surcharge d'information se produit lorsque la quantité d'intrants dans un système dépasse la capacité de traitement de celui-ci. Étant donné que les humains ont une capacité de traitement cognitif assez limitée, une surcharge d'information a pour conséquence probable de réduire et de dégrader la qualité des décisions. Les projets qui s'inscrivent dans ce sujet de recherche devraient être axés sur l'exploration et l'élaboration de stratégies, de méthodes, de techniques et d'outils novateurs qui réduisent la surcharge d'information dans les opérations en réseau et préviennent ou réduisent la dégradation de la qualité des décisions. Ce problème, qui est particulièrement aigu dans les opérations militaires en réseau, répond au besoin d'accroître l'efficacité des opérations complexes, d'améliorer et d'intégrer l'aide à la prise de décisions et de filtrer les messages en temps quasi réel. Il offre la possibilité d'améliorer l'élaboration de données massives, d'analytique des données et d'outils de visualisation et d'analyse des données.

Les thèmes de recherche pourraient inclure, entre autres, l'application de techniques en intelligence artificielle et en apprentissage machine afin d'alléger le fardeau des opérateurs sonar en caractérisant la source de production de bruit, qu'elle soit naturelle (comme des baleines ou des tremblements de terre) ou anthropique (comme des navires, l'exploration pétrolière ou des activités militaires), ou avec le plus de précision possible (espèces mammifères, classe de navire, nom de navire, etc.); ainsi qu'en utilisant des méthodes faisant appel à la reconnaissance de modèles et à la classification des représentations traitées des données sonar (comme le spectre temps fréquence de séries temporelles initiales) et qui révèlent des caractéristiques d'identification.

## **2. Informatique pour une performance cognitive améliorée**

Les projets qui s'inscrivent dans ce sujet de recherche devraient être axés sur l'amélioration de la performance sensorielle, mnémorique et cognitive des humains, y compris l'utilisation intelligente de dispositifs informatiques compacts. La facilité d'utilisation est un facteur important compte tenu de la nature proximale ou distale du ou des dispositifs. Les thèmes de recherche devraient inclure, entre autres, l'informatique ubiquitaire ou omniprésente (ubicomp), les systèmes portables pour la réalité augmentée, l'orientation améliorée, la vision améliorée (y compris l'augmentation du spectre perceptible), les facteurs humains





associés à la visualisation de grosses bases de données et les outils visant à améliorer l'efficacité des relations avec différentes cultures et l'interopérabilité avec celles-ci.

### **3. Planification de mission collaborative et prise de décision dans des environnements répartis**

Les projets qui s'inscrivent dans ce sujet de recherche devraient explorer des concepts et des prototypes de systèmes portant sur la présentation et la consommation d'information à l'appui de la planification de missions dans un environnement collaboratif et possiblement décentralisé et réparti ou dispersé. Les sujets de recherche pourraient inclure, notamment, les espaces de travail personnels et partagés (comme des murs d'affichage collaboratif et la réalité augmentée ou virtuelle); des méthodes de visualisation des risques combinés et des incertitudes connexes; des méthodes de navigation dans des couches multiples d'information et d'affichage de ces couches; des concepts d'environnements de l'information spécialement conçus ou adaptables; des études sur la compréhension de l'information; et des méthodes, des normes et des technologies pour la saisie, la collaboration et la communication efficaces. Ils devraient aussi couvrir de nouvelles techniques pour améliorer la détermination des actions potentielles dans des contextes complexes, ainsi que l'intégration de modes d'action qui tiennent compte de différentes dimensions ou perspectives.

Les thèmes de recherche devraient inclure, entre autres, une connaissance de la situation qui permet la prise de décision rapide de façon à accroître la capacité des premiers intervenants civils et militaires de prendre des décisions rapides et complexes tout en travaillant de façon décentralisée au sein de petites équipes dans leurs domaines d'opérations. Des développements technologiques dans les appareils mobiles et de télécommunications donneront une information de plus en plus exhaustive pour la connaissance de la situation et la prise de décision rapide. Les projets pourraient possiblement examiner l'ampleur et la latence minimales de la connaissance de la situation requise pour permettre une prise de décision rapide et efficace par de petites équipes en mouvement.



#### **4. Mesure de la qualité et de l'amélioration des décisions dans des systèmes complexes**

Les projets qui s'inscrivent dans ce sujet de recherche devraient élaborer et déterminer des paramètres pour évaluer la qualité des décisions, ainsi que des méthodes pour évaluer les améliorations (changements) de rendement dans des systèmes complexes faisant l'objet de changements révolutionnaires (c.-à-d. une structure et des systèmes de commandement et de contrôle [C2] qui subissent une refonte). Les thèmes de recherche pourraient inclure, notamment, des méthodes d'expérimentation avec intervention humaine et l'analyse d'exercice pour évaluer de nouveaux concepts pour l'estimation du processus décisionnel cognitif (PDC) et les systèmes d'aide à la décision; les méthodes de mesure des facteurs humains intégrés aux systèmes pour la saisie et l'analyse en continu de données qui informe les itérations de systèmes futurs. Ils devraient aussi porter sur l'impact de l'incertitude et sur sa représentation sur le PDC; les équipes homme-machine et l'automatisation à l'appui du PDC; les implications de nouvelles informations (sources de données ou sorties de modèle) sur le PDC; ainsi que l'efficacité de l'analytique prédictive pour réduire l'incertitude dans le PDC.

#### **IV. Détection évoluée**

##### **Contexte**

Ce défi de recherche vise à explorer, à améliorer, à développer et à déployer des solutions de détection novatrices, robustes, rentables, potentiellement autonomes, de faible puissance et à faible empreinte ayant un intérêt direct pour les applications de défense et de sécurité dans des environnements traditionnels et complexes.

##### **Sujets de recherche**

###### **1. Nanocapteurs électro-optiques (EO)**

Les projets qui s'inscrivent dans ce sujet de recherche devraient être axés sur le développement de capteurs électro-optiques (EO) qui repoussent les limites actuelles



associées aux sensibilités, au temps de réponse, aux dimensions, au refroidissement et à la puissance consommée tout en pouvant être adaptés à des bandes spectrales larges ou multiples allant des UV aux IR. Les thèmes de recherche pourraient inclure, notamment, le développement de nanocapteurs EO qui représentent un intérêt pour les applications de défense et sont en général des matériaux solides structurés qui permettent des interactions lumière-matière à l'échelle des longueurs d'onde et des sous-longueurs d'onde; des métamatériaux pour nanocapteurs dotés de structures nanométriques pouvant polariser, filtrer, accorder et focaliser la lumière afin d'améliorer le rapport signal sur bruit de la détection dans les bandes spectrales d'intérêt sélectionnées.

## **2. Réseau de détecteurs 2D transitoires ultrarapides et ultrasensibles à large dynamique et à détection quantique**

Les projets qui s'inscrivent dans ce sujet de recherche devraient être axés sur le développement d'une nouvelle technologie de détecteur LIDAR pouvant effectuer un vrai comptage de photons de signaux faibles répartis spatialement ou spectralement tout en ayant des dimensions, un poids, des exigences de refroidissement et une consommation énergétique qui facilitent son intégration dans les systèmes LIDAR. Les thèmes de recherche pourraient inclure, notamment, la conception et le développement de mosaïques de détecteurs qui approchent ou surpassent ces caractéristiques pour la bande UV/VIS (350-700 nm) avec un rendement quantique d'au moins 30 % et un taux de fausses détections de photons inférieurs à 500 kHz pour l'ensemble de la mosaïque de détecteurs. Les efforts de R-D ultérieurs devraient porter sur la transition de capacités de détection comparables vers la bande SWIR (surtout autour de 1,5-1,6  $\mu\text{m}$ ). Les applications pourraient inclure, entre autres, la cartographie des nuages à courte distance au moyen de systèmes aériens sans pilote.

## **3. Détection optique active**

Les projets qui s'inscrivent dans ce sujet de recherche devraient être axés sur le développement de la détection active et/ou de l'identification de cibles d'intérêt pour la défense et la sécurité. Les thèmes de recherche devraient inclure, notamment, l'utilisation d'une source laser active, dont le signal de retour est analysé pour extraire l'information



utile sur la cible tout en discriminant celle-ci de son arrière-plan; le développement de systèmes laser pour la détection au laser à distance et la caractérisation d'un objet ciblé ou du milieu de propagation; l'utilisation de la spectroscopie non linéaire, ou de sources conçues pour permettre l'analyse spectrale, temporelle ou d'amplitude du signal de retour; l'utilisation d'un laser comme onde porteuse dans une méthode photonique acousto-optique ou micro-onde; l'utilisation de ces systèmes pour la détection et l'identification d'explosifs et de matières énergétiques, la détermination de la composition chimique des cibles, la caractérisation de la propagation atmosphérique ou aquatique, ainsi que la détection et l'identification d'objets dans un environnement encombré.

#### **4. Détection compressive (DC)**

Les projets qui s'inscrivent dans ce sujet de recherche devraient être axés sur la combinaison de l'acquisition comprimée, l'imagerie computationnelle et les paradigmes d'imagerie plénoptique pour obtenir une amélioration révolutionnaire de la défense et de la sécurité associée à la capacité d'imagerie et de détection avec un pouvoir discriminatoire accru des systèmes, un champ de vision plus large et l'imagerie dans un environnement complexe (p. ex. l'imagerie autour des coins). Les thèmes de recherche devraient inclure, notamment, l'utilisation de systèmes électro-optiques et infrarouges (EO/IR) avec des capteurs actifs, passifs, multibandes et hyperspectraux pour une dimension de signal capté DC réduite, ce qui donne des capteurs beaucoup plus petits et moins coûteux dans des largeurs de bande inférieures, dotés d'une universalité, d'une sécurité et d'une robustesse accrues, et ayant une progressivité et une extensibilité; l'imagerie au-delà de la visibilité directe; l'imagerie computationnelle; et le développement de codes de reconstruction d'images de pointe pour le développement de techniques d'optimisation de la DC.

#### **5. Détection chimique, biologique et radiologique (CBR)**

Les projets qui s'inscrivent dans ce sujet de recherche devraient être axés sur le développement et l'intégration de technologies et de méthodes novatrices pour améliorer les capacités décisionnelles au moyen de la détection évoluée dans les missions de défense et de sécurité. Les thèmes de recherche devraient inclure, notamment, le diagnostic : méthodes nouvelles pour les diagnostics au point de soins en lien avec les menaces



chimiques et biologiques (CB) associées à la défense; découverte de médicaments : nouvelles méthodes en chimie pour adapter rapidement des médicaments existants afin d'identifier et de contrer des agents de menace CB; nouveaux capteurs pour détecter en temps réel les rejets d'agents CBR dans l'atmosphère; intégration réseautique de capteurs et de systèmes de capteurs pour permettre la détection rapide et la surveillance de rejets d'agents CBR dans l'atmosphère afin d'appuyer le processus décisionnel; compréhension plus poussée des processus fondamentaux *et des biomarqueurs* de traumatisme cérébral et de troubles de stress post-traumatique (TSPT).

## **6. Détection à longue et moyenne portée et identification des explosions sous-marines**

Les projets qui s'inscrivent dans ce sujet devraient contribuer à la compréhension et à la capacité de détection, de localisation et d'identification de la source des ondes d'explosion sous-marines qui se propagent dans des environnements où les réflexions à la surface et sur le fond peuvent compliquer le signal. Il y a deux défis dans ce domaine : 1) élaborer un modèle de la région à faible et à moyenne distance où l'onde d'explosion passe d'onde de pression à phase positive type à onde acoustique; 2) en plus du signal de l'onde d'explosion, utiliser les oscillations des bulles de pression subséquentes pour mieux déterminer les caractéristiques de la source explosive. Une meilleure compréhension de la façon avec laquelle des facteurs environnementaux comme la bathymétrie, la composition du fond marin, les ondes de surface, la glace de surface et même les variations de température dans la colonne d'eau, peuvent influencer sur la propagation des ondes dans la zone de transition et permettre d'améliorer la discrimination et l'identification des sources explosives sous-marines. En plus d'élucider les phénomènes de propagation, le développement de nouvelles technologies de réseau de capteurs sous-marins ayant une dynamique extrêmement élevée et de techniques de traitement des signaux peut aussi fournir un moyen d'améliorer ce type unique de détection de signaux.



## V. Systèmes en réseau résilients

### Contexte

Les projets qui s'inscrivent dans ce thème de recherche sont axés sur une occasion d'élaborer des technologies, des méthodes, des architectures, des outils et des processus novateurs pour mettre en place des systèmes réseautés de cybermatériels et de cyberlogiciels sûrs, fiables, résilients, autorégénérateurs, écoénergétiques et à autoconnaissance. Les sujets d'intérêt comprennent : des méthodes fiables, autonomes, adaptatives, insensibles aux défaillances, sensibles aux intrusions et à autoconnaissance pour les réseaux radio et de capteurs sans fil et les systèmes très réseautés; la conservation efficace de l'énergie dans des réseaux très congestionnés, défectueux et échelonnables; la réalisation d'opérations dans un environnement spectral à accès interdit; le développement et le déploiement de systèmes d'alerte précoce de plateforme à faible coût dans des environnements traditionnels et difficiles, incluant l'espace.

### Sujets de recherche

#### 1. Résilience intrinsèque aux cyberattaques

Les projets qui s'inscrivent dans ce sujet de recherche devraient être axés sur l'élaboration et l'intégration de technologies visant à améliorer la résilience des systèmes cyberphysiques aux attaques en vue d'assurer le fonctionnement sûr et fiable des systèmes qui dépendent de logiciels. Les défis de recherche devraient inclure, notamment, de nouvelles méthodes de conception, d'architecture et de génie pour construire dès le départ des systèmes résilients et résistants aux cyberattaques; des méthodes pour comprendre comment construire des systèmes sûrs et fiables; la compréhension des menaces, dont la connaissance de leurs effets sur le système entier et ses composants; la résilience du système au moyen de techniques pour atténuer les effets d'une cyberattaque sur les fonctions de base du système; la robustesse du système au moyen de techniques pour réduire les vecteurs d'attaque disponibles grâce au renforcement des logiciels et à des tests fiables de protection contre les attaques.

## **2. Opérations dans un environnement spectral contesté**

Les projets qui s'inscrivent dans ce sujet de recherche devraient être axés sur le développement de nouvelles techniques et technologies qui permettraient aux capacités militaires robustes nécessitant actuellement l'utilisation du spectre électromagnétique (comme les communications, le commandement et le contrôle, la détection des menaces, la détection des cibles, l'identification et la localisation, ainsi que le positionnement, la navigation et la synchronisation [PNT]) de conserver leur efficacité dans le contexte d'un spectre électromagnétique (EM) de plus en plus congestionné, disputé et concurrentiel. Les thèmes de recherche devraient inclure, entre autres : examiner l'accessibilité et l'utilisation du spectre EM qui devient congestionné par un nombre toujours croissant d'utilisateurs commerciaux et privés et les besoins grandissants en bande passante de ceux-ci; assurer les opérations dans le spectre opérationnel militaire en présence de brouillage; examiner la « propriété » du spectre qui fait aussi l'objet d'une forte concurrence en ce sens que des attributions de largeurs de bande de plus en plus grandes sont réservées à des fins commerciales ou publiques; et mettre en évidence les vulnérabilités des systèmes qui dépendent de l'utilisation du spectre, comme les radios tactiques, les liaisons de communication par satellite, le radar et le GPS. Les thèmes de recherche devraient aussi inclure les nouvelles technologies et approches qui permettent d'effectuer diverses fonctions militaires en utilisant beaucoup moins de spectre ou, de préférence, sans recourir à l'émission ou à la réception EM, ou en utilisant le spectre, mais sans causer de brouillage aux autres ni subir de brouillage de ceux-ci.

## **3. Connaissance du domaine spatial**

Les projets qui s'inscrivent dans ce sujet de recherche devraient être axés sur le développement de nouvelles technologies qui permettent la connaissance du domaine spatial. La connaissance peut être acquise par la détection au sol ou dans l'espace, la poursuite et, si possible, l'identification et la caractérisation d'objets dans l'espace en tenant compte des signatures des parties RF et non RF du spectre EM, en particulier dans l'orbite terrestre ou à proximité de celle-ci, ainsi que de la caractérisation de l'environnement physique lui-même. Les thèmes de recherche pourraient inclure, entre autres, la caractérisation des actifs spatiaux amis ou ennemis et naturels ou artificiels, ainsi que des



débris spatiaux et des objets d'origine naturelle, comme des astéroïdes proches de la Terre; la détermination des éventuelles menaces liées à l'espace en vue d'améliorer la capacité et la gestion des actifs spatiaux. Les thèmes de recherche pourraient aussi inclure, entre autres, les vulnérabilités et la résilience des opérations spatiales aux dangers spatiaux (météo spatiale, débris, etc.), la vulnérabilité des actifs spatiaux et la protection contre l'intention de l'adversaire (cybernétique, cinétique, électromagnétique, etc.) et le transfert d'information sûr et sécuritaire dans cet environnement.

## **VI. Évitement des risques explosifs et caractérisation et atténuation des explosions**

### **Contexte**

Une panoplie de techniques de spectroscopie optique et laser existe pour détecter des constituants chimiques à l'état trace, et ces techniques pourraient être utilisées pour détecter positivement d'infimes quantités de vapeurs ou de particules associées aux risques d'explosion, mais aucun instrument sur le marché n'est toutefois adapté à la détection à distance d'explosifs d'usage général à partir d'une plateforme mobile dans un scénario de dégagement des routes. Les projets qui s'inscrivent dans ce thème de recherche sont axés sur le développement et le déploiement de systèmes de détection d'explosif ayant la sensibilité voulue et les portées de détection nécessaires pour une utilisation militaire générale en campagne, en particulier la détection de contamination observable de traces d'explosifs, qui peuvent être de l'ordre des microgrammes ou des nanogrammes ( $\mu\text{g}$ – $\text{ng}$ ) et peuvent représenter des résidus transférés lors de la fabrication, de l'entreposage ou de la manipulation d'explosifs.

### **1. Détection par laser des explosifs**

Les projets qui s'inscrivent dans ce sujet de recherche devraient être axés sur l'élaboration de méthodes évoluées de spectroscopie optique active, comme la spectroscopie Raman non linéaire et les techniques hautement non linéaires, ainsi que de nouvelles sources lumineuses et stratégies de détection, qui permettraient de démontrer concrètement le





besoin de disposer de méthodes de détection longue portée, hautement sensible et à haute spécificité pour la détection militaire à distance de risques d'explosion.

## **2. Sources compactes de radiofréquence (RF) de grande puissance à agilité de fréquence**

Les projets qui s'inscrivent dans ce sujet de recherche devraient être axés sur le développement d'une source compacte RF de grande puissance à agilité de fréquence qui peut être installée sur des véhicules militaires existants sans compromettre les fonctions actuelles ni l'intégrité des véhicules. Les défis de recherche pourraient inclure, notamment, l'utilisation d'armes à énergie dirigée à radiofréquences (RFDEW) qui se sont avérées efficaces pour causer le mauvais fonctionnement de certains véhicules aériens et terrestres sans pilote (UXV) et le prédéclenchement de certains engins explosifs improvisés; la mise en service de systèmes RFDEW pratiques pour corriger l'absence d'une source compacte RF de grande puissance à agilité de fréquence; et l'exploration d'engins explosifs transportés par véhicule qui sont devenus plus courants en raison de la commercialisation rapide des systèmes UXV.

## **3. Antenne radar harmonique compacte à grande directivité**

Les projets qui s'inscrivent dans ce sujet de recherche devraient être axés sur le développement d'antennes directionnelles compactes qui peuvent émettre et recevoir de multiples fréquences avec de l'énergie électromagnétique à polarisation circulaire. Les défis de recherche devraient inclure, notamment, le développement de dispositifs compacts et légers à installer dans une plateforme portative et la possibilité d'utiliser ceux-ci comme charge utile UXV pour éviter les risques d'explosion à distance; l'utilisation de technologies évoluées à radar harmonique pour détecter des risques d'explosion; l'examen des facteurs limitant les performances du radar harmonique (fréquence, dépendance à la polarisation) pour détecter les risques d'explosion.

## **VII. Systèmes, matériaux et signatures de prochaine génération**

### **Contexte**



Le défi de recherche vise à élaborer des matériaux de prochaine génération, des techniques expérimentales de pointe et des outils de modélisation théorique en vue d'accroître la connaissance et l'élaboration de matériaux de prochaine génération résistants aux balles et de protection contre celles-ci. La recherche pourrait aussi porter sur la conception et l'élaboration de matériaux et de systèmes de prochaine génération qui pourraient être utilisés pour une vaste gamme d'applications fonctionnelles et structurelles liées aux défis actuels et futurs en matière de défense et de sécurité.

## **Sujets de recherche**

### **1. Matériaux transparents endurcis contre les explosions, les chocs et les charges dynamiques**

Les projets qui s'inscrivent dans ce sujet de recherche devraient être axés sur l'élaboration et l'intégration de matériaux et de technologies visant à améliorer les performances des systèmes transparents (monolithiques ou multicouches) aux explosions, aux chocs et aux charges dynamiques à vitesse élevée dans des applications telles que les véhicules, les écrans faciaux et le verre de sécurité. Il faut notamment concevoir, élaborer et fabriquer des matériaux techniques de pointe et des technologies, traitements et revêtements novateurs pour améliorer les caractéristiques physiques et mécaniques tout en conservant ou en améliorant la transparence du système matériel. Les facteurs dont il faudrait aussi tenir compte pourraient inclure la légèreté, l'efficacité dans toute l'épaisseur, la résistance à la réduction du rendement ou de la transparence en raison de facteurs environnementaux et la performance après de multiples impacts répétés.

### **2. Simulation numérique et mesure sur place des impacts à haute vitesse**

Les projets qui s'inscrivent dans ce sujet de recherche devraient être axés sur l'élaboration d'outils et de modèles numériques de pointe qui permettent de mieux comprendre et prédire le comportement des matériaux et des systèmes sous l'effet de charges dynamiques à haute vitesse. Il faut notamment élaborer des techniques expérimentales, des outils de mesure sur place et des modèles numériques pour simuler avec exactitude le comportement

des matériaux dans des conditions de pénétration à haute vitesse. Les modèles devraient aussi s'appliquer à divers matériaux, comme l'acier de blindage homogène laminé (RHA), les matériaux cassants (céramique, verre) et les composites renforcés de fibre. De plus, il faut tenir compte des scénarios de rafales et de la caractérisation de variables comme la profondeur de pénétration (DOP), le temps de rupture et la forme et la vitesse des particules.

### **3. Effet de l'état de la mer et des mouvements des navires sur les signatures des navires**

Les projets qui s'inscrivent dans ce sujet de recherche devraient être axés sur l'amélioration des connaissances et de la compréhension, ainsi que l'élaboration et la validation d'outils de modélisation et de simulation pour prédire l'effet de divers facteurs, comme la vitesse, la direction et les mouvements du navire ainsi que l'état de la mer, sur la signature (acoustique, infrarouge, magnétique et surface équivalente radar) du navire. Ceci comprend, notamment, l'élaboration d'outils de prédiction pour déterminer le bruit rayonné attribuable à la cavitation des hélices, au claquement de la proue et à d'autres sources de bruit sur le navire pendant la navigation dans une mer agitée et moyennement agitée, qui crée un bruit ambiant dans l'environnement sous-marin et qui peut faire sortir l'hélice de l'eau; l'étude de la modification du profil du navire et de la signature infrarouge et magnétique causée par le mouvement et l'état de la mer environnante; la combinaison possible de plusieurs modèles physiques : méthodes par panneaux « tenue en mer » linéaires ou non linéaires, logiciel de prédiction du rendement des hélices, logiciel de prédiction de la cavitation des hélices et prédictions du bruit structurel. Un défi particulier associé au bruit acoustique est la nécessité d'obtenir une capacité numérique pour prédire les vibrations structurelles des plateformes navales (y compris les charges de liquides externes) dans ce qu'on appelle la portée aux fréquences moyennes : au-dessus de la portée supérieure nominale actuelle de la méthode des éléments finis et sous la portée nominale actuelle des méthodes axées sur l'énergie.

### **4. Vers l'atteinte de navires sans émissions dans l'Arctique**



Les projets qui s'inscrivent dans ce sujet de recherche devraient être axés sur l'obtention d'une empreinte de pollution nulle, par exemple pour les navires qui naviguent dans l'environnement arctique, grâce à l'élimination des émissions de gaz d'échappement des moteurs, à la réduction du risque de dommages à la coque et de fuite d'effluents, ainsi que les moyens d'élimination des déchets à bord sans rejet. Ceci peut inclure l'élaboration de modèles numériques de la rupture de l'acier soumis à des charges de glace dynamiques et de capteurs de bord qui peuvent détecter et caractériser la glace de mer et la glace glaciaire, y compris la couverture de glace, ses dimensions et son épaisseur. Bien que ce défi soit pertinent pour tous les types de navires, la Marine royale canadienne (MRC) exploitera le navire de patrouille extracôtier de l'Arctique (NPEA) dans l'environnement arctique où des règlements stricts en matière de pollution sont en vigueur. Un autre aspect du défi a trait aux techniques de purification des éléments et des systèmes du navire (comme la coque, le système de refroidissement et les soupapes d'admission) avant d'entrer dans l'Arctique à partir d'autres environnements. (Aux fins de référence, le NPEA est un navire diesel-électrique à deux moteurs de propulsion à induction de 4,5 MW et à quatre groupes électrogènes de 3,6 MVA.)

## **5. Atténuation des effets de la corrosion sur les navires militaires**

Les projets qui s'inscrivent dans ce défi devraient être axés sur les mesures de protection contre la corrosion, les conceptions qui préviennent la corrosion et les méthodes de détection de la corrosion, ces dernières comprennent la détection précoce de la corrosion à des endroits éloignés ou difficiles d'accès et sous des surfaces enduites ou couvertes de tuiles. Il faut en particulier élaborer des outils numériques qui peuvent prédire l'emplacement et la gravité de la corrosion à la longue pour des modèles donnés de plateformes, y compris l'influence des revêtements et d'autres méthodes de prévention de la corrosion, ainsi que les stratégies d'entretien et de réparation. Malgré des dizaines d'années de recherche et de découvertes comme la protection cathodique, la MRC a signalé que son principal problème associé au maintien de sa flotte est la corrosion : celle-ci entraîne des réparations coûteuses et des retards opérationnels. Étant donné que tous les navires actuels et futurs de la MRC sont en acier, pour ce défi, on doit supposer que c'est ce matériau qui est sujet à la corrosion.



## **6. Matériaux de protection de prochaine génération légers et à fonctionnalité élevée pour tenue de protection pour la défense biochimique à « performance extrême »**

Les projets qui s'inscrivent dans ce sujet de recherche devraient être axés sur la progression de l'élaboration de matériaux « intelligents » qui modifient leur état en réponse à un déclencheur provenant de divers stimuli externes, par exemple, des menaces toxiques de nature chimique, biologique et radiologique pour le corps, des changements dans l'environnement externe, des variations des points de consigne physiologiques ou des activités associées aux demandes de fonctionnalités supplémentaires. Ces matériaux, lorsqu'ils sont intégrés à des systèmes portables, devraient améliorer considérablement la protection (inhalation et percutané), la gestion physiologique et l'exécution des tâches ou la facilité à porter (matériaux monocouches par rapport à multicouches) pour les utilisateurs dans un environnement de menace chimique, biologique et radiologique. Il faudrait envisager les matériaux intelligents dans les domaines technologiques de la perméabilité sélective, de la porosité changeante, des constituants réactifs, des sorbants à grande surface, du changement de phase et des revêtements superhydrophobes (sans composés fluorés à base de C8).

## **7. Matériaux de protection militaire quantique invisible**

Les effets quantiques associés à la délocalisation atomique et à l'énergie au zéro absolu (effet Casimir) dans certains matériaux peuvent être considérablement améliorés relativement à la réponse des matériaux à une explosion dynamique et à une charge dynamique. Ces effets quantiques améliorés sont en général associés à l'absorption ultrarapide d'énergie mécanique sous l'effet de modifications de liaisons chimiques internes, permettant ainsi aux matériaux dotés de propriétés mécaniques exotiques et souvent incroyables de résister à une explosion dynamique et à une charge dynamique sans se briser. On pourrait ainsi produire des matériaux de protection militaire quantique résistants aux extrêmes thermomécaniques comme une explosion, un choc et un impact. Si on combine ceci à la réorientation des arrangements des axes moléculaires longs pour contrôler les trajets de la lumière, les gradations des indices de réfraction de la plage positive à la plage négative créent un masquage invisible pour les matériaux de protection



militaire quantique invisible. Des simulations avancées utilisant des calculs quantiques en chimie de l'état solide sont nécessaires pour bien décrire ce défi de recherche portant sur l'intégration de la complexité des matériaux aux effets quantiques de l'absorption ultrarapide d'énergie et l'utilisation de connaissances quantiques tirées de simulations et d'expériences relatives à la conception technique et aux synthèses expérimentales de matériaux de protection militaire quantique invisible légers et solides.