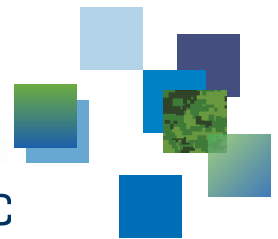




CAN SANS CLASSIFICATION

DRDC | RDDC
technologysciencetechnologie



Description du test de laboratoire pour l'évaluation des offres du Système de détection et identification à distance (SDID)

François Bouffard, Hugo Lavoie
DRDC – Valcartier Research Centre

Rédigé pour le compte de : Daan Beijer, Gestionnaire de projet adjoint, Capteurs d'agents chimiques
(DGEAC)

Conditions de diffusion : Toute distribution ultérieure de ce document ou de l'information incluse est interdite sans l'approbation écrite de Recherche et développement pour la défense Canada (RDDC).

Recherche et développement pour la défense Canada
Lettre scientifique
DRDC-RDDC-2019-L195(F)
Juillet 2019

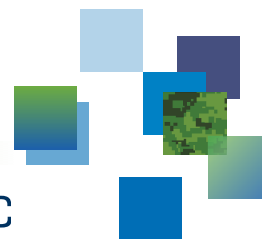
CAN SANS CLASSIFICATION

IMPORTANTS ÉNONCÉS INFORMATIFS

This document was reviewed for Controlled Goods by DRDC using the Schedule to the *Defence Production Act*.

Avis de non-responsabilité : Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le ministre de la Défense nationale (« le Canada ») ne fait aucune déclaration ni n'émet aucune garantie, explicite ou implicite, de quelque nature que ce soit et n'est pas responsable de l'exactitude, de la fiabilité, de l'intégralité, de la pertinence ou de l'utilité de l'information, des produits, des processus et du matériel inclus dans ce document. Aucune information contenue dans ce document ne doit être considérée comme une approbation pour l'usage spécifique de tout outil, technique ou processus examiné dans celui-ci. Le risque éventuel associé à l'utilisation de l'information, des produits, des processus ou du matériel inclus dans ce document sera assumé entièrement par la personne qui en fait l'utilisation. Le Canada n'assume aucune responsabilité quant aux dommages ou aux pertes qui découlent de l'utilisation de l'information, des produits, des processus et du matériel inclus dans ce document.

Énoncé d'approbation : La présente publication a été publiée par le Bureau de la rédaction de Recherche et développement pour la défense Canada, un organisme du ministère de la Défense nationale du Canada. Les demandes peuvent être envoyées à l'adresse suivante : Publications.DRDC-RDDC@drdc-rddc.gc.ca.



juillet 2019

DRDC-RDDC-2019-L195(F)

Rédigé pour le compte de : Daan Beijer, Gestionnaire de projet adjoint, Capteurs d'agents chimiques (DGEAC)

Lettre scientifique

Description du test de laboratoire pour l'évaluation des offres du Système de détection et identification à distance (SDID)

Contexte

Le projet de Système de détection et identification à distance (SDID) [1] est un programme d'acquisition du ministère de la Défense nationale (MDN) ayant pour objectif de procurer au Forces armées canadiennes (FAC) des capteurs chimiques en retrait afin d'effectuer la surveillance de zone et permettre l'alerte lointaine en cas de menace chimique. Il est probable que le MDN reçoive plusieurs offres de différents fabricants, qui auront à être évaluées. Comme la performance des capteurs dépend d'une multitude de paramètres [2], il est préférable que tous les capteurs soient assujettis au même test de performance pour être comparés équitablement. La Direction — gestion des équipements d'appui au combat (DGEAC) a demandé à Recherche et développement pour la défense Canada (RDDC) de concevoir et réaliser un test de laboratoire afin d'évaluer la sensibilité de chaque candidat au SDID. Ce document présente une vue d'ensemble du test de laboratoire prévu.

Objectifs

Le test de laboratoire décrit dans ce document sera utilisé principalement afin d'évaluer la sensibilité des capteurs candidats au SDID, en utilisant un montage simple, pouvant être répété facilement, de sorte que tous les capteurs soient testés dans les mêmes conditions. Le test inclut également plusieurs répétitions des mêmes manipulations, permettant l'accumulation et le calcul de statistiques concernant la probabilité de détection de chaque capteur à différents niveaux de signal.

L'intensité du signal provenant d'un échantillon est affecté par une multitude de paramètres. Dans le test proposé, certains de ces paramètres sont fixés (tels que la géométrie de visée et la concentration de l'échantillon) alors que d'autres pourront être variés (comme le contraste thermique et la nature de l'échantillon). L'ajustement du contraste thermique et l'usage de différents échantillons permettra de déterminer la limite de détection de chaque capteur.

Méthodologie

Le test présenté dans ce document est très similaire à la phase de laboratoire de l'essai *ADIS Invitational Performance Trials 2008 (IPT)* [3] et utilisera à la base les mêmes montages, équipements et locaux. La méthodologie a été mise à jour afin de permettre un test à l'aveugle.

Montage

Le montage est constitué d'une cellule de gaz placée devant une plaque à température contrôlée. Le capteur testé vise la plaque à travers la cellule de gaz, sondant son contenu. Un masque est utilisé pour cacher puis révéler la cellule de gaz à chaque événement du test. Les capteurs n'effectueront pas de balayage durant le test. Le montage est illustré à la Figure 1.

La cellule de gaz est un cylindre d'acier inoxydable de 5 cm de diamètre et d'environ 15 cm de longueur, offrant un parcours optique interne de 10 cm. Chaque bout est composé d'une fenêtre de KBr à transmittance élevée dans l'infrarouge thermique¹. Des ouvertures permettent à la cellule d'être branchée sur une pompe à vide afin d'être purgée, d'injecter une quantité connue de gaz échantillon, et finalement d'être remplie à pression atmosphérique avec de l'azote. Les échantillons liquides volatiles peuvent être injectés dans la cellule à l'aide d'une seringue. Un thermocouple mesure la température du gaz à l'intérieur de la cellule. La concentration de l'échantillon à l'intérieur de la cellule est ajustée en utilisant un manomètre ou les graduations de la seringue.

Afin de simuler une géométrie de visée correspondant à un nuage de 50 m à 3 km, le capteur testé est placé à 3 m de la cellule dont l'ouverture est de 5 cm. La concentration de gaz échantillon dans la cellule sera ajustée de telle sorte que le produit du maximum de la section efficace d'absorbance du gaz, du parcours optique dans la cellule et de la concentration corresponde à l'exigence du projet SDID pour le sarin (GB). Ainsi :

$$\begin{aligned}(\alpha CL)_{GB} &= (\alpha CL)_{\text{cell}} , \\ C_{\text{cell}} &= \frac{(\alpha CL)_{GB}}{(\alpha L)_{\text{cell}}} = C_{GB} \cdot r_L \cdot r_{\alpha} ,\end{aligned}$$

où

$$r_L = \frac{L_{GB}}{L_{\text{cell}}} \quad \text{et} \quad r_{\alpha} = \frac{\alpha_{GB}}{\alpha_{\text{cell}}} .$$

Dans les équations précédentes, α désigne le maximum de la section efficace d'absorbance, C est la concentration et L est le parcours optique, alors que l'indice "GB" désigne les valeurs de l'exigence du projet SDID pour le sarin et l'indice "cell" désigne les valeurs de la cellule de gaz. Les rapports de maximum d'absorbance et de parcours optiques sont

1. Les cellules de gaz pourraient également être équipées de fenêtres de KCl.



Figure 1 : Montage de laboratoire. À gauche, la plaque à température contrôlée est visible avec les tubes servant à la circulation d'éthylène-glycol et le filage du thermocouple à l'arrière. Au centre, la cellule de gaz en acier inoxydable contient l'échantillon. Les ouvertures permettent la vidange et le remplissage de la cellule; un thermocouple mesure la température à l'intérieur. Sur la droite, des plaques d'aluminium peintes permettent de cacher la cellule au capteur testé.

notés r_α et r_L . Le niveau de détection obligatoire pour SDID avec le sarin est une densité de colonne de 135 mg/m^2 . Pour un nuage de 50 m, ceci signifie une concentration $C_{GB} = 2.7 \text{ mg/m}^3$. Le rapport des parcours optiques est $r_L = 50/0.1 = 500$. Les valeurs pour r_α sont données pour chaque échantillon possible dans la Table 1. Les maximums d'absorbance sont évaluées dans la plage spectrale allant de 700 à 1300 cm^{-1} sur les spectres d'absorbance ré-échantillonnées à une résolution spectrale de 1 cm^{-1} (espacement spectral de 0.48 cm^{-1}). Si la concentration requise ne peut être atteinte dans la cellule de gaz pour un échantillon donnée, le contraste thermique sera ajusté pour générer un produit densité-contraste équivalent.

La plaque à température contrôlée est carrée, mesure approximativement 30 cm de côté (0.093 m^2) et est faite d'aluminium recouvert de peinture Krylon noire à haute émissivité afin de présenter une surface proche d'un corps noir idéal. La plaque peut être soit chauffée, soit refroidie à l'aide d'un système de circulation d'éthylène-glycol, générant un contraste thermique positif ou négatif par rapport à l'échantillon de gaz. Un thermomètre infrarouge sera utilisé pour enregistrer la température de surface de la plaque de manière indépendante de son point de contrôle.

Séquence de test

Le test est divisé en une série d'événements. Pour chaque événement, une cellule de gaz est choisie parmi l'un des échantillons possibles (voir la Section 4). Une cellule ne contenant que de l'azote (aucun échantillon) peut également être sélectionnée. La cellule est placée dans le montage. La nature de l'échantillon n'est pas communiquée à l'opérateur du capteur. La cellule de gaz est alors révélée au capteur. L'opérateur du capteur doit alors

annoncer, en une minute ou moins, si une alarme a été générée par le capteur ou non, et le cas échéant, pour quelle substance. Le résultat est considéré un *succès* si le capteur n'a pas généré d'alarme pour la cellule d'azote ou s'il a généré une alarme pour la bonne substance. Le résultat est considéré comme une *erreur* autrement. Le taux de succès est calculé comme le rapport des succès sur le nombre total d'événements pour un niveau de contraste thermique donné. Les fausses alarmes et les mauvaises identifications sont ainsi traitées comme des erreurs, alors que les vrais négatifs sont traités comme des succès dans cette métrique.

Jusqu'à 30 événements sont enregistrés pour chaque contraste thermique testé. Le test inclura autant des contrastes thermiques positifs que négatifs, de sorte que les raies spectrales soient générées autant en absorption qu'en émission. Le test débutera avec un contraste thermique suffisant pour que le capteur génère une alarme et au-dessus de l'exigence du projet SDID de 2 K, après quoi le contraste thermique sera réduit jusqu'à ce que le capteur ne puisse plus générer d'alarme, ou que la précision du contrôle de température soit atteinte. Les résultats des événements seront utilisés pour calculer un estimé de la probabilité de détection assortie d'un intervalle de confiance pour chaque niveau the contraste thermique. Ainsi, il est attendu que chaque capteur passif générera une quantité croissante d'erreurs à mesure que le contraste thermique sera réduit. Les résultats globaux ne seront partagés qu'avec le fabricant du capteur testé et ne seront pas rendus publics. Ils seront utilisés par le projet SDID pour s'assurer que les capteurs satisfont aux exigences de performances.

Une journée complète par capteur sera réservée pour le test, avec une journée supplémentaire en cas de problèmes techniques. L'horaire exact du test reste à déterminer. Le test aura lieu à RDDC — Centre de recherche de Valcartier, à Québec, Canada. Il est prévu que chaque fabricant opérera son capteur durant les tests de laboratoire.

Limites

Même si le test est conçu pour être aussi juste que possible, aucun montage n'est parfait, et celui-ci présente certaines limites.

Pour les capteurs imageurs, le focus pourrait être fixe ou impossible à ajuster à une distance de 3 m. Ceci pourrait causer une image floue de la fenêtre de la cellule de gaz, étalant le signal sur plusieurs pixels. Si ce phénomène présente un problème pour un capteur, il pourrait être pris en compte en évaluant d'abord l'étalement de l'image et en ajustant le contraste thermique afin de simuler un nuage au focus.

Le montage néglige complètement l'absorption atmosphérique, mais le fait également pour tous les capteurs testés. De la même manière, le test n'offre pas une variété réaliste ou typique du fouillis d'arrière-plan, et ne constitue donc pas une épreuve d'effort pour les algorithmes de détection. L'opération du capteur (facilité d'utilisation, temps d'installation, etc.) ne sera pas évaluée non plus dans le test.

Ce test vise d'abord à évaluer les capteurs passifs. Il devra sans doute être modifié pour accommoder les capteurs actifs, pour lesquels le niveau de signal ne dépend pas du contraste thermique. Les capteurs actifs pourraient être testés avec des concentrations

Tableau 1 : Liste des échantillons possibles.

Substance	Autres noms	Numéro CAS	r_α
F-134a	1,1,1,2-tétrafluoroéthane, R-134a	811-97-2	1.34
F-152a	1,1-difluoroéthane, R-152a, DFE	75-37-6	1.21
F-125	Pentafluoroéthane, R-125	354-33-6	1.04
F-22	Chlorodifluorométhane, R-22	75-45-6	1.12
SF ₆	Hexafluorure de soufre	2551-62-4	0.0845
NH ₃	Ammoniaque	7664-41-7	2.14
TEP	Phosphate de triéthyle	78-40-0	0.503
DMMP	Méthylphosphonate de diméthyle	756-79-6	1.11

décroissantes dans les cellules de gaz. Des problèmes reliés à l'illumination de la cellule de gaz par l'émetteur du capteur passif (laser ou autre) sont à prévoir et devront être résolus de manière satisfaisante pour chaque capteur actif.

Échantillons

Jusqu'à 5 cellules de gaz seront utilisées pour le test, incluant la cellule d'azote. Les échantillons de gaz utilisés dans le test seront tirés de la Table 1. Aucun mélange d'échantillon ne sera testé. Les spectres de section efficace d'absorption seront rendus disponibles aux fabricants pour chacune de ces substances si la base de données des capteurs ne contient pas la signature spectrale appropriée. Les fabricants devraient avertir RDDC s'il est impossible d'ajouter la signature d'un échantillon à la base de donnée de leur capteur, ou si un autre problème empêcherait le capteur de fonctionner correctement avec l'une de ces substances.

Conclusion

Le test de laboratoire présenté dans ce document est conçu pour être simple, rapidement exécuté et juste pour tous les fabricants. Il permettra le calcul de statistiques et d'estimés de probabilité de détection associées à des intervalles de confiance, ainsi qu'une détermination précise de la sensibilité et des limites de détection des capteurs. Un test de terrain plus élaboré serait nécessaire pour tester les autres aspects de la détection en retrait, telle que la capacité d'un capteur à trouver un nuage de gaz réel, à grande distance, et dans un environnement représentatif d'une utilisation réelle.

Préparé par : François Bouffard et Hugo Lavoie (RDDC — Centre de recherche de Valcartier)

Références

- [1] Public Works and Government Services Canada (2018), Area Detection and Identification System (ADIS) Project (W8476-145109/B) Tender Notice. Letter of

Interest (LOI) / Request for Information (RFI).

<https://buyandsell.gc.ca/procurement-data/tender-notice/PW-18-00829424>.

- [2] Bouffard, F. et Thériault, J.-M. (2018), Answers to an inquiry regarding the 2018 Area Detection and Identification System (ADIS) Request For Information (RFI), (DRDC-RDDC-2018-L223) Defence Research and Development Canada, Scientific Letter.
- [3] Thériault, J.-M., Lavoie, H., Dubé, D., et Lacasse, P. (2008), Area Detection and Identification System - Invitational performance trial plan, (Technical Memorandum TM 2008-120) Defence R&D Canada — Valcartier.

FICHE DE CONTRÔLE DU DOCUMENT			
(Le marquage de sécurité pour le titre, le résumé et les renseignements d'indexation doit être saisi lorsque le document est classifié ou protégé.)			
1. DEMANDEUR (Le nom et l'adresse de l'organisation qui a préparé le document. Les organisations pour lesquelles le document a été préparé, p. ex., le Centre qui commande un rapport à un entrepreneur ou l'organisme à l'origine du document doivent figurer à la section 8.) RDDC – Centre de recherches de Valcartier 2459, route de la Bravoure, Québec QC G3J 1X5, Canada		2a. MARQUAGE DE SÉCURITÉ (Champs 1, 2 et 3.) CAN SANS CLASSIFICATION	
		2b. HANDLING INSTRUCTIONS (Field 4) MARCHANDISES NON CONTRÔLÉES CDM A	
3. TITRE (Titre au long du document qui figure sur la page titre. La classification du titre devrait être indiquée à l'aide de l'abréviation voulue [S, C, ou U], entre parenthèses, après le titre.) Description du test de laboratoire pour l'évaluation des offres du Système de détection et identification à distance (SDID)			
4. AUTEURS (Nom de famille, puis initiales – Ne pas mettre le grade, le titre, etc.) François Bouffard, H. L.			
5. DATE DE PUBLICATION (Mois et année de publication du document.) Juillet 2019	6a. NOMBRE DE PAGES (Nombre total de pages contenant des renseignements, y compris les annexes, les appendices, etc.) 6	6b. NOMBRE DE RÉFÉRENCES (Nombre total de références citées dans le document.) 3	
7. NOTES DESCRIPTIVES (Catégorie du document, p. ex., rapport, note ou memorandum technique. Indiquer s'il y a lieu s'il s'agit d'un rapport provisoire, p. ex., d'un rapport d'étape, d'un rapport sommaire, d'un rapport annuel ou d'un rapport final. Si le document porte sur une période précise, indiquer les dates correspondantes.) Lettre scientifique			
8. RESPONSABLE (Nom et adresse du bureau de projet ou du laboratoire du Ministère qui est responsable du travail de recherche et de développement.) RDDC – Centre de recherches de Valcartier 2459, route de la Bravoure, Québec QC G3J 1X5, Canada			
9a. N° DU PROJET OU DE LA SUBVENTION (Indiquer s'il y a lieu le numéro du projet ou de la subvention de recherche et de développement dans le cadre duquel le document a été rédigé. Préciser s'il s'agit d'un projet ou d'une subvention.) 06cb - Informer		9b. N° DU CONTRAT (Indiquer s'il y a lieu le numéro du contrat dans le cadre duquel le document a été rédigé.)	
10a. N° DE DOCUMENT DU DEMANDEUR (Numéro de document officiel par lequel le demandeur désigne le document. Ce numéro doit être propre au document.) DRDC-RDDC-2019-L195(F)		10b. AUTRES N° DE DOCUMENT (Autres numéros qui pourraient avoir été attribués au document par le demandeur ou le responsable.)	
11a. FUTURE DISTRIBUTION (Any limitations on further dissemination of the document, other than those imposed by security classification.) Toute distribution ultérieure de ce document ou de l'information incluse est interdite sans l'approbation écrite de Recherche et développement pour la défense Canada (RDDC).			
11b. FUTURE DISTRIBUTION OUTSIDE CANADA (Any limitations on further dissemination of the document, other than those imposed by security classification.)			
12. MOTS-CLÉS, DESCRIPTEURS ou IDENTIFICATEURS (Termes ou courtes phrases techniquement significatifs qui décrivent le document et qui pourraient en faciliter le catalogage. Choisir des termes qui ne nécessitent pas une classification de sécurité. Des identificateurs comme le modèle, la désignation, la marque de commerce, le nom de code d'un projet militaire et l'endroit peuvent aussi être donnés. Si cela est possible, on tirera les termes choisis d'un thésaurus publié comme le Thesaurus of Engineering and Scientific Terms (TEST) et on indiquera le thésaurus utilisé. S'il n'est pas possible d'utiliser des termes d'indexation sans classification, la classification de chacun devrait être indiquée comme celle du titre.) Système de détection et identification à distance (SDID) ; Tests de performance ; CBRN (chimique, biologique, radiologique et nucléaire) ; Capteurs chimiques ; Capteurs en retrait			
13. ABSTRACT/RÉSUMÉ (When available in the document, the French version of the abstract must be included here.)			