



Defence Research and  
Development Canada

Recherche et développement  
pour la défense Canada



# Caractérisation de l'émission d'un radiateur Airworks

*J.-F. Lepage  
D. Vincent  
RDDC Valcartier*

**Defence R&D Canada – Valcartier**

Note Technique

DRDC Valcartier TN 2005-260

Septembre 2005

Canada

# Report Documentation Page

Form Approved  
OMB No. 0704-0188

Public reporting burden for the collection of information is estimated to average 1 hour per response, including the time for reviewing instructions, searching existing data sources, gathering and maintaining the data needed, and completing and reviewing the collection of information. Send comments regarding this burden estimate or any other aspect of this collection of information, including suggestions for reducing this burden, to Washington Headquarters Services, Directorate for Information Operations and Reports, 1215 Jefferson Davis Highway, Suite 1204, Arlington VA 22202-4302. Respondents should be aware that notwithstanding any other provision of law, no person shall be subject to a penalty for failing to comply with a collection of information if it does not display a currently valid OMB control number.

1. REPORT DATE <b>SEP 2005</b>		2. REPORT TYPE		3. DATES COVERED <b>00-00-2005 to 00-00-2005</b>	
4. TITLE AND SUBTITLE <b>Characterization of the emission of an Airworks radiator</b>				5a. CONTRACT NUMBER	
				5b. GRANT NUMBER	
				5c. PROGRAM ELEMENT NUMBER	
6. AUTHOR(S)				5d. PROJECT NUMBER	
				5e. TASK NUMBER	
				5f. WORK UNIT NUMBER	
7. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES) <b>Defense Research &amp; Development - Valcartier, 2459 Pie-XI Blvd. North, Quebec City, QC G3J 1X8 Canada , ,</b>				8. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NUMBER	
9. SPONSORING/MONITORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES)				10. SPONSOR/MONITOR'S ACRONYM(S)	
				11. SPONSOR/MONITOR'S REPORT NUMBER(S)	
12. DISTRIBUTION/AVAILABILITY STATEMENT <b>Approved for public release; distribution unlimited</b>					
13. SUPPLEMENTARY NOTES <b>Text in French.</b>					
14. ABSTRACT <b>This paper presents the measurement and analysis of the spectrum of an Airworks radiator. This approaches the theoretical spectrum of a black body at a temperature of 1073 K. The measure allows us to evaluate the irradiance in the range 3 to 5 μm from a measurement of irradiance performed with a broadband radiometer.</b>					
15. SUBJECT TERMS <b>Thermal source, Blackbody radiation, Spectrometry, Radiometry</b>					
16. SECURITY CLASSIFICATION OF:			17. LIMITATION OF ABSTRACT	18. NUMBER OF PAGES	19a. NAME OF RESPONSIBLE PERSON
a. REPORT	b. ABSTRACT	c. THIS PAGE			
<b>unclassified</b>	<b>unclassified</b>	<b>unclassified</b>	<b>Public Release</b>	<b>28</b>	



# **Caractérisation de l'émission d'un radiateur Airworks**

J.-F. Lepage  
D. Vincent  
RDDC Valcartier

**R & D pour la défense Canada – Valcartier**

Note technique

DRDC Valcartier TN 2005-260

Septembre 2005

Auteur

---

Jean-François Lepage

Approuvé par

---

Philip Twardawa  
C/Section Guerre Électro-Optique

Publication approuvée par

---

Gilles Bérubé  
Scientifique en chef

© Her Majesty the Queen as represented by the Minister of National Defence, 2005

© Sa majesté la reine, représentée par le ministre de la Défense nationale, 2005

## Résumé

---

Cette note présente la mesure et l'analyse du spectre d'un radiateur Airworks. Celui-ci se rapproche du spectre théorique d'un corps noir à une température de 1073 K. La mesure nous permet d'évaluer l'irradiance dans la bande 3 à 5  $\mu\text{m}$  à partir d'une mesure d'irradiance effectuée avec un radiomètre à large bande.

Intentionnellement en blanc.

# Table des matières

---

Résumé.....	i
Table des matières.....	iii
Liste des figures.....	iv
Liste des tableaux.....	iv
Remerciements.....	v
1. Introduction.....	1
2. Mesure du spectre.....	1
2.1 Prise des mesures.....	2
2.2 Traitement des données.....	2
2.2.1 Étalonnage du spectromètre MR-304.....	2
2.2.2 Conversion des spectres en longueur d'onde.....	4
2.2.3 Mise à l'échelle.....	4
2.2.4 Coupe des courbes.....	4
2.2.5 Ré-échantillonnage.....	4
2.3 Spectres obtenus.....	4
3. Mesure de l'irradiance à 545 m.....	5
4. Analyse.....	7
5. Conclusion.....	10
6. Références.....	12
Liste de distribution.....	13

## Liste des figures

---

Figure 1. Photographie du radiateur. ....	1
Figure 2. Spectre d'émission normalisé du radiateur, ainsi que celui d'un corps noir à $T = 1073$ K. ....	5
Figure 3. Signal traité obtenu lors de la mesure d'irradiance du radiateur. ....	7
Figure 4. Fonctions de transfert utilisées pour calculer le spectre tel que détecté à 545 m par le radiomètre. ....	8
Figure 5. Spectre normalisé émis par le radiateur et spectre calculé après propagation sur 545 m. ....	9
Figure 6. Spectre détecté à 545 m par le radiomètre, avec et sans filtre passe-bande. ....	9
Figure 7. Distribution spectrale d'irradiance à 545 m du radiateur. ....	10

## Liste des tableaux

---

Tableau 1. Exemple du calcul de $a(\sigma)$ et $b(\sigma)$ pour le détecteur InSb. ....	3
---	---

## Remerciements

---

Nous tenons à remercier le Dr Vincent Roy, le Dr Pierre Lahaie et M. Vincent Rivet pour leur aide dans l'utilisation des spectromètres ainsi que le Dr Daniel Pomerleau pour la courbe spectrale du filtre passe-bande.

Le Dr J.-F. Lepage, "Boursier postdoctoral dans un laboratoire du gouvernement canadien" lors de ce projet, tient à remercier RDDC et le CRSNG pour l'attribution de la bourse.

Intentionnellement en blanc.

## 1. Introduction

---

Cette note présente la mesure et l'analyse du spectre d'un radiateur commercial Airworks modèle C-983 (voir figure 1). Ces radiateurs produisent d'une façon simple, efficace et économique, un rayonnement infrarouge intense. La mesure du spectre d'émission et du niveau d'irradiance vise donc à caractériser le rayonnement émis. À l'aide du spectre mesuré, nous déterminons la fraction de la puissance totale contenue dans la bande 3 à 5  $\mu\text{m}$  après propagation sur une distance de 545 m. Nous pouvons ainsi calculer l'irradiance dans cette bande à partir d'une mesure d'irradiance effectuée à une distance de 545 m, avec un radiomètre possédant une bande plus large.



*Figure 1. Photographie du radiateur.*

## 2. Mesure du spectre

---

Le radiateur étudié est de type PSH1000, modèle C-983, no de série 0135. Il est constitué de deux filaments chauffants enroulés autour d'un cône en céramique placé au foyer d'un réflecteur métallique concave. Le diamètre du réflecteur est de 40 cm. Lorsque le sélecteur de température est placé à la position HI, les deux filaments sont chauffés. À la position LOW, un seul filament est chauffé. La température est donc la même aux deux positions, mais la puissance totale émise peut être variée d'un facteur 2. Les mesures sont prises à la position HI et lorsque la température est stabilisée, c'est-à-dire après quelques minutes de fonctionnement.

## 2.1 Prise des mesures

La mesure du spectre entre 0.325 et 2.5  $\mu\text{m}$  a été effectuée à l'aide d'un spectroradiomètre ASD (Analytical Spectral Devices, Inc.) FieldSpec® Pro FR qui collecte la radiation à l'aide d'un faisceau de fibres.

- L'appareil fournit des valeurs spectrales échantillonnées aux 1 nm.
- Nous avons mesuré le spectre en plaçant le faisceau de fibres sans optique de collection à environ 4 m du radiateur. Le champ de vue était alors d'environ 25°. En plaçant le radiateur à cette distance, on s'assure que les trois spectromètres de l'appareil, qui possèdent des champs de vue légèrement différents, voient tout le radiateur. L'arrière-plan était alors négligeable par rapport à l'émission du radiateur.
- Nous avons finalement effectué une correction logicielle parabolique afin de lisser les intersections entre les 3 bandes de mesure de l'appareil.

La mesure du spectre entre 2.0 et 15  $\mu\text{m}$  a été effectuée à l'aide d'un spectromètre ABB MR-304.

- L'appareil comprend un détecteur InSb et un détecteur HgCdTe (MCT).
- Les spectres sont donnés par rapport à  $\sigma = 1/\lambda$ , la résolution étant fixée à 4  $\text{cm}^{-1}$ .
- Le champ de vue est de 45 mrad.
- Pour limiter le niveau de signal, l'ouverture du spectromètre a été fixée à 0.8 mm.
- Pour pouvoir étalonner l'appareil, nous avons d'abord enregistré des spectres d'un corps noir (CI modèle SR-2-32-5A) à  $T = 494^\circ\text{C}$ ,  $543^\circ\text{C}$ ,  $601^\circ\text{C}$  et  $625^\circ\text{C}$ . La gamme de températures a été choisie afin que les niveaux de signal obtenus soient du même ordre qu'avec le radiateur.
- Nous avons finalement mesuré le spectre du radiateur en plaçant celui-ci à environ 40 cm du spectromètre.

## 2.2 Traitement des données

### 2.2.1 Étalonnage du spectromètre MR-304

Pour chacun des deux détecteurs (MCT et InSb), nous avons obtenu quatre mesures d'étalonnage  $X_{cn}(\sigma, T_i)$  où  $T_i$  est la température du corps noir pour chacune des mesures. Ces mesures tiennent compte de la réponse spectrale de l'appareil. À partir de la loi de Planck [1], on peut calculer les valeurs théoriques (relatives) correspondantes :

$$Y_{cn}(\sigma, T_i) = \frac{C_2 \sigma^3}{e^{C_1 \sigma / T_i} - 1}, \quad (1)$$

où  $C_1 = 1.4388 \text{ K/cm}^{-1}$  et  $C_2$  est une constante arbitraire. En supposant que :

$$X_{cn}(\sigma, T_i) = g(\sigma) Y_{cn}(\sigma, T_i) + n(\sigma), \quad (2)$$

où  $g$  est la sensibilité spectrale d'un détecteur avec son amplificateur et  $n$  est un niveau de base indépendant de la source, on peut étalonner l'instrument à partir des mesures prises aux températures  $T_i$ , en effectuant, pour chaque détecteur, une régression linéaire de la forme :

$$Y(\sigma) = a(\sigma) X(\sigma) + b(\sigma). \quad (3)$$

Le tableau 1 donne un exemple de la grille de calcul. Puisque le gain des détecteurs n'est pas nécessairement linéaire, cet étalonnage est valide pour les niveaux de signal  $X(\sigma)$  de l'ordre de ceux produits par les corps noirs utilisés. Dans cet intervalle, les valeurs  $Y(X_{cn})$  calculées à l'équation 3 pour les mesures de corps noirs, en utilisant  $a(\sigma)$  et  $b(\sigma)$  obtenus par la régression linéaire, s'accordent aux valeurs théoriques  $Y_{cn}$  de l'équation 1 avec un écart relatif inférieur à 3% (pour la plage de  $\sigma$  tel que le niveau de signal des détecteurs est suffisant).

En appliquant la relation précédente, on peut donc connaître la distribution spectrale réelle  $Y_{rad}(\sigma)$  correspondant à la mesure  $X_{rad}(\sigma)$  prise avec le radiateur.

**Tableau 1.** Exemple du calcul de  $a(\sigma)$  et  $b(\sigma)$  pour le détecteur InSb

$\sigma$ (cm-1)	T = 494°C		T = 543°C		T = 601°C		T = 625°C		a(σ)	b(σ)
	$X_{cn}(\sigma)$	$Y_{cn}(\sigma)$	$X_{cn}(\sigma)$	$Y_{cn}(\sigma)$	$X_{cn}(\sigma)$	$Y_{cn}(\sigma)$	$X_{cn}(\sigma)$	$Y_{cn}(\sigma)$		
...										
3001.5	28.732	0.9734	36.531	1.3670	51.080	1.9464	56.818	2.2234	0.0435	-0.2573
3003.4	28.585	0.9718	36.366	1.3650	50.868	1.9440	56.581	2.2208	0.0436	-0.2558
3005.4	28.546	0.9701	36.294	1.3629	50.799	1.9414	56.494	2.2181	0.0436	-0.2560
3007.3	28.387	0.9684	36.104	1.3609	50.532	1.9390	56.203	2.2155	0.0438	-0.2560
3009.2	28.171	0.9668	35.827	1.3589	50.155	1.9365	55.765	2.2129	0.0441	-0.2568
...										

Note :  $X_{cn}$  est la valeur du signal donné par le spectromètre MR-304 et  $Y_{cn}$  est le signal calculé (unités arbitraires).

### 2.2.2 Conversion des spectres en longueur d'onde

Le spectre mesuré avec le spectromètre ASD est déjà exprimé en fonction de la longueur d'onde, par contre ceux provenant du spectromètre MR-304 sont exprimés en fonction de  $\sigma$  et doivent être convertis. L'abscisse des spectres est facilement convertie en longueur d'onde puisque  $\lambda = 1/\sigma$ . Cependant, l'ordonnée doit également être convertie. En effet, puisque  $f(\lambda)d\lambda = Y(\sigma)d\sigma$  pour conserver le flux émis dans des bandes équivalentes, le spectre en longueur d'onde est donné, à partir du spectre mesuré en fonction de  $\sigma$ , par :

$$f(\lambda) = Y(\sigma) \left| \frac{d\sigma}{d\lambda} \right| = \frac{Y(\sigma)}{\lambda^2} . \quad (4)$$

### 2.2.3 Mise à l'échelle

Puisque les spectres sont mesurés selon une échelle relative, il est nécessaire d'effectuer une mise à l'échelle pour faire correspondre les mesures effectuées avec les deux spectromètres. On multiplie les spectres  $f(\lambda)$  mesurés avec chaque appareil par une constante afin que les courbes se rejoignent aux intersections et pour normaliser le maximum du spectre à une valeur unitaire. Pour le spectromètre MR-304, une légère correction (~2%) est aussi nécessaire entre les détecteurs MCT et InSb.

### 2.2.4 Coupe des courbes

On coupe ensuite les courbes pour conserver les points dans la bande où un détecteur donné est le plus précis (réponse suffisante). Les sections conservées sont les suivantes : avec ASD, de 0.35 à 2.4  $\mu\text{m}$ ; avec InSb, de 2.4 à 4.9  $\mu\text{m}$  et avec MCT, de 4.9 à 14  $\mu\text{m}$ . Les vecteurs  $\lambda$  et  $f(\lambda)$  correspondant à ces trois bandes sont ensuite mis bout à bout.

### 2.2.5 Ré-échantillonnage

Afin de pouvoir manipuler plus facilement le spectre, on ré-échantillonne finalement le spectre  $f(\lambda)$  à chaque 1 nm en interpolant les valeurs mesurées (qui sont au départ à chaque 1 nm pour  $\lambda < 2.4 \mu\text{m}$  puis à chaque 2  $\text{cm}^{-1}$  pour  $\lambda > 2.4 \mu\text{m}$ ).

## 2.3 Spectres obtenus

À partir du traitement décrit précédemment, on obtient le spectre d'émission  $f(\lambda)$  du radiateur présenté à la figure 2. Les zones plus bruyantes sont dues aux bandes d'absorption atmosphérique qui réduisent le niveau de signal. Selon la longueur

d'onde du maximum, la température serait d'environ 1073 K. En effet, selon la loi de Wien [1] :

$$\lambda_{\max} = 2897.8 T^{-1} \quad [\mu\text{m}], \quad (5)$$

où la température  $T$  est en Kelvin. La courbe correspondant à un corps noir à cette température est également présentée sur la figure 2. Comme pour le spectre du radiateur, celle-ci est normalisée à 1 à son maximum.

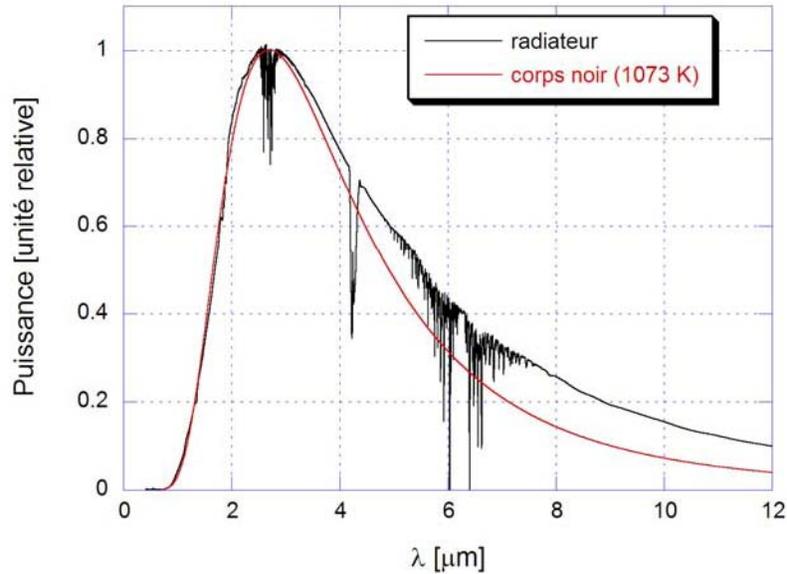


Figure 2. Spectre d'émission normalisé du radiateur, ainsi que celui d'un corps noir à  $T = 1073 \text{ K}$ .

### 3. Mesure de l'irradiance à 545 m

Pour mesurer l'irradiance à une distance de 545 m du radiateur, nous avons utilisé un radiomètre constitué d'une lentille collectrice et d'un détecteur pyroélectrique placé au foyer de celle-ci. Un hacheur placé devant le détecteur a permis de moduler la radiation incidente à une fréquence de 300 Hz. Une lunette de visée a aussi été installée à côté de l'ensemble afin d'en permettre l'alignement angulaire. L'acquisition a été effectuée à l'aide d'un oscilloscope numérique. Voici les paramètres importants de ce système de mesure.

- Lentille collectrice ( $\text{CaF}_2$ ) :
  - Longueur focale  $\sim 250 \text{ mm}$ ; et
  - Diamètre  $\sim 44 \text{ mm}$  (dégagement du support).
- Détecteur pyroélectrique Moletron P4-41 #162 :

- Surface de détection de 1 mm x 1 mm; et
- Le champ de vue correspondant est de 4 mrad.
- Oscilloscope LeCroy Waverunner LT344L :
  - Base de temps de 1000 points, 2 ms/div;
  - Couplage de 1 M $\Omega$  AC, BWL 25 MHz;
  - On applique la fonction “Enhanced Resolution” (Eres+3 bit), ce qui augmente la résolution de l’oscilloscope à 8 +3 bit, en plus de produire un filtrage passe-bas (largeur de bande 3 dB = 400 Hz); et
  - On applique finalement une moyenne sur 50 balayages.

Le système de détection a été préalablement étalonné avec un laser émettant dans l’infrarouge moyen (système MISLED [2], longueur d’onde de 3.726  $\mu\text{m}$ , impulsions de 12 ns avec un taux de répétition de 20 kHz). Notons que la base de temps de l’oscilloscope était alors différente, mais cela ne devrait pas affecter la réponse puisque l’amplitude du signal crête à crête était peu affectée par le niveau de filtrage (Eres) sélectionné. L’échelle, puissance moyenne incidente par rapport à la tension crête à crête, est de 2.2 mW/V ( $\pm 15\%$ ) pour une fréquence de modulation de 300 Hz. La lecture de puissance étant prise devant le radiomètre, la réponse mesurée tient compte de la transmission de la lentille collectrice à 3.726  $\mu\text{m}$ .

Pour les mesures d’irradiance (effectuées le 2004-10-25) nous avons enregistré une trace avec le radiateur en opération ainsi qu’une autre, l’arrière-plan, sans le radiateur (voir figure 3). Puisque les lames du hacheur sont plus chaudes que l’arrière-plan, les traces mesurées avec et sans radiateur ne sont pas en phase. On ne peut donc pas simplement soustraire les valeurs crête à crête. On soustrait donc les traces puis on mesure la valeur crête à crête sur la différence. La puissance ainsi mesurée est de 1.3  $\mu\text{W}$  (soit 0.61 mV crête à crête), ce qui correspond à une irradiance de 88 nW/cm<sup>2</sup>. En plaçant un filtre passe-bande (le spectre de transmission,  $\sim 3.33$  à 4.54  $\mu\text{m}$ , sera présenté un peu plus bas) devant la lentille collectrice, nous avons obtenu environ 25% de cette valeur. Le rapport signal/bruit pour cette dernière mesure est cependant beaucoup plus faible puisque le niveau de signal du radiateur est alors comparable au niveau de signal de l’arrière-plan.

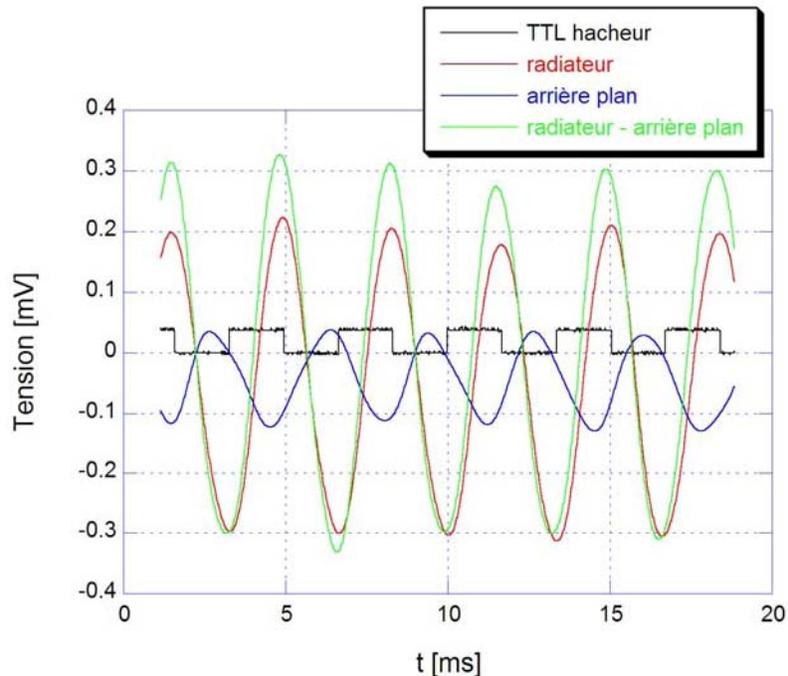
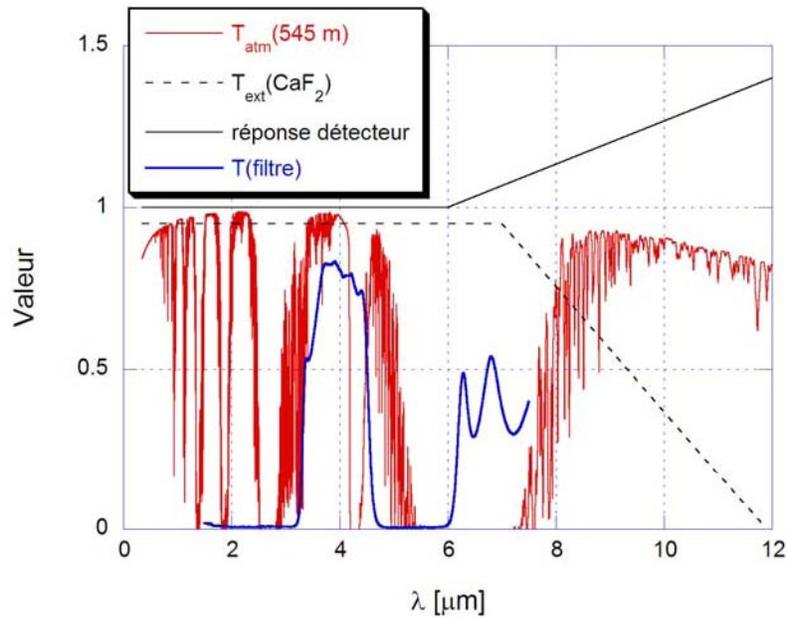


Figure 3. Signal traité obtenu lors de la mesure d'irradiance du radiateur.

## 4. Analyse

En comparant à la figure 2 la distribution de puissance mesurée à celle d'un corps noir, on constate que l'émissivité du radiateur semble plus élevée pour les longueurs d'onde élevées. Cela s'explique probablement par le fait que la tôle du réflecteur concave devient chaude et émet comme un corps noir à une température de quelques centaines de degrés Celsius. Si tel est le cas, la forme du spectre devrait dépendre de la distance de propagation puisque le rayonnement émis par la tôle chaude serait moins directionnel que la réflexion sur le réflecteur concave. Observé à grande distance, le spectre du radiateur devrait alors tendre vers celui d'un corps noir à 1073 K.

Pour calculer la forme du spectre reçu par notre radiomètre situé à une distance de 545 m, il faut tenir compte de la transmission atmosphérique, de la transmission de la lentille de  $\text{CaF}_2$  et de la réponse spectrale du détecteur pyroélectrique utilisé. Pour la mesure effectuée avec un filtre passe-bande, on doit aussi tenir compte du spectre de transmission de ce dernier. La figure 4 présente les fonctions de réponse et de transmission utilisées pour le calcul. La courbe de transmission atmosphérique a été calculée à l'aide de l'outil logiciel MODTRAN pour le modèle "mid-latitude summer" tandis que les courbes de réponse du détecteur et de transmission (externe) de la lentille sont fixées approximativement à partir de [3] et de [4, p. 7-16].

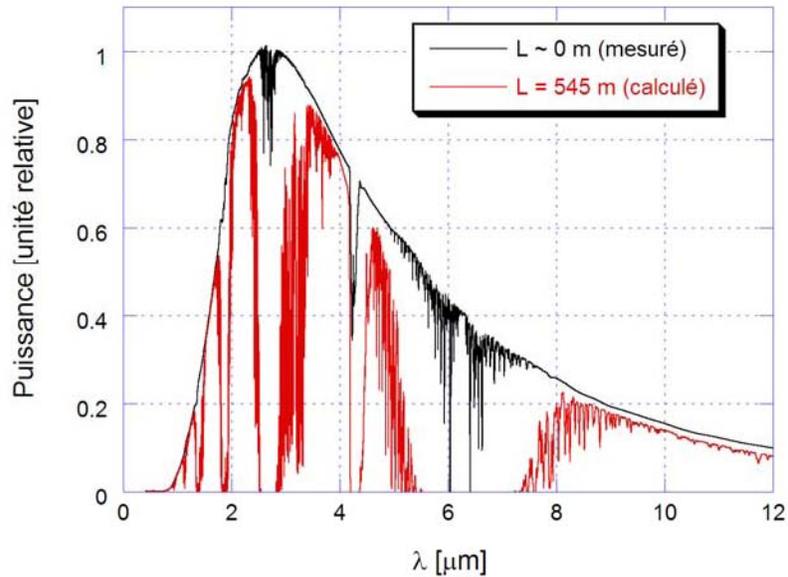


**Figure 4.** Fonctions de transfert utilisées pour calculer le spectre tel que détecté à 545 m par le radiomètre.

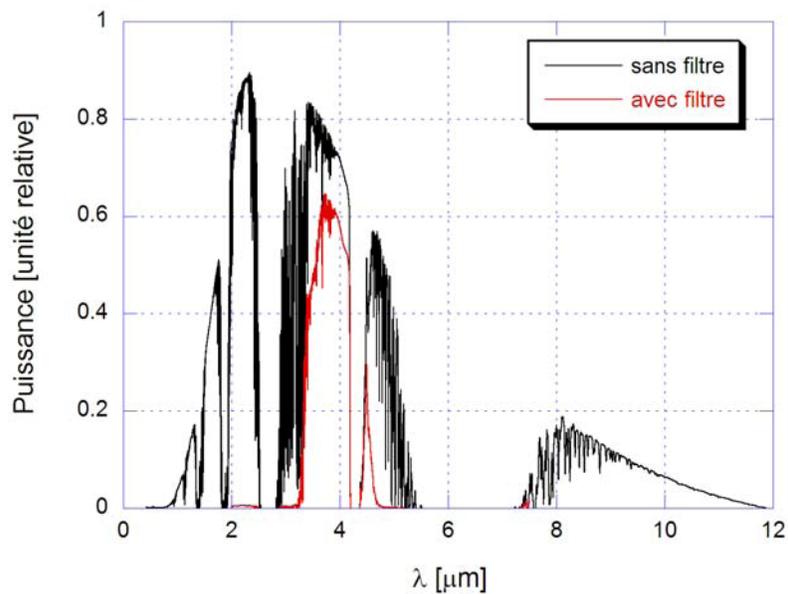
Afin de montrer l'effet de la propagation atmosphérique seule, la figure 5 présente dans un premier temps le spectre du radiateur mesuré de même que celui calculé pour une distance de propagation  $L$  de 545 m. Pour  $L = 545$  m, il s'agit donc du spectre incident sur le radiomètre. Notons qu'on n'y tient pas compte de la baisse de puissance en  $\sim 1/L^2$  mais seulement de la transmission atmosphérique. Comme nous l'avons mentionné plus tôt, la baisse de puissance due à l'éloignement de la source pourrait légèrement dépendre de la longueur d'onde si le spectre mesuré devait provenir en partie de la tôle du réflecteur. La figure 6 présente finalement le spectre tel que reçu par le radiomètre (avec et sans filtre passe-bande). Il s'agit du spectre calculé à 545 m de la figure 5, multiplié par les fonctions de transfert présentées à la figure 4 pour la lentille, le détecteur et le filtre passe-bande.

À partir de ces spectres, on peut évaluer la fraction de la puissance totale mesurée par le radiomètre qui est dans la bande 3 à 5  $\mu\text{m}$ . Pour le spectre émis par le radiateur et détecté à  $L = 545$  m par le radiomètre, on obtient environ 50% de la puissance totale entre 3 et 5  $\mu\text{m}$ . En effectuant le même calcul pour un corps noir à 1073 K, le pourcentage est légèrement plus élevé puisqu'on obtient alors 53% de la puissance totale détectée dans la bande 3 à 5  $\mu\text{m}$ . Puisque la différence est faible, on considérera que la valeur de 50% est la bonne.

Ainsi, d'après les mesures d'irradiance présentées à la section précédente, où nous avons mesuré une irradiance totale de  $88 \text{ nW/cm}^2$  avec le radiomètre, on peut évaluer que l'irradiance incidente sur le radiomètre, entre 3 et 5  $\mu\text{m}$ , était d'environ  $44 \text{ nW/cm}^2$  (soit 50% de l'irradiance mesurée).



**Figure 5.** Spectre normalisé émis par le radiateur et spectre calculé après propagation sur 545 m.



**Figure 6.** Spectre détecté à 545 m par le radiomètre, avec et sans filtre passe-bande.

Lors des mesures d'irradiance, nous avons mesuré environ 25% de la puissance sans filtre en plaçant un filtre passe-bande (3.33 à 4.54  $\mu\text{m}$ ) devant le radiomètre. Si on considère le spectre détecté multiplié par le spectre de transmission du filtre utilisé pour cette mesure (voir figure 6), on obtient également un rapport de 25%, ce qui est

en parfait accord avec la mesure. Notons toutefois que la transmission du filtre semble non nulle pour les longueurs d'onde supérieures à  $8 \mu\text{m}$  (voir figure 4). Nous avons négligé cette contribution pour le spectre calculé à la figure 6 puisque nous ne connaissons pas la forme exacte du spectre de transmission du filtre. Étant donné que l'émission du radiateur ainsi que la transmission de la lentille collectrice sont plus faibles dans cette bande, cela produirait toutefois une contribution peu importante sur la valeur calculée avec filtre.

Finalement, connaissant la distribution spectrale à 545 m (figure 5), ainsi que l'irradiance dans la bande 3 à  $5 \mu\text{m}$  ( $44 \text{ nW/cm}^2$ ), on peut étalonner le spectre en irradiance. Celui-ci est présenté à la figure 7. L'irradiance  $E$  (en  $\text{nW/cm}^2/\mu\text{m}$ ) y est évaluée à partir de :

$$E(\lambda, L = 545) = \frac{44 f_{inc}(\lambda, L = 545)}{\int_3^5 f_{inc}(\lambda, L = 545) d\lambda}, \quad (6)$$

où  $f_{inc}(\lambda, L = 545) = T_{atm}(L = 545) \times f(\lambda)$  est le spectre non étalonné de la figure 5.

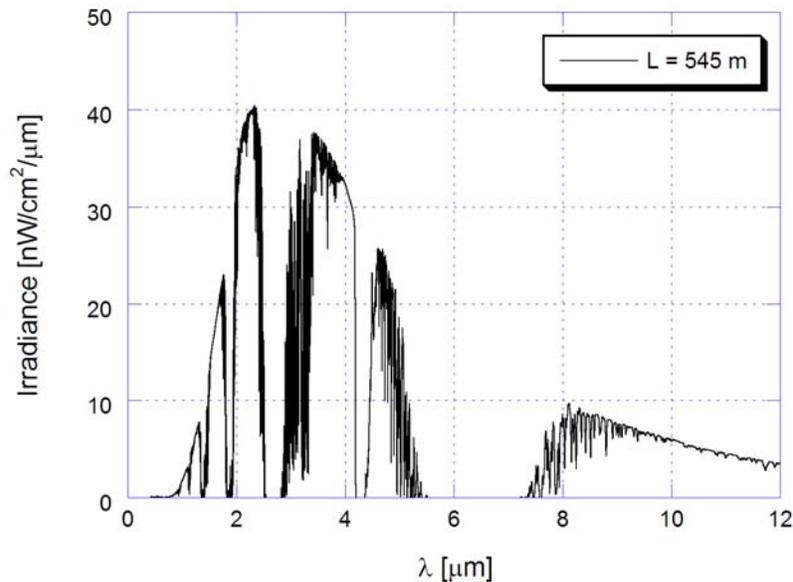


Figure 7. Distribution spectrale d'irradiance à 545 m du radiateur.

## 5. Conclusion

Nous avons mesuré le spectre d'émission d'un radiateur Airworks ainsi que l'irradiance à 545 m. Le spectre se rapproche de la distribution théorique pour un corps

noir à une température de 1073 K. Un tel radiateur peut donc être utilisé comme source chaude et puissante. Nous avons calculé qu'à 545 m, la puissance dans la bande 3 à 5  $\mu\text{m}$  représente 50% de la puissance totale mesurée à l'aide de notre radiomètre. Ainsi, nous avons pu évaluer la distribution spectrale d'irradiance à cette distance, qui est représentée à la figure 7.

## 6. Références

---

1. W.J. Smith, *Modern Optical Engineering, Third Edition*, p. 232, McGraw-Hill, 2000.
2. D. Vincent, J.-P. Morency, P. Mathieu, R. Durand, V. Laroche and H. Bérubé, "A Mid-Infrared Surveillance and Laser Engagement Demonstrator (MISLED)", DRDC Valcartier TR 2004-156, SANS CLASSIFICATION.
3. Fiche technique Molelectron P4-30/P4-40.
4. W. L. Wolfe, "Section 7: Properties of Optical Materials" in *Handbook of Optics*, W.G. Driscoll ed., McGraw-Hill, 1978.

## Liste de distribution

---

### RDDC Valcartier TN 2005-260

#### Distribution interne

- 1 - Directeur général
- 3 - Bibliothèque des documents
- 1 - J.-F. Lepage (auteur)
- 1 - D. Vincent (auteur)
- 1 - C/GÉO
- 1 - P. Mathieu
- 1 - B. Gilbert
- 1 - P. Brière
- 1 - P. Lahaie
- 1 - A. Morin
- 1 - L. Bissonnette
- 1 - J.-M. Thériault
- 1 - V. Roy
- 1 - D. St-Germain
- 1 - D. Dion
- 1 - E. Puckrin
- 1 - C. Laverdière
- 1 - J. Dumas
- 1 - T. Smithson
- 1 - V. Larochelle

#### Distribution externe

- 1 - Directeur R&D Gestion de la connaissance et de l'information (fichier PDF) DGRDKIM



**FICHE DE CONTRÔLE DU DOCUMENT**

<b>1. PROVENANCE</b> (le nom et l'adresse) R&D pour la défense Canada – Valcartier 2459 Boul. Pie XI Nord Val-Bélair, Qc, Canada G3J 1X5	<b>2. COTE DE SÉCURITÉ</b> (y compris les notices d'avertissement, s'il y a lieu) SANS CLASSIFICATION	
<b>3. TITRE</b> (Indiquer la cote de sécurité au moyen de l'abréviation (S, C, R ou U) mise entre parenthèses, immédiatement après le titre.) Caractérisation de l'émission d'un radiateur Airworks		
<b>4. AUTEURS</b> (Nom de famille, prénom et initiales. Indiquer les grades militaires, ex.: Bleau, Maj. Louis E.) Lepage, Jean-François et Vincent, Denis		
<b>5. DATE DE PUBLICATION DU DOCUMENT</b> (mois et année) Septembre 2005	<b>6a. NOMBRE DE PAGES</b> 21	<b>6b. NOMBRE DE REFERENCES</b> 4
<b>7. DESCRIPTION DU DOCUMENT</b> (La catégorie du document, par exemple rapport, note technique ou memorandum. Indiquer les dates lorsque le rapport couvre une période définie.) note technique		
<b>8. PARRAIN</b> (le nom et l'adresse) S/O		
<b>9a. NUMÉRO DU PROJET OU DE LA SUBVENTION</b> (Spécifier si c'est un projet ou une subvention) projet 13em11	<b>9b. NUMÉRO DE CONTRAT</b> S/O	
<b>10a. NUMÉRO DU DOCUMENT DE L'ORGANISME EXPÉDITEUR</b> TN 2005-260	<b>10b. AUTRES NUMÉROS DU DOCUMENT</b> S/O  N/A	
<b>11. ACCÈS AU DOCUMENT</b> (Toutes les restrictions concernant une diffusion plus ample du document, autres que celles inhérentes à la cote de sécurité.) <input checked="" type="checkbox"/> Diffusion illimitée <input type="checkbox"/> Diffusion limitée aux entrepreneurs des pays suivants (spécifier) <input type="checkbox"/> Diffusion limitée aux entrepreneurs canadiens (avec une justification) <input type="checkbox"/> Diffusion limitée aux organismes gouvernementaux (avec une justification) <input type="checkbox"/> Diffusion limitée aux ministères de la Défense <input type="checkbox"/> Autres (préciser)		
<b>12. ANNONCE DU DOCUMENT</b> (Toutes les restrictions à l'annonce bibliographique de ce document. Cela correspond, en principe, aux données d'accès au document (11). Lorsqu'une diffusion supplémentaire (à d'autres organismes que ceux précisés à la case 11) est possible, on pourra élargir le cercle de diffusion de l'annonce.) illimitée		

13. SOMMAIRE (Un résumé clair et concis du document. Les renseignements peuvent aussi figurer ailleurs dans le document. Il est souhaitable que le sommaire des documents classifiés soit non classifié. Il faut inscrire au commencement de chaque paragraphe du sommaire la cote de sécurité applicable aux renseignements qui s'y trouvent, à moins que le document lui-même soit non classifié. Se servir des lettres suivantes: (S), (C), (R) ou (U). Il n'est pas nécessaire de fournir ici des sommaires dans les deux langues officielles à moins que le document soit bilingue.)

Cette note présente la mesure et l'analyse du spectre d'un radiateur Airworks. Celui-ci se rapproche du spectre théorique d'un corps noir à une température de 1073 K. La mesure nous permet d'évaluer l'irradiance dans la bande 3 à 5  $\mu\text{m}$  à partir d'une mesure d'irradiance effectuée avec un radiomètre à large bande.

14. MOTS-CLÉS, DESCRIPTEURS OU RENSEIGNEMENTS SPÉCIAUX (Expressions ou mots significatifs du point de vue technique, qui caractérisent un document et peuvent aider à le cataloguer. Il faut choisir des termes qui n'exigent pas de cote de sécurité. Des renseignements tels que le modèle de l'équipement, la marque de fabrique, le nom de code du projet militaire, la situation géographique, peuvent servir de mots-clés. Si possible, on doit choisir des mots-clés d'un thésaurus, par exemple le "Thesaurus of Engineering and Scientific Terms (TESTS)". Nommer ce thésaurus. Si l'on ne peut pas trouver de termes non classifiés, il faut indiquer la classification de chaque terme comme on le fait avec le titre.)

Thermal source  
Blackbody radiation  
Spectrometry  
Radiometry



## **Defence R&D Canada**

Canada's leader in defence  
and national security R&D

## **R & D pour la défense Canada**

Chef de file au Canada en R & D  
pour la défense et la sécurité nationale



[WWW.drdc-rddc.gc.ca](http://WWW.drdc-rddc.gc.ca)