

Methods for the Evaluation and Design of Light-Pipe Systems for Commercial Buildings

PREPARED FOR:

The CANMET Energy Technology Centre (CETC)
Energy Technology Branch, Energy Sector
Department of Natural Resources Canada
Ottawa, Ontario, K1A 0E4
PWGSC Contract No. EA-0730-Q1
March 15, 2000

PREPARED BY:

R.B. Adamson and S.J. Harrison
Solar Calorimetry Laboratory
Queen's University, McLaughlin Hall
Kingston, Ontario, K7L 3N6
Tel: (613) 533-2588; Fax: (613) 533-6489
E-Mail: harrison@me.queensu.ca

SCIENTIFIC AUTHORITY:

François Dubrous
The CANMET Energy Technology Centre (CETC)
Energy Technology Branch, Energy Sector
Department of Natural Resources Canada
580 Booth Street, 13th Floor
Ottawa, Ontario, Canada, K1A 0E4

CITATION

R.B. Adamson and S.J. Harrison, Solar Calorimetry Laboratory, Queen's University. *Methods for the Evaluation and Design of Light-Pipe Systems for Commercial Buildings*. Prepared under PWGSC Contract File No. EA-0730-Q1. The CANMET Energy Technology Centre, (CETC) Energy Technology Branch, Energy Sector, Department of Natural Resources Canada, Ottawa, Ontario, Canada, 2000, (40 pages).

Copies of this report may be obtained through the following:

The CANMET Energy Technology Centre (CETC)
Energy Technology Branch, Energy Sector
Department of Natural Resources Canada
580 Booth Street, 13th Floor
Ottawa, Ontario,
Canada, K1A 0E4

DISCLAIMER

This report is distributed for informational purposes only and does not necessarily reflect the views of the Government of Canada nor constitute an endorsement of any commercial product or person. Neither Canada nor its ministers, officers, employees or agents make any warranty in respect to this report or assume any liability arising out of this report.

Acknowledgment

Funding for this research project was provided by the CAMNET Energy Technology Centre, Energy Technology Branch of the Energy Sector, Department of Natural Resources Canada and Queen's University.

The input and comments of Francois Dubrous of NRCan significantly contributed to the success of this project and were greatly appreciated.

Abstract

This report describes a study to investigate the potential of using current measurement and modeling techniques to characterize the performance of a Fusion-lamp light-pipe system in a commercial building application. To accomplish this task, a commercially available light-pipe was installed in a laboratory setting and measurements were conducted to determine its light output and distribution. The experimental data was then used to generate a series of standard data files that were used as input to an industry-standard lighting-design software program. Experimental measurements subsequently taken on a grid pattern, illuminated by the light-pipe, were found to closely match those predicted by the software program. The results of this study demonstrate the feasibility of evaluating light-pipe systems and illustrates the use of standard-lighting design software for the design of light-pipe installations.

Bref résumé

Le présent rapport contient une étude visant à évaluer les possibilités d'utilisation des techniques actuelles de mesure et de modélisation afin de caractériser le rendement d'un système de conducteur de lumière pour lampe à fusion dans une application liée aux bâtiments commerciaux. Pour ce faire, on a installé dans un laboratoire un système de conducteur de lumière vendu en magasin et on a procédé à des mesures en vue d'en déterminer la luminosité et les résultats obtenus en la matière. Les données expérimentales obtenues ont servi à produire une série de fichiers de données standard qui ont été introduits dans un logiciel de conception d'éclairage selon des normes approuvées dans le secteur industriel. Les mesures expérimentales prises par quadrillage de la surface illuminée par le conducteur de lumière se sont révélées très semblables à celles prévues par le logiciel. Les conclusions de l'étude démontrent clairement la possibilité d'évaluer les systèmes de conducteur de lumière, en plus de mettre en évidence l'utilité d'un logiciel de conception d'éclairage standard pour l'élaboration d'une installation de ce genre d'appareil.

**Methods for the Evaluation
and Design of Light-pipe Systems**

Table of Contents

1.0 INTRODUCTION1
 1.1 IES FILES1
2.0 APPARATUS AND MEASUREMENTS1
3.0 EVALUATION OF THE MODEL4
4.0 MEASUREMENT LIMITATIONS5
5.0 SIMPLIFIED MATHEMATICAL MODEL5
6.0 MODEL LIMITATIONS6
7.0 CONCLUSIONS7
8.0 REFERENCES8

APPENDIX A: SAMPLE IES FILE

APPENDIX B: RADIAL LIGHT DISTRIBUTIONS

APPENDIX C: PHOTOMETER CALIBRATION PLOT

**APPENDIX D: CONTOUR AND SURFACE PLOTS OF FLOOR-LEVEL
ILLUMINANCES**

APPENDIX E: MICRO LUMEN 7 CAD DRAWINGS AND ILLUMINATION RESULTS

**APPENDIX F: CORRELATION PLOTS OF MEASURED AND CALCULATED
ILLUMINANCE**

APPENDIX G: MAPLE WORKSHEET OF SIMPLISTIC MATHEMATICAL MODEL

**APPENDIX H: CORRELATION PLOTS OF MEASURED ILLUMINANCE AND
ILLUMINANCE CALCULATED WITH THE SIMPLIFIED MODEL**

Executive Summary

This report describes a study to investigate the potential of using current measurement and modeling techniques to characterize the performance of a Fusion-lamp light-pipe system in a commercial building application. To accomplish this task, a commercially available light-pipe was installed in a laboratory setting and measurements were conducted to determine its light output and distribution.

To conduct the experimental evaluation, the light-pipe was divided into 20 sections. Light levels were measured, at a series of complex angles, on each section while the other sections were masked. In effect, the light-pipe was evaluated as if it was composed of twenty point-sources, each with its own characteristics.

The experimental data was then used to generate a series of standard data files that were used as input to an industry-standard lighting-design software program. The program was subsequently used to predict the light levels on a horizontal plane located approximately two meters below the light-pipe axis. Experimental measurements taken on a grid pattern, illuminated by the light-pipe, were found to closely match those predicted by the software program.

Finally, due to the complexity involved in the experimental characterization, a simplified model that represented the light-pipe as a planar "lambertian" surface was proposed and compared to the experimental measurements. This simplified model was found to produce comparable results to the two previous methods when experimental errors are considered.

The results of this study demonstrate the feasibility of evaluating light-pipe systems and illustrates the use of standard-lighting design software for the design of light-pipe installations.

Résumé

Le présent rapport contient une étude visant à évaluer les possibilités d'utilisation des techniques actuelles de mesure et de modélisation afin de caractériser le rendement d'un système de conducteur de lumière pour lampe à fusion dans une application liée aux bâtiments commerciaux. Pour ce faire, on a installé dans un laboratoire un système de conducteur de lumière vendu en magasin et on a procédé à des mesures en vue d'en déterminer la luminosité et les résultats obtenus en la matière.

Afin de réaliser cette évaluation expérimentale, on a divisé le conducteur de lumière en 20 sections. Les niveaux de luminosité ont été déterminés en fonction d'une série d'angles complexes dans une section donnée, alors que les autres parties du conducteur étaient voilées. Dans les faits, le conducteur de lumière a été évalué comme s'il était composé de vingt points de source de luminosité, chacun présentant ses propres caractéristiques.

Les données expérimentales obtenues ont servi à produire une série de fichiers de données standard qui ont été introduits dans un logiciel de conception d'éclairage selon des normes approuvées dans le secteur industriel. Par la suite, ce programme a permis de déterminer à l'avance les niveaux de luminosité correspondant à un plan horizontal situé à environ deux mètres sous l'axe du conducteur de lumière. Les mesures expérimentales prises par quadrillage de la surface illuminée par le conducteur de lumière se sont révélées très semblables à celles prévues par le logiciel.

Finalement, compte tenu de la complexité entourant la caractérisation expérimentale, un modèle simplifié, représentant le conducteur de lumière comme étant une surface de plans conforme à la Loi de Lambert, a été proposé et comparé aux mesures obtenues par expérimentation. On a alors constaté que ce modèle simplifié donnait des résultats comparables à ceux obtenus avec les deux méthodes précédentes où étaient prises en compte les erreurs d'expérimentation.

Les conclusions de l'étude démontrent clairement la possibilité d'évaluer les systèmes de conducteur de lumière, en plus de mettre en évidence l'utilité d'un logiciel de conception d'éclairage standard pour l'élaboration d'une installation de ce genre d'appareil.