



**THE DETERMINATION OF FENESTRATION
SOLAR HEAT GAIN COEFFICIENT
USING SIMULATED SOLAR IRRADIANCE**

PREPARED FOR:

CANMET Energy Technology Centre
Energy Technology Branch, Energy Sector
Department of Natural Resources Canada
Ottawa, Ontario, Canada, K1A 0E4
DSS Contract No. 23440-0-9469
October, 1992

PREPARED BY:

Solar Calorimetry Laboratory
Department of Mechanical Engineering
Queen's University
144 Albert Street
Kingston, Ontario, Canada
(613) 545-2591; Fax: (613) 545-6549

SCIENTIFIC AUTHORITY:

Joël Allarie
Buildings Group
CANMET Energy Technology Centre
Energy Technology Branch, Energy Sector
Department of Natural Resources Canada
580 Booth Street, 13 Floor
Ottawa, Ontario, Canada, K1A 0E4

CITATION

Solar Calorimetry Laboratory, Department of Mechanical Engineering, Queen's University, The Determination of *Fenestration Solar Heat Gain Coefficient Using Simulated Solar Irradiance*. DSS Contract No. 23440-0-9469. The CANMET Energy Technology Centre, Energy Technology Branch, Energy Sector, Department of Natural Resources Canada, Ottawa, Ontario, Canada, 1992, (24 pages).

Copies of this report may be obtained through the following:

The CANMET Energy Technology Centre,
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 information 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.

NOTE

Funding for this project was provided by the Federal Panel on Energy Research and Development, Department of Natural Resources Canada.

FOREWORD

This document describes a test method for the determination of fenestration solar heat gain coefficient (SHGC) using simulated solar irradiance. This test method has been prepared by the Solar Calorimetry Laboratory, Queen's University, Kingston, Ontario.

The increased emphasis on energy performance and peak load reduction has resulted in a variety of new energy-efficient window products being introduced into the market place. As a result, standards are being developed in Canada and the United States to provide guidelines for the evaluation and rating of complete window (fenestration) thermal performance. In particular, the values of the thermal transmittance or U-value, and the values of the solar heat gain coefficient (SHGC) must be determined.

Traditionally, the determination of fenestration energy performance has been undertaken using tables contained in design handbooks. This has allowed estimates of thermal performance to be made for simple fenestration systems, however recent developments in window technology are providing consumers with a wide range of previously unavailable products. Innovative, high performance fenestration systems now incorporate special coatings, gas-filled glazings units and integral shading devices which minimize thermal losses and control solar gains. As well, advanced glazing systems incorporating electrochromic, photochromic, or thermochromic properties may be commonplace in the future. The accuracy of these traditional methods is unknown when applied to these complex fenestration systems.

Several computer simulation programs are also currently available to calculate the SHG of fenestration components and/or systems under a variety of specified environmental conditions but they have yet to be thoroughly validated against independent experimental measurements. Their ability to deal with complex fenestration systems incorporating shading devices, diffusely transmitting/reflecting layers, or opaque elements has not yet been demonstrated.

Anticipating the requirement for universal, testing and rating methods, Energy, Mines and Resources Canada, through the Buildings Group of CANMET, undertook to support the development of a unique test capability based on the use of a solar simulator test facility. Contracting with the Solar Calorimetry Laboratory of Queen's University, a prototype test facility was designed and installed at the Canadian National Solar Test Facility (NSTF) between April 1988 and March 1989.

Based on preliminary investigations conducted at the Technical University of Denmark and at DSET Laboratories Inc. in Arizona, the SCL developed a test procedure that yielded both SHGC and "daytime" U-values for residential fenestration systems. The prototype test apparatus constructed for this initial study was subsequently used to evaluate the test method. Sixteen window samples of differing design were evaluated with this prototype apparatus and the results were compared with simulated values.

These initial tests were promising, however the prototype apparatus, while being suitable for research purposes, was not practical for commercial testing. Consequently, CANMET decided to support the development of an improved commercial grade test facility. During the period that followed, the SCL designed and installed a new test facility at the NSTF. In addition, major modifications to the NSTF environmental simulator facility were completed, improving its flexibility and extending its operating range. During the summer of 1992, the complete facility was calibrated and validation testing was conducted in conjunction the CSA A440.2 Standards

Committee. In all, ten commercially available windows were tested.

The current draft of the test method was produced as a result of this testing program. This document details a method to evaluate solar heat gain coefficient (SHGC) and represents Part I of the full test method. Part II which addresses the determination of "daytime" U-value is still under review and awaits validation with the new test facility.

The existing test method references and draws upon the extensive work conducted over the past ten years in support of ANSI/ASHRAE 93-1986 "Methods of Testing to Determine the Thermal Performance of Solar Collectors", which includes requirements for the calorimetric measurement of solar collectors using simulated solar irradiance. Many of the techniques used in this standard are directly applicable to fenestration performance evaluation.

The indoor solar simulator based approach offers a number of advantages. Control of climatic parameters such as solar radiation, temperature, wind and humidity permit highly repeatable test conditions. Other advantages include the flexibility to test windows of varying size and complexity.

Obvious disadvantages associated with this approach are the physical accessibility of full scale solar simulators to some manufacturers, as well as potentially high costs relative to some simplified computational procedures. Questions regarding discrepancies between the indoor simulator spectrum and outdoor spectrum also need to be addressed. In particular, the effects of spectrum variations on glazing transmittance/reflectance values requires quantification.

Worldwide, a large number of advanced solar simulator test facilities exist that may be suitable for use with this test method and consequently it is anticipated that this document may form the basis for a variety of national and international standards.

AVANT-PROPOS

Le présent document décrit une méthode d'essai visant à déterminer le coefficient d'apport par rayonnement solaire (CARS) d'une fenestration au moyen de la simulation de l'éclairement énergétique du soleil. Cette méthode d'essai a été préparée par le Solar Calorimetry Laboratory (SCL) de la Queen's University de Kingston (Ontario).

L'importance accrue accordée au rendement énergétique et à la réduction des charges de crête a conduit à l'apparition sur le marché d'une variété de fenêtres à haut rendement énergétique. Par conséquent, des normes sont élaborées au Canada et aux États-Unis en vue de fournir des lignes directrices pour l'évaluation et la classification du rendement thermique d'un ensemble complet de fenêtres (fenestration). Il faut en particulier déterminer les valeurs du facteur de transmission thermique ou coefficient U et les valeurs du coefficient d'apport par rayonnement solaire (CARS).

Auparavant, la détermination du rendement énergétique de la fenestration était effectuée à l'aide de tables contenues dans des manuels de conception. Il a ainsi été possible de faire des estimations du rendement thermique pour des fenestrations simples, mais les récents perfectionnements réalisés dans la technologie des fenêtres permettent d'offrir aux consommateurs une vaste gamme de produits qui n'existaient pas auparavant. Des fenestrations d'un nouveau type à haut rendement comprennent maintenant des revêtements spéciaux, des vitrages remplis de gaz et des dispositifs d'occultation incorporés qui réduisent les pertes thermiques et régularisent les gains solaires. De même, des vitrages perfectionnés possédant des propriétés électrochromes, photochromes ou thermochromes pourraient bien être courants dans le futur. On ignore l'exactitude de ces méthodes classiques lorsqu'elles sont appliquées aux fenestrations complexes.

Plusieurs programmes de simulation sur ordinateur peuvent aussi être utilisés aujourd'hui pour calculer l'apport par rayonnement solaire des éléments de la fenestration ou des systèmes, ou des deux, dans une variété de conditions environnementales spécifiées, mais il reste encore à en faire une validation en profondeur par comparaison avec des mesures expérimentales indépendantes. Leur possibilité d'application à des fenestrations complexes comprenant des dispositifs d'occultation, des couches de transmission/réflexion par diffusion ou des éléments opaques n'a pas encore été démontrée.

En prévision de la nécessité de méthodes universelles d'essai et de classification, Énergie, Mines et Ressources Canada, par l'intermédiaire du Groupe du bâtiment de CANMET, a décidé d'appuyer la mise en place d'une installation d'essai unique basée sur l'utilisation d'une installation d'essai à simulateur solaire. Dans le cadre d'un contrat passé avec le Solar Calorimetry Laboratory de la Queen's University, un prototype d'installation d'essai a été conçu et installé au Centre national d'essais d'équipements solaires (CNEES) entre avril 1988 et mars 1989.

En se basant sur des études préliminaires effectuées à l'université technique du Danemark et aux DSET Laboratories Inc. en Arizona, le SCL a élaboré une méthode d'essai qui donnait à la fois le CARS et des coefficients U "diurnes" pour des fenestrations de maisons. Le prototype d'appareil d'essai construit pour cette étude initiale a par la suite été utilisé pour évaluer la méthode d'essai. Seize échantillons de fenêtres de différents modèles ont été évalués à l'aide de ce prototype d'appareil et les résultats ont été comparés avec des valeurs obtenues par simulation.

Ces essais initiaux étaient prometteurs, mais le prototype d'appareil, même s'il convenait bien à des fins de recherche, n'était pas pratique pour des essais commerciaux. Par conséquent, CANMET a décidé d'appuyer la mise en place d'une installation d'essai améliorée de qualité commerciale. Pendant la période qui a suivi, le SCL a conçu et installé une nouvelle installation d'essai au CNEES. En outre, d'importantes modifications de l'installation de simulation du milieu du CNEES ont été achevées, ce qui a permis d'accroître sa flexibilité et d'élargir son champ d'application. Au cours de l'été 1992, l'installation complète a été étalonnée et des essais de validation ont été effectués conjointement avec le Comité de normalisation CSA A440.2. Au total, dix fenêtres offertes sur le marché ont été mises à l'essai.

Le projet actuel de méthode d'essai a été élaboré à la suite de ce programme d'essai. Le présent document décrit une méthode d'évaluation du coefficient d'apport par rayonnement solaire (CARS) et il représente la partie I de la méthode d'essai complète. La partie II, qui porte sur la détermination du coefficient U "diurne", est encore en révision et elle sera validée avec la nouvelle installation d'essai.

En plus de faire référence à l'énorme travail de soutien effectué au cours des dix dernières années pour la norme ANSI/ASHRAE 93-1986 intitulée "Methods of Testing to Determine the Thermal Performance of Solar Collectors", qui comprend des exigences pour la mesure calorimétrique de capteurs solaires par simulation de l'éclairement énergétique du soleil, la méthode d'essai existante bénéficie de ce travail. Bon nombre des techniques utilisées dans cette norme sont directement applicables à l'évaluation du rendement des fenestrations.

L'approche basée sur le simulateur solaire intérieur offre un certain nombre d'avantages. La régulation des paramètres climatiques tels rayonnement solaire, température, vent et humidité permet de créer des conditions d'essai facilement reproductibles. Les autres avantages sont notamment la flexibilité pour l'essai de fenêtres de tailles et de degrés de complexité divers.

Les inconvénients évidents associés à cette approche ont trait à l'accessibilité physique à des simulateurs solaires grandeur réelle pour certains fabricants ainsi qu'aux coûts potentiellement élevés concernant certaines méthodes de calcul simplifiées. Il faut aussi s'intéresser aux questions concernant les écarts entre le spectre du simulateur intérieur et le spectre extérieur. En particulier, il faut quantifier les effets des variations du spectre sur les valeurs des facteurs de transmission/réflexion du vitrage.

À l'échelle mondiale, il existe un grand nombre d'installations d'essai à simulateur solaire perfectionnées qui peuvent appliquer la présente méthode d'essai. Par conséquent, on prévoit que le présent document peut constituer la base d'une variété de normes nationales et internationales.

TABLE OF CONTENTS

1. PURPOSE.....	1
2. SCOPE	1
3. DEFINITIONS AND NOMENCLATURE.....	2
4. INSTRUMENTATION	4
5. APPARATUS AND TEST MEASUREMENTS	5
6. TEST PROCEDURES AND COMPUTATIONS.....	8
7. DATA TO BE RECORDED AND TEST REPORT.....	11
8. REFERENCES	13

APPENCICES

A - Thermal Performance Equations	14
B - Linear Regression Analysis	16
C - Calibration Method	17
D - Uncertainty Calculation Procedure.....	18
E - Minimizing And Accounting For Air Infiltration	19

LIST OF FIGURES

1. Test Apparatus Arrangement	5
2. Sample Plot for the Determination of SHGC	10
3. Air Leakage Curves	19

LIST OF TABLES

7.1 Test Data to be Measured and Recorded	11
7.2 Data and Information to be included in Test Report.....	12