

A high accurate numerical solution for the conductive heat transport in a circular cylinder with applications in automotive transportation and aerospace applications

Prof. Dr. Dan Curticapean

Fakultät Medien und Informationswesen (M+I)
Studiendekan Medientechnik/
Wirtschaft+Praktikantenleiter Fakultät Medien und Informationswesen (M+I)

Badstraße 24
77652 Offenburg
Tel. 0781 205-217
E-Mail: dan.curticapean@fh-offenburg.de

1964: Geboren

1983: Studium der Physik an den Universitäten Bukarest und Temesvar, Abschluss 1987

Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Temesvar und der Hochschule Offenburg
Freiberuflicher Dozent

2002: Promotion am Laboratoire des Systèmes Photoniques, École Nationale Supérieure de Physique de Strasbourg, Université Louis Pasteur, Strasbourg

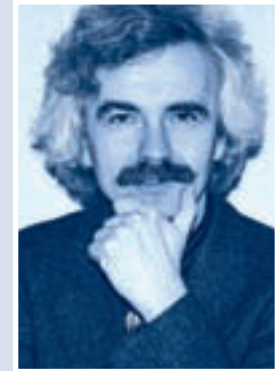
2003: Projektmanager in Forschung und Entwicklung bei HYDAC ELECTRONIC GMBH Saarbrücken

Seit 2004: Mitglied der Optical Society of America (OSA)

Seit Oktober 2006: Professor für Medientechnik an der Hochschule Offenburg, Fakultät für Medien und Informationswesen

Seit 2008: Session Chair and Committee Member „Photonics in the Automobile – Photonics Europe 2008 Strasbourg (EPE118)“, Mitglied der SPIE, Mitglied des Instituts für Angewandte Forschung (IAF) der Hochschule Offenburg

Forschungsgebiete: Physik, Mathematik, Medientechnik, Digitale Medien, Messtechnik, Photonics, Labor Medientechnik, Labor Physik



3.8 A high accurate numerical solution for the conductive heat transport in a circular cylinder with applications in automotive transportation and aerospace applications

Prof. Dr. Dan Curticapean
As. Prof. Dr. Dr. Adrian Neculae

Der Mitautor Adrian Neculae lehrt und forscht im Bereich Festkörperphysik an der West-Universität zu Temeschwar am Lehrstuhl für experimentelle Physik.

Es wird eine analytische Lösung der Wärmedifferentialgleichung vorgestellt, die zur Temperaturüberwachung unter erschwerten Bedingungen, wie sie etwa in der Automobil- oder Luftfahrtindustrie auftreten können, dient. Diese Lösung ist sowohl einfach zu implementieren als auch sehr präzise.

An enormous variety of industrial processes (welding, splicing, annealing, thermal insulation, metal and glass manufacturing, condition monitoring etc.) deals with the control of the heat transfer problem.

A solution for radial heat transport inside a circular cylinder submitted to Dirichlet type boundary conditions is presented. Two cases are considered: a) an infinite cylindrical body heated from outside. The outer border temperature of the cylinder is maintained at the value T_H and

the temperature inside the cylinder at the beginning of the heating process, T_C , is constant. b) an infinite cylindrical body heated from inside with a co-axial cylinder.

At the beginning of the heating process the temperature of the heating cylinder is T_H and the main cylinder is considered at the room temperature, $T_C < T_H$ (see Figure 3.8-1).

The conductive heat transport equation in cylindrical co-ordinates has the general form:

$$\frac{\partial T(r,t)}{\partial t} = a \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T(r,t)}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T(r,t)}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 T(r,t)}{\partial z^2} \right)$$

Considering the mentioned Dirichlet boundary conditions, an analytical solu-

tion of the temperature T distribution was obtained:

$$T(\xi,t) = T_C + \left[\sum_{n=1}^{\infty} K_n e^{-\lambda_n^2 t} \cdot J_0(\lambda_n \cdot \xi) + 1 \right] \cdot (T_H - T_C)$$

where $J_0(\lambda_n \cdot \xi)$ are the zero order Bessel functions with an infinite number of solutions λ_n . The constants K_n are yielded by the boundary condition considered for N uniformly distributed points on the cylinder radius. At a fixed point k we have:

$$\sum_{n=1}^N K_n \cdot J_0(\lambda_n \xi_k) = -1, \quad k = \overline{0, N-1}$$

where $\xi_k = \frac{k}{N}$ is the dimensionless

co-ordinate of the k point. We obtain a linear system of N equations, which can

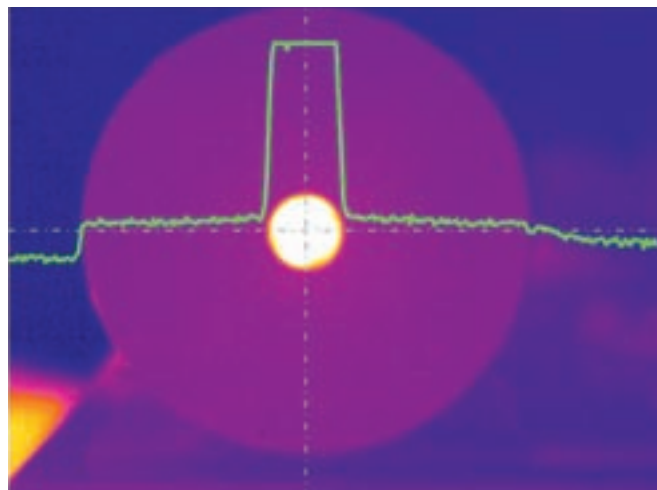


Fig. 3.8-1: Experimental measurements for the initial temperature profile using an IR camera

be written in the matricial form as follows:

$$\begin{pmatrix} K_1 \\ K_2 \\ \vdots \\ K_N \end{pmatrix} \begin{pmatrix} J_0(\lambda_1 \cdot \xi_1) & J_0(\lambda_2 \cdot \xi_1) & \dots & J_0(\lambda_N \cdot \xi_1) \\ J_0(\lambda_1 \cdot \xi_2) & J_0(\lambda_2 \cdot \xi_2) & \dots & J_0(\lambda_N \cdot \xi_2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ J_0(\lambda_1 \cdot \xi_N) & J_0(\lambda_2 \cdot \xi_N) & \dots & J_0(\lambda_N \cdot \xi_N) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 \\ -1 \\ \vdots \\ -1 \end{pmatrix}$$

Satisfactory results with an accuracy of less than 1% for the initial thermal conditions was obtained for a sum of $N \geq 500$ terms, which means that we are dealing with a linear system in terms of zero order Bessel function of 500 equations and 500 unknowns.

In order to confirm the validity of the hypothesis used in the model, a set of comparisons with experimental measurements and simulations performed with other codes are presented in the Figure 3.8-2 and shows that the computed curve and the experimental values follow the same behavior but with a considerable time shift. The differences can be explained by the error associated with the thermal inertia of the thermocouple and the delay in temperature recording from the thermocouple. A more sophisticated setup is necessary, composed of in situ temperature sensors distributed at different positions inside of the cylinder associated with a multi-channel high speed data acquisition system capable to acquire a sufficiently large number of measurements in the first seconds of the thermal process. We compared our results with simulations performed with an advanced FEM code, ANSYS, very well adapted to the thermal transfer problems but not very easy to handle and hardly accessible for a common user. The FEM simulations for temperature evolution at the interface between the cylinders are represented by boxes in Figure 3.8-2 and are in perfect agreement with our results.

The solution of the temperature field distribution for the case b is presented in the Figure 3.8-3.

References

[1] Dan Curticeanu, Adrian Neculae, "Temperature measurement using optical fiber with applications to automobiles considering a high accurate numerical solution for the conductive heat transport in a circular cylinder" – Proceedings of SPIE - Volume 7003 Optical Sensors 2008, 70032K, 2008 ISBN: 9780819472014

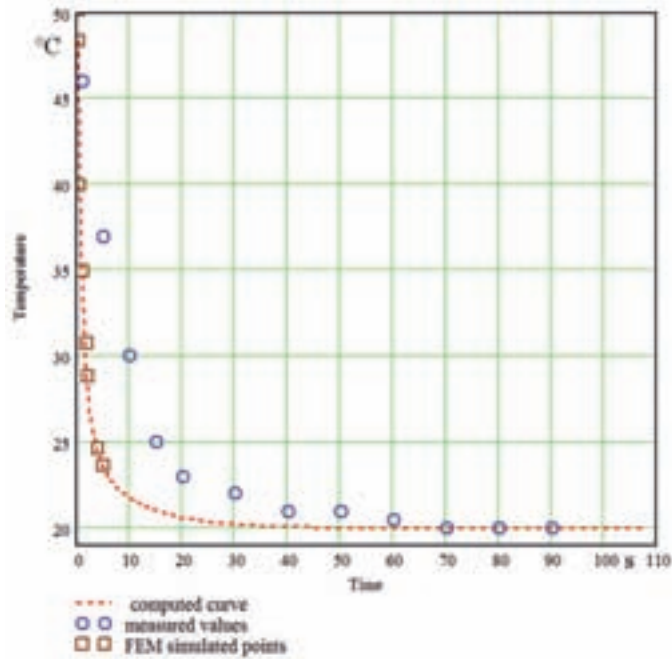


Fig. 3.8-2: Comparison between experimental measurements, FEM simulated points and the computed solution at $r = R_0$.

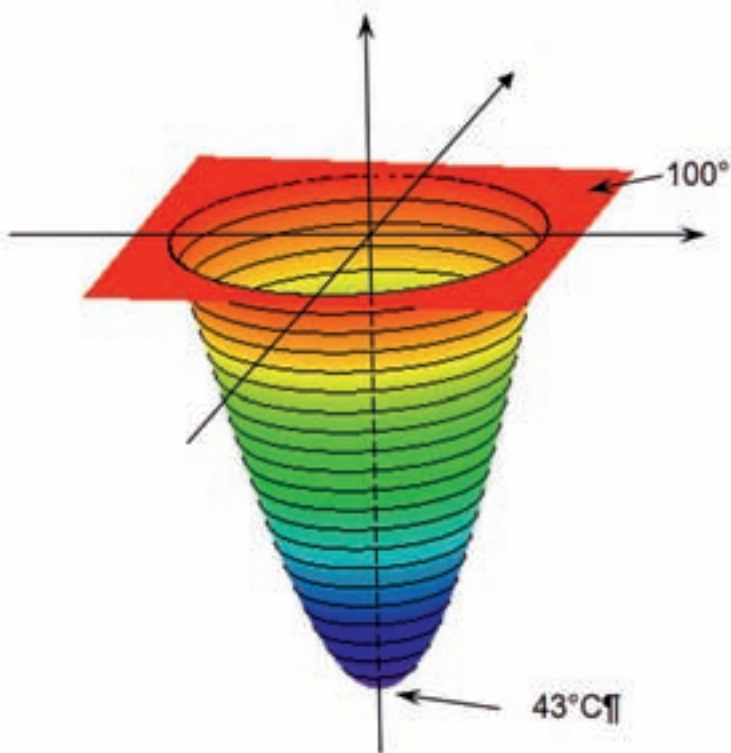


Fig. 3.8-3: Radial temperature distribution in an infinite cylindrical body heated from outside at $t = 5 \text{ s } N = 500$

3.9 Live aus Nogaro – Internet-Berichterstattung mit positiver Öffentlichkeitsresonanz

Prof. Dr. Dan Curticaean

Abstrakt

„Live aus Nogaro“ oder „Ein bisschen Formel 1 für Studenten.“ Nun ja, nicht ganz: Bei der Formel 1 verbraucht ein Rennstall ca 200.000 Liter Benzin pro Saison [1], bei dem Rennen in Nogaro jedoch steht genau ein Liter Sprit zur Verfügung. Und noch etwas unterscheidet die beiden Wettbewerbe: In der Formel 1 gibt es keine Vorschrift für die Mindestgeschwindigkeit, im Gegensatz zum Shell Eco-Marathon, wo eine Mindestgeschwindigkeit von 30 km/h vorgeschrieben ist.

In diesem Jahr kam das Rennfeeling durch die Live-Übertragung des Rennens im Internet noch besser an. Eine Gruppe von 16 Studenten aus verschiedenen Semestern der Fakultät Medien und Informationswesen zusammen mit sechs Betreuern und wissenschaftlichen Mitarbeitern der Fakultät Medien- und Informationswesen hatten sich als Ziel gesetzt, dieses Ereignis live und – in Anbetracht der Beteiligung der Hochschule am Rennen – möglichst neutral ins Internet zu senden.



Abb. 3.9-1: Die Anspannung steigt – kurz vor dem Start in der UrbanConcept-Klasse

Die Herausforderung war groß, denn zwar gab es schon etliche Live-Internet-Übertragungen (man denke zum Beispiel an die Mondfinsternisse oder den Fiber Optics Workshop), aber all diese Events fanden im Haus statt und somit waren die Technik und die Infrastruktur schon vor Ort vorhanden. Diesmal jedoch waren wir über 1100 km von der Hochschule entfernt, und keiner wusste genau, was uns dort erwartet. Mit akribischer Perfektion hatte Georg Huber alles vorbereitet: die Technik, den Transport, den Internetzugang, die Plattform zum Streamen, die Kommunikation, die Übertragungsfrequenzen, die Ver-

pfehlung und alles, was für eine erfolgreiche Live-Sendung dazugehört. Die Erfahrung, die Herr Huber in seinem Praxissemester beim ZDF als Aufnahmeleiter während der Tour de France und im „heute-Journal“-Studio sammeln konnte, haben sich zu unserem großen Vorteil erwiesen.

Der Internetzugang vor Ort offenbarte sich als eine wahre Herausforderung, aber auch die Verteilung der Außenkameras ließ sich mit einer Verlegung von ca. 3,5 km Kabel um die Rennstrecke in einer Rekordzeit von 8 Stunden lösen.



Abb. 3.9-2: Massenstart in der UrbanConcept-Klasse

In einer kleinen halbstündigen Generalprobe – eine Medientechnikvorlesung für die Studenten des ersten Semesters – konnten die letzten Schwierigkeiten erkannt werden.

Dann war es so weit: Am Donnerstag, den 21. Mai, gingen wir auf Sendung und berichteten bis Samstag in über 25 Stunden über die beiden Rennklassen UrbanConcept und Prototyp.

Der Stream wurde von Nogaro aus komprimiert und an die Internetplattform Mogulus nach New York versandt. Von dort aus wurde er durch einen Flash-Stream weltweit übertragen. Alle Zuschauer unserer Sendung, selbst die vor Ort in Nogaro, hatten den Stream dann direkt aus New York bezogen. Diese Lösung hat sich als sehr elegant erwiesen, da Probleme mit Bandbreitenbegrenzungen dadurch gelöst wurden. Ohne diese Lösung hätten wir weltweit einige Spiegelserver einrichten müssen. Ein weiterer Vorteil der Flash-Technik war die große Endnutzer-Kompatibilität und die Möglichkeit, die fertigen Beiträge sowie Zusammenfassungen als Video-on-Demand-Angebot einzurichten. Die Highlights und ausgewählten Beiträge sind unter <http://live.eco-marathon.de> zu sehen.

Die insgesamt 25 Stunden Sendezeit wurden weltweit von mehr als 3500 Zuschauern besucht, die über 120.000 Minuten bei unseren Beiträgen verweilten. Die meisten Zuschauer kamen aus den Ländern Deutschland, Frankreich, der Schweiz und den Niederlanden, aber auch aus Ungarn, Australien, den USA, Schweden, Italien, England, Chile, der Slowakei und anderen Ländern.

Über die Professionalität der Arbeit unseres Teams staunten nicht zuletzt die Mitarbeiter des französischen Senders „France 1“ und die des SNG, die im Auftrag von BBC vor Ort waren.

Shell Deutschland berichtete uns, dass sich aufgrund unserer Berichterstattung zwei weitere neue Teams für den neuen Shell Eco-Marathon im nächsten Jahr am Euro-Speedway Lausitz anmelden möchten. Nicht zuletzt waren wir glücklich, über den ersten Platz des Schluckspechtteams mit 3198 km/l berichten zu können.

Referenzen/References

- [1] ZDF „Umwelt“ Sendung vom 21.05.2006



Abb. 3.9-3: Kamerateam unterwegs in der Boxengasse



Abb. 3.9-4: Barbara Gamalski, Leiterin der Abteilung Kommunikation von Shell Deutschland, während einer Live-Sendung im Gespräch mit den Moderatoren Benedikt Huster und Ryotaro Kajimura



Abb. 3.9-5: Aufnahme des Autors aus dem Safetycar bei einer Verfolgungsjagd auf den Schluckspecht bei „Tempo“ 30 km/h