

**Transferts conductifs en régimes variables**  
*Unsteady Heat Conduction*

**Code cours** *Course code:* TCR

**Crédits ECTS** *ECTS Credits:* 2

<b>Département</b> <i>Department</i>	: ET	<b>Cours</b> <i>Lectures</i>	: 12,5 h
<b>Coordonnateurs</b> <i>Lecturers</i>	: Denis Lemonnier	<b>T.D.</b> <i>Tutorials</i>	: 12,5 h
<b>Période</b> <i>Year of study</i>	: 3 <sup>e</sup> année <i>3rd year</i>	<b>T.P.</b> <i>Laboratory sessions</i>	: ---
<b>Semestre</b> <i>Semester</i>	: 5 <sup>e</sup> semestre <i>5th semester</i>	<b>Projet</b> <i>Project</i>	: ---
<b>Evaluation</b> <i>Assessment method(s)</i>	: 1 examen <i>1 written exam</i>	<b>Non encadré</b> <i>Homework</i>	: ---
<b>Langue d'instruction</b> <i>Language of instruction</i>	: Français <i>French</i>	<b>Horaire global</b> <i>Total</i>	: 25 h
	: Obligatoire <i>Compulsory</i>	<i>hours</i>	
<b>Type de cours</b> <i>Type of course</i>	: Graduate		
<b>Niveau</b> <i>Level of course</i>			

**Compétences attendues :** savoir modéliser et résoudre de façon analytique, dans une optique de pré-dimensionnement, divers problèmes concrets de conduction, notamment à des fins d'identification des propriétés thermiques.

**Pré-requis :** Connaissances de base en conduction thermique : loi de Fourier, équation de la chaleur, grandeurs thermophysiques (conductivité, diffusivité), principales solutions en régime stationnaire, loi de Newton en convection (coefficient  $h$ ). Outils mathématiques : calculs élémentaires en nombres complexes, résolution d'équations différentielles du premier et second ordre (linéaire avec second membre), transformation de Laplace, séries de Fourier. Savoir établir des bilans de flux.

**Contenu :**

- Les régimes instationnaires en conduction (bases).
- Méthode de séparation des variables : application au problème d'Heissler.
- Utilisation de la transformation de Laplace : application aux problèmes de murs semi-infinis.
- Etude de cas : la méthode Flash.
- Principe de superposition : théorème de Duhamel.
- Méthode des températures complexes : application aux régimes périodiques et à la métrologie.
- Méthode intégrale de Karman-Pohlhausen.
- Méthodes de différences finies appliquées à la résolution de l'équation de la chaleur en régime instationnaire

**Bibliographie :**

- H. S. Carslaw, J. C. Jaeger, *Conduction of Heat in Solids*, Oxford Science Publication, 1959.  
 J. Martinet, *Elements de thermocinétique*, Tec & Doc Lavoisier, 1999.  
 J. Martinet, *Thermocinétique approfondie*, Tec & Doc Lavoisier, 1999.  
 M. N. Ozisik, *Heat Conduction*, Wiley-Interscience, 2<sup>nd</sup> édition, 1993.  
 Y. Yener, S. Kakac, *Heat Conduction*, CRC Press, 4<sup>th</sup> édition, 2008.  
 B. Gebhart, *Heat Conduction and Mass Diffusion*, MacGraw-Hill Int., Mechanical Engineering Series, 1993.  
 J. Taine, F. Enguehard, E. Iaconna, *Transferts thermiques*, Dunod, 5<sup>ème</sup> édition, 2014.  
 J. F. Sacadura, *Transferts thermiques. Initiation et approfondissement*, Tec & Doc Lavoisier, 5<sup>ème</sup> édition, 2015.  
 F. P. Incropera, D. P. DeWitt, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, John Wiley & Son, 5<sup>th</sup> édition, 2002

**Expected competencies:** be able to model and analytically solve, in a pre-dimensioning perspective, various concrete conduction problems, in particular for the identification of thermal properties.

**Prerequisites:** Basic knowledge in heat conduction: Fourier's law, heat equation, thermophysical quantities (conductivity, diffusivity), usual solutions in steady state, Newton's law for convection (the  $h$  coefficient). Mathematical background: complex numbers, solution of non-homogeneous first and second order linear differential equations, Laplace transform, Fourier series. Be able to express a flux budget correctly.

**Content:**

- Unsteady heat conduction (basics).
- Separation of variables: application to the Heissler problem.
- Use of Laplace transform: application to semi-infinite media.

- Case study: the Flash method.
- Superposition principle: the Duhamel's theorem.
- Complex temperatures: application to periodic regimes and to metrology.
- Karman-Pohlhausen's integral method.
- Some finite differences schemes for solving the transient heat equation.

**Recommended reading:**

- H. S. Carslaw, J. C. Jaeger, *Conduction of Heat in Solids*, Oxford Science Publication, 1959.
- J. Martinet, *Elements de thermocinétique*, Tec & Doc Lavoisier, 1999.
- J. Martinet, *Thermocinétique approfondie*, Tec & Doc Lavoisier, 1999.
- M. N. Ozisik, *Heat Conduction*, Wiley-Interscience, 2nd edition, 1993.
- Y. Yener, S. Kakac, *Heat Conduction*, CRC Press, 4<sup>th</sup> edition, 2008.
- B. Gebhart, *Heat Conduction and Mass Diffusion*, MacGraw-Hill Int., Mechanical Engineering Series, 1993.
- J. Taine, F. Enguehard, E. Iaconna, *Transferts thermiques*, Dunod, 5<sup>ème</sup> édition, 2014.
- J. F. Sacadura, *Transferts thermiques. Initiation et approfondissement*, Tec & Doc Lavoisier, 5<sup>ème</sup> édition, 2015.
- F. P. Incropera, D. P. DeWitt, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, John Wiley & Son, 5<sup>th</sup> edition, 2002.
-