Inspiré de...

Société Française
de Thermique

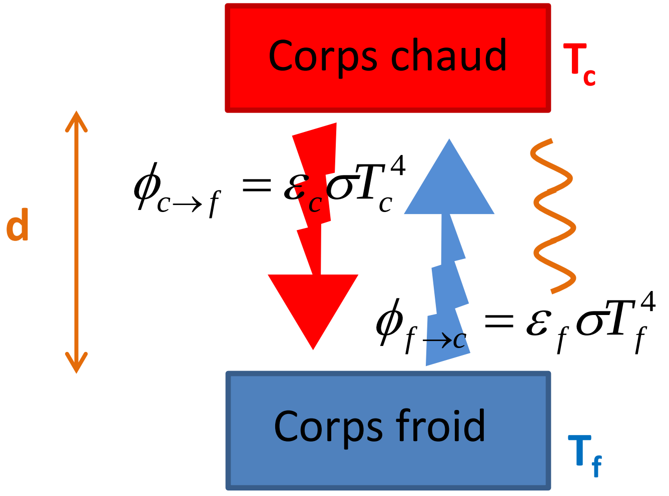
Nouvelles frontières de la thermique

Micro et nanothermique : le rayonnement thermique

Coordonné par
P.O. Chapuis et S. Lefèvre, CETHIL

Juin 2014

Rayonnement thermique : effet ondulatoire


Corps chaud
T_c
d
Corps froid
T_f

$$\phi_{c\to f} = \varepsilon_c \sigma T_c^4$$

$$\phi_{f\to c} = \varepsilon_f \sigma T_f^4$$

$$\lambda_{Wien} \approx 2900 / T[\mu m]$$

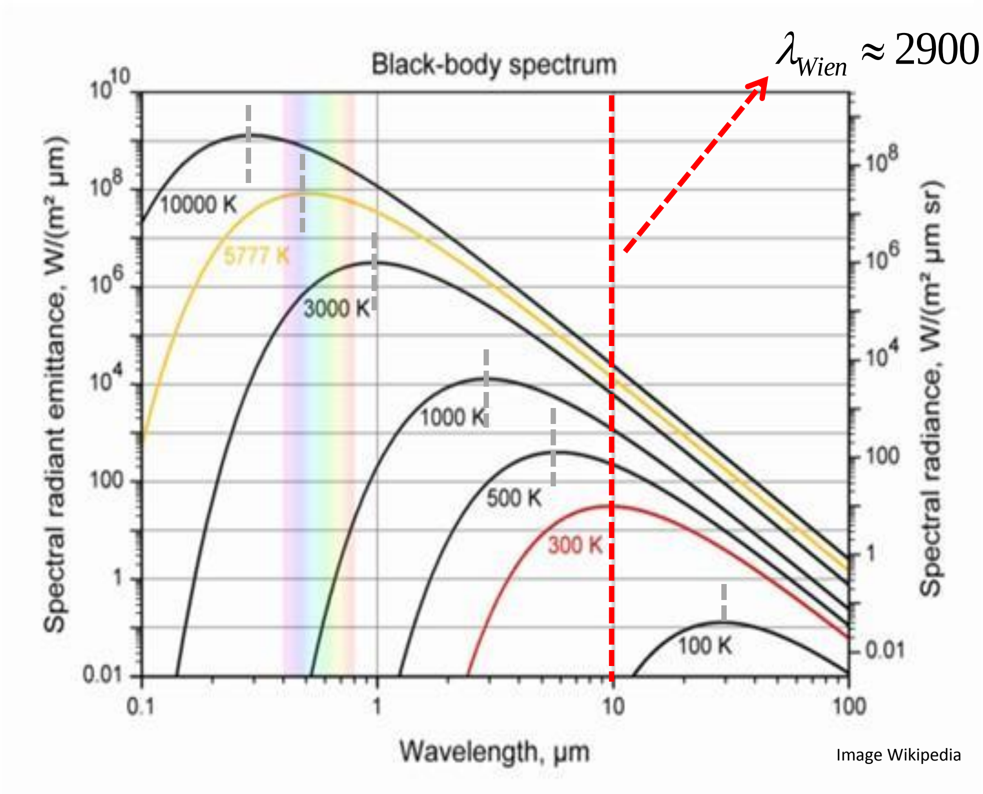
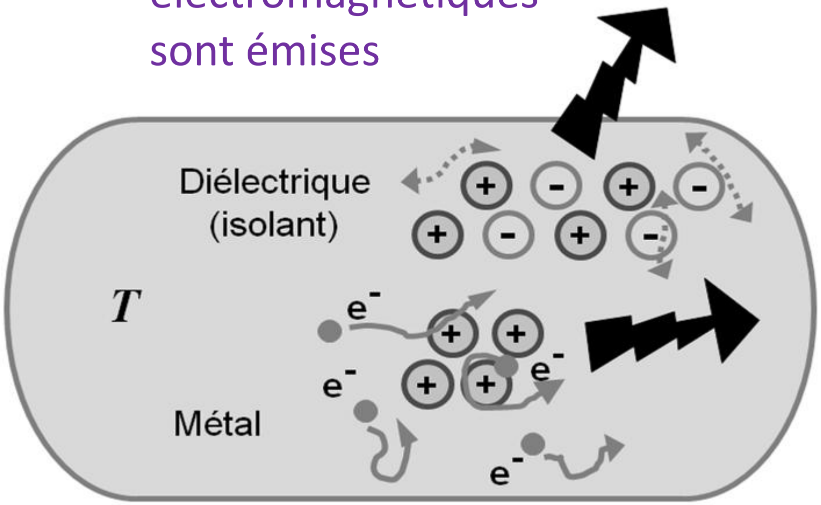


Image Wikipedia

$$\boxed{d < \lambda_{Wien} ?}$$

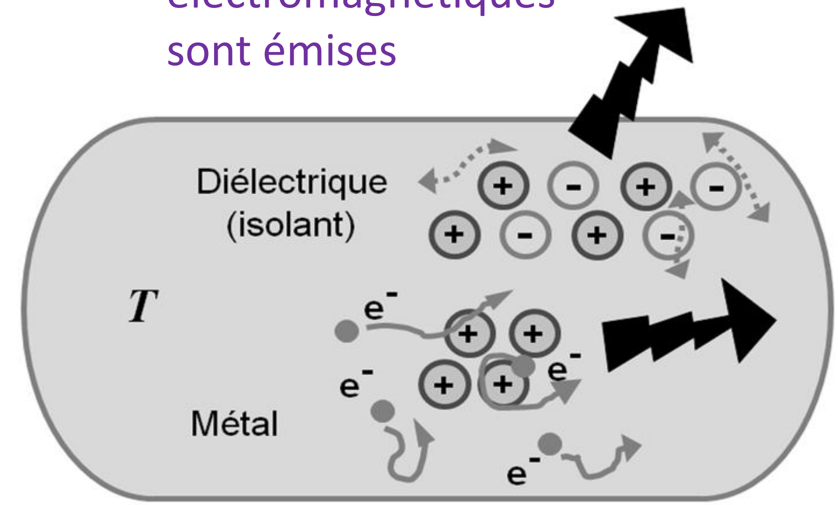
Rayonnement thermique : effet ondulatoire

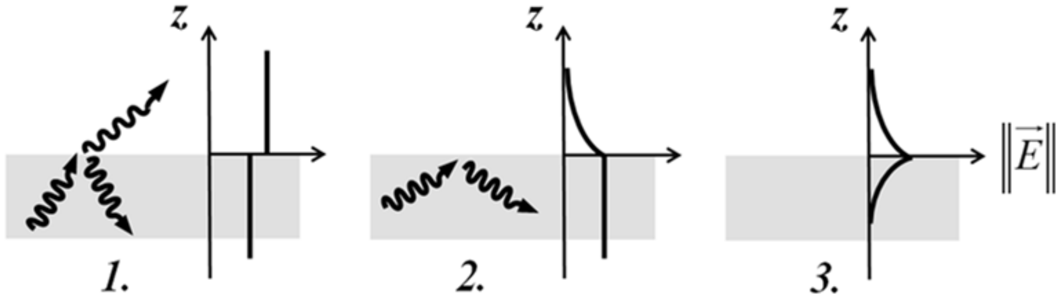
Rayonnement
= agitation de la matière
(électrons, atomes)
= dipôles qui rayonnent
→ des ondes électromagnétiques sont émises


Diélectrique
(isolant)
+
-
T
e^-
Métal

Rayonnement thermique : effet ondulatoire

Rayonnement
= agitation de la matière
(électrons, atomes)
= dipôles qui rayonnent
→ des ondes
électromagnétiques
sont émises


Diélectrique
(isolant)
T
e⁻
e⁻
e⁻
e⁻
Métal

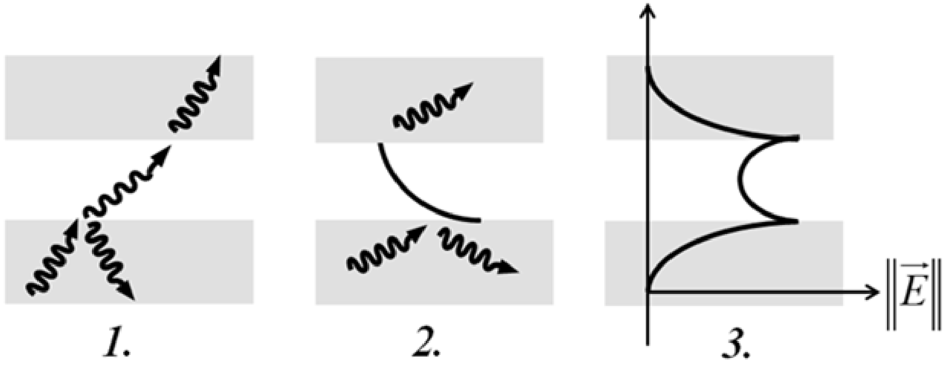


Ondes propagatives

Ondes de surface

Ondes évanescentes

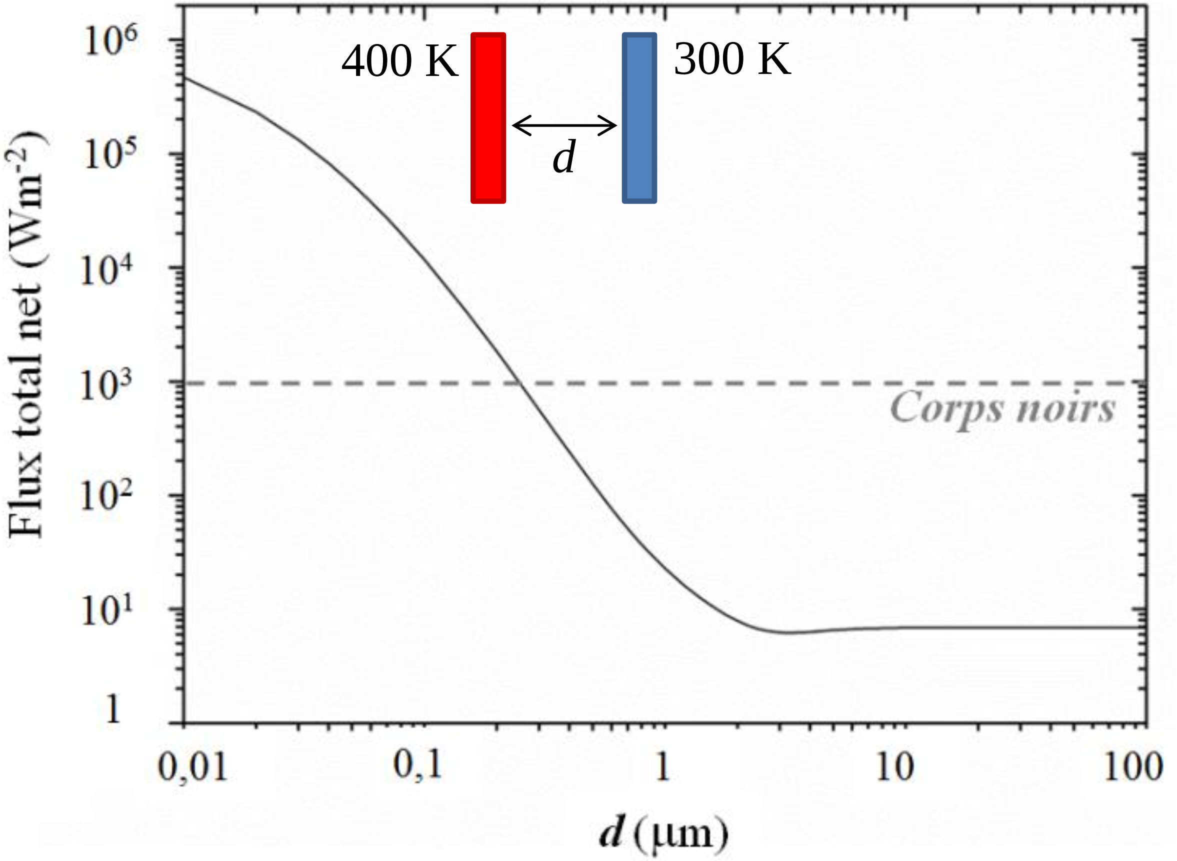
« Effet tunnel » d’ondes



Couplage d’onde de surfaces

Rayonnement thermique entre deux corps

Théorie : Polder et Van Hove (1971)

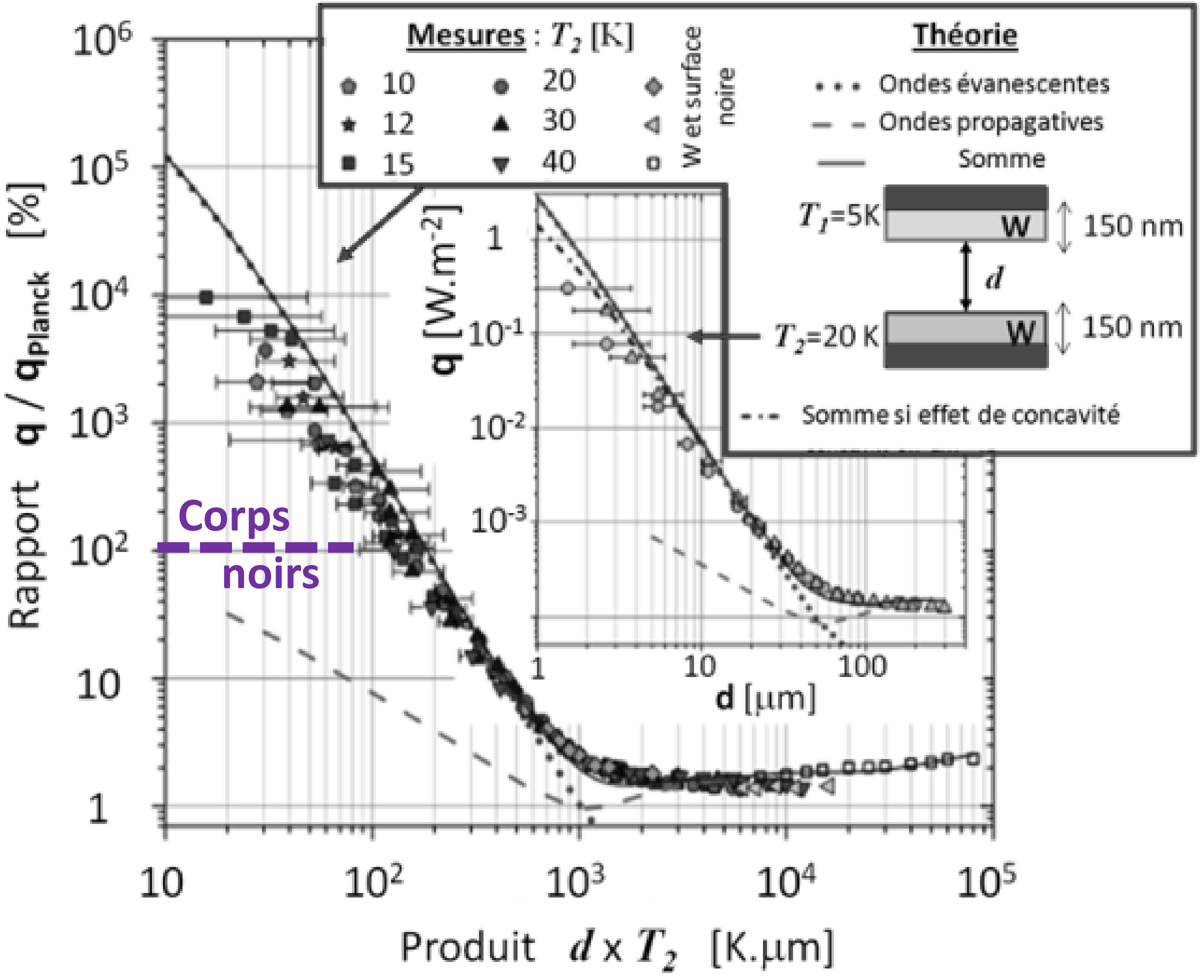


→ Forte augmentation du flux thermique échangé

Merci à Y. Tsurimaki

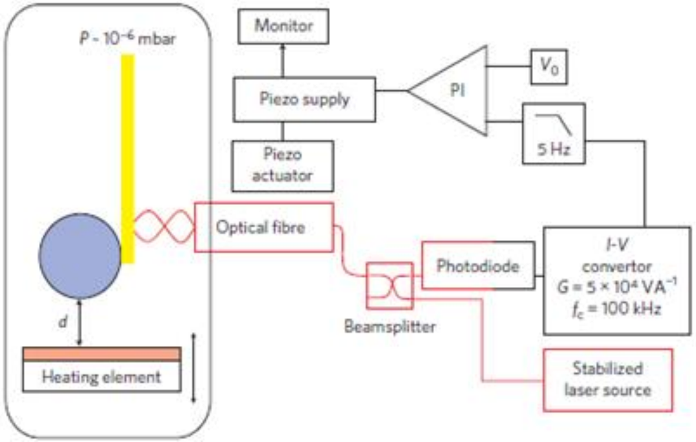
Rayonnement entre deux plaques

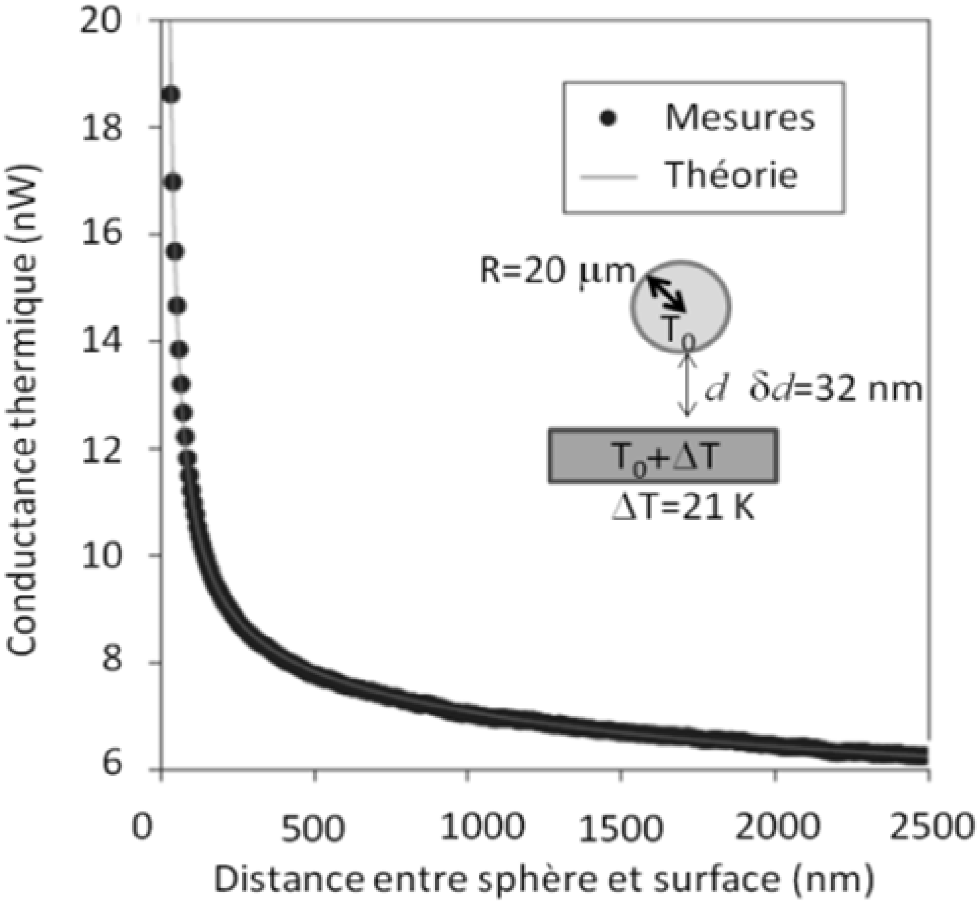
Karlik *et al.*, Physical Review Letters (2012)



Rayonnement entre une sphère et une surface

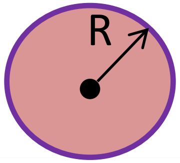
Rousseau *et al.*, Nature Photonics (2009)


P ~ 10⁻⁶ mbar
Monitor
Piezo supply
PI
V₀
5 Hz
Piezo actuator
Optical fibre
Photodiode
I-V convertor
G = 5 × 10⁴ VA⁻¹
f꜀ = 100 kHz
Beamsplitter
d
Heating element
Stabilized laser source



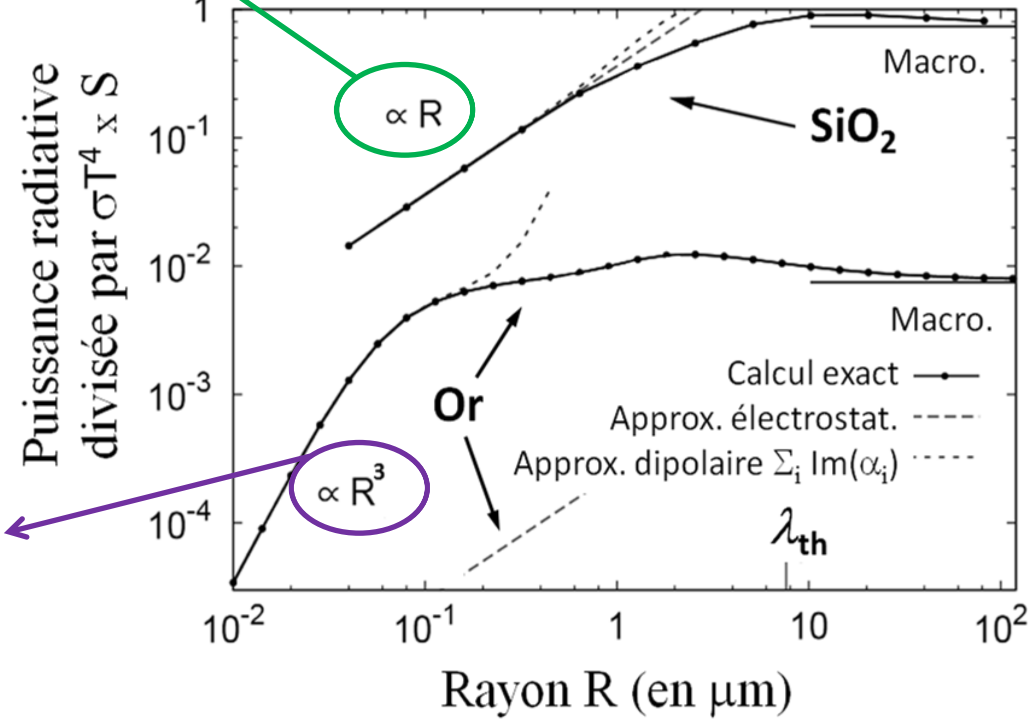
Puissance radiative émise par un corps de petite taille

Krüger *et al.*, Physical Review B 86 (2012)



Particule sphérique

$P \propto R^3$: similaire un rayonnement de volume

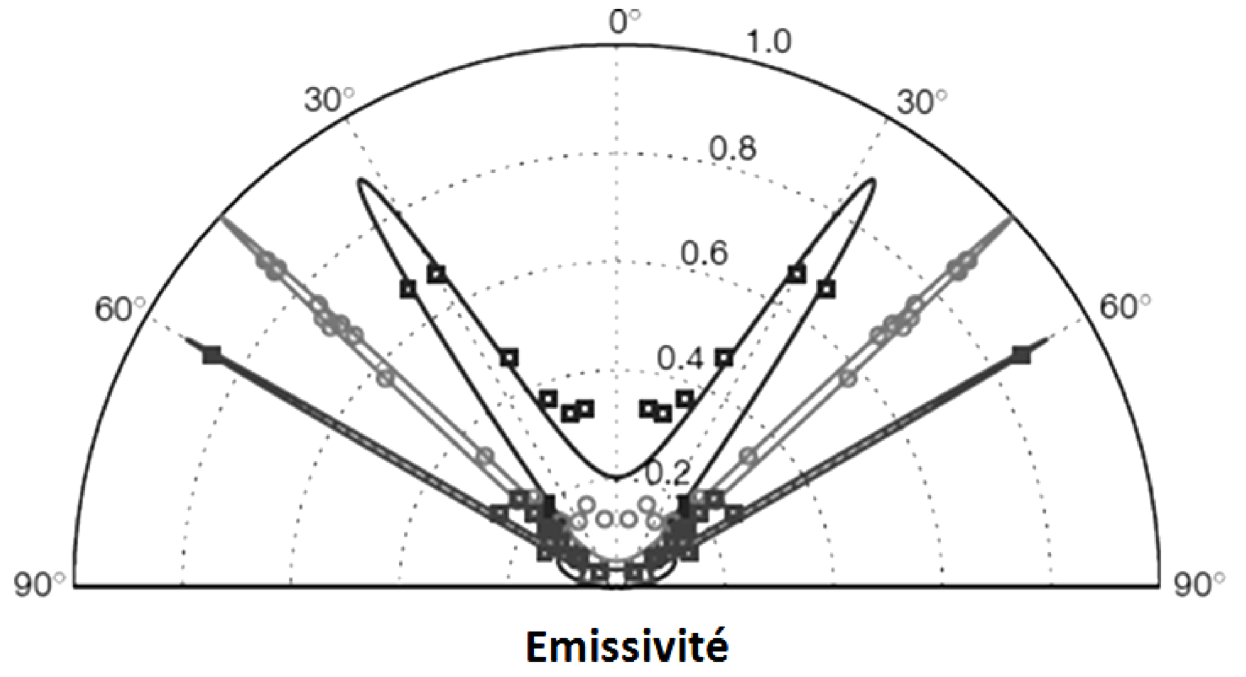


$P \propto R^5$

Réduction de la puissance radiative émise en fonction du rayon

Emissivité d’une surface gravée en réseau

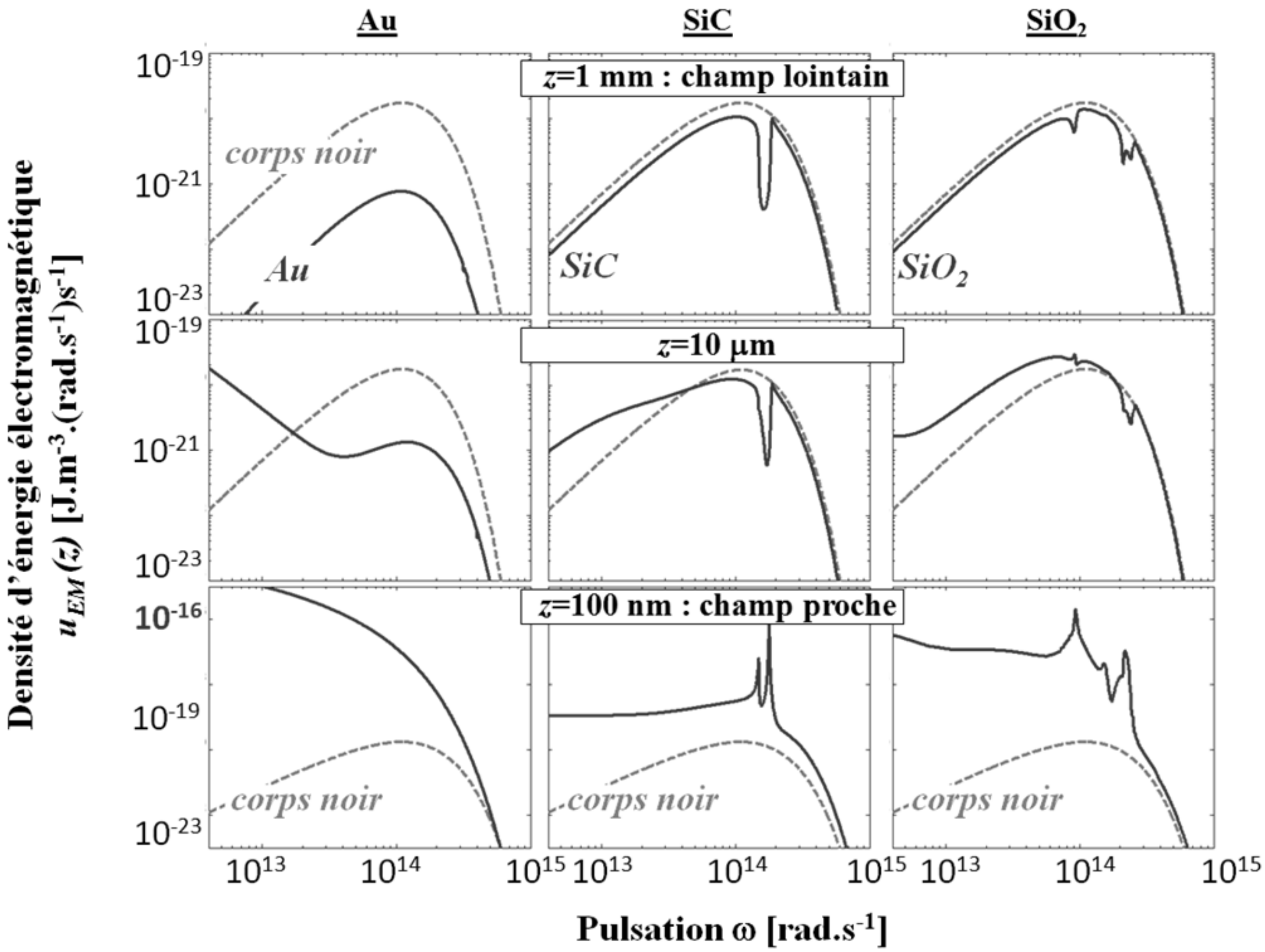
Greffet *et al.*, Nature (2002)



11,04 µm (centre), 11,36 µm et 11,86 µm (extérieur)

→ Une source thermique peut être directionnelle (cohérente spatialement)

Densité d'énergie près d'une surface

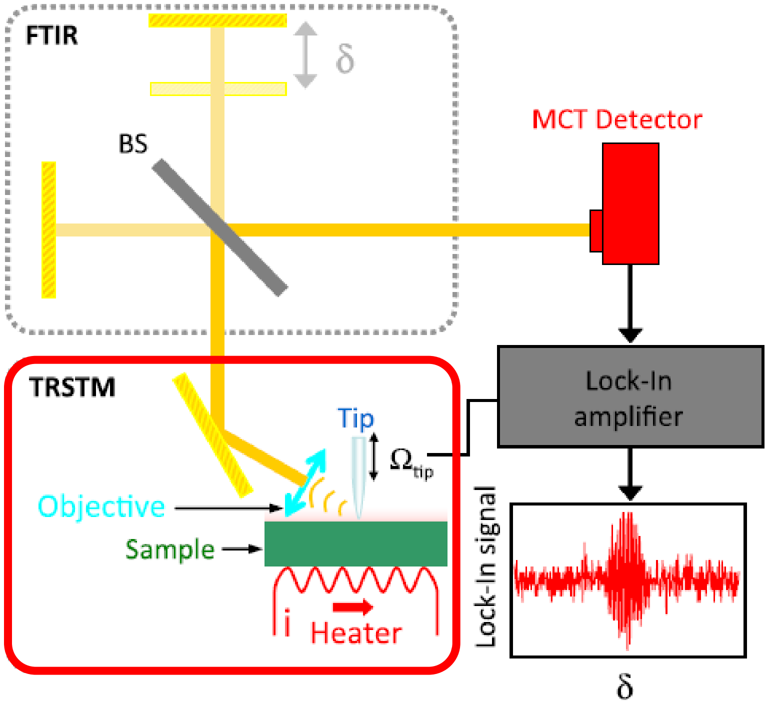


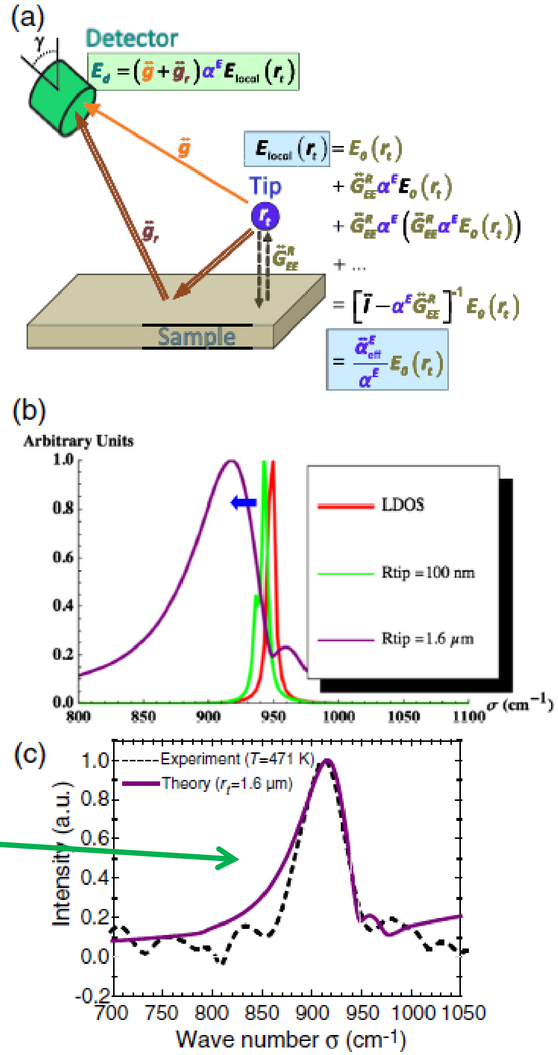
Le spectre du rayonnement peut aussi être modifié

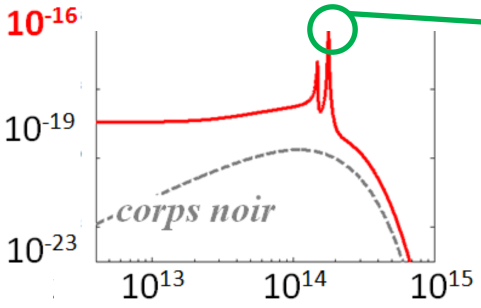
Chapuis et Vaillon, Chap. 9, Sacadura (2014)
D'après Joulain, PBR 2003

Mesure de la densité d’énergie en champ proche

Babuty *et al.*, Physical Review Letters (2013)


FTIR
δ
BS
MCT Detector
Lock-In amplifier
TRSTM
Tip
Ω_{tip}
Objective
Sample
Heater
i
Lock-In signal
δ





Le pic est bien observé !

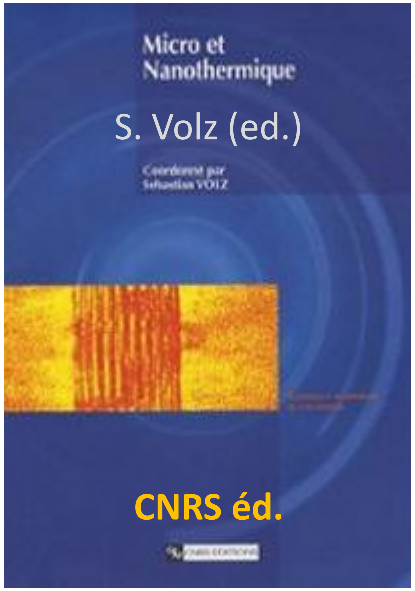
Quelques sources de documentation

pour finir !

TRANSFERTS THERMIQUES

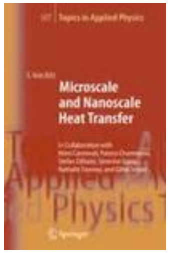
J.F. Sacadura (ed)

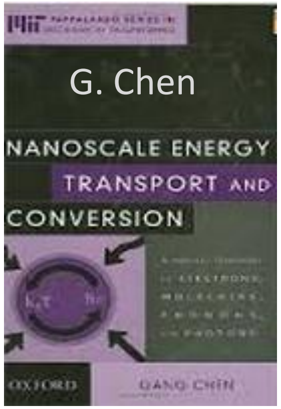
Nouvelle édition 2015


Micro et Nanothermique
Coordonné par Sebastian VOLZ

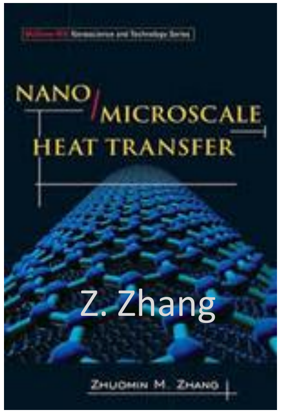
S. Volz (ed.)

CNRS éd.


Microscale and Nanoscale Heat Transfer
Applied Physics


NANOSCALE ENERGY TRANSPORT AND CONVERSION
OXFORD
GANG CHEN

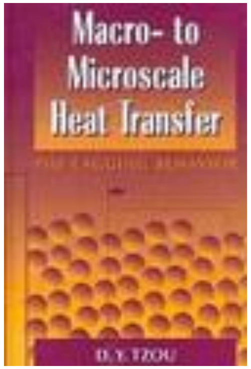
G. Chen

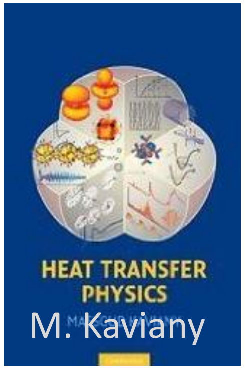

NANO/MICROSCALE HEAT TRANSFER
ZHUOMIN M. ZHANG

Z. Zhang

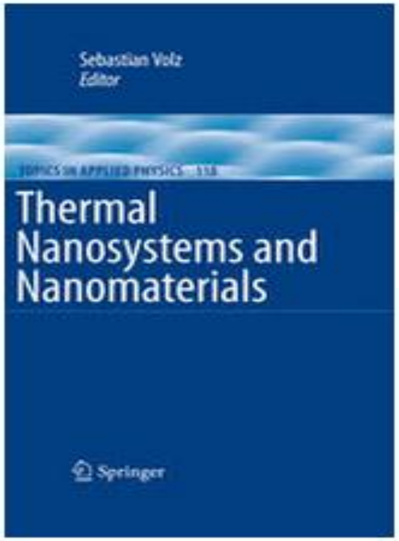
Microscale and Nanoscale Heat Transfer
Fundamentals and Engineering Applications
C. B. Sobhan
G. P. Peterson

Microscale Heat Transfer
Fundamentals and Applications


Macro- to Microscale Heat Transfer
D. Y. TZOU


HEAT TRANSFER PHYSICS

M. Kaviany


Sebastian Volz
Editor
TOPICS IN APPLIED PHYSICS 118
Thermal Nanosystems and Nanomaterials
Springer

- GDR Micro et nanothermique
- Groupe SFT Micro et nanothermique

- Projet européen QUANTIHEAT