Paramètres optiques et texturaux gouvernant les propriétés radiatives de l'Al 6061 à T = 20°C

Chloe Le Roux, Benoit Rousseau, Steven Le Corre, Violaine Le Louët, Maxime Villière, Pascal Paillard, Ludovic Charpentier, Marianne J.H. Balat-Pichelin, Jose Gonzalez-Aguilar, Charles-Alexis Asselineau

▶ **To cite this version:**

Chloe Le Roux, Benoit Rousseau, Steven Le Corre, Violaine Le Louët, Maxime Villière, et al.. Paramètres optiques et texturaux gouvernant les propriétés radiatives de l'Al 6061 à T = 20°C. 4èmes Journées Annuelles du GDR TAMARYS, Jun 2022, Villeurbanne, France. . hal-03879065

HAL Id: hal-03879065
https://hal.science/hal-03879065

Submitted on 30 Nov 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Paramètres optiques et texturaux gouvernant les propriétés radiatives de l'Al 6061 à T = 20°C

Chloe Le Roux[1], Benoit Rousseau[1], Steven Le Corre[1],
Violaine Le Louet[2], Maxime Villière[2],
Pascal Paillard[3],
Ludovic Charpentier[4], Marianne-Balat-Pichelin[4],
Jose Gonzalez-Aguilar[5], Charles-Alexis Asselineau[5]

[1]LTeN Nantes, France [2]Capacités Nantes, France, [3]IMN Nantes, France, [4]PROMES Odeillo, France [5]IMDEA Energy Madrid, Espagne

* Stage 4ème TEM Polytech'Nantes (2 mois)

Contexte : conversion de l'énergie à haute température (600-1500°C)

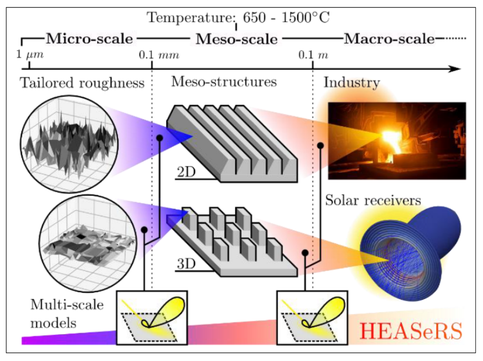
(procédé d'élaboration) ↔ (composition chimique, texture)
↔ (dépendance thermo-spectro-directionnelles) ↔ propriétés radiatives :
quelles méthodologies?

propriétés Verrous scientifiques/ enjeux industriels :

- *impact du vieillissement (corrosion chimique, endommagement mécanique) sous haut flux thermique (0,5-5 MW/m²) sur l'efficacité de conversion énergétique?*
- *impact sur les propriétés thermophysiques (mesures en conditions réelles)?*
- *paramètres « seuil » ↔ durabilité?*
- ***Comment aborder la modélisation multi-échelle des propriétés radiatives?***

MSCA IF HEASeRS

- Partners:
  - IMDEA Energía (Madrid, Spain): Hosting institution
  - LTeN (Nantes, France): Secondment Hosting institution.



C.-A. Asselineau IMDEA Energy (2022-2023)
High-tEmperature Angular-Selective Radiant Surfaces

Composés métalliques réfractaires multi-élémentaires ? oxydation complexe à HT

Thèse J. Colas « Etude du comportement de revêtements multicouches élémentaires » UPVD 2019
Un exemple : Kanthal APMT (alliage Fe-Cr-Al)

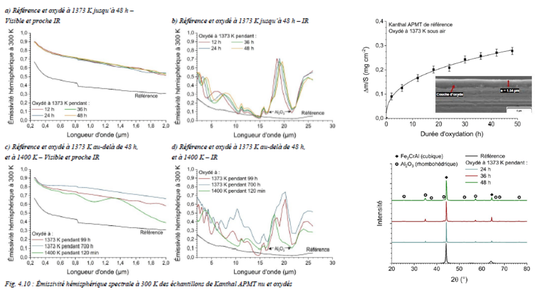
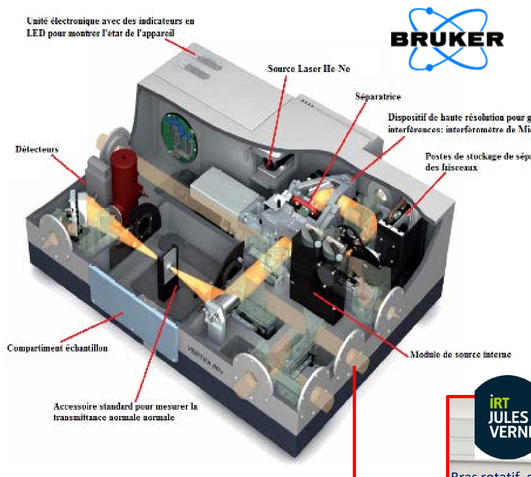


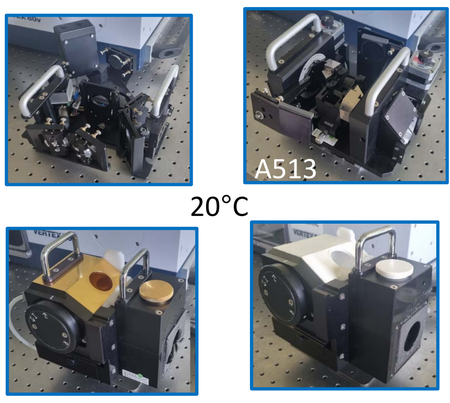
Fig. 4.10 : Emissivité hémisphérique spectrale à 300 K des échantillons de Kanthal APMT nu et oxydés

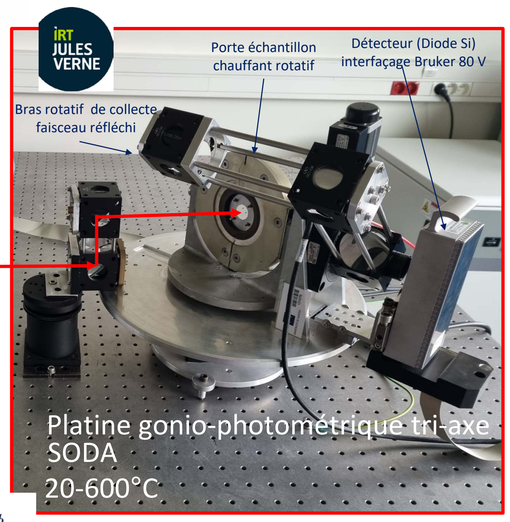
Moyens experimentaux – LTeN

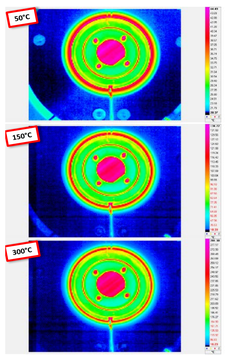
0,4-200 µm

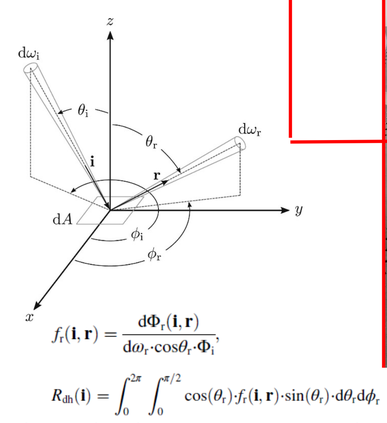
CPER 2007-2013 — Région PAYS DE LA LOIRE — PRÉFECTURE DE LA RÉGION PAYS DE LA LOIRE











$$f_r(\mathbf{i},\mathbf{r}) = \frac{d\Phi_r(\mathbf{i},\mathbf{r})}{d\omega_r \cdot \cos\theta_r \cdot \Phi_i}$$

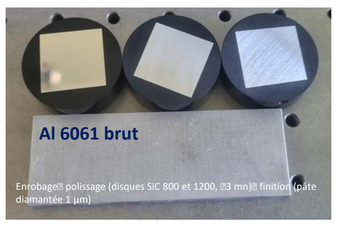
$$R_{dh}(\mathbf{i}) = \int_0^{2\pi}\int_0^{\pi/2} \cos(\theta_r)\cdot f_r(\mathbf{i},\mathbf{r})\cdot\sin(\theta_r)\cdot d\theta_r d\phi_r$$

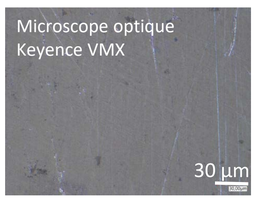
M. Bitterling et al., Solar Energy 209, 653–661 (2020)

Surfaces opaques rugueuses mono-élémentaires :

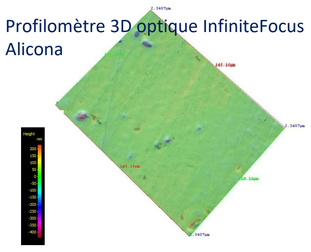
Al 6061 (T_f =585°C, λ~150-200 W.m^{-1}.K^{-1})

polissage (800, 1200) finition (1µm)

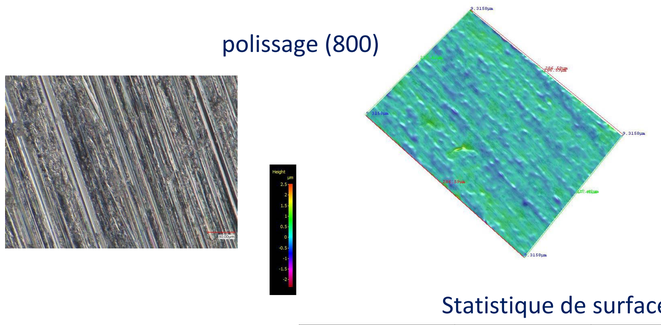




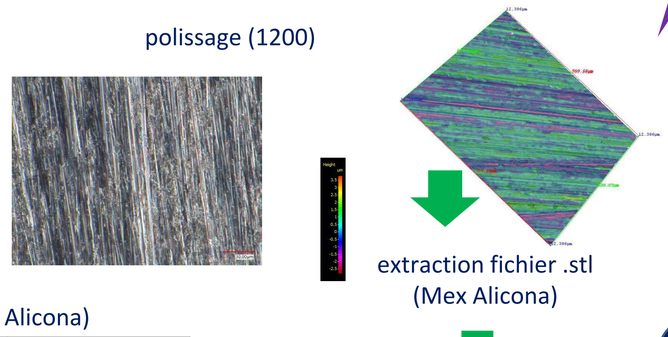
Profilomètre 3D optique InfiniteFocus Alicona



polissage (800)



polissage (1200)



extraction fichier .stl (Mex Alicona)

Statistique de surface (Mex Alicona)

	A: 800	B : 800,1200	C : 800,1200, 1µm
σ_{rms} (µm)	0,79	0,21	0,051
τ (µm)	17,8	6,8	10,5
σ_{rms}/τ	0,045	0,032	0,005

$$\sigma_{rms} = \sqrt{\langle z(\hat{x})^2 \rangle}$$

$$S(\hat{r}) = \langle z(\hat{x}) z(\hat{r}+\hat{x}) \rangle$$

$$S(\hat{\tau}_R) = S(\tau_u, \tau_v) = S(0,0)\frac{1}{e}$$

Synthèse d'images

Utilisation du modèle analytique de Cook-Torrance ?

$$f_{r,CT} = \frac{D(\theta_m,\alpha)\cdot F(\frac{\theta_i-\theta_r}{2},n)\cdot G(\theta_i,\theta_r,\alpha)}{4\cdot\cos\theta_i\cdot\cos\theta_r} + \frac{R_{dh,Lam}}{\pi}$$

D, fonction de distribution des microfacettes
α, écart-type des pentes ($\propto \sigma_{rms}/\tau$)
F, fonction de Fresnel
G, paramètre géométrique d'ombrage

M. Bitterling et al., Solar Energy 209, 653–661 (2020)

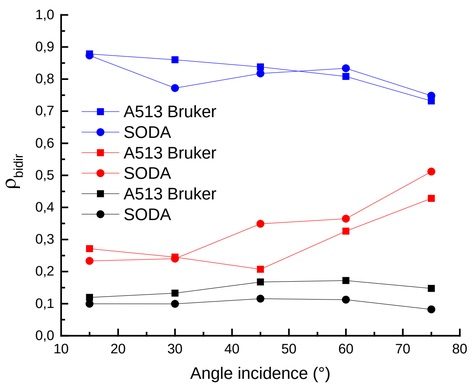
Modélisation numérique des propriétés radiatives ?

$\sigma_{rms}/\lambda \ll 1$ et $\sigma_{rms}/\tau < 0.1$: théorie de Rayleigh-Rice

$0.125 < \sigma_{rms}\cos\theta_i/\lambda < 0.2$ et $\sigma_{rms}/\tau < 0.3$: approximation de Kirchhoff

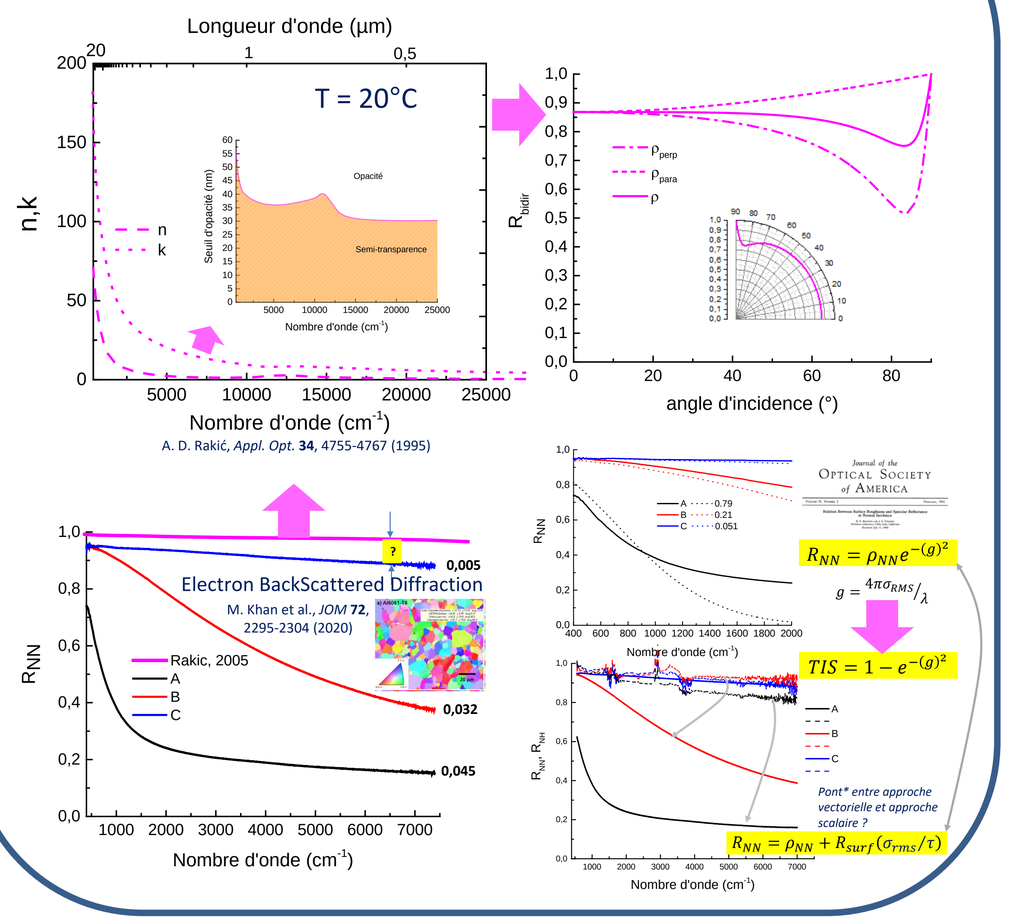
$\sigma_{rms}\cos\theta_i/\lambda > 0.2$ et $\sigma_{rms}/\tau < 4$: approximation de l'optique géométrique

Comparaison
banc SODA/A513 Bruker
(réglages optiques, anisotropie échantillon
cellule de détection)
taille échantillon : 20×20 mm² à 30×30 mm²

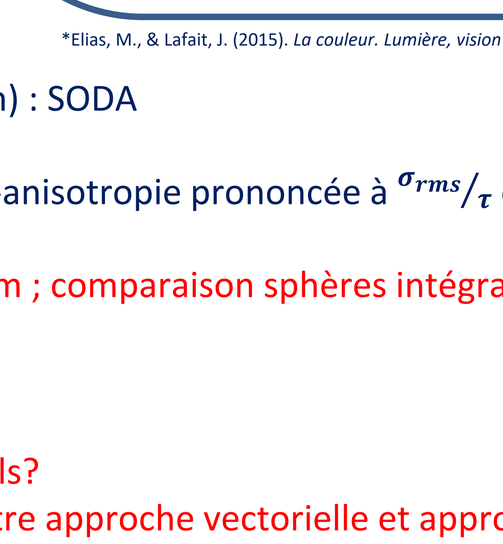


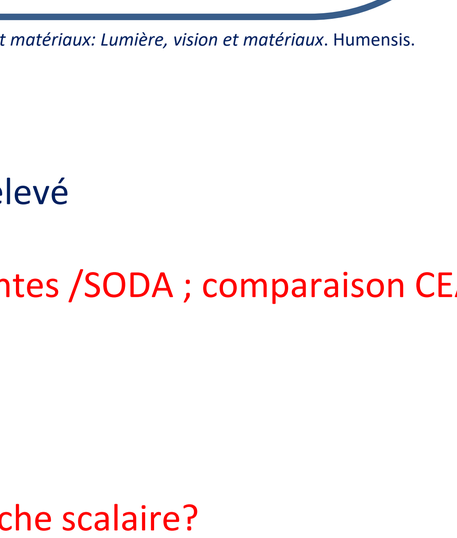
Propriétés radiatives :

fonctions optiques, effet de rugosité + microstructure



A. D. Rakić, *Appl. Opt.* **34**, 4755-4767 (1995)





*Elias, M., & Lafait, J. (2015). *La couleur. Lumière, vision et matériaux: Lumière, vision et matériaux*. Humensis.

Conclusions & perspectives

- Développement d'un nouveau banc gonio-photométrique trix-axe (20-600°C ; 0,4-200 µm) : SODA
- Première comparaison prometteuse entre A513 Bruker/SODA à T = 20°C
- Caractérisation texturale à T = 20°C de surfaces d'Al 6061 à σ_{rms}/τ graduel (0,005-0,05)→anisotropie prononcée à σ_{rms}/τ élevé
- Diminution de σ_{rms}/τ → augmentation de R_{NN} et diminution de la diffusion de surface
- Détermination des performances du banc SODA à poursuivre (spectralon, alumine, silicium ; comparaison sphères intégrantes /SODA ; comparaison CEA CESTA, ICA?, ITHeMM ?)
- Détermination des indices optiques : impact de la microstructure (EBSD, IMN)
- Calcul des erreurs sur les mesures avec SODA et A513Bruker
- Modélisation des RNN, RNH, Rbidir, BRDF (HEASeRS) : quels descripteurs statistiques seuils?
- Comparaison numérique/analytique (Cook-Torrance, Beckmann–Spizzichino,…) : pont entre approche vectorielle et approche scalaire?