

### Axes de recherche des enseignants de la spécialité Energétique

#### **1 Optimisation des transferts dans les systèmes thermiques**

- échangeurs, mini-canaux, mousses, métalliques et céramiques, écoulement

#### **2 Valorisation énergétique des Agro Ressources**

- biomasse, pyrolyse, gazéification, gaz de synthèse

#### **3 Instrumentation et caractérisation thermo-physique multi-échelle**

- propriétés thermiques et radiatives, matériaux poreux, fluides caloporteurs et nanofluides...

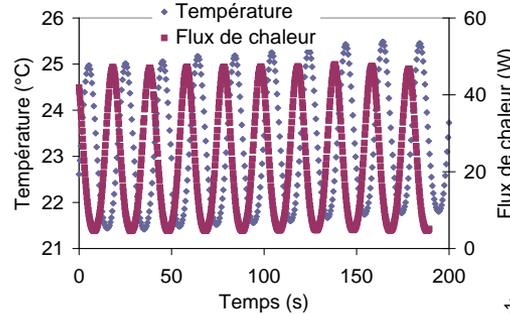
# Systemes thermiques

1

Optimisation d'un évaporateur à mini-canaux par la maîtrise de la distribution en fluide frigorigène



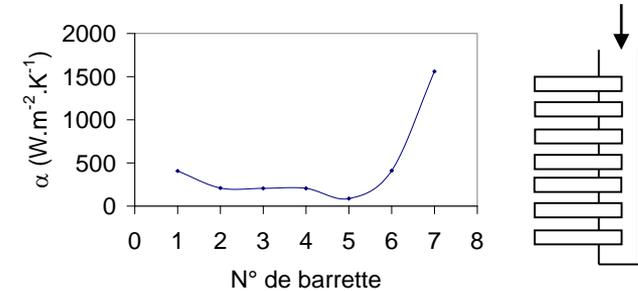
Echangeur soumis à un apport de chaleur modulé par effet Joule



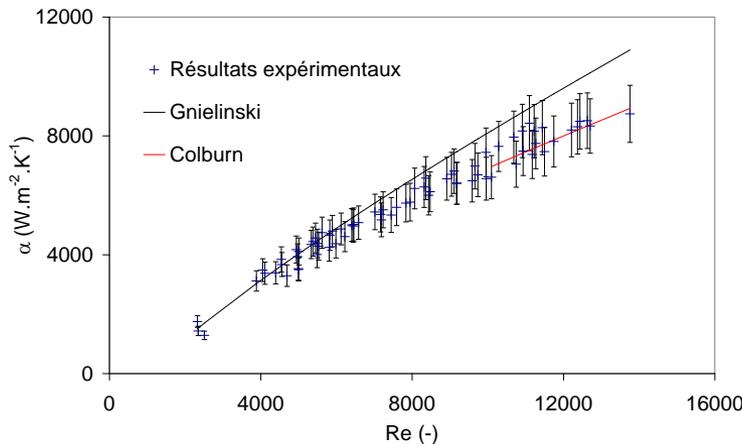
$$\alpha = f \left( P, \omega, \theta, \text{dimensions}, \text{propriétés du matériau} \right)$$



Mesure de la distribution des coefficients d'échange thermique



Thèse Patrick Leblay 2012  
(A. Bontemps, L. Fournaison, JF. Henry)



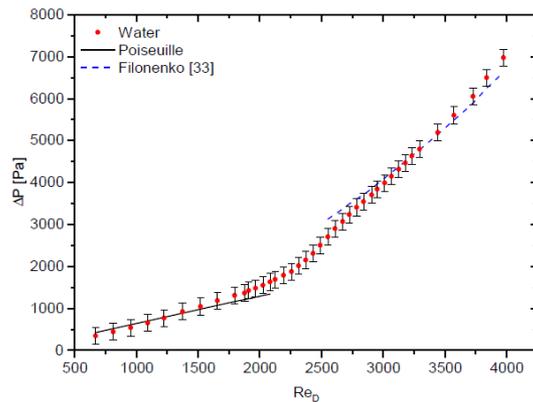
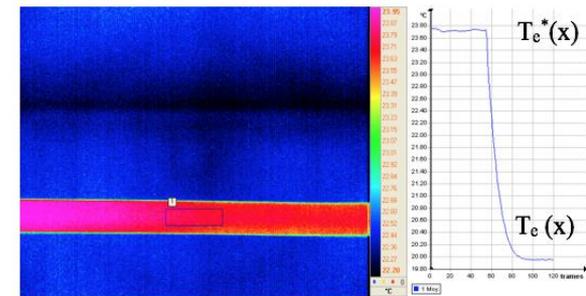
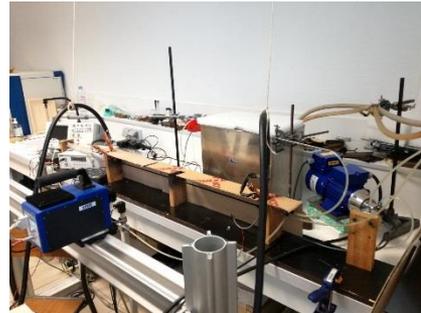
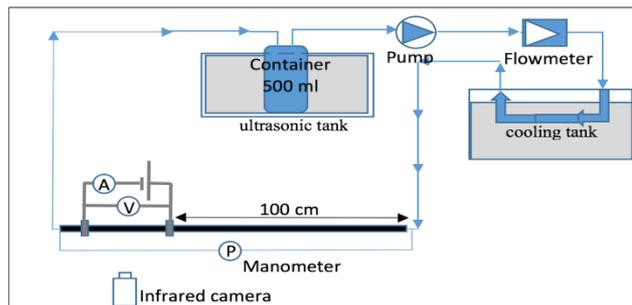
Résultats obtenus avec un tube rond dans le cas d'un fluide monophasique



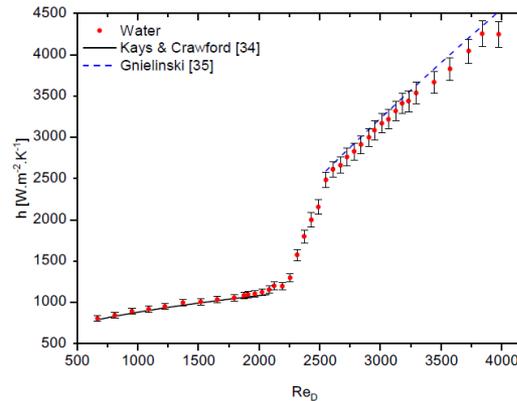
# Systemes thermiques

1

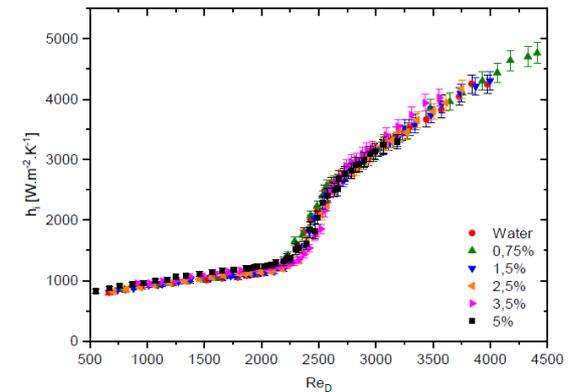
Amélioration de la performance énergétique des échangeurs par nanofluides caloporteurs



Pressure drop in the test section versus Reynolds number for water



Convective heat transfer coefficient versus Reynolds number for water



Convective heat transfer coefficient versus Reynolds number for water and different concentration of  $Al_2O_3$  water nanofluid

Thèse Alexandre Briclot 2019-2022

(S. Fohanno, C. Popa, JF. Henry)

Contact : S. Fohanno@univ-reims.fr

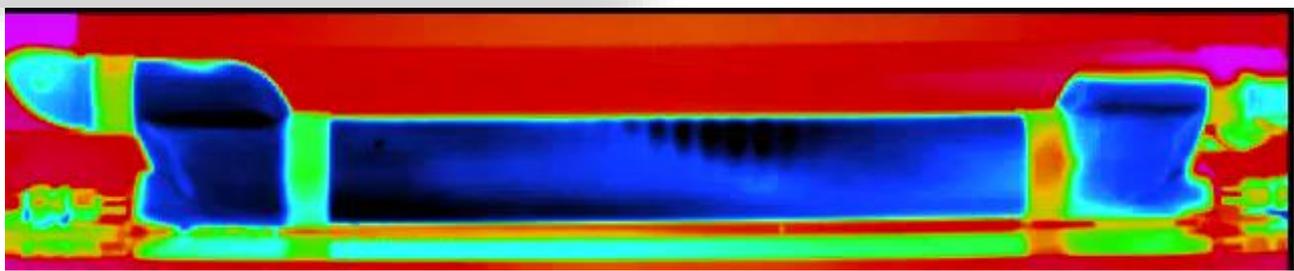
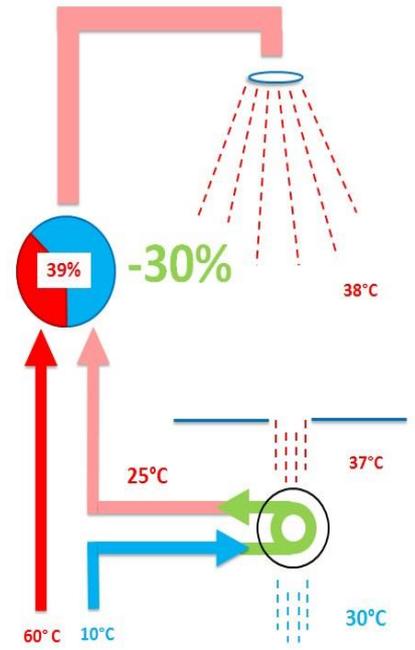
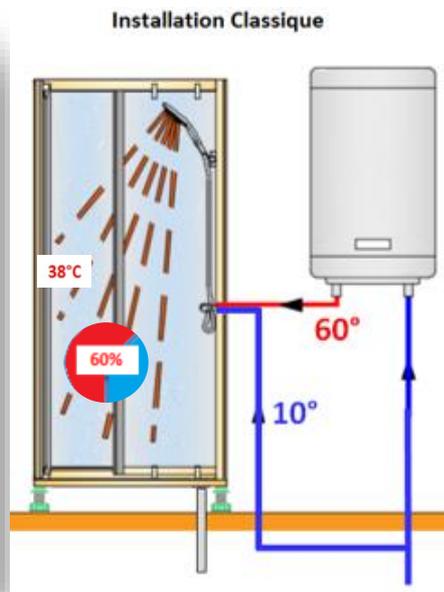
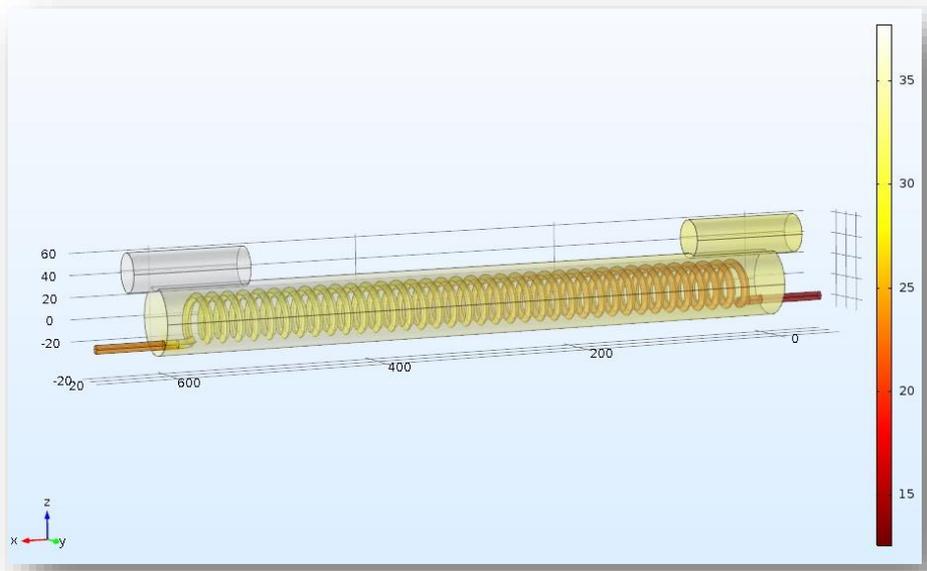




# Systemes thermiques

1

Récupération de l'énergie dans les eaux grises pour préchauffer l'arrivée d'eau froide

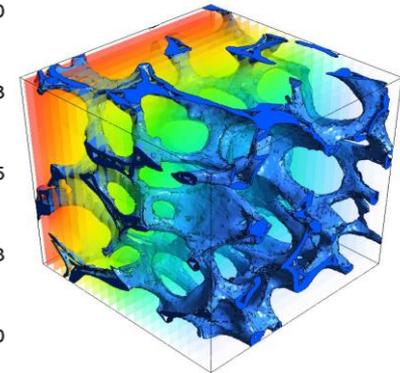
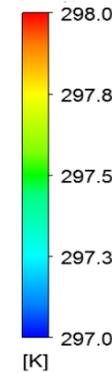
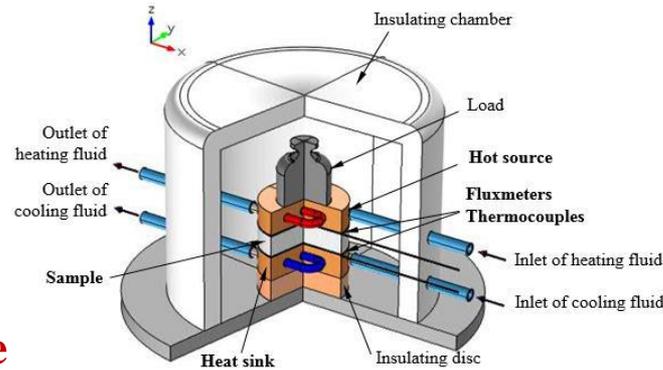


# Systèmes thermiques

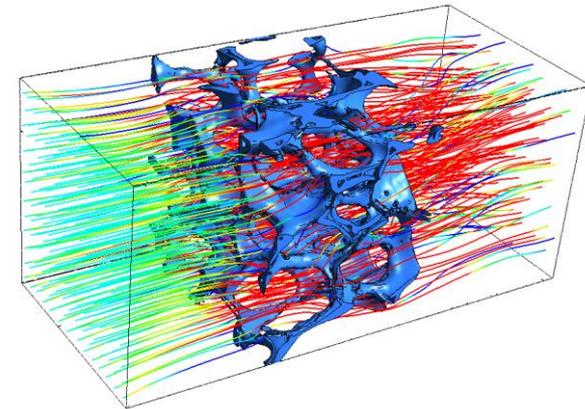
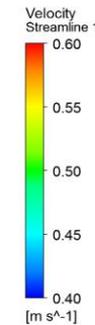
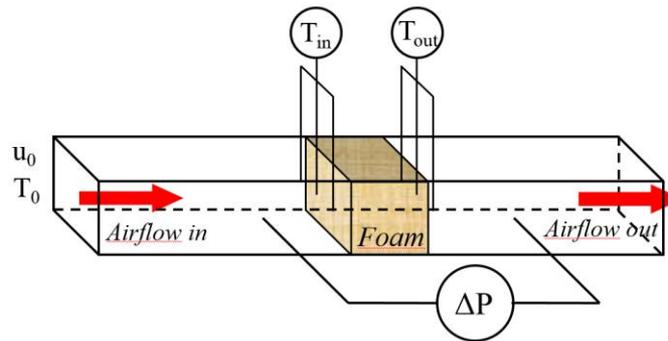
1

Détermination des propriétés de transport des mousses en céramique

## Etude des matériaux poreux



## Conductivité thermique



## Perméabilité et coefficient de Forchheimer

Thèse Pierre Léa 2017-2020

(J. Randrianalisoa, H. Pron, JF. Henry)

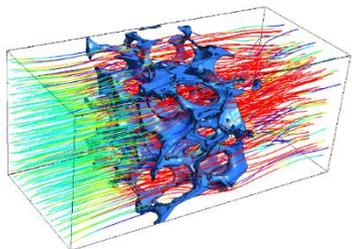


# Systemes thermiques

1

Détermination des propriétés de transport des mousses en céramique

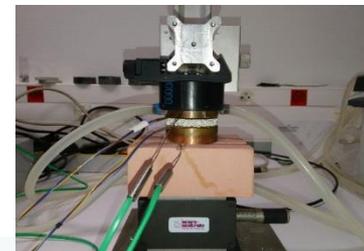
## Recherche fondamentale



Détermination des propriétés de transports des mousses

Simulation numérique à l'échelle du pore

Caractérisation expérimentale



Validation

## Application directe



Simulation poêle à bois et filtre à particules

Echangeur solaire Haute température



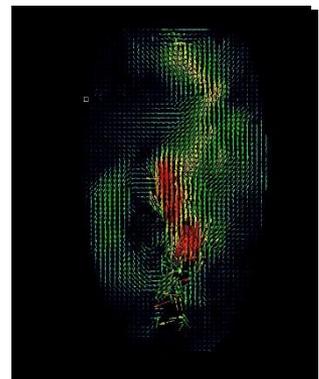
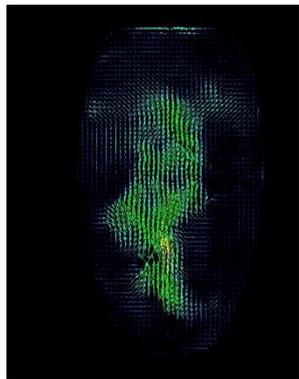
Validation

Partenaire EPFL



Modélisation aéraluque de la combustion dans un poêle à granulés

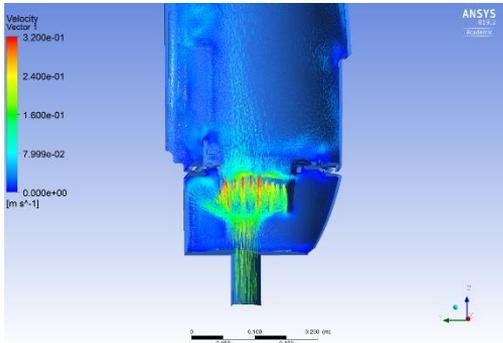
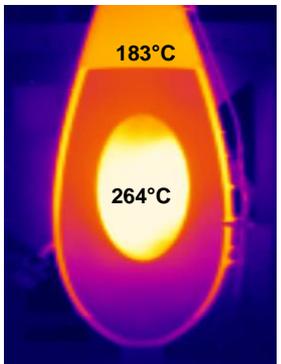
**invicta** | group



Visualisation de l'écoulement par PIV (Particle image velocimetry) Ecoulement à 0,17 m/s Ecoulement à 0,27 m/s

**Grand Est**  
ALSACE CHAMPAGNE-ARDENNE LORRAINE

l'Europe  
**s'engage**  
en France



**Opticomb: programme de recherche collaborative**  
(J.F. Henry, J. Randrianalisoa)

Contacts : jf.henry@univ-reims.fr  
jaona.randrianalisoa@univ-reims.fr

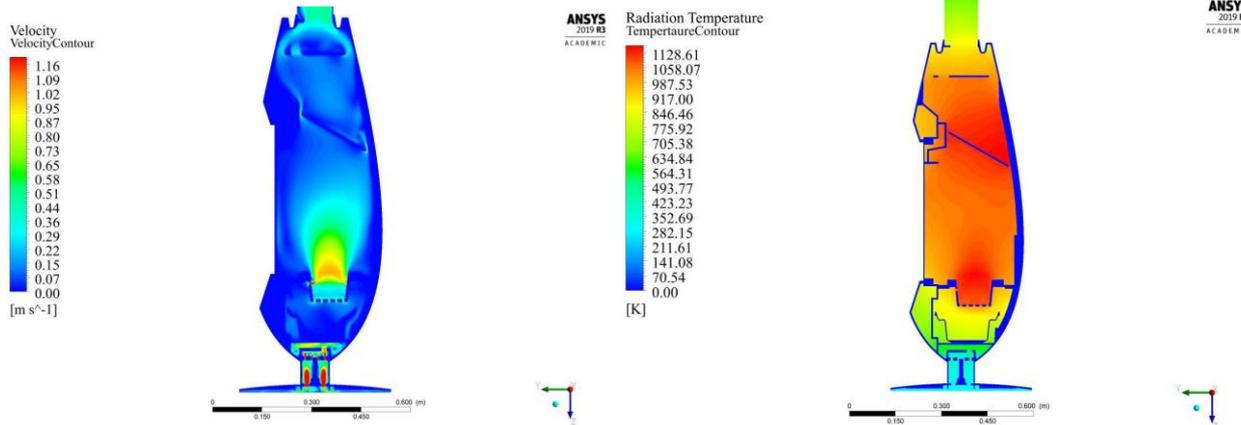
Université de Reims Champagne-Ardenne



## 2 Valorisation énergétique des matériaux biosourcés

Modélisation de la combustion dans un poêle à granulés

invicta | group |



**Table 4**  
Combustion reactions and kinetics.

Homogeneous reactions		Kinetics
(R.4)	$C_6H_6 + \frac{9}{2}O_2 \rightarrow 6CO + 3H_2O$	$R_{1,kin} = 1.3496 \times 10^9 \exp\left(-\frac{1.256 \times 10^8}{RT}\right) [C_6H_6]^{-0.1} [O_2]^{1.85}$
(R.5)	$CH_4 + \frac{3}{2}O_2 \rightarrow CO + 2H_2O$	$R_{2,kin} = 5.012 \times 10^{11} \exp\left(-\frac{2 \times 10^8}{RT}\right) [CH_4]^{-0.7} [O_2]^{0.8}$
(R.6)	$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O$	$R_{3,kin} = 9.87 \times 10^8 \exp\left(-\frac{3.1 \times 10^7}{RT}\right) [H_2][O_2]$
(R.7)	$CO + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CO_2$	$R_{4,kin} = 2.239 \times 10^{12} \exp\left(-\frac{1.702 \times 10^8}{RT}\right) [CO][O_2]^{0.25} [H_2O]^{0.5}$
(R.8)	$H_2O + CO \rightarrow CO_2 + H_2$	$R_{5,kin} = 2.780 \exp\left(-\frac{1.255 \times 10^7}{RT}\right) [H_2O][CO]$
(R.9)	$CO_2 + H_2 \rightarrow H_2O + CO$	$R_{3,kin} = 93690 \exp\left(-\frac{4.659 \times 10^7}{RT}\right) [CO_2][H_2]$

**Opticomb: programme de recherche collaborative**  
(J.F. Henry, J. Randrianalisoa)

Université de Reims Champagne-Ardenne



# Systèmes thermiques

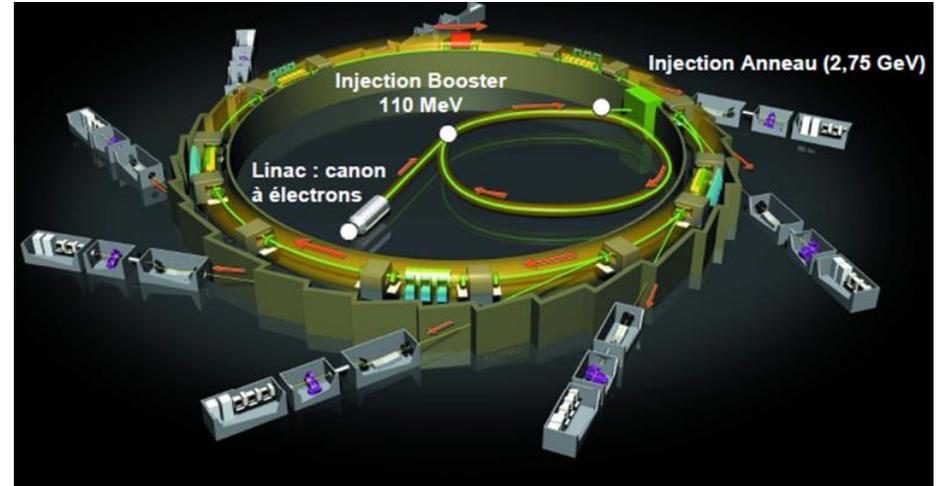
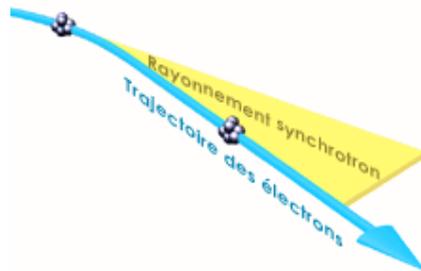


Refroidissement des composants du Synchrotron SOLEIL  
par micro-canaux et picots



Accélérateur de particules  $\rightarrow$  ( $e^-$ )  
Rayonnement Synchrotron  
**SOLEIL : Source Optimisée de Lumière  
d'Energie Intermédiaire du LURE\***

LURE: *Laboratoire d'Utilisation du Rayonnement  
Électromagnétique.*



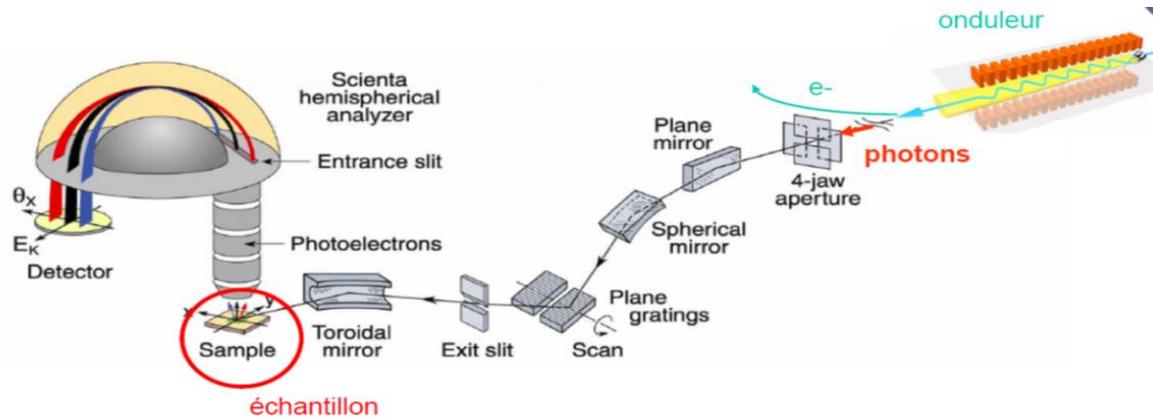
Un anneau de 354 m de circonférence (113 m de diamètre)



# Systemes thermiques

1

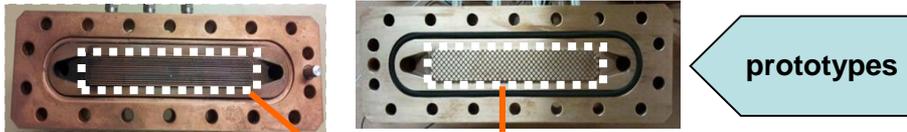
Refroidissement des composants du Synchrotron SOLEIL par micro-canaux et picots



# Systemes thermiques

1

Refroidissement des composants du Synchrotron SOLEIL  
par micro-canaux et picots

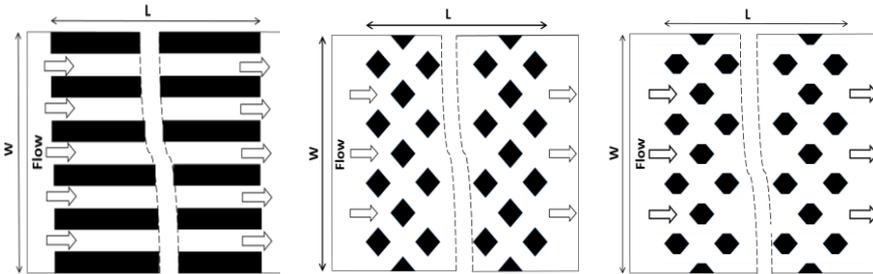


prototypes

simulation  
numérique

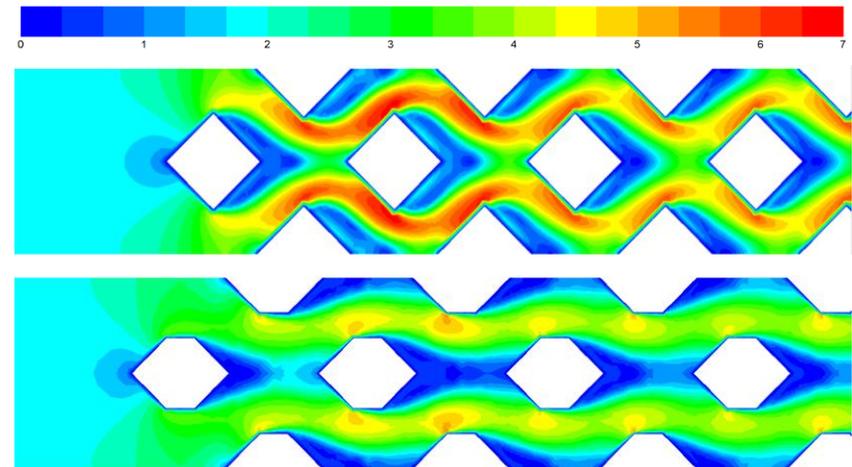
$L \times W = 100 \times 16 \text{ mm}^2$

Étude  
d'Optimisation



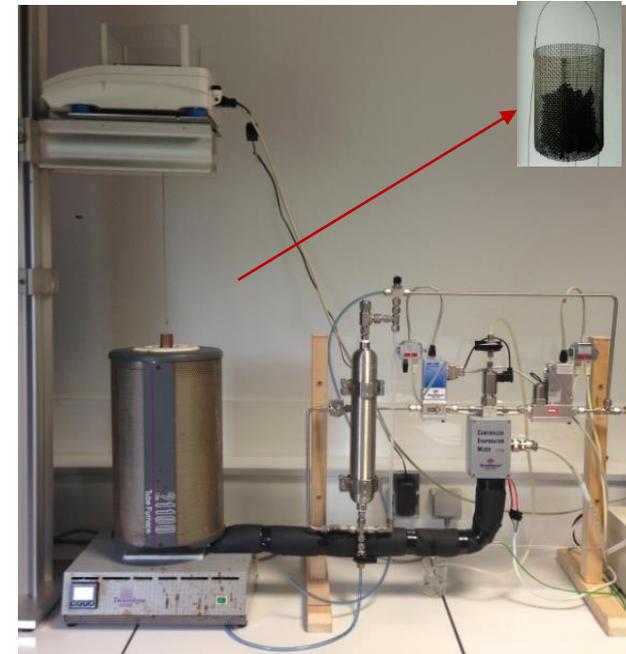
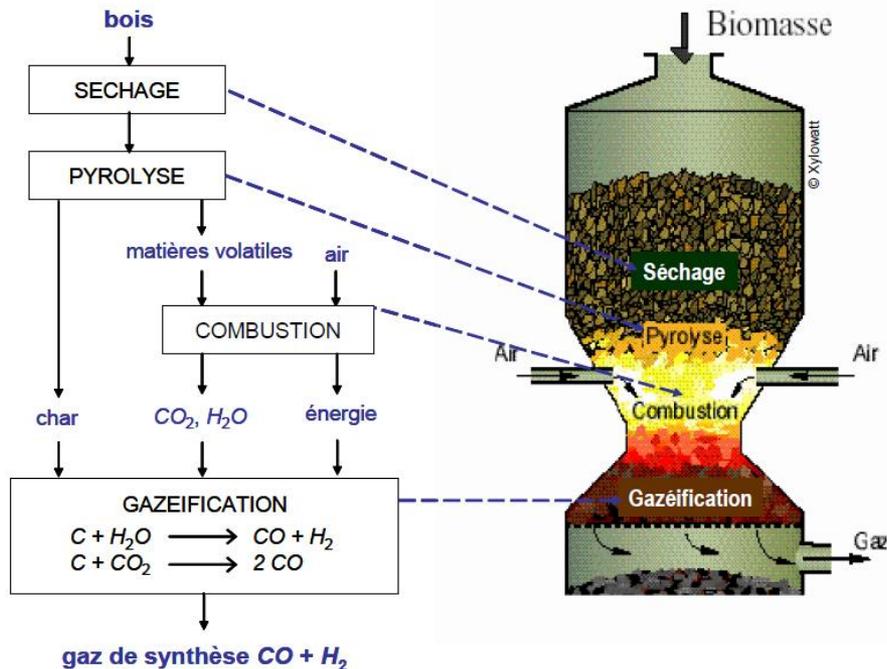
(a) canaux rectangulaires (b) picots (c) picots améliorés

Champ de vitesses (m/s)  
( $e = 1.6 \text{ mm}$  et  $\dot{m} = 3 \text{ kg/mn}$ )



## 2 Valorisation énergétique des matériaux biosourcés

Synthèse de biogaz à partir de matériaux cellulosiques

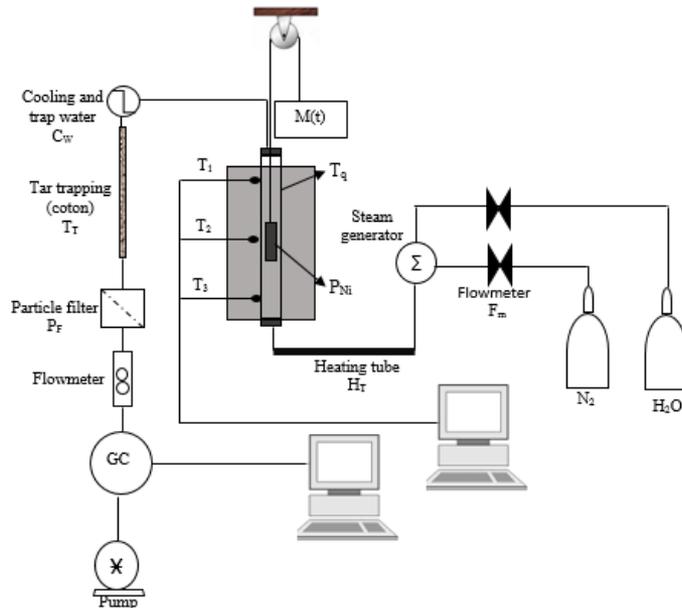


*Thèse Clarisse Lorreyte 2018  
(H. Pron, J. Randrianalisoa)*



## 2 Valorisation énergétique des matériaux biosourcés

Synthèse de biogaz à partir de matériaux cellulosiques



- **Simulation numérique** des processus de pyrolyse et de gazéification (Comsol)
- **Détermination de propriétés de la biomasse** : porosité, coefficient d'échange, perméabilité, tortuosité

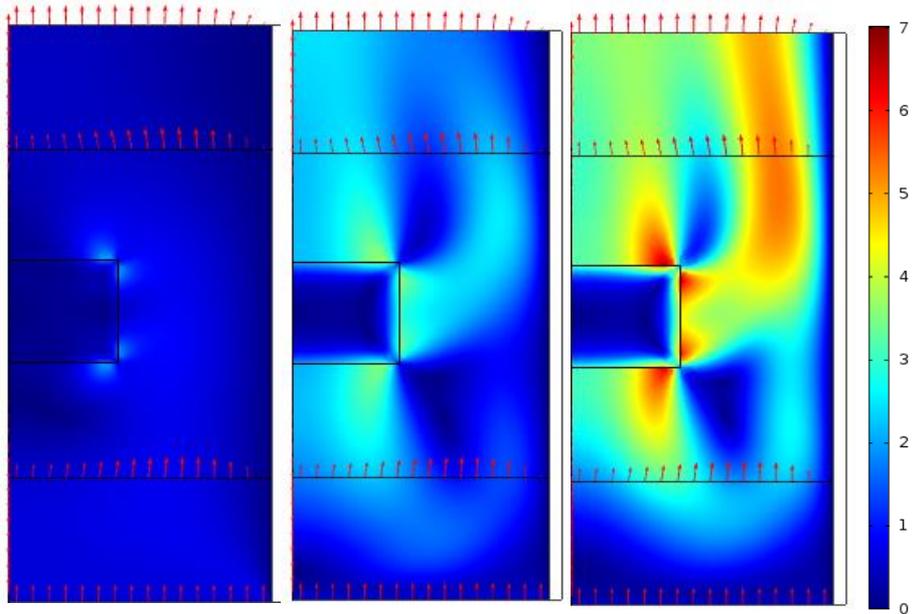
*Thèse Clarisse Lorreyte 2018  
(H. Pron, J. Randrianalisoa)*



2

Modélisation numérique

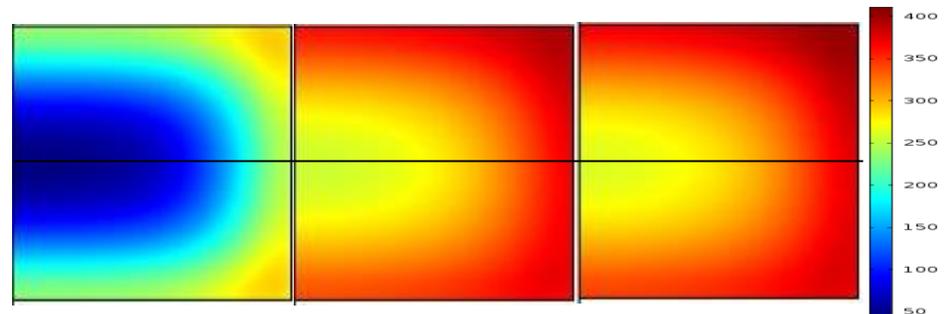
**Cartographie des vitesses du fluide**



*t = 10 s*      *t = 1 min*      *t = 15 min*

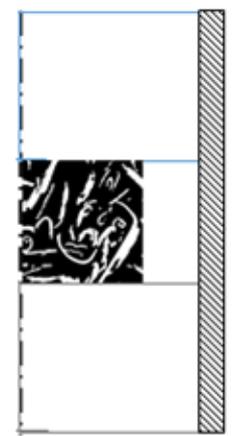
**Pyrolyse à 500°C**

**Transfert de chaleur dans la phase solide**



*t = 10 s*      *t = 1 min*      *t = 15 min*

**Pyrolyse à 500°C**



## 2 Valorisation énergétique des matériaux biosourcés

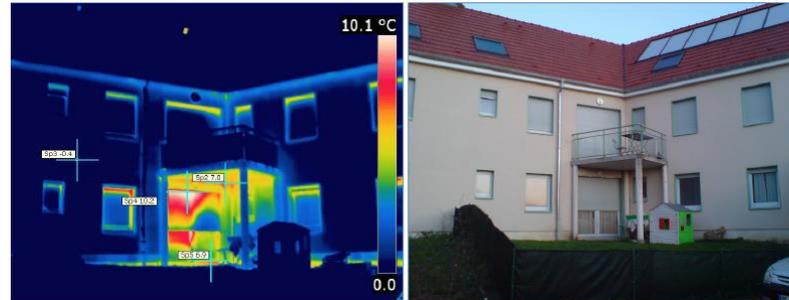
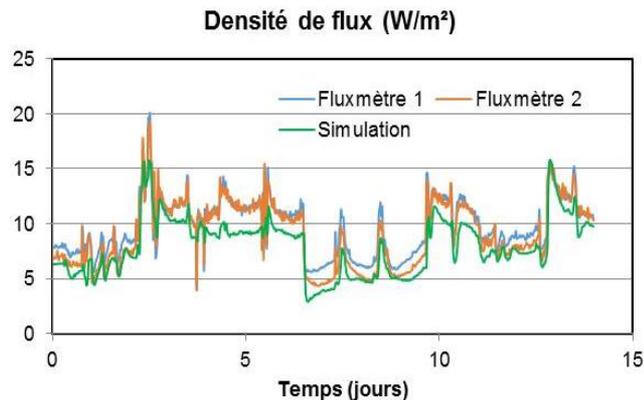
Thermique du bâtiment



- **Matériaux biosourcés** à base de chanvre, typha, liège... avec un liant minéral ou polymère
- **Caractérisation thermophysique** : mesure des propriétés thermiques, hydriques, mécaniques, acoustiques et porosité

### • Evaluation des performances énergétiques

#### Modélisation numérique



- **Evaluation des performances énergétiques**  
Suivi expérimental *in situ*

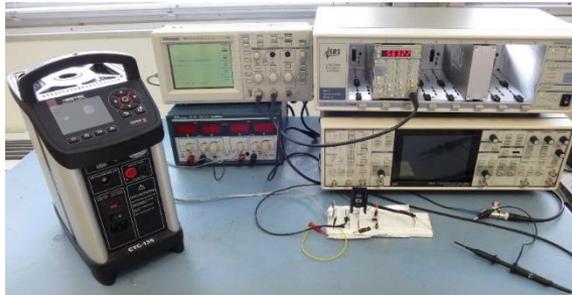
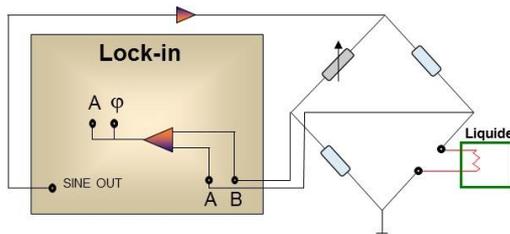


**3**

# Instrumentation et caractérisation thermophysique

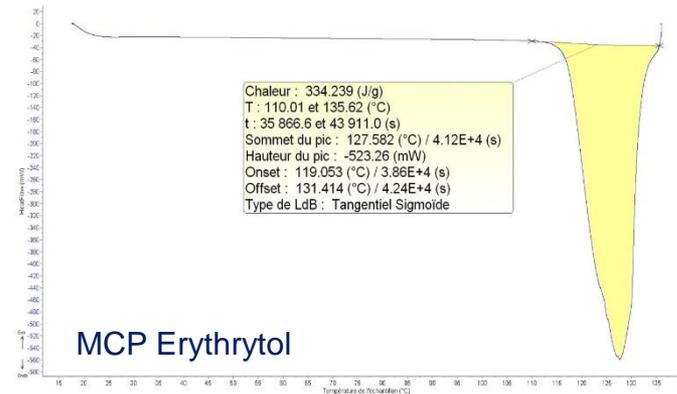
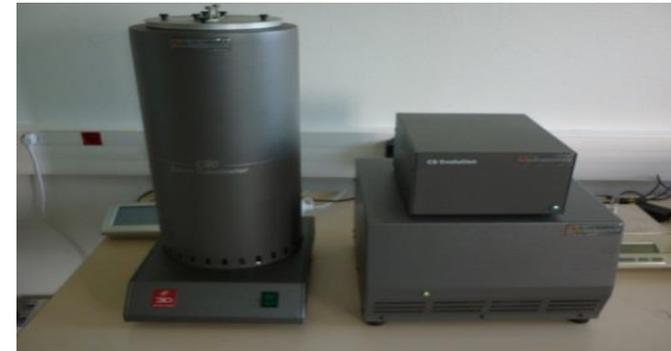
Caractérisation de liquides (nanofluides, matériaux à changement de phase MCP,...)

**Mesure de la conductivité thermique**  
**Méthode  $3\omega$ : fil chaud modulé en température**



*Thèse Salim Arous 2019-2021  
(M.Chirtoc, N.Horny, JF.Henry)*

**Mesure de la chaleur spécifique**  
**Calorimétrie (SETARAM C80)**



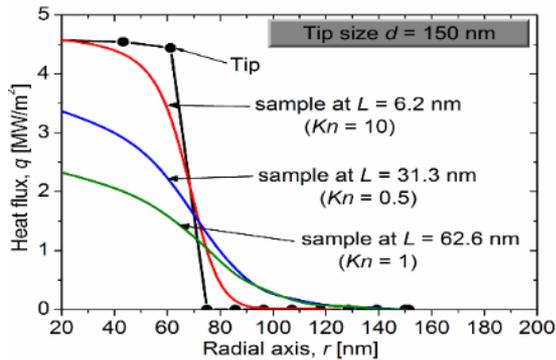
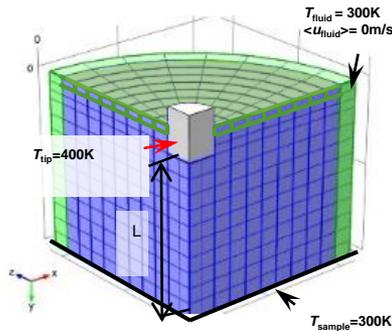
**3**

# Instrumentation et caractérisation thermophysique

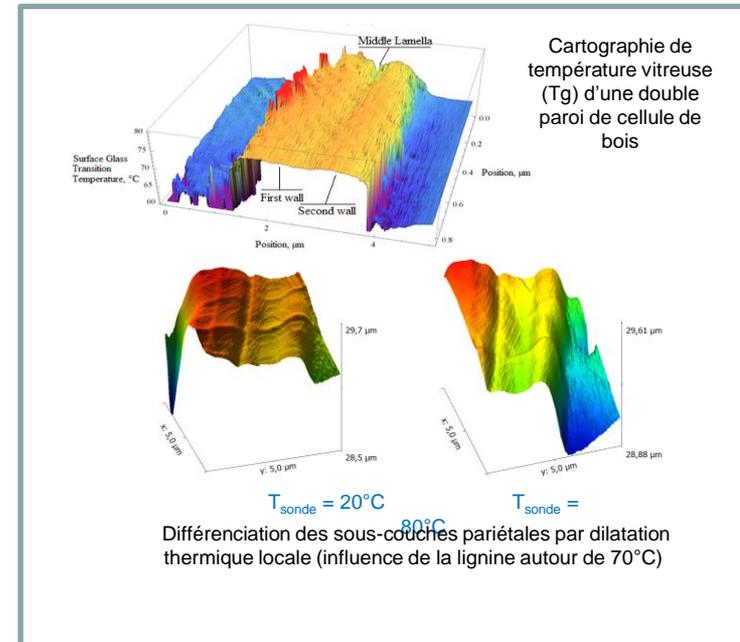
## Microscopie thermique à sonde locale

Etude amont : Interprétation de la mesure par microscopie thermique

Application : Nano analyse thermique de biopolymères



Application à l'étude de la mobilité des biopolymères constitutifs des parois de cellules végétales (Collaboration INRA)

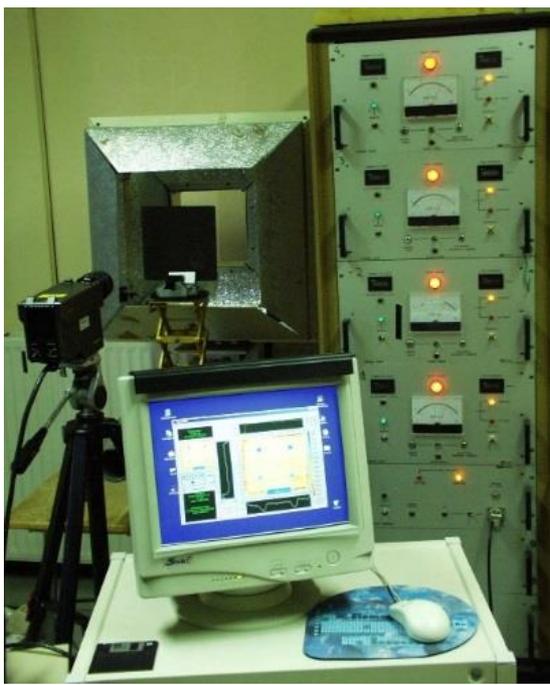
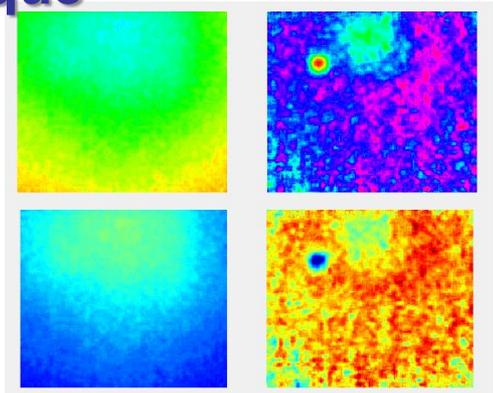




**3**

**Instrumentation et caractérisation thermophysique**

Thermographie infrarouge stimulée



Détection et caractérisation géométrique de défauts structurels





## Collaborations internationales :

**Australie** : W.LIPINSKI de l'Australian National University

**Brésil** : R. Cotta, Université Fédérale de Rio de Janeiro

**Canada** : C.T. Nguyen, Université de Moncton, N. Galanis - Université de Sherbrooke

**Italie** : C. Ingrao de l'Université de Foggia, F. Scrucca de l'Université de Perugia

**Pologne** : J. Bodzenta, J. Jusczyk, Université de Gliwice

**Roumanie** : E.C. Mladin et I. Colda de l'Université Polytechnique de Bucarest, C. Chereches et I. Gherasim de l'Université Technique de Iasi

**Suisse** : S. Haussener de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne

**Tunisie** : Laboratoire LESTE, Université de Monastir, R. Ben Maad de l'Université de Tunis El Manar

**Turquie** : S. Kakac de l'University of Economics and Technology, Ankara, Université Dokuz Eylül, Izmir

**USA (Utah)** : H. Ban, Université de Logan



# Matériels...

- Caméras de thermographie infrarouge
- Caméra vidéo rapide
- Corps noirs
- Spectromètres
- Système PIV
- Calorimètre
- Conductivimètre
- Scanner 3D
- SThM, AFM
- Etuve programmable
- Enceintes climatiques (dont bi-climatique)
- Porosimètre à mercure
- Machine de fatigue 2 tonnes
- Lasers
- Dispositifs de caractérisation photothermique (flash et sinus)
- Banc de mesure de coefficients d'échanges en canalisation
- Logiciels : Ansys Fluent 16.0, Comsol, Solidworks, Artec Studio 10 ...



**+ accès aux matériels des plateformes**

