

Projet 1 : Micro-capteurs thermiques pour la métrologie des écoulements fluidiques

Avancement Projet

JIANG Song / HUO Jiaxi / LI Yifei / XIAO Ziyue / YANG Xiao

Brainstorming sur le projet

Micro-capteurs thermiques ont été prouvé pour être utilisés dans la métrologie des écoulements fluidiques. Autour cette idée, nous avons posé 4 possibilités que l'on peut réaliser avec les micro-capteurs thermiques.

1. Accéléromètre
2. Calorimètre
3. Vitesse du vent/ Vitesse de l'eau (Capteur CTA)
4. Détection de fissure (déformation) de pipeline (Direction du gaz)

Bibliographique

1. Accéléromètre

- 1) Kaltsas G, Goustouridis D, Nassiopoulou A G. A thermal convective accelerometer system based on a silicon sensor—Study and packaging[J]. Sensors and Actuators A: Physical, 2006, 132(1): 147-153.

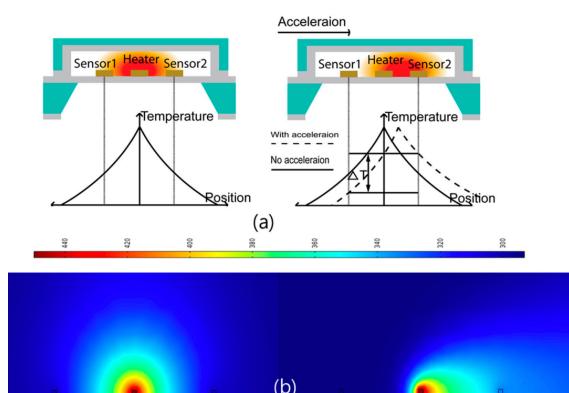
[Source]<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924424706002925>

- 2) Kaplan K E, Winterkorn M M, Everhart C L M, et al. Active temperature compensation of thermal accelerometer for improved stability[C]//2018 IEEE International Symposium on Inertial Sensors and Systems (INERTIAL). IEEE, 2018: 1-2.

[Source]<https://ieeexplore.ieee.org/document/8358154/>

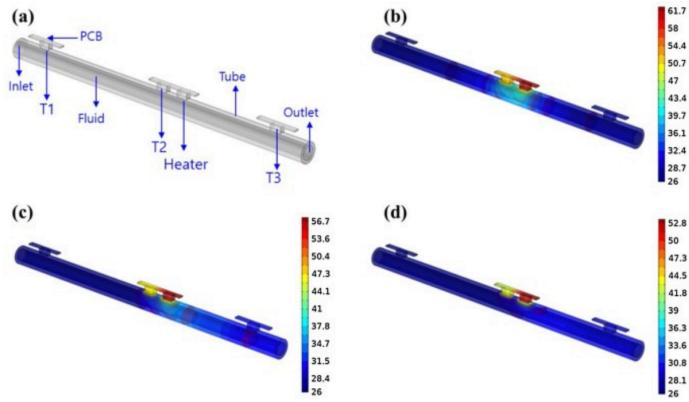
- 3) Han M, Kim J K, Park J H, et al. Sensitivity and Frequency-Response Improvement of a Thermal Convection-Based Accelerometer[J]. Sensors, 2017, 17(8): 1765.

[Source]<https://www.mdpi.com/1424-8220/17/8/1765/html>



- 4) Lee D, Kim J, Park Y, et al. Sensitive and reliable thermal micro-flow sensor for a drug infusion system[J]. Sensors and Actuators A: Physical, 2020: 112033.

[Source]<https://www-sciencedirect-com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/science/article/pii/S0924424719322307>



2. Calorimètre

1) MEMS Calorimeters for Thermodynamic Characterization of Biomolecules

[Source] https://biomems.me.columbia.edu/research/sensor_li.html

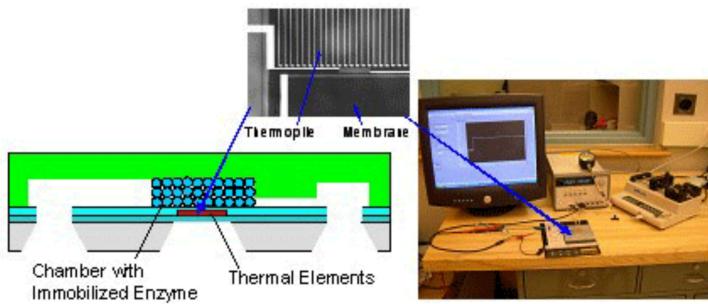


Figure 1. MEMS calorimetric biosensor

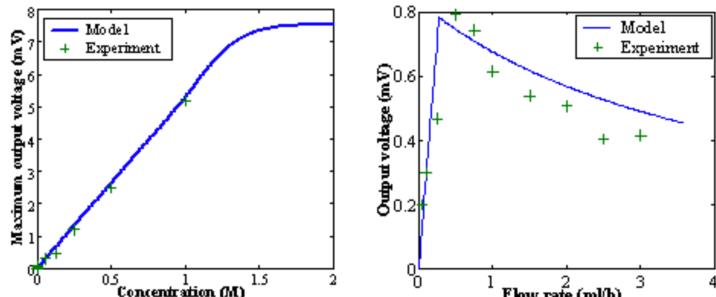
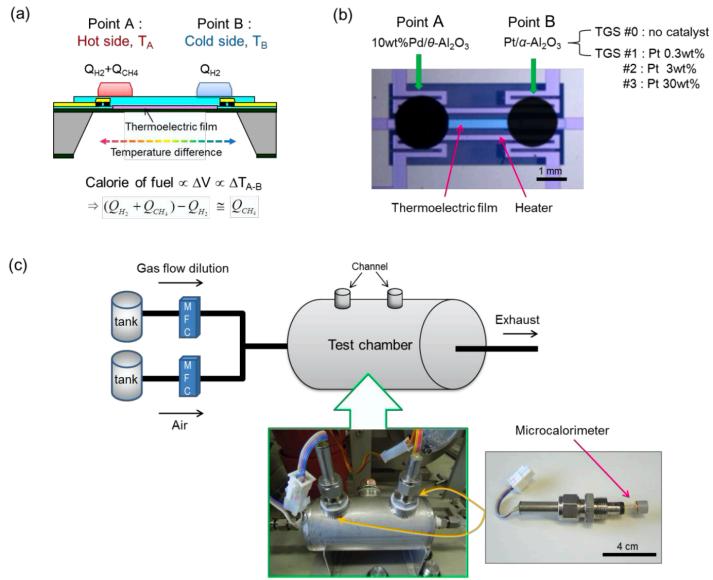


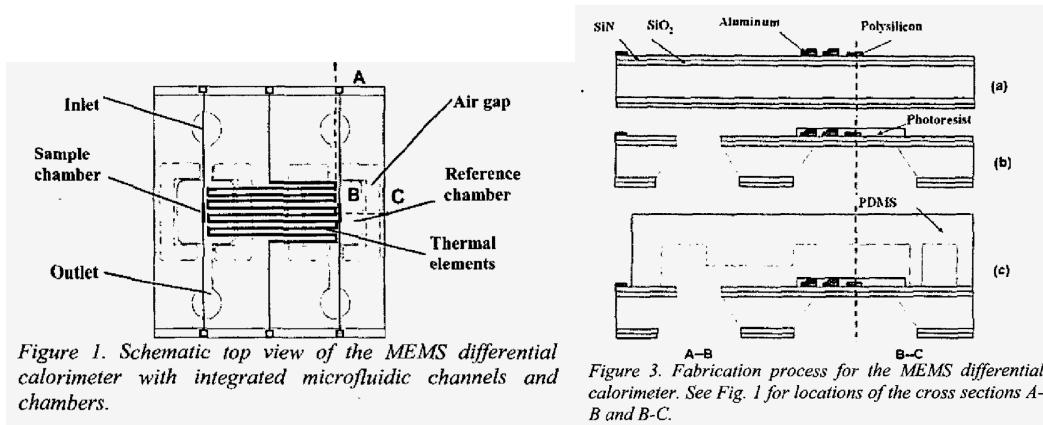
Figure 2. Modeling and measurement of enzymatic reaction of glucose in flow-injection (left) and flow-through (right) modes

2) Park N H, Akamatsu T, Itoh T, et al. Calorimetric thermoelectric gas sensor for the detection of hydrogen, methane and mixed gases[J]. Sensors, 2014, 14(5): 8350-8362.

[Source] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4063010/>

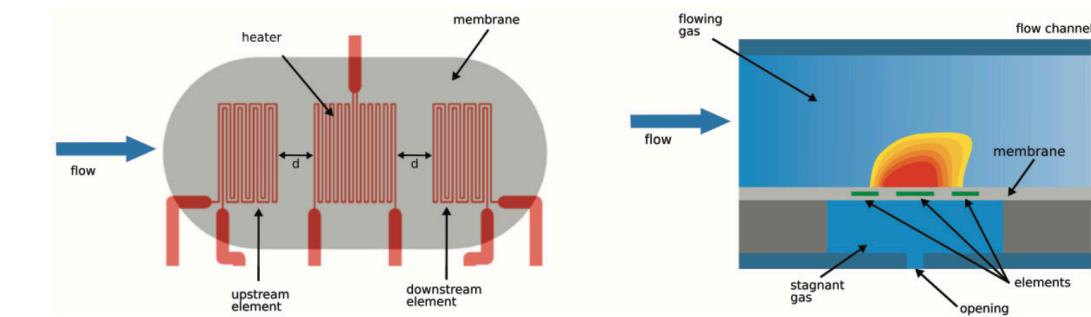


- 3) Wang L, Zhao Y, Ng E, et al. A MEMS differential calorimeter for biomolecular characterization[C]//18th IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems, 2005. MEMS 2005. IEEE, 2005: 814-817.

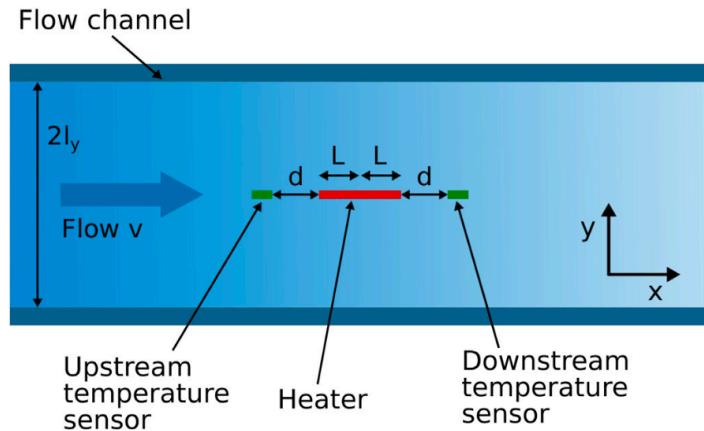


[Source] <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1454054/>

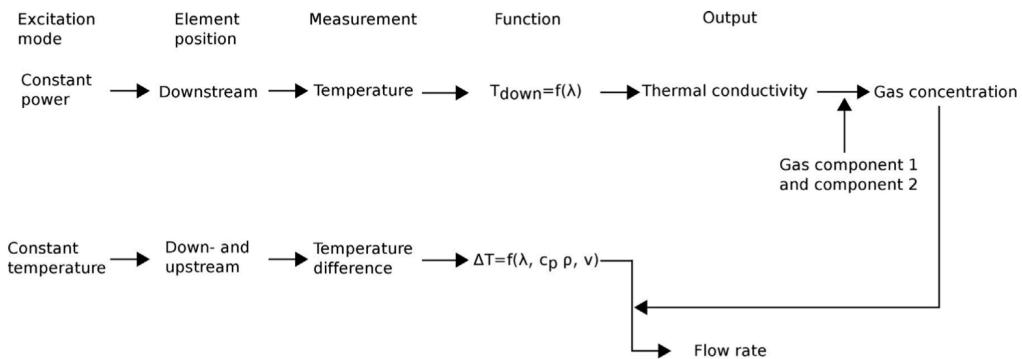
- 4) Hepp C J, Krogmann F T, Urban G A. Gas Concentration and Flow Speed Measurement by Thermal Excitation using one Single Chip[J]. Procedia engineering, 2015, 120: 298-301.



- 5) Hepp C J, Krogmann F T, Urban G A. Flow rate independent sensing of thermal conductivity in a gas stream by a thermal MEMS-sensor—Simulation and experiments[J]. Sensors and Actuators A: Physical, 2017, 253: 136-145.



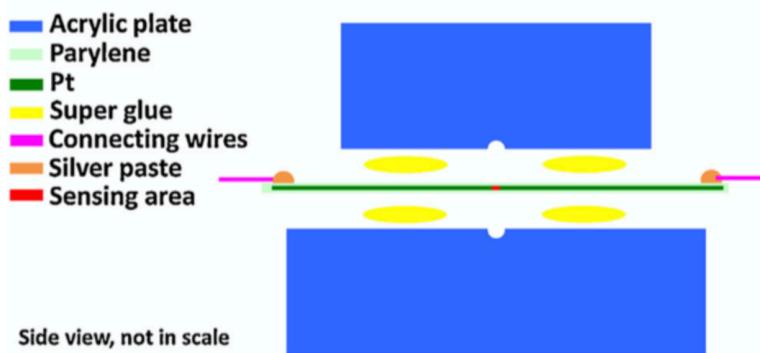
- 6) Hepp C J, Krogmann F T, Urban G A. Multi-parameter monitoring of binary gas mixtures: Concentration and flow rate by DC excitation of thermal sensor arrays[J]. Sensors and Actuators A: Physical, 2017, 265: 32-39.



3. Vitesse du vent/ Vitesse de l'eau (Capteur CTA)

- 7) Wu C H, Kang D, Chen P H, et al. MEMS thermal flow sensors[J]. Sensors and Actuators A: Physical, 2016, 241: 135-144.

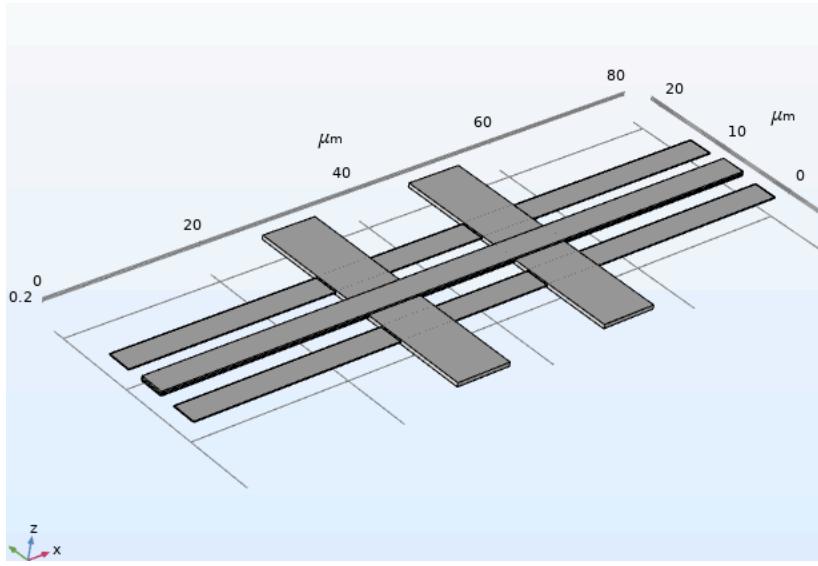
[Source] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924424716300723>



Démarche scientifique

1. Modélisation sous Comsol avec le modèle simple (Champ de multi-physiques appliqué correctement)
2. Simulation sous Comsol pour obtenir les résultats préliminaires qui peuvent supporter nos théories du modèle
3. Complété le modèle avec l'environnement ambient, trouver les bons champs de multi-physiques pour décrire l'environnement de test.
4. Essayer de construire ambient sous Comsol afin d'avoir les résultats de simulation qui sont proches de la réalité

Modélisation



Résultats préliminaires

Electrical and thermal response measurements

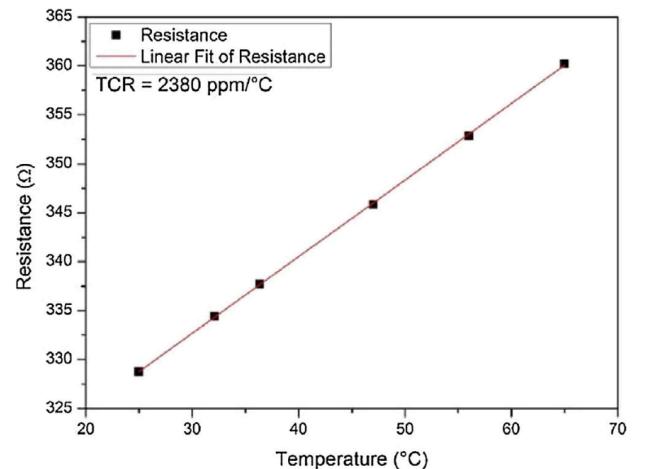
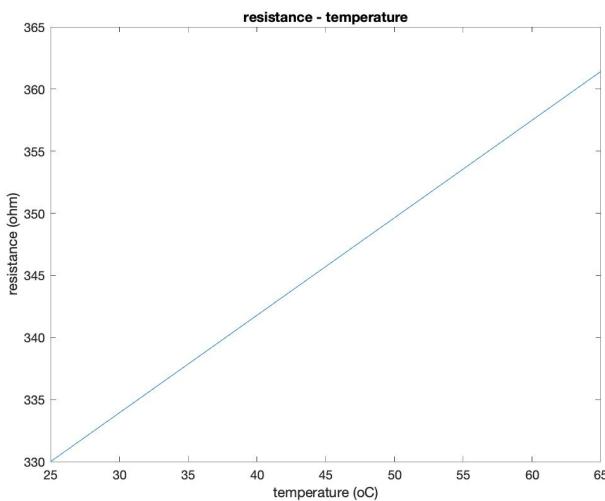
Selon l'article et le cours, on sait que la résistance varie suivant la température avec Temperature Coefficient of Resistance (TCR) :

$$TCR = \Delta R / (\Delta T \cdot R_0)$$

```
%% Electrical and thermal response measurements
```

```
TCR=2380e-6;
R0=330;
temp=25:1:65;
dtemp=temp-25;

dRes=TCR*dtemp*R0;
plot(temp,dRes+330)
title('resistance - temperature')
xlabel('temperature (oC)')
ylabel('resistance (ohm)')
```



Ref: Ghouila-Houri C, Gallas Q, Garnier E, et al. High temperature gradient calorimetric wall shear stress micro-sensor for flow separation detection[J]. Sensors and Actuators A: Physical, 2017, 266: 232-241.

Les deux courbes se correspondent. La résistance et la variation de température sont proportionnelles.

Sensor response to wall shear stress variations

Dans le test réel, on teste le wall shear stress du capteur avec les équations :

$$C_f = 2 \cdot \left[\frac{1}{k} \cdot \ln(Re_\theta) + C \right]^{-2}$$
$$\tau = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot U_\infty^2 \cdot C_f$$

$$k=0.384, C=4.127, Re_\theta = (\theta \cdot U_\infty)/v$$

Avec les documents, on a $v = 1.562E - 5 \text{ m}_2/\text{s}$, $\rho = 1.184 \text{ kg/m}_3$

À 25 degré.2

On définit la vitesse du vent : 20m/s.

```
%% Sensor response to wall shear stress variations
k=0.384;
C=4.127;
v=1.562e-5;
rho=1.184;

theta=0:0.0001:0.03; % On définit mais peut être mesuré avec la profile de vitesse du
boundary layer
Ucen=20;
ReT=(theta*Ucen)/v;

Cf=2*(1/k*log(ReT)+C).^(−2);

figure
plot(theta,Cf)
title('skin friction coefficient - theta')
xlabel('theta')
ylabel('skin friction coefficient')

tau=1/2*rho*Ucen*Ucen*Cf;

figure
plot(theta,tau)
title('wall shear stress - theta')
xlabel('theta')
```

