

Analyse des transferts thermiques au sein d'un écoulement de convection naturelle dans un espace confiné comportant un obstacle partiellement chauffé

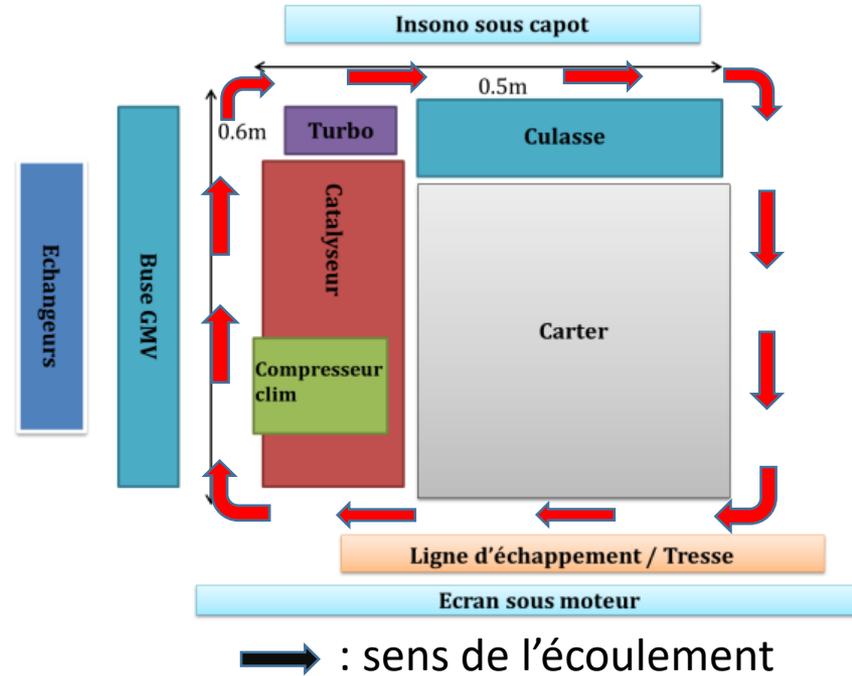
Alexandre WEPPE, Florian MOREAU, Didier SAURY





Un moteur « EP »

Source: <http://www.autoweb-france.com>



Objectifs du projet ANR MONACO_2025:

Compréhension des phénomènes physiques

Base de données expérimentale

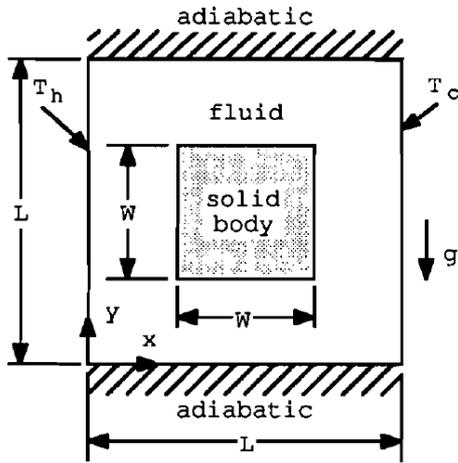


Validation des modèles RANS en cours de développement



Optimisation des transferts de chaleur sous-capot

Quelques études

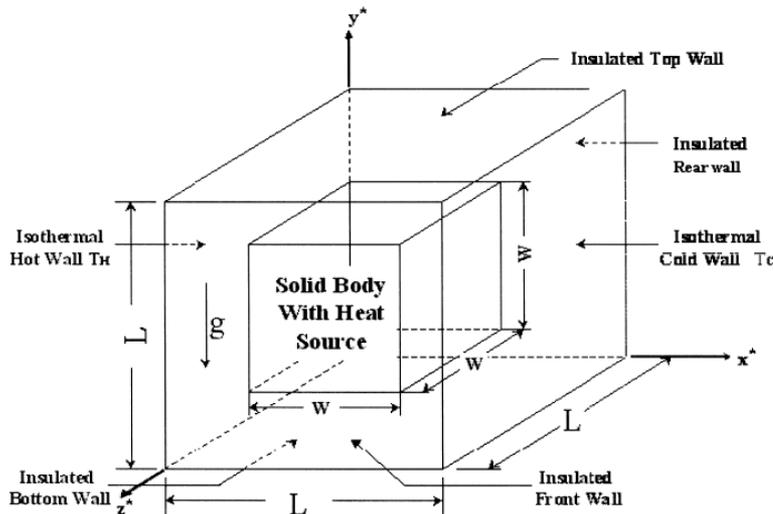


$$0 < \frac{W}{L} < 1$$

$$0 \leq Ra = \frac{g\beta(T_c - T_f)L^3}{\nu\alpha} \leq 10^6$$

Fig. 1 Schematic of enclosure with centered solid body.

J.M. House, C. Beckermann, T.F. Smith, *Effect of a Centered Conducting Body on Natural Convection Heat Transfer in an Enclosure*, Numer. Heat Transfer, 18 (1990) 213-225.



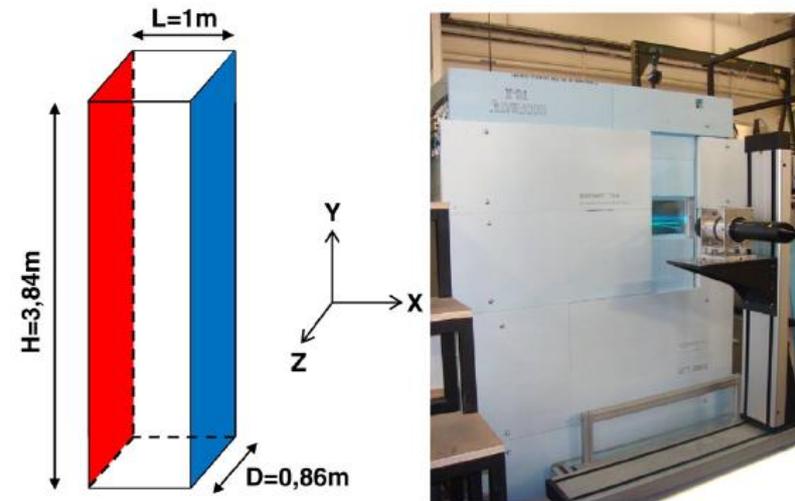
$$\frac{W^2}{L^2} = 0,25$$

$$10^3 \leq Ra = \frac{g\beta(T_c - T_f)L^3}{\nu\alpha} \leq 10^4$$

Fig. 1. A schematic of the system.

M.Y. Ha, M.J. Jung, *A numerical study on three-dimensional conjugate heat transfer of natural convection and conduction in a differentially heated cubic enclosure with a heat-generating cubic conducting body*, Int. J. Heat and Mass transfer, 43 (2000) 4229-4248.

D. Saury et al. / *International Communications in Heat and Mass Transfer* 38 (2011) 679–687



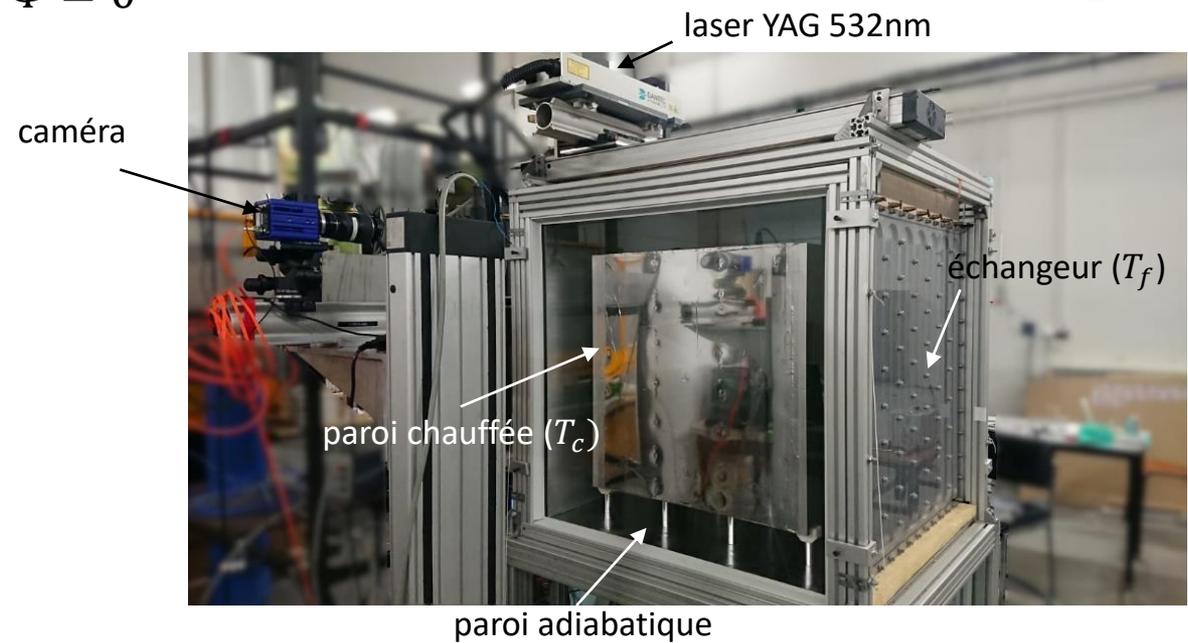
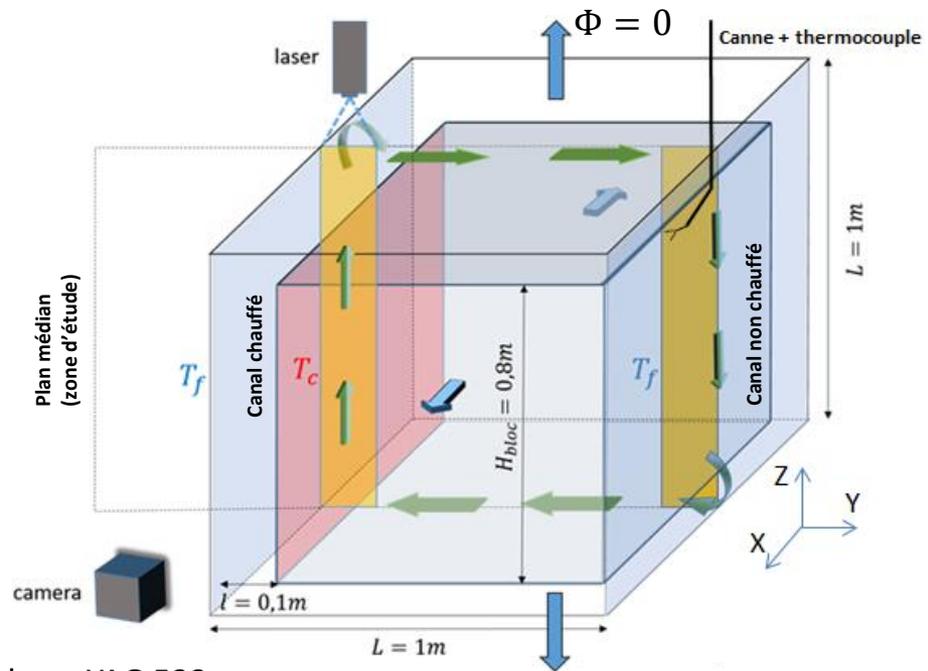
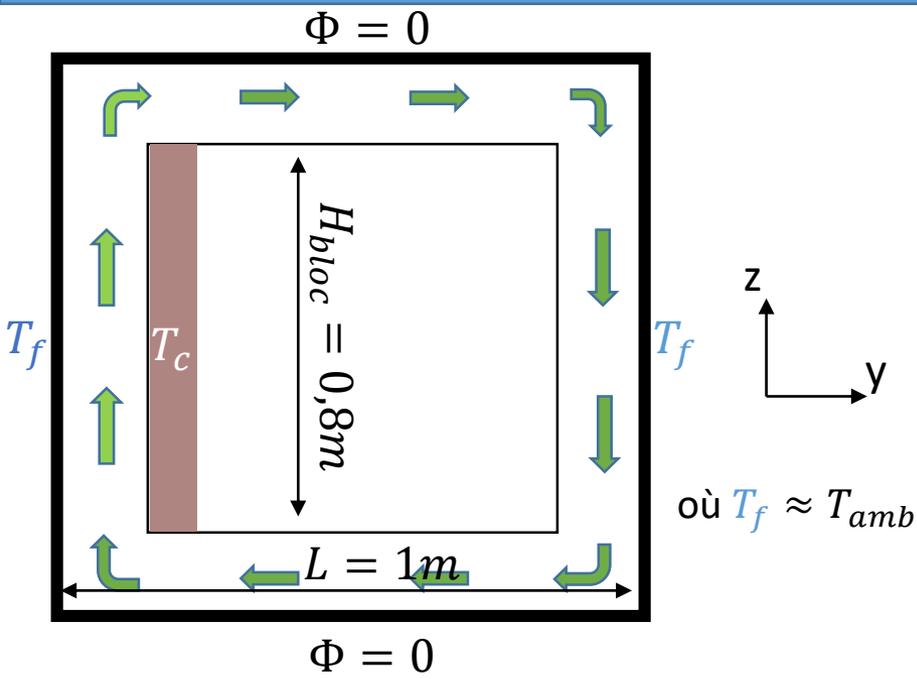
$$4,0 * 10^{10} \leq Ra = \frac{g\beta(T_c - T_f)H^3}{\nu\alpha} \leq 1,2 * 10^{11}$$

Fig. 1. Scheme of the inner cavity and photography of the upper part of the cavity (about 1/3 of the cavity).

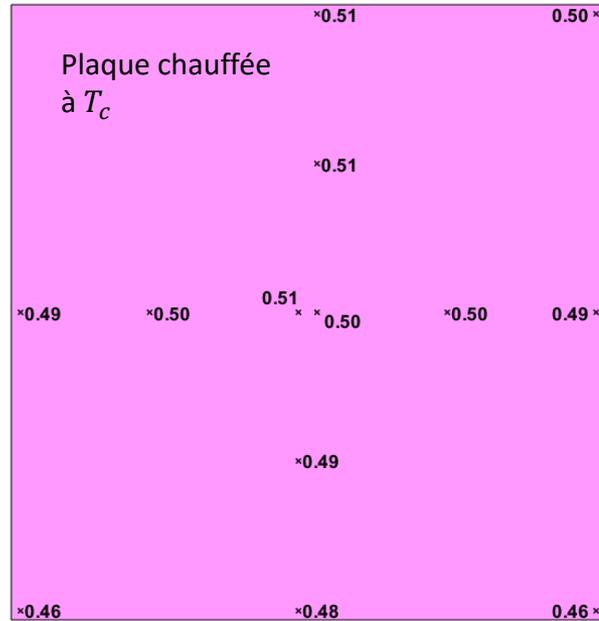
D. Saury, N. Rouger, F. Djanna, F. Penot, *Natural convection in an air-filled cavity : Experimental results at large Rayleigh numbers*, *Int. J. Heat and Mass transfer*, 38 (2011) 679-687

Notre problématique

- Etude expérimentale
- Régime à haut nombre de Rayleigh
- Présence d'un obstacle cubique chauffant



$$\theta = \frac{T - T_0}{\Delta T}; \quad T_0 = \frac{T_c + T_f}{2};$$



- Mesures de températures (avec un microthermocouple)
- Mesures de vitesses (par PIV)

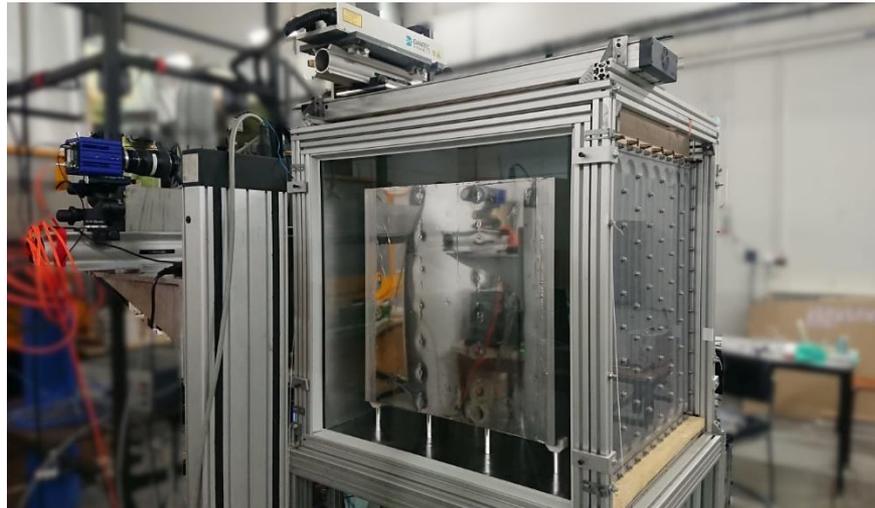


Laser YAG-Nitron 532nm

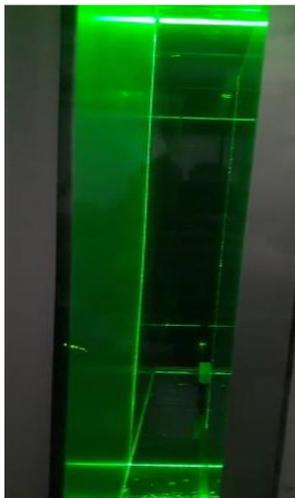
Fente de passage du laser

Caméra 2560x2160 pixels
25Hz double trame

Déplacement doubles axes



Canal chauffé



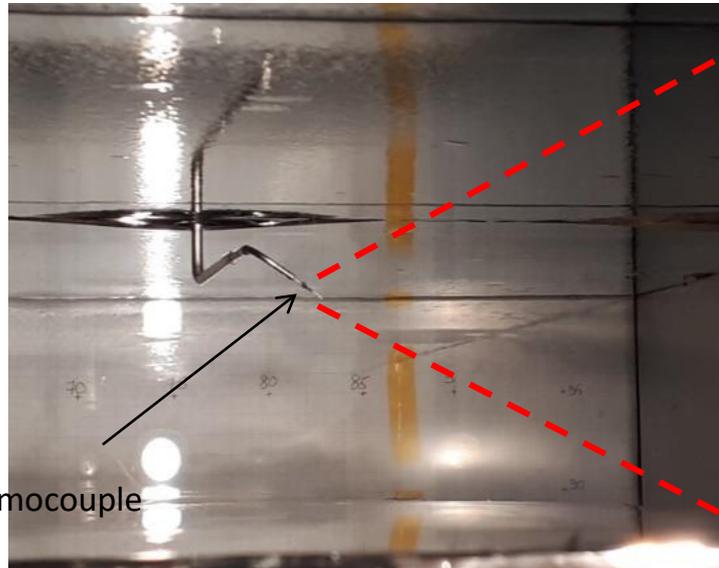
Générateur de fumée



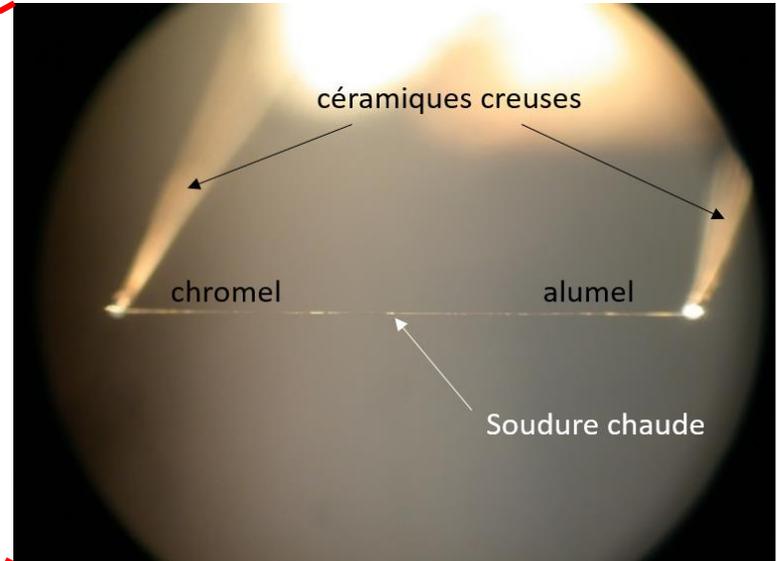
- 5000 doublets d'images acquis à 25 Hz
- 1,5 ms – 3 ms entre deux doublets d'images
- Fenêtres d'interrogations de taille finale 32x32 avec overlapping de 50%



Canne μ -thermocouple

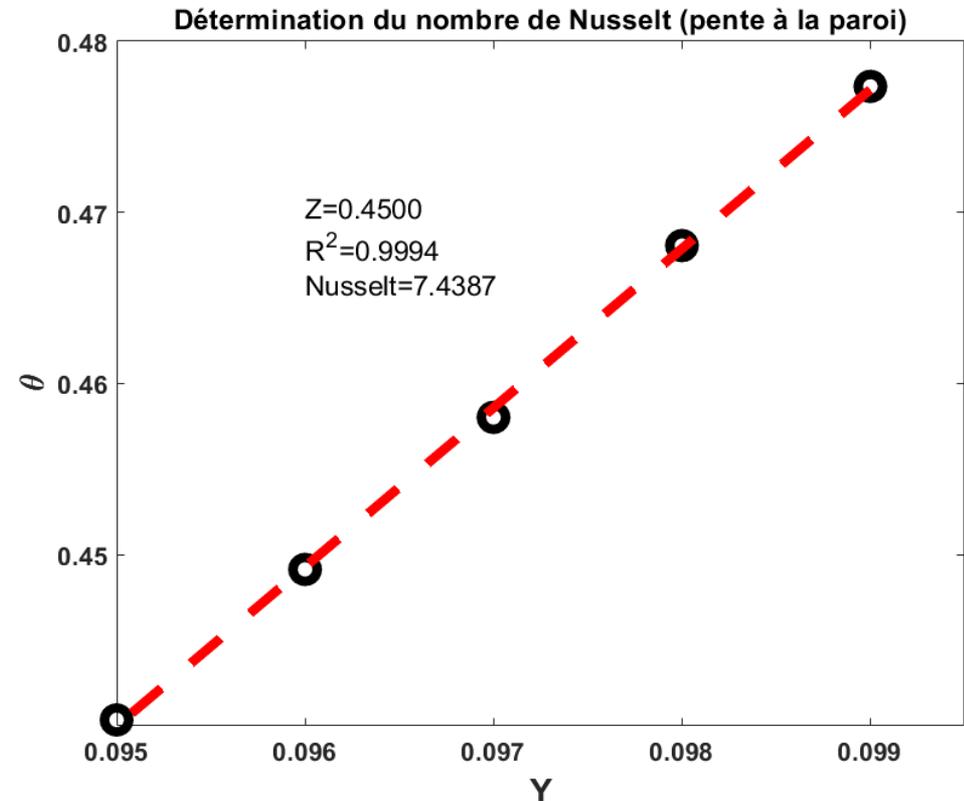


Micro-thermocouple
12,7 μ m



Nombres de Nusselt:
$$Nu = \frac{\partial \theta}{\partial Y} * \frac{H_{bloc}}{L}$$

- Fréquence d'acquisition = 40 Hz
- Temps d'acquisition = 10 minutes
- Déplacement du thermocouple depuis la paroi par incrément de 100 μm
- 5 points de mesures (max 8) – zone de variation linéaire de la température
- Critère de validation: $R^2 > 0,995$



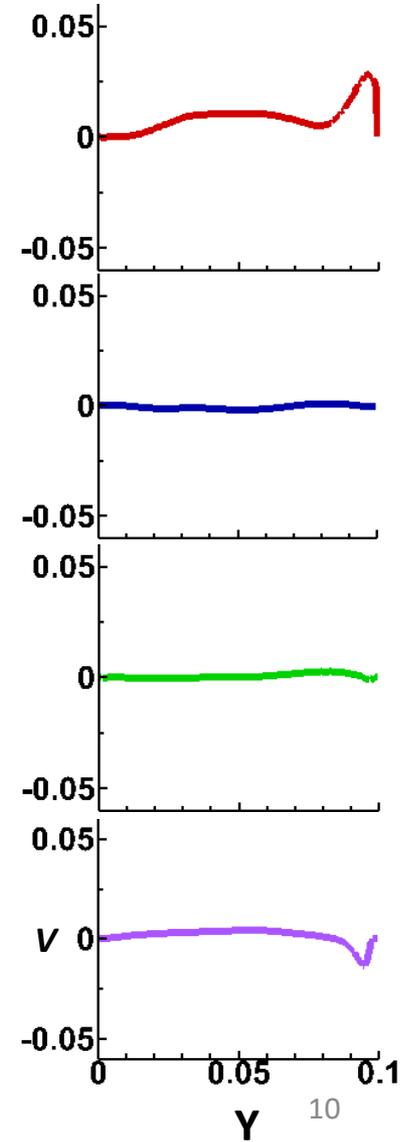
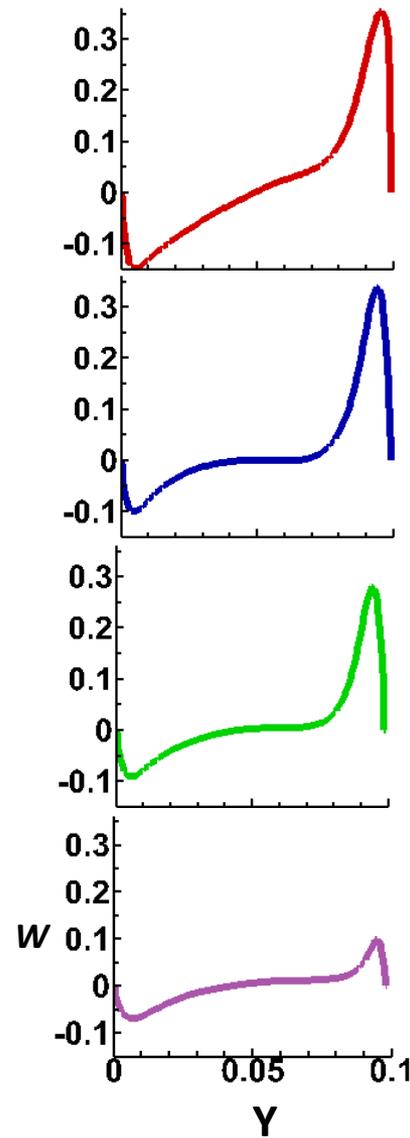
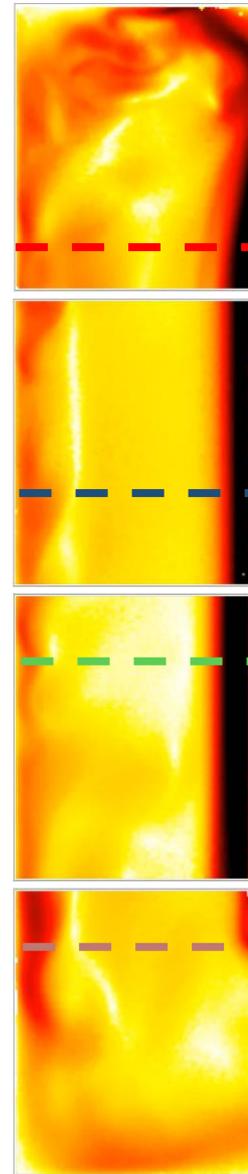
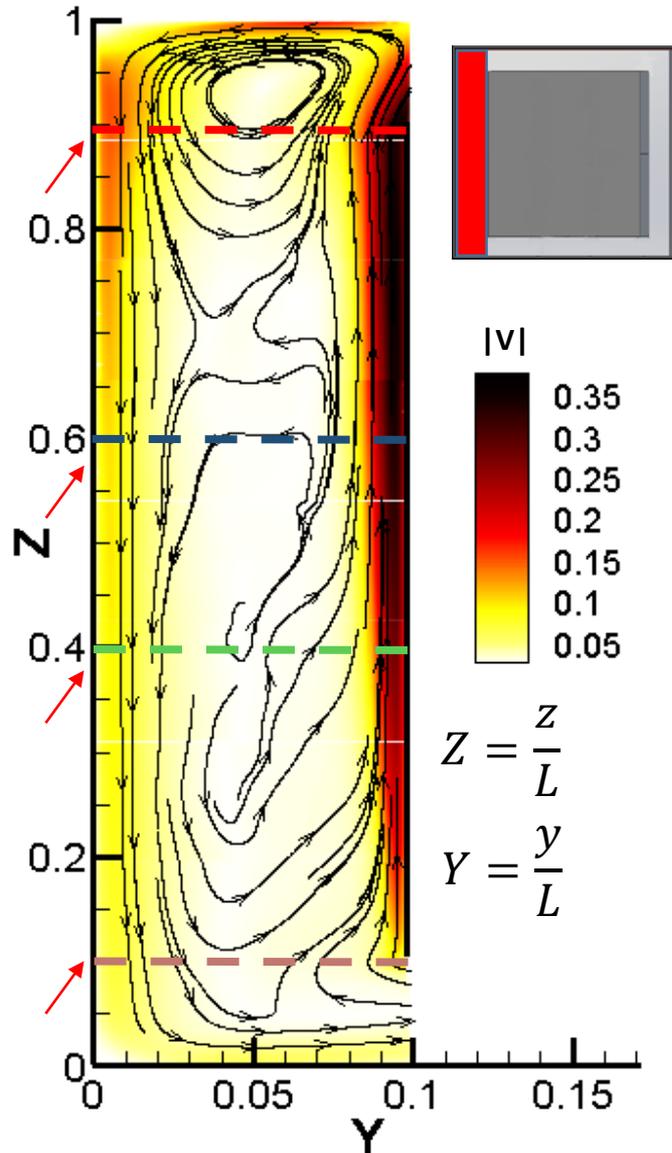
Champ moyen de la norme de vitesses

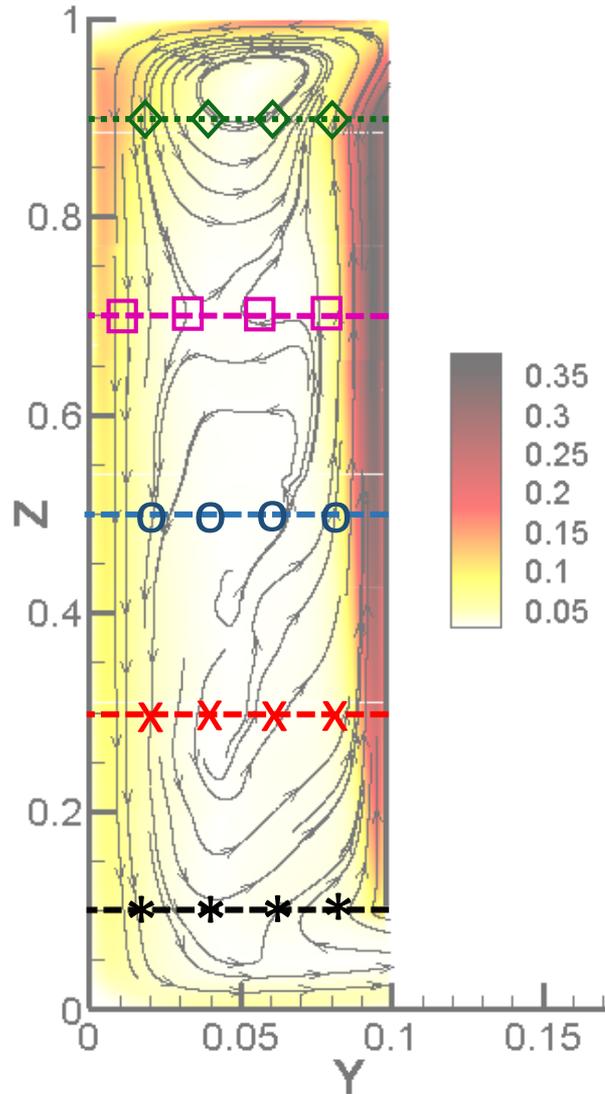
$$Ra_{H_{bloc}} = 1,4 * 10^9$$

$$|V| = \frac{\sqrt{v^2 + w^2}}{V_0}$$

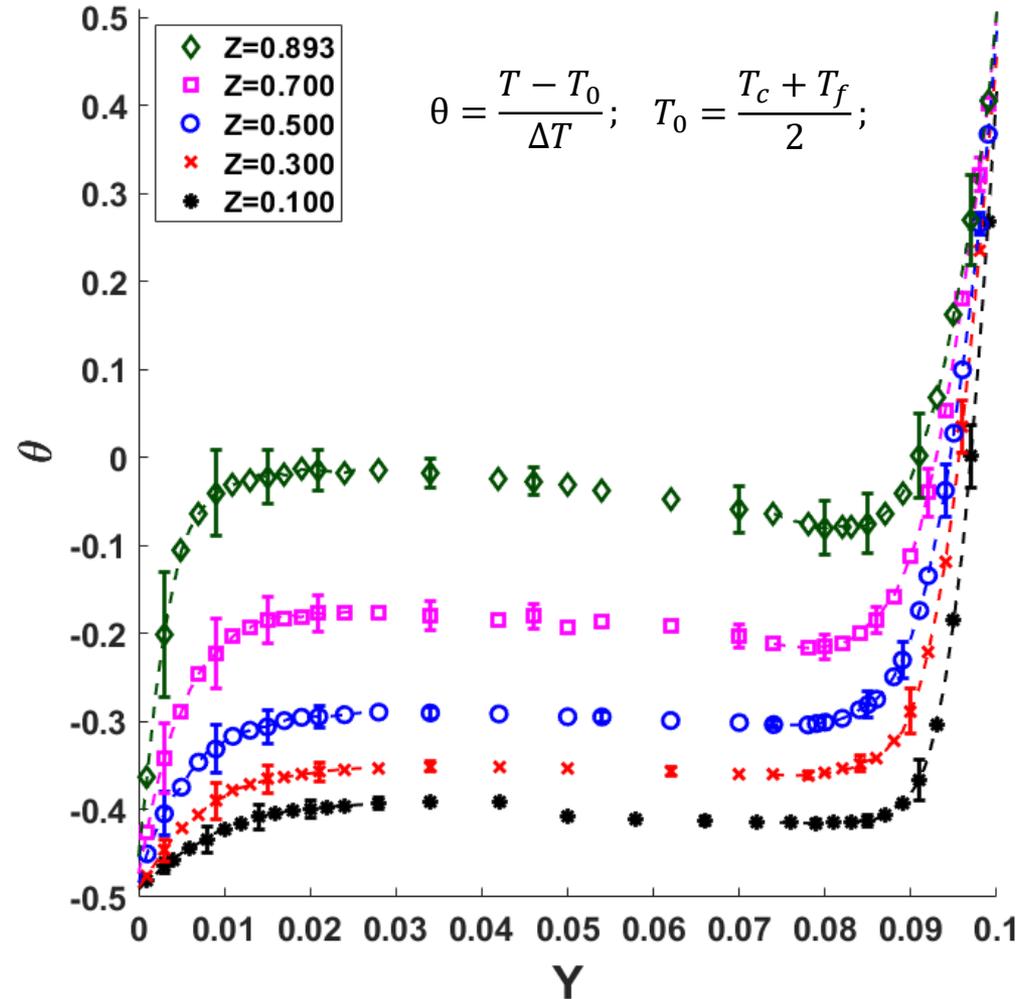
$$V_0 = \frac{\alpha\sqrt{Ra}}{H_{bloc}}$$

canal chauffé

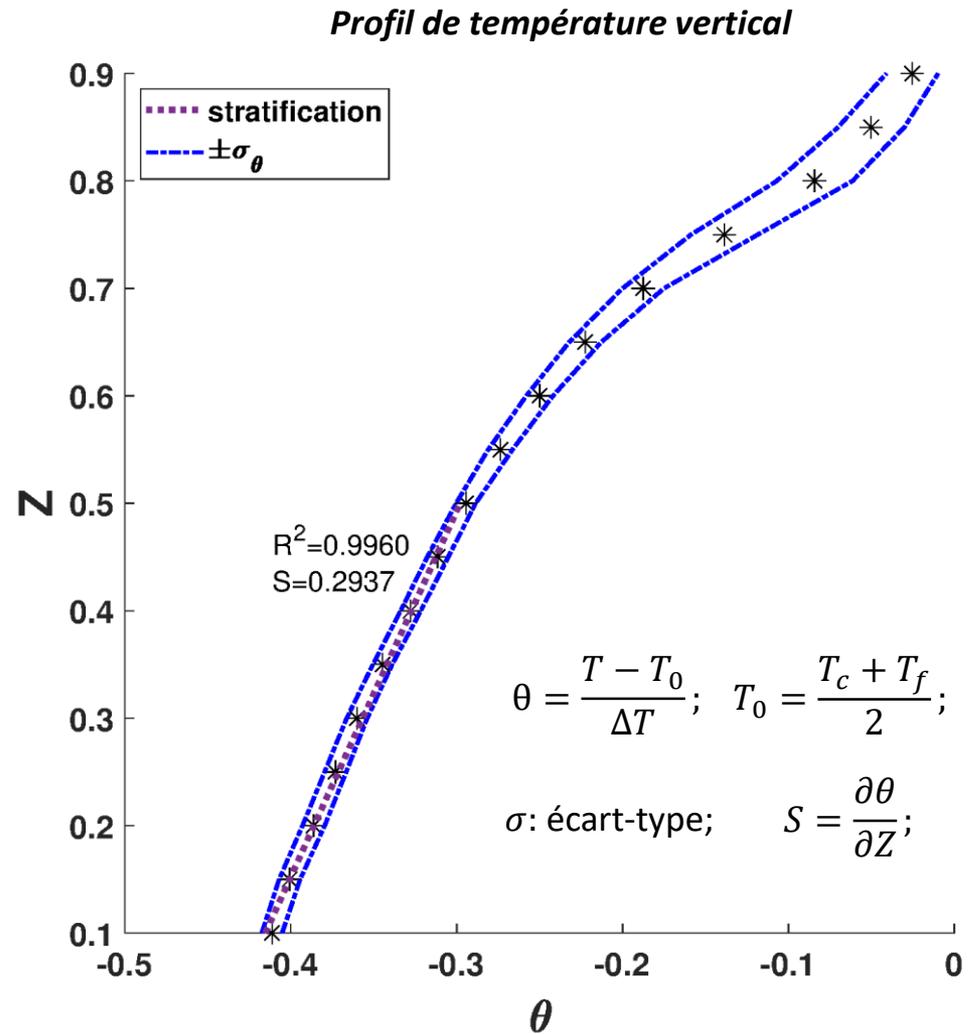
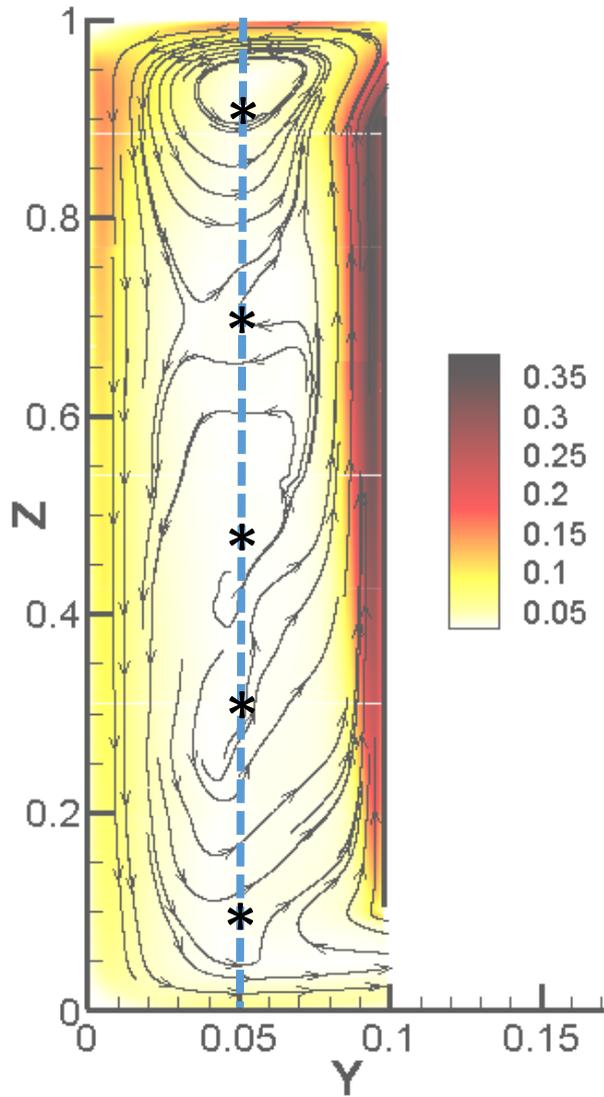




Profils de températures horizontaux



- Stratification des températures (zone centrale)
- Couches limites thermiques le long des parois à T_c et T_f
- Augmentation des fluctuations de températures avec Z

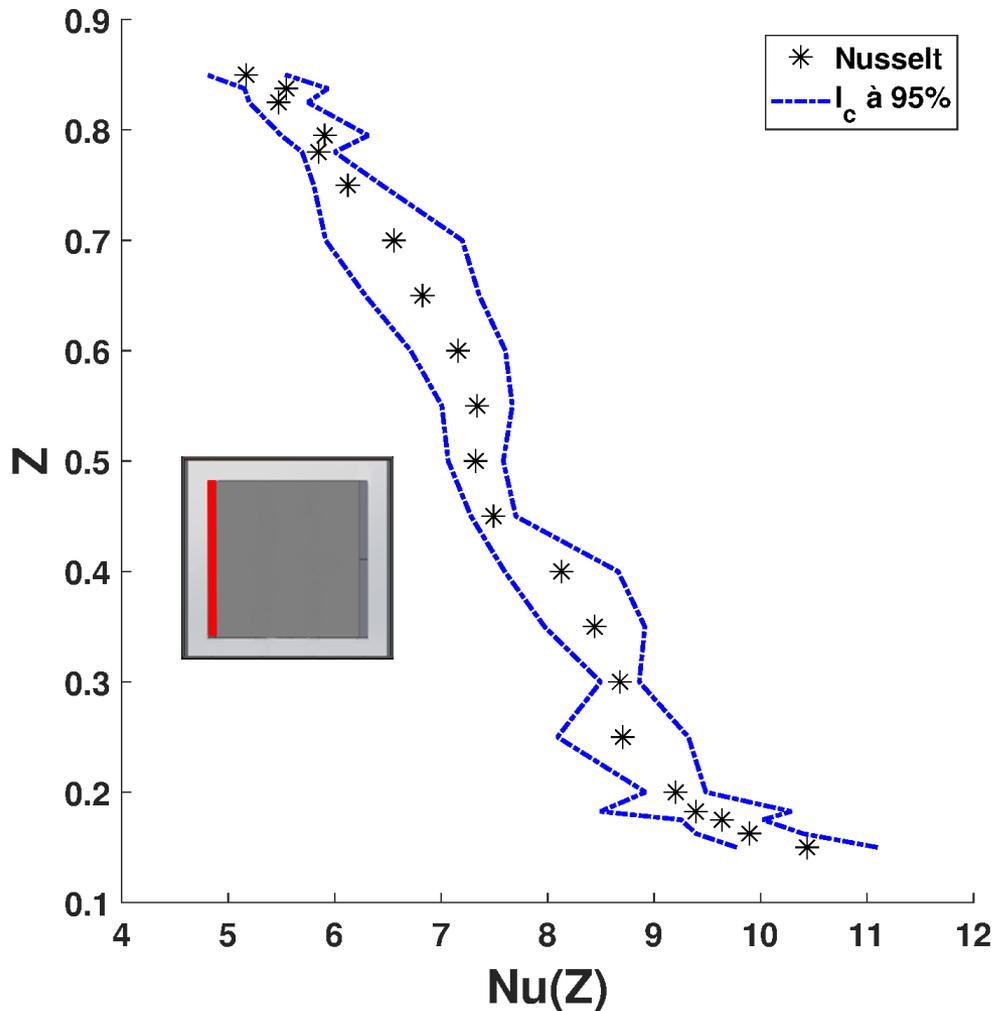


- Variation linéaire de la température pour $Z < 0,6$

- Perturbation de la stratification sous l'effet de la recirculation pour $Z > 0,6$

Nombres de Nusselt (paroi chaude)

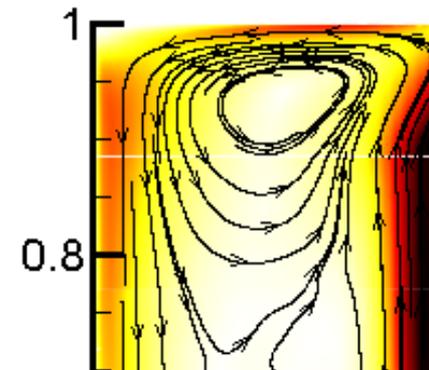
$$Nu = \frac{\partial \theta}{\partial Y} * \frac{H_{bloc}}{L}$$



- Diminution des transferts de chaleur avec Z croissant

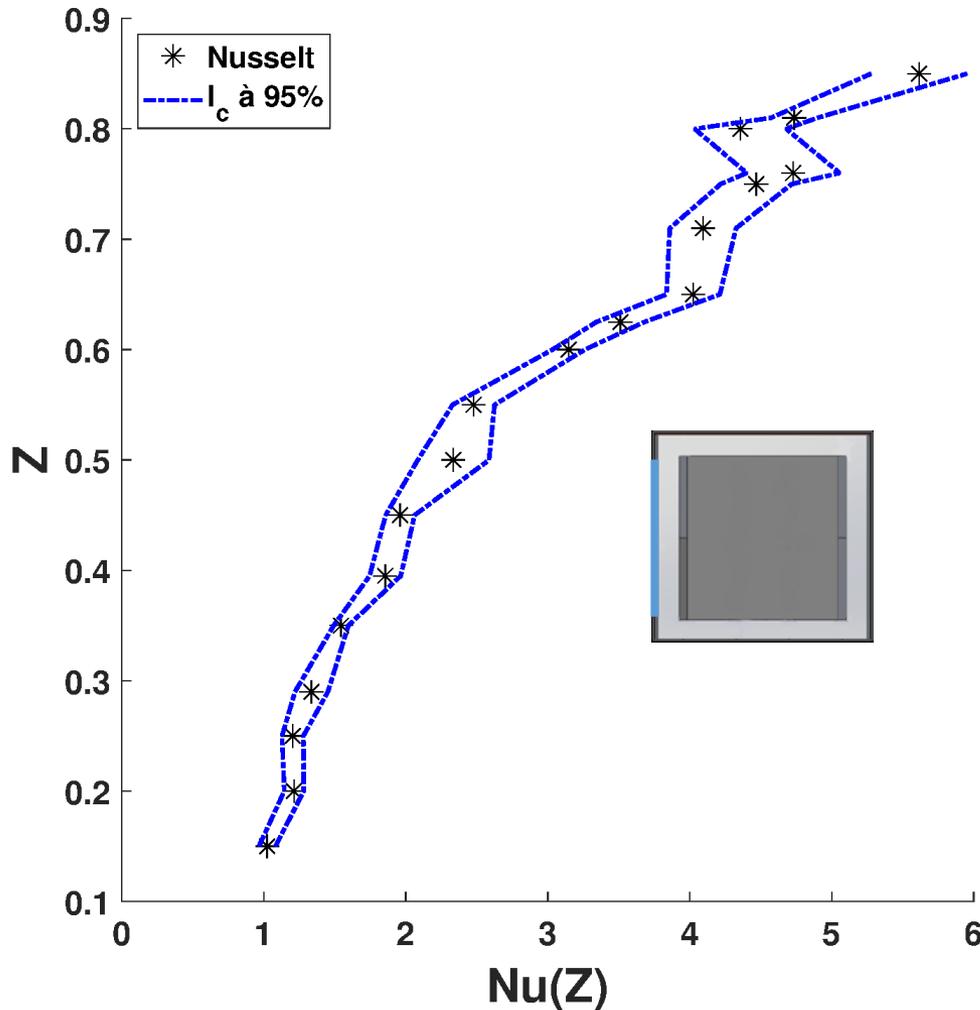
- Transferts de chaleur plus importants proche du bord d'attaque de l'obstacle à Z=0,1

- Transferts de chaleur perturbés par la cellule de recirculation pour Z>0,7



Nombres de Nusselt (paroi froide)

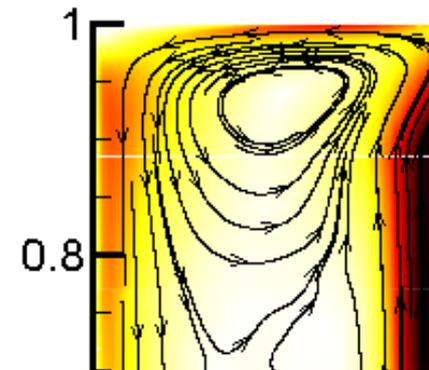
$$Nu = \frac{\partial \theta}{\partial Y} * \frac{H_{bloc}}{L}$$



- Diminution des transferts de chaleur avec Z décroissant

- Diminution du gradient vertical du nombre de Nusselt pour Z<0,6

- Transferts de chaleur perturbés par la cellule de recirculation pour Z>0,7



- *Ecoulements de couches limites séparées*
- *Stratification de la zone centrale du canal et variation linéaire de températures jusqu'à $Z=0,6$*
- *Influence de la recirculation sur la stratification et sur les transferts de chaleur pour $Z>0,6$*

Perspectives

