

Design thermohdraulique du cœur du MSFR

- Objectifs
- Hypothèses, précisions, méthode
- Principaux résultats
- Conclusions

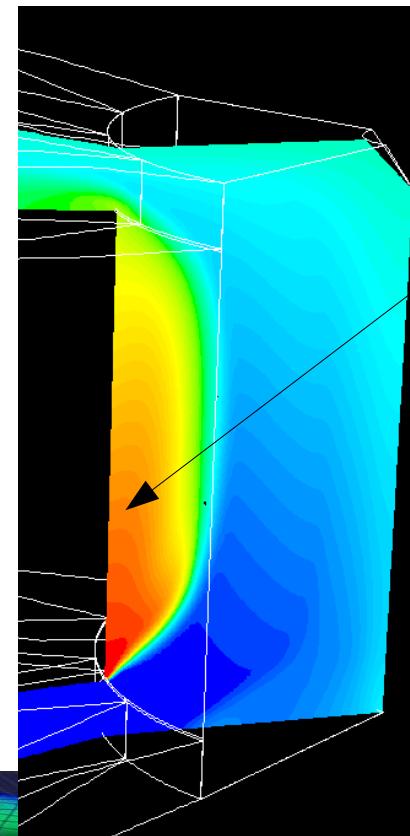
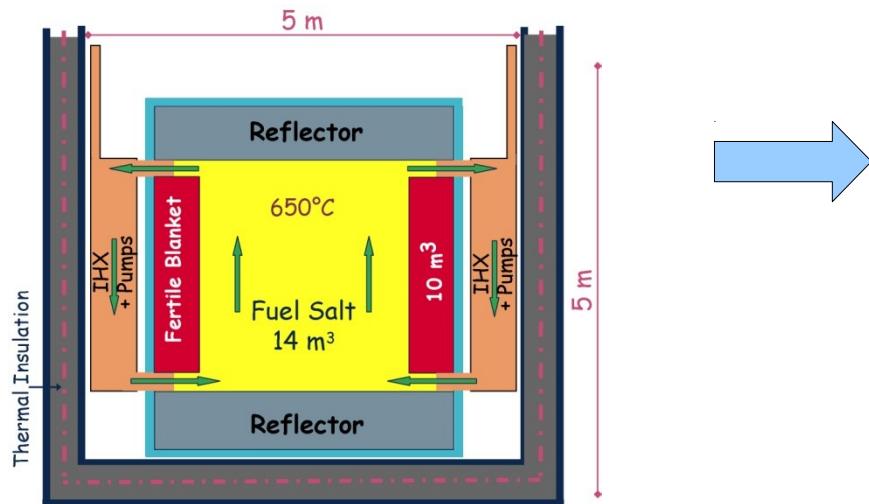
Hervé Rouch

Objectifs

- Homogénéité thermique du cœur?
- Homogénéité spatial / temporelle
- Température maximale / températures parois
- Optimisation

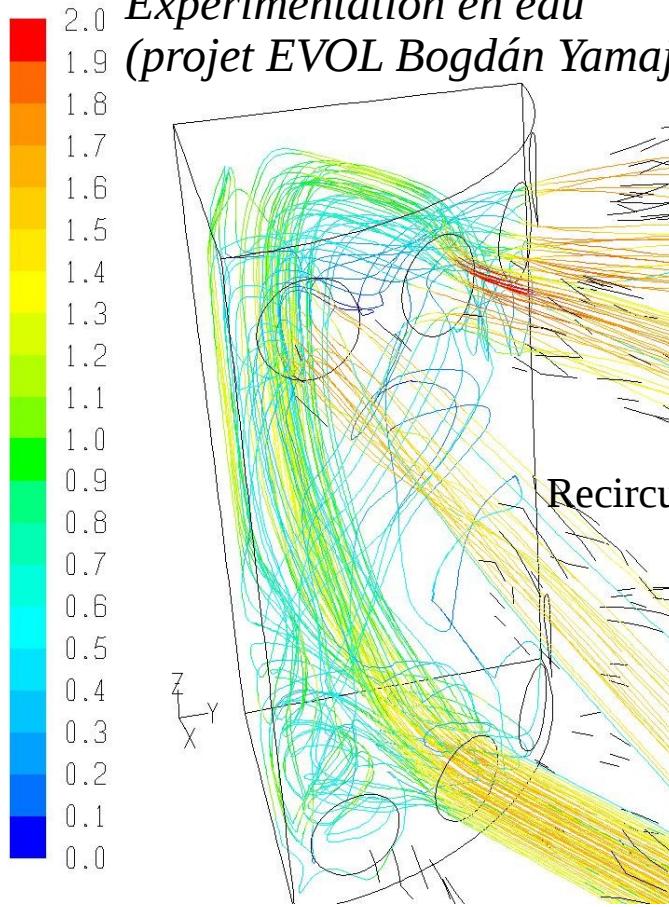
Principe calculs: neutronique → sources thermiques → thermohydraulique

Principe géométrique: cœur cylindrique



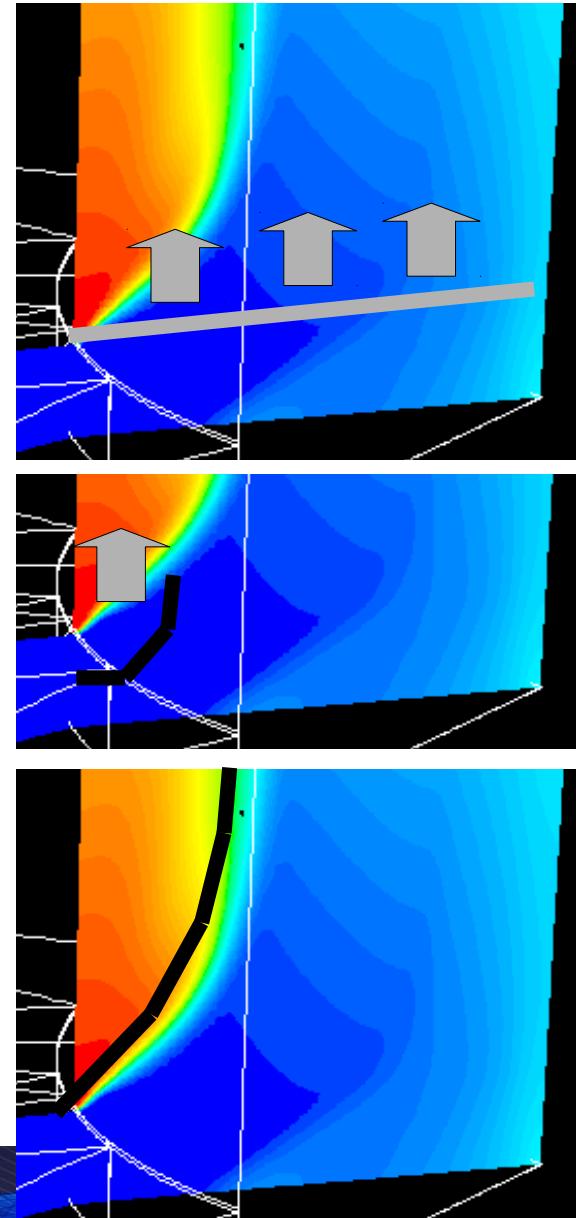
Homogénéité spatiale

*Expérimentation en eau
(projet EVOL Bogdán Yamaji BME)*



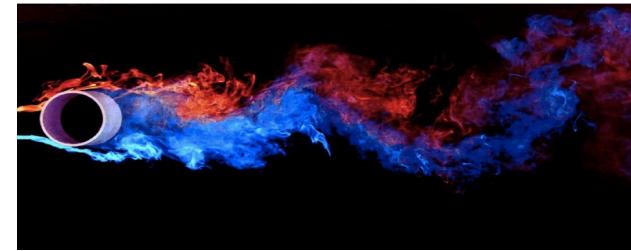
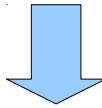
→ Suppression
recirculation

- Plaque de répartition
- Deflecteur(s) en entrée
- Forme du coeur

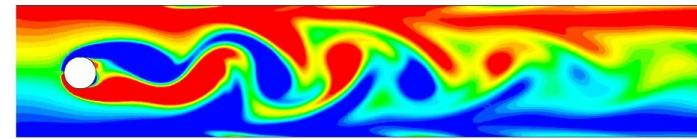
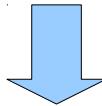


Homogénéité temporelle

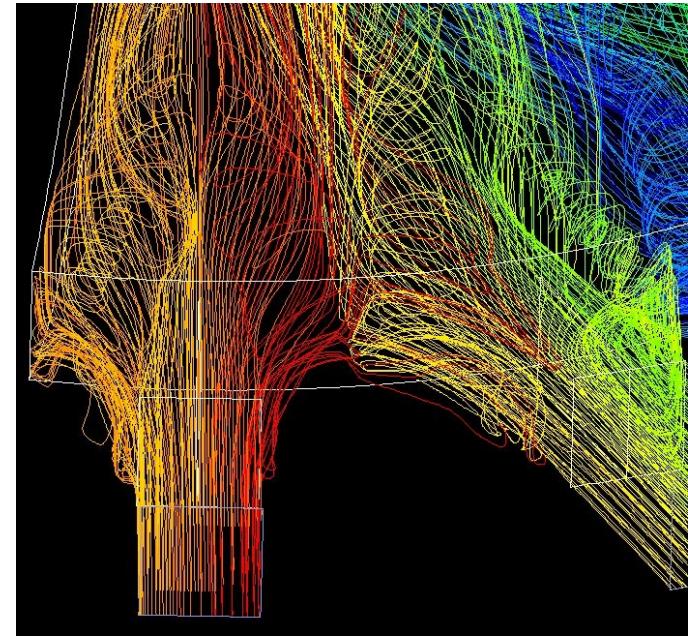
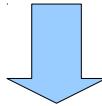
Instabilités dynamiques



Hétérogénéités spatiales et temporelles



Simulations plus complexes et incertaines,
imprécises

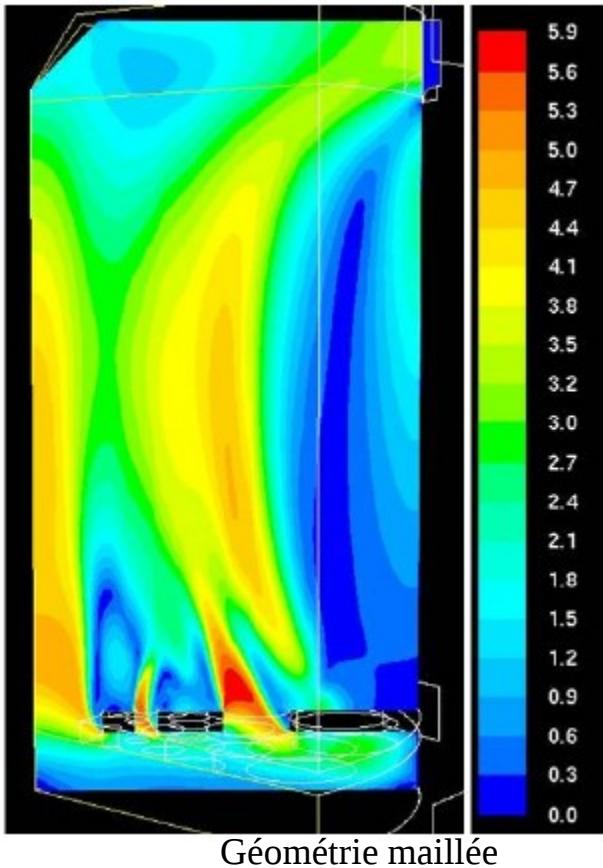


Choisir des écoulements stables
Eviter les obstacles / angle

Hyothèses / démarche

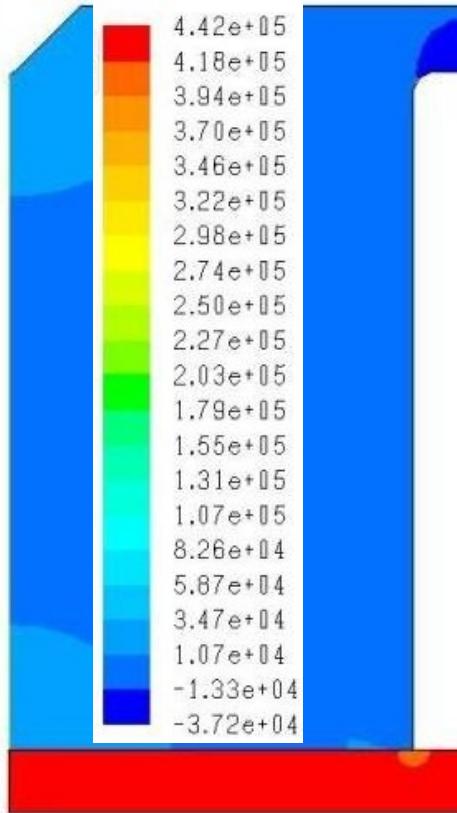
- *Point de fonctionnement donné (30T/s, +100°C)*
- *Sel supposé connu → possibilité de sensibilité*
- *Source thermique supposée connue (couplage faible)*
→ *possibilité de couplage fort*
- *Simulations stationnaires*
→ *possibilité de vérification transitoire*
- *Modèle de turbulence RANS*
→ *possibilité de vérification (maillage, modèle LES ...)*
- *Choix de solutions stables*
- *Comparaison des homogénéités en température*
- *Comparaison des sensibilités au point de fonctionnement*
→ *justification de choix de géométrie*

Vitesse (m/s)

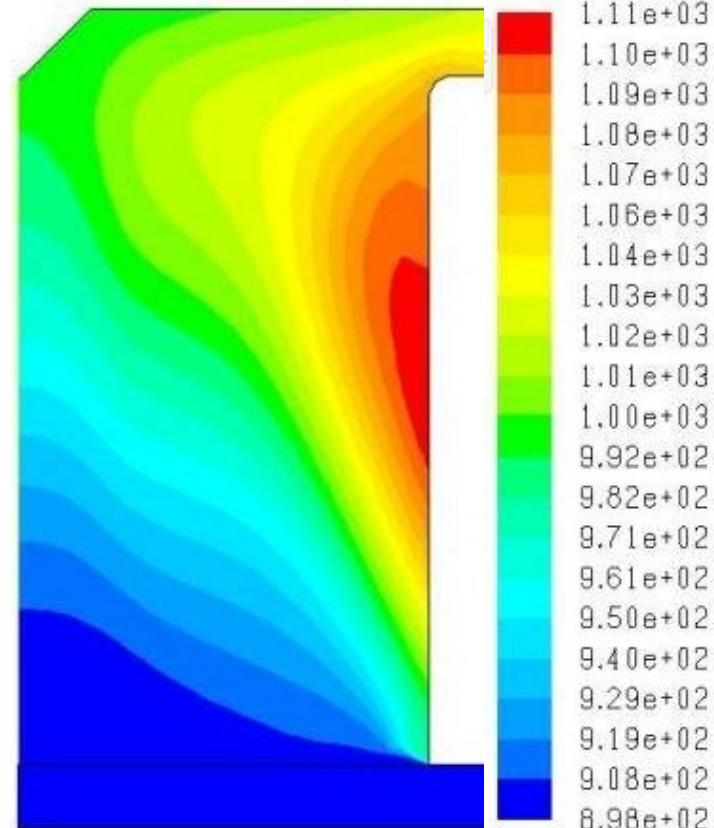


Grille de répartition

Pression (Pa)



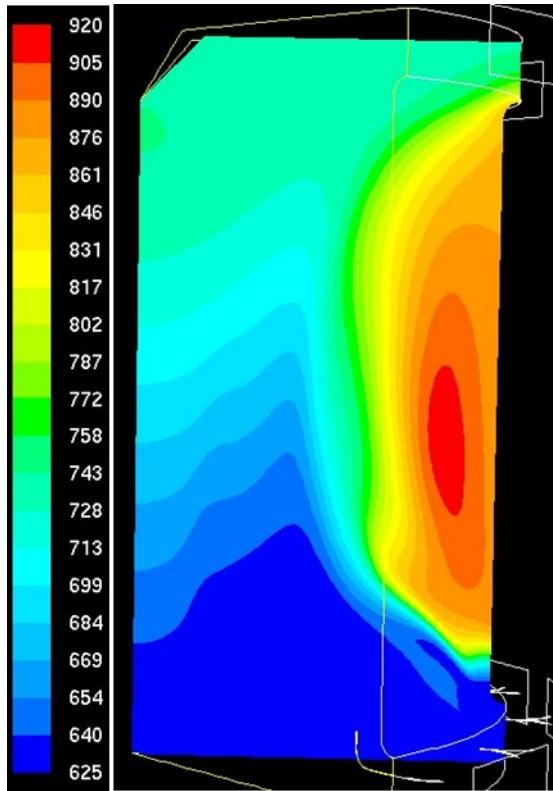
Température (K)



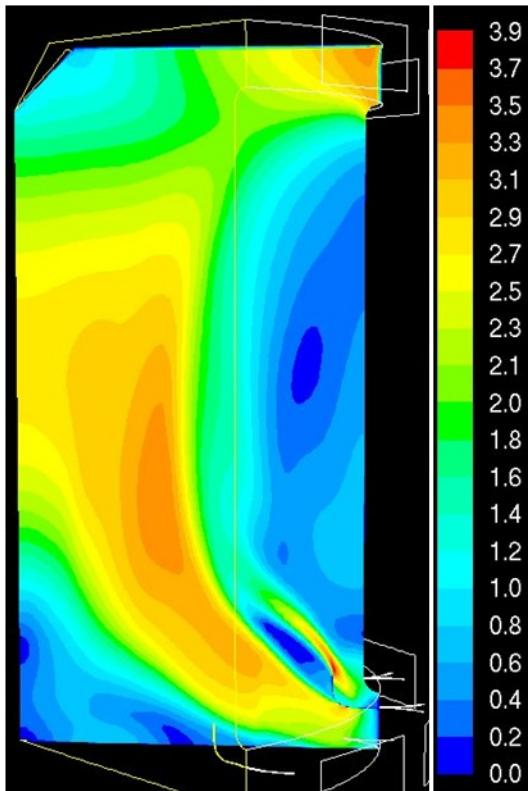
*Même avec une perte de charge importante : 4 bar,
l'homogénéité thermique n'est pas suffisante*

Deflecteurs

Température (C)



Vitesse (m/s)



*Il subsiste une recirculation
+200°C*

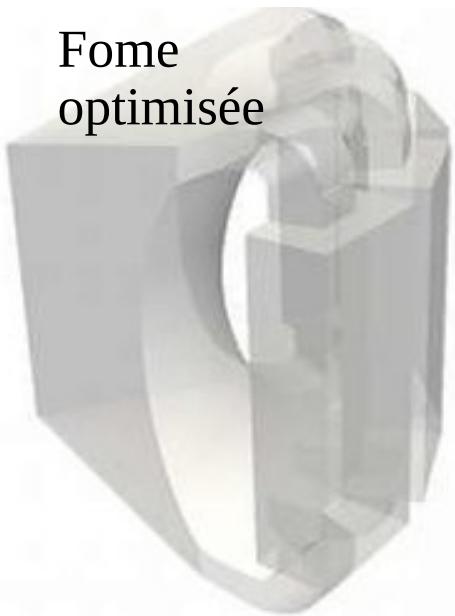
*Une optimisation de deux
déflecteurs permet une homogénéité
thermique correcte*



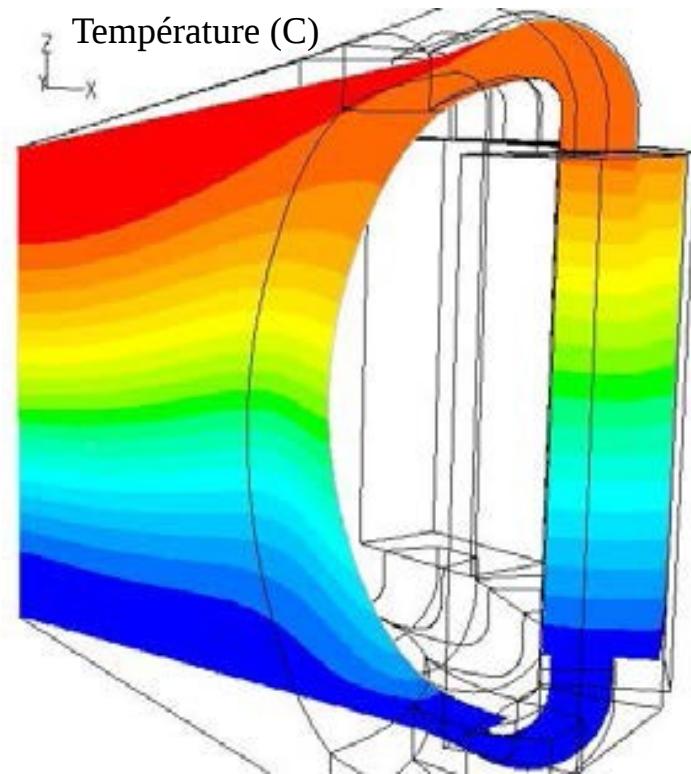
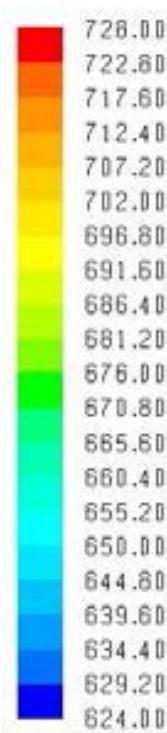
*Optimisation possible, mais...
Très forte contraintes sur les déflecteurs
Forte sensibilité au point de fonctionnement*

Forme entrée et couverture

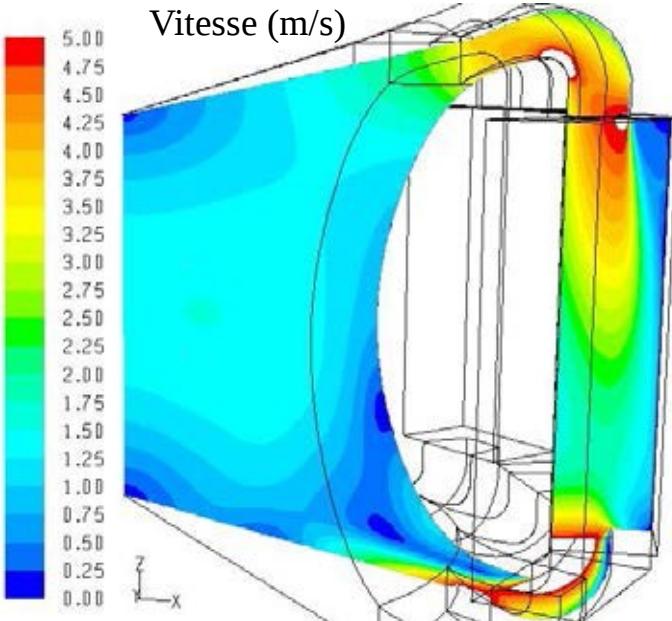
Forme optimisée



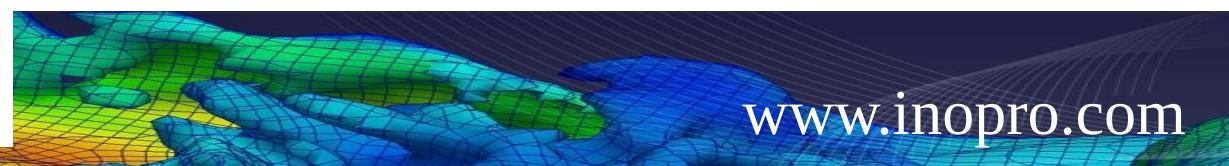
Source issue du
calcul pour le
cylindre



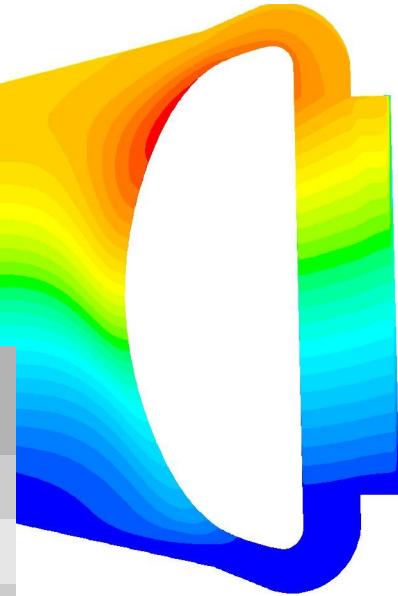
Vitesse (m/s)



*Température très homogène
Température maximale 6° seulement
supérieure à la température de sortie du cœur*



Sensibilité au point de fonctionnement



	Corrected source, curved blanket	Source ref. / 2	Source ref. /2 & Flow rate /2
Heat source (GW)	2,7959	1,398	1,398
Mass flow rate (kg/s)	18923,2	18923,2	9461,6
T_out (°C)	722	676	722
T_out – T_in (°C)	97	51	97
Pressure drop core (bar)	~ 0.1	~ 0.1	~ 0.03
T_max-T_out (°C)	6	4	16
Tmax_walls (°C)	728	680	738
Shear stress max (Pa)	790	790	230



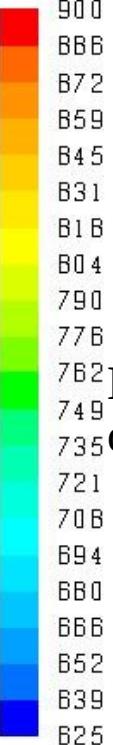
Faible sensibilité au point de fonctionnement

Sensibilité à la géométrie

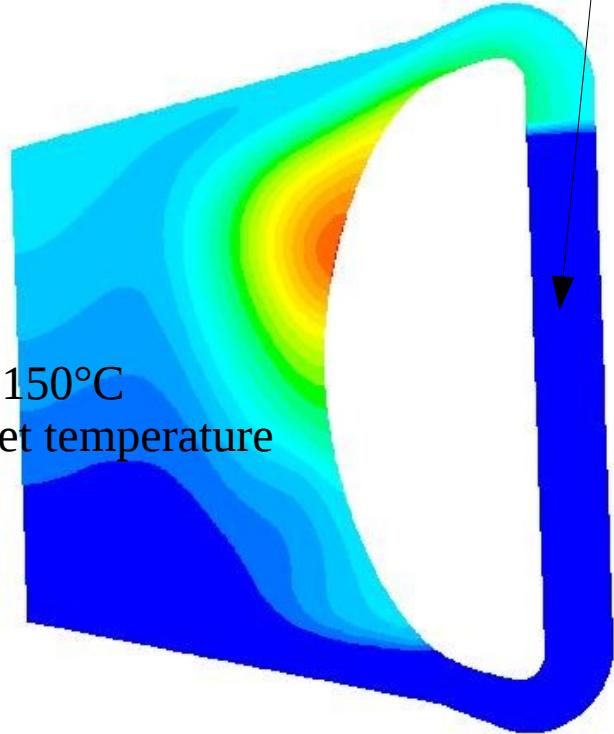
même cœur

Volumes équivalents /
échangeur
différents

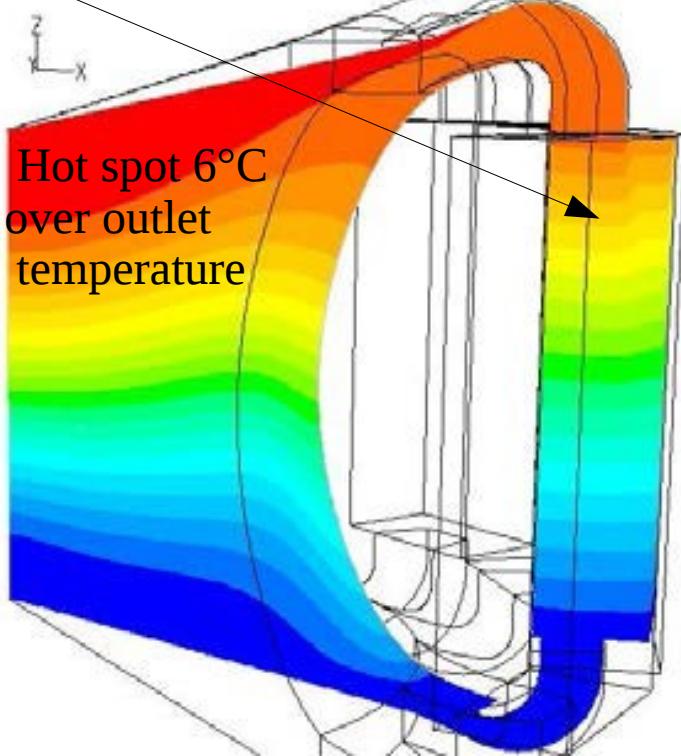
T($^{\circ}$ C)



Hot spot 150 $^{\circ}$ C
over outlet temperature

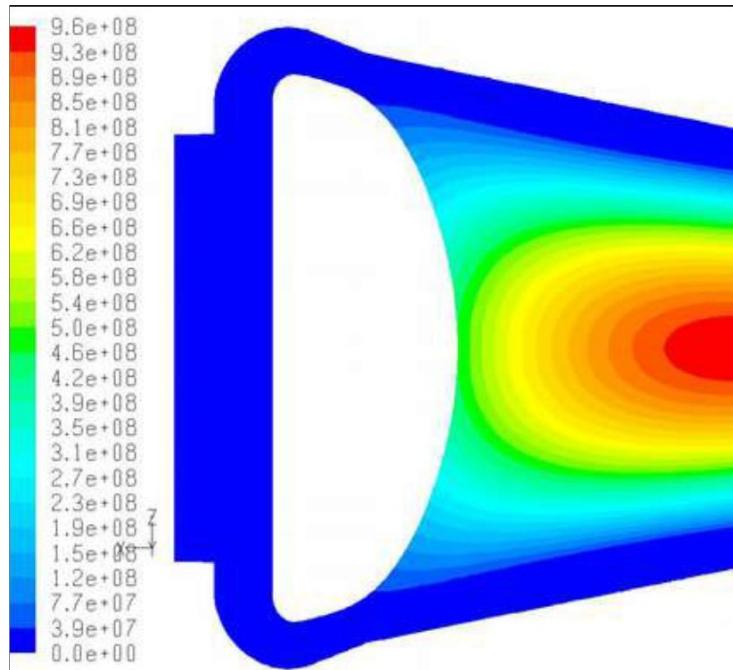


Hot spot 6 $^{\circ}$ C
over outlet
temperature

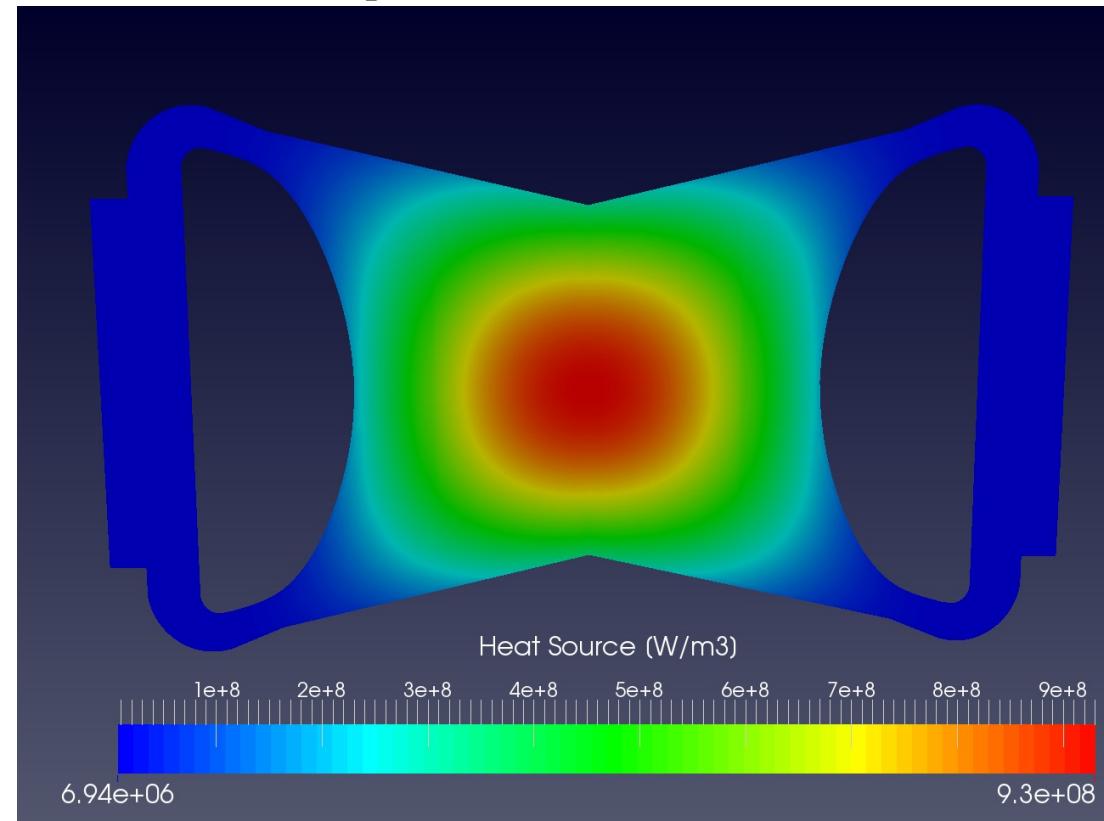


Sensibilité à la source

Source (W/m³)
issue du calcul en cylindre



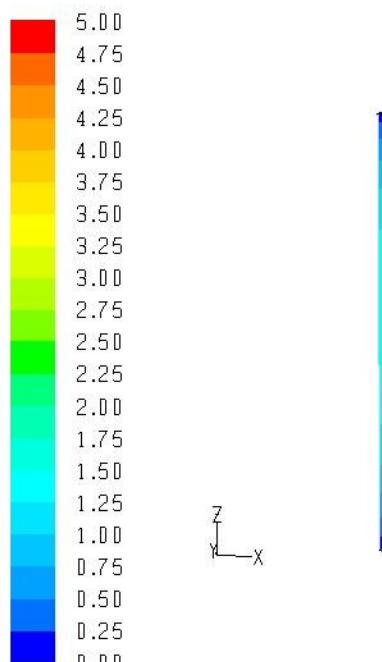
et du calcul couplé



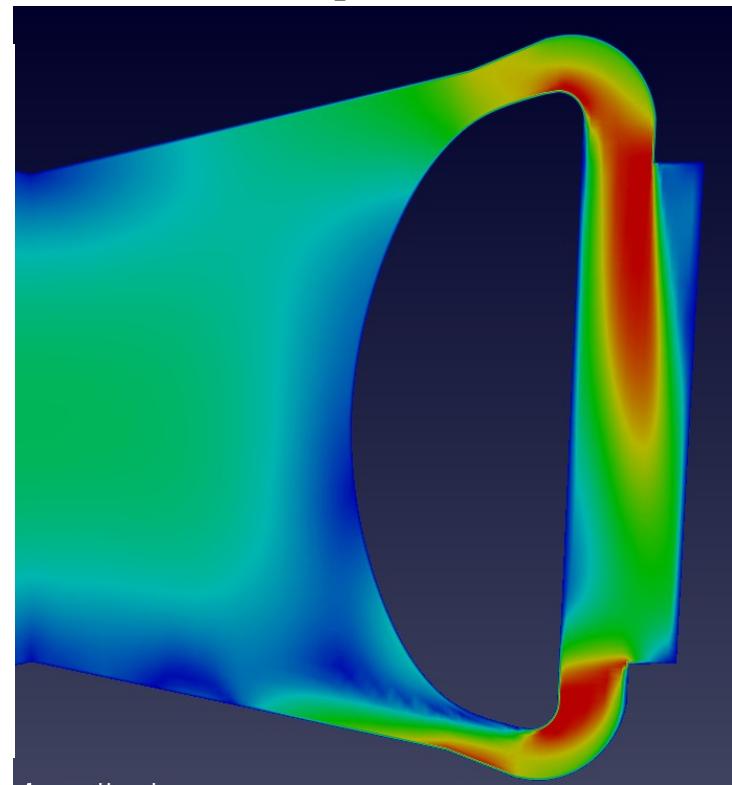
→ Toujours une forte sensibilité à la géométrie d'entrée
ET aux choix technologique (pompe...)

Sensibilité à la source – Vitesse (m/s)

Source (W/m³)
issue du calcul en cylindre



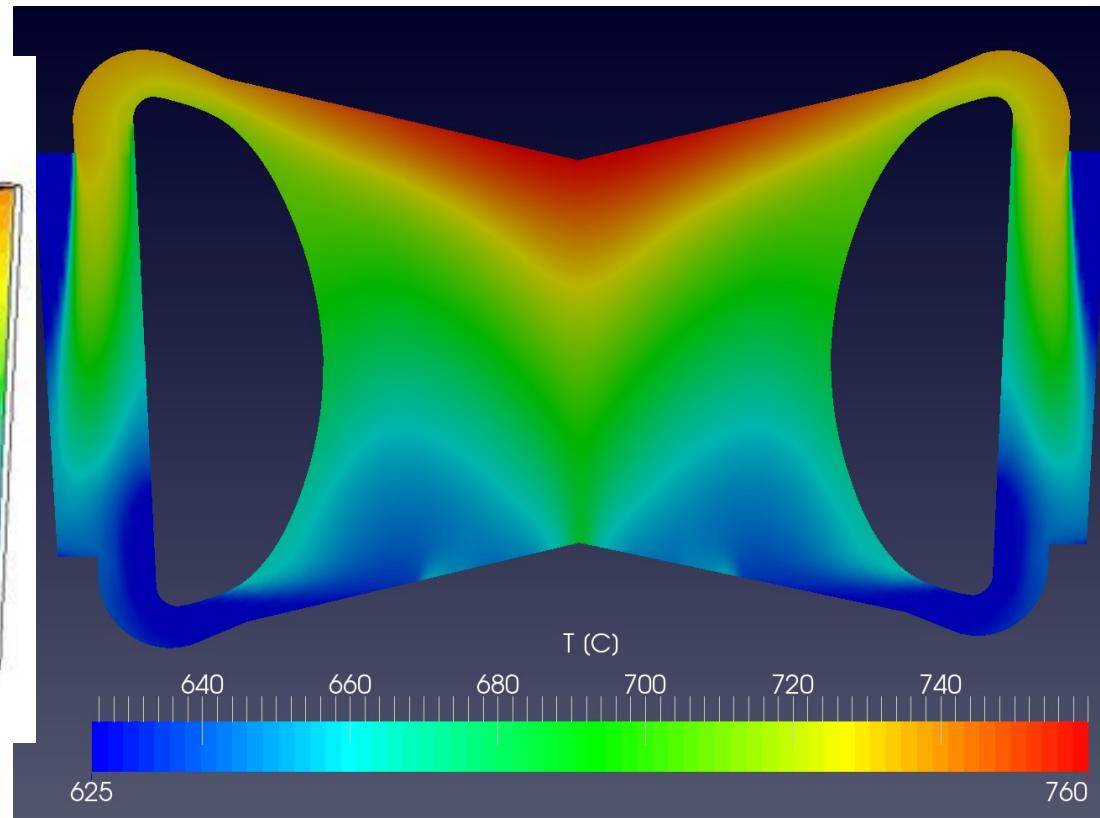
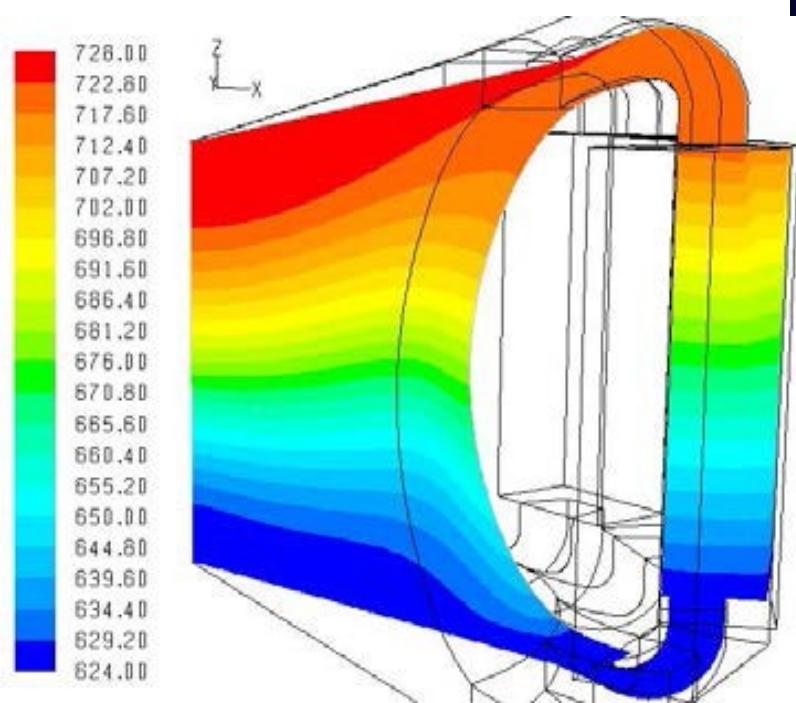
et du calcul couplé



Sensibilité à la source – température (C)

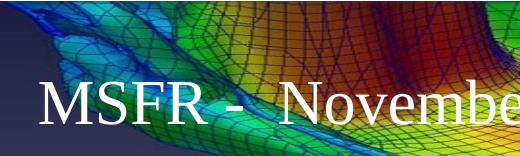
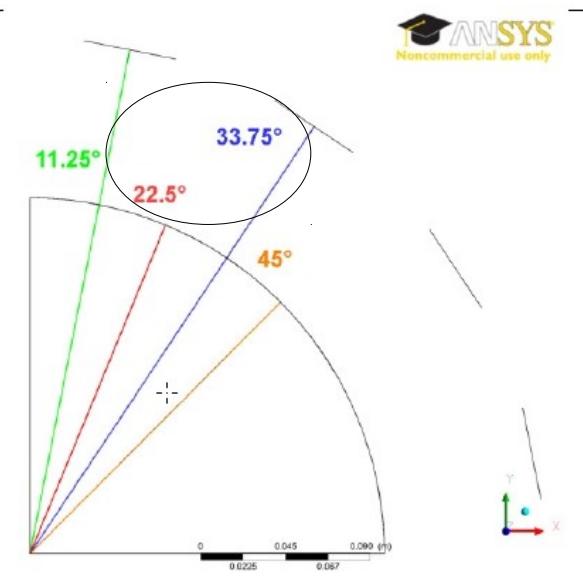
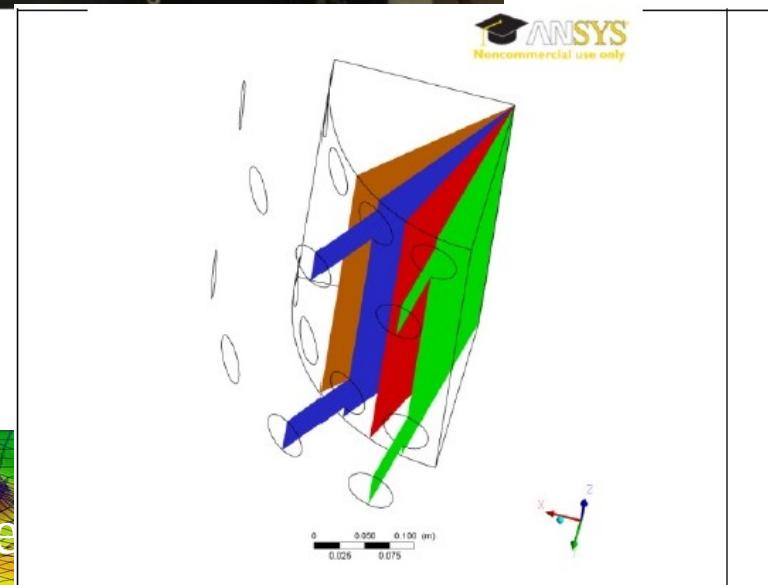
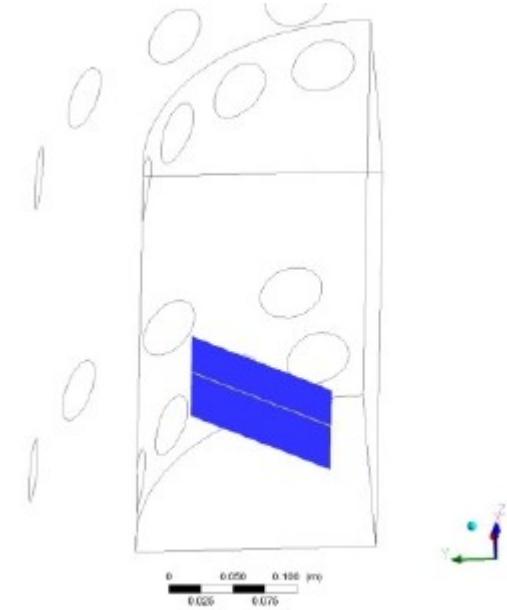
Source (W/m3)
issue du calcul en cylindre

et du calcul couplé



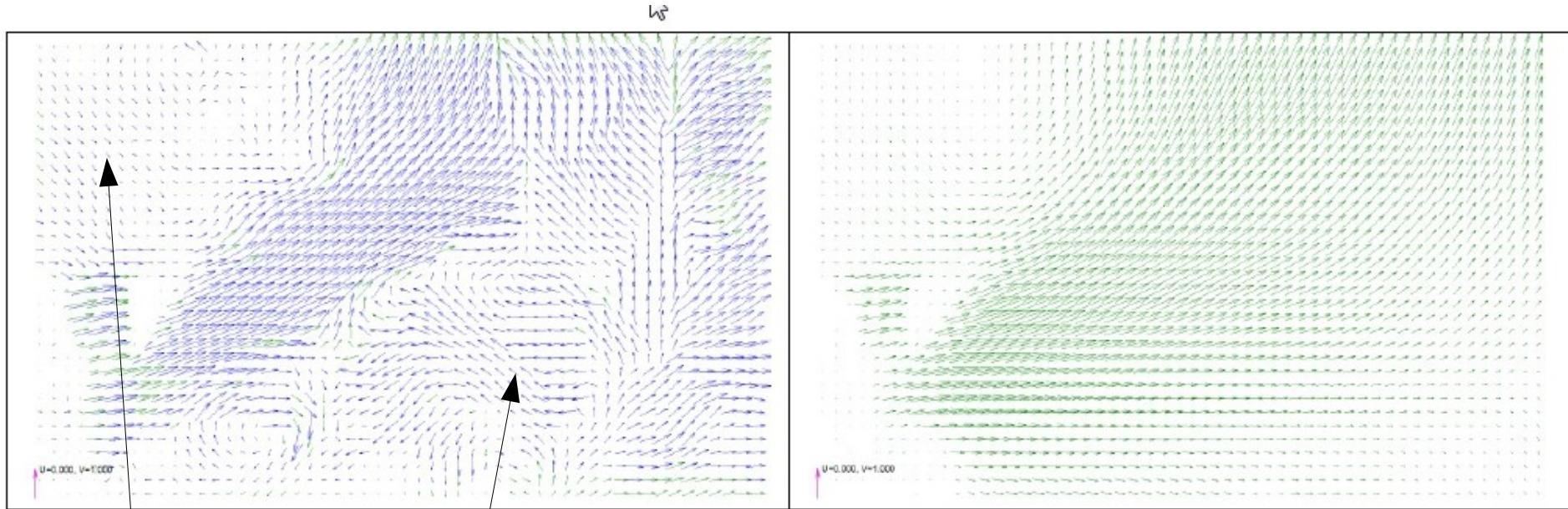
→ *Température maximale plus élevée de 30°*

Measurements from BME



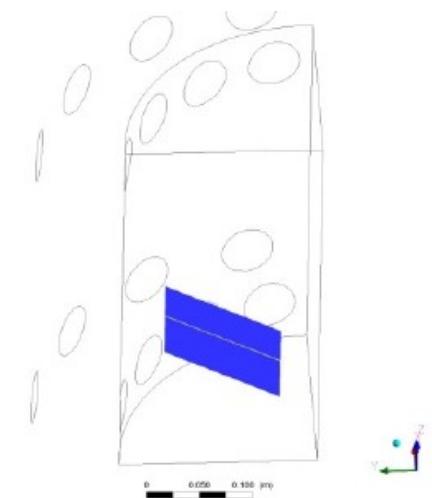
MSFR - November

Vitesses dans deux plans verticaux BME measurements



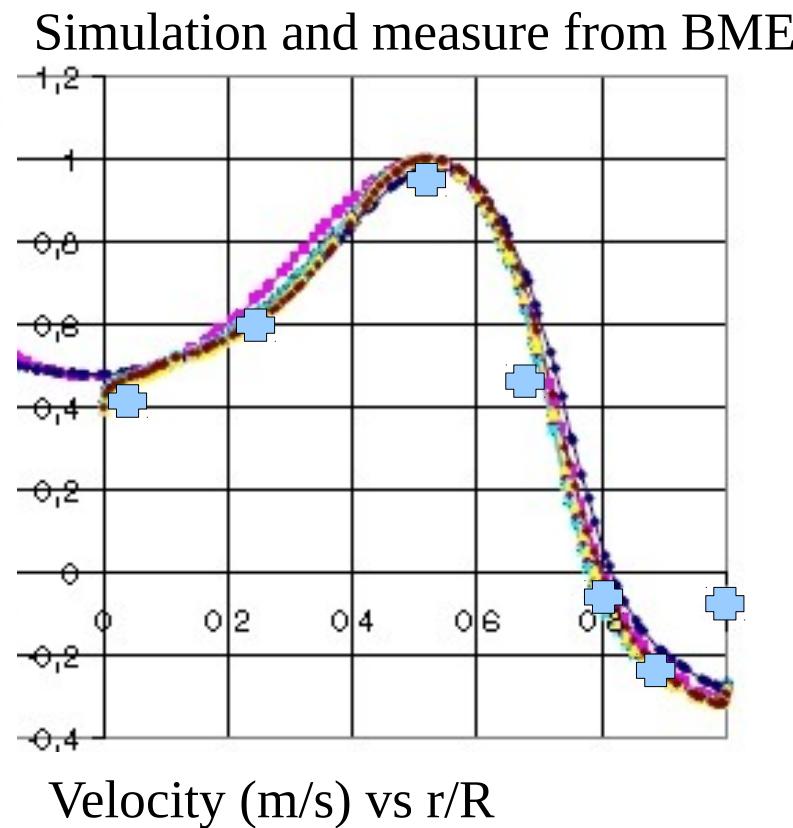
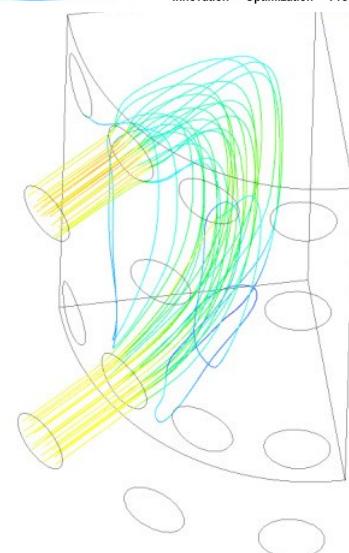
Small recirculations / turbulence

Large recirculation / core shape

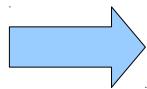
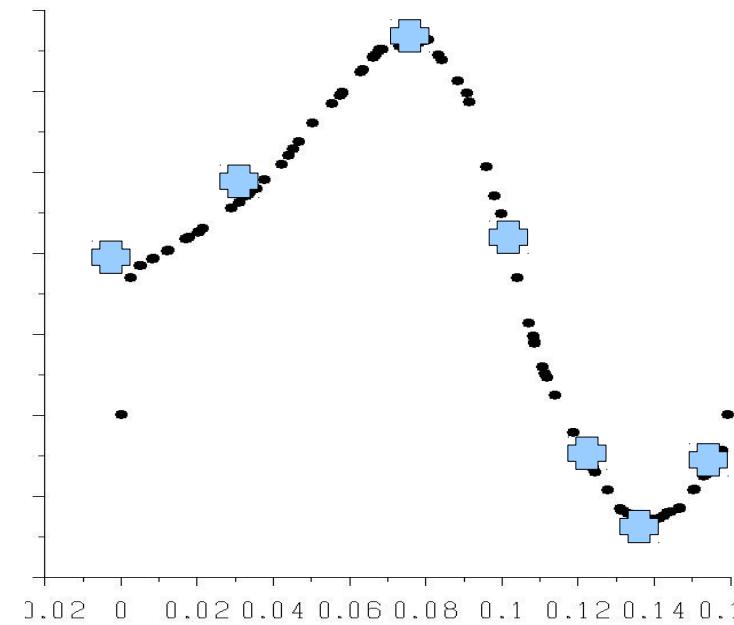


Some add to benchmark

Comparison with simulation from BME



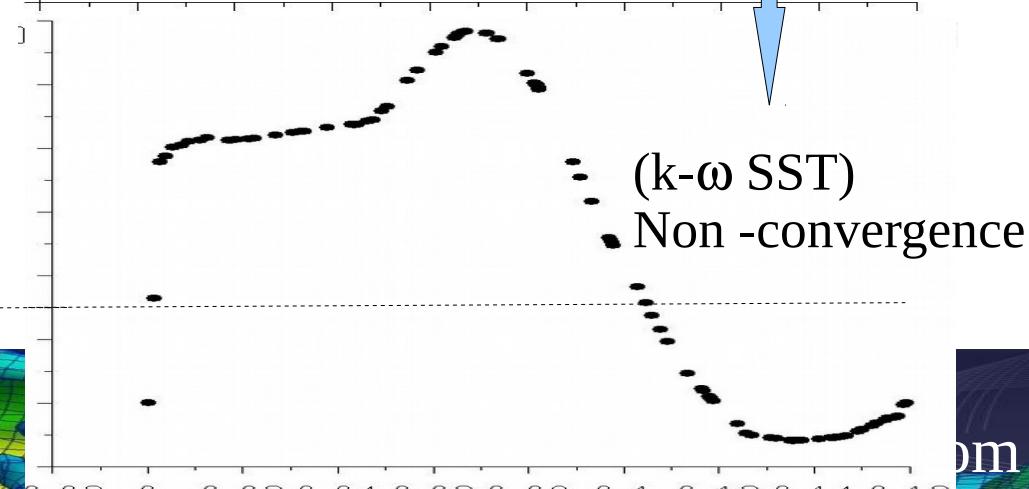
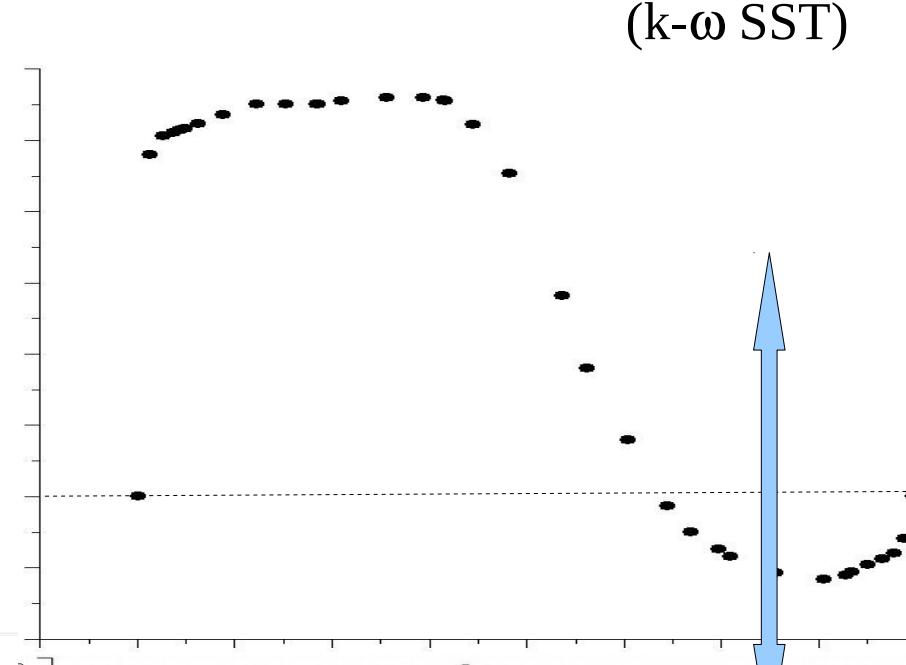
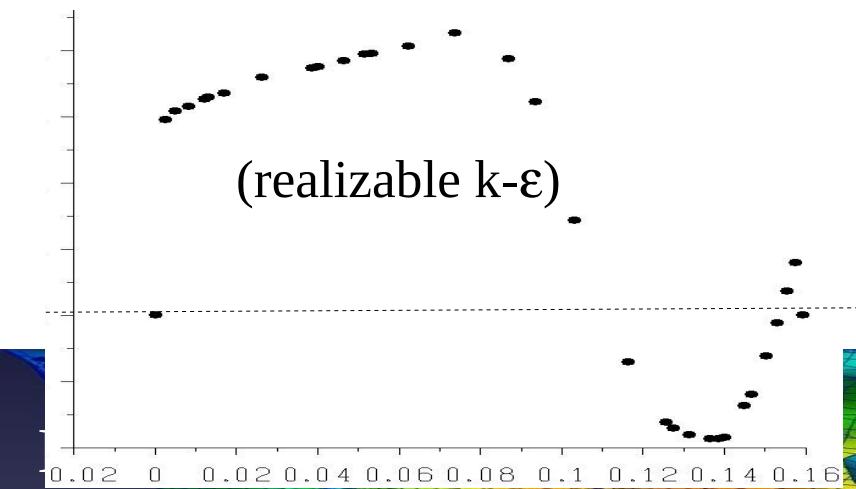
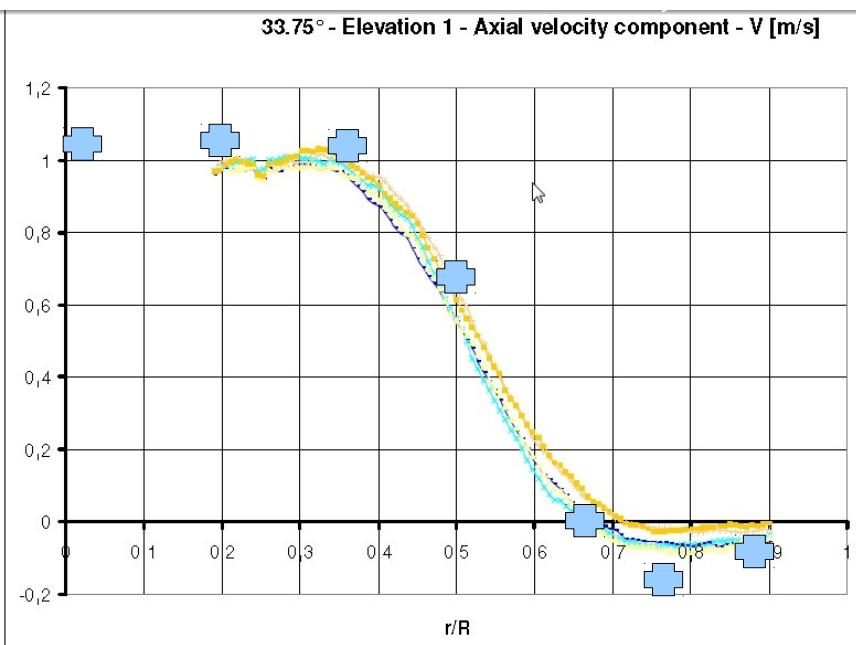
and from INOPRO
(realizable $k-\varepsilon$)



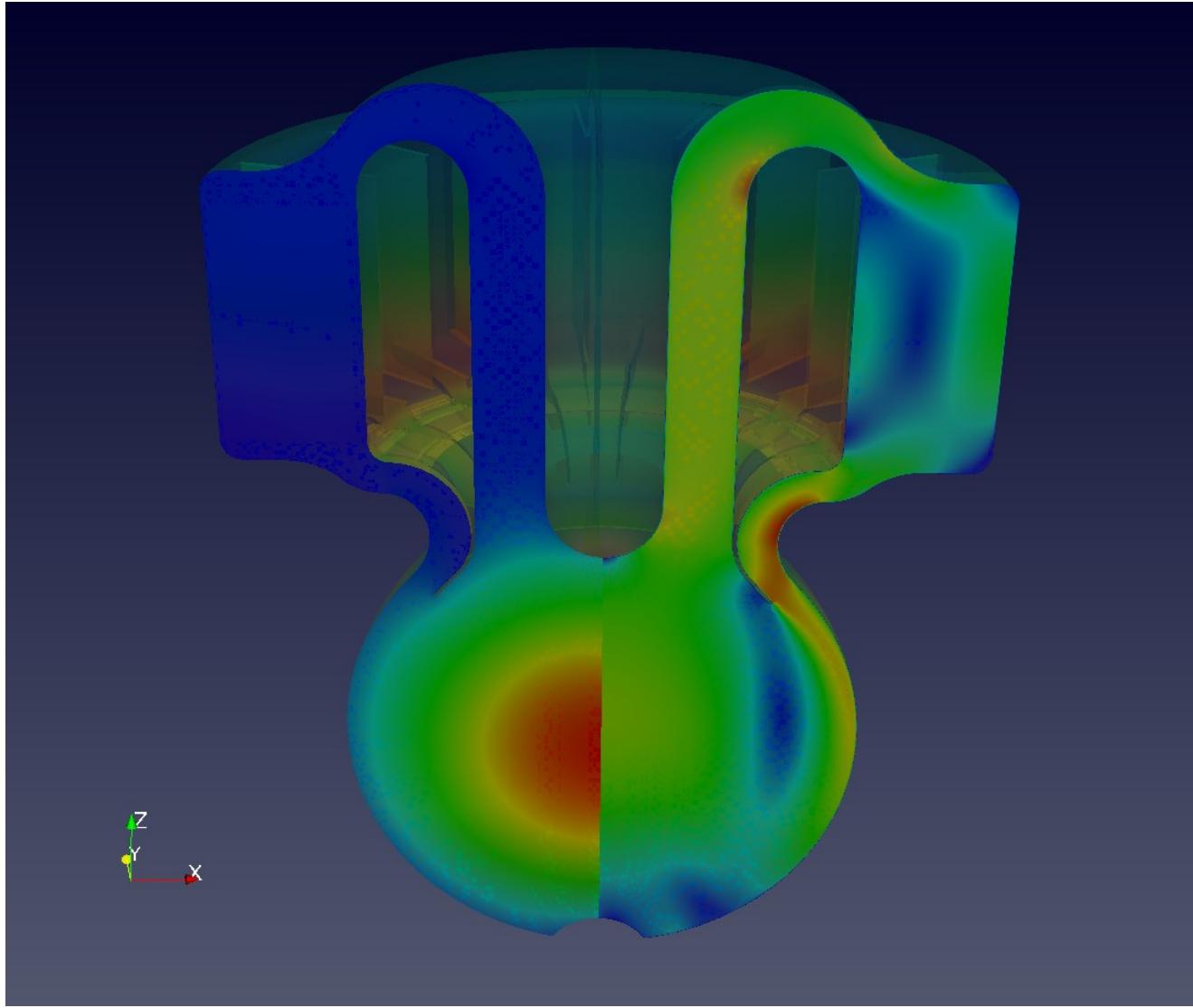
Very similar results

Some add to benchmark

Comparison with measurements from BME



Autres idées....



Conclusions

Le cœur de MSFR a été simulé (modèle RANS stationnaires)

La géométrie cylindrique présente des points chauds

Une optimisation de forme a été faite → absence de point chaud et flux à priori stable

Cela peut être vérifié par des modèles plus précis

L'écoulement dans le cœur est sensible aux conditions d'injection
→ nécessité de choisir la solution technologique pour confirmer un design