

Design thermohdraulique du coeur du MSFR

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

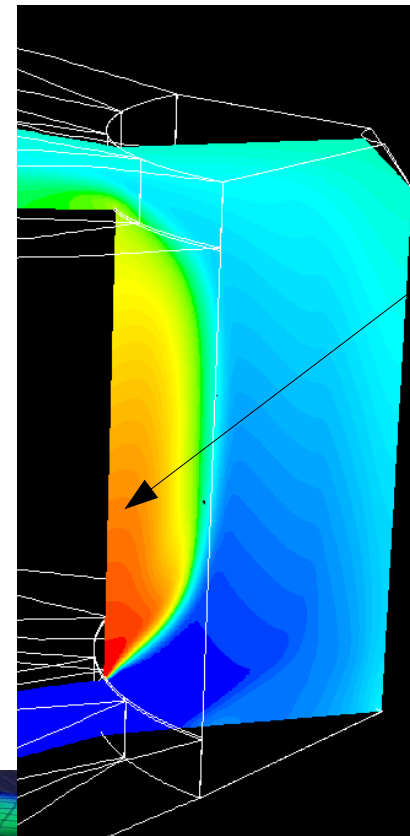
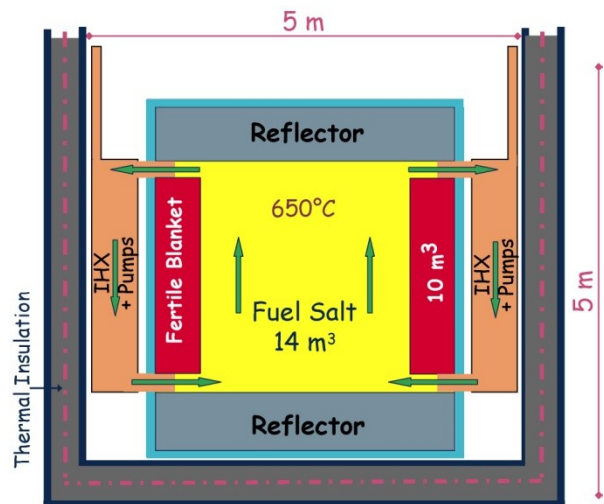
Hervé Rouch

Objectifs

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

Principe calculs: neutronique → sources thermiques → thermohydraulique

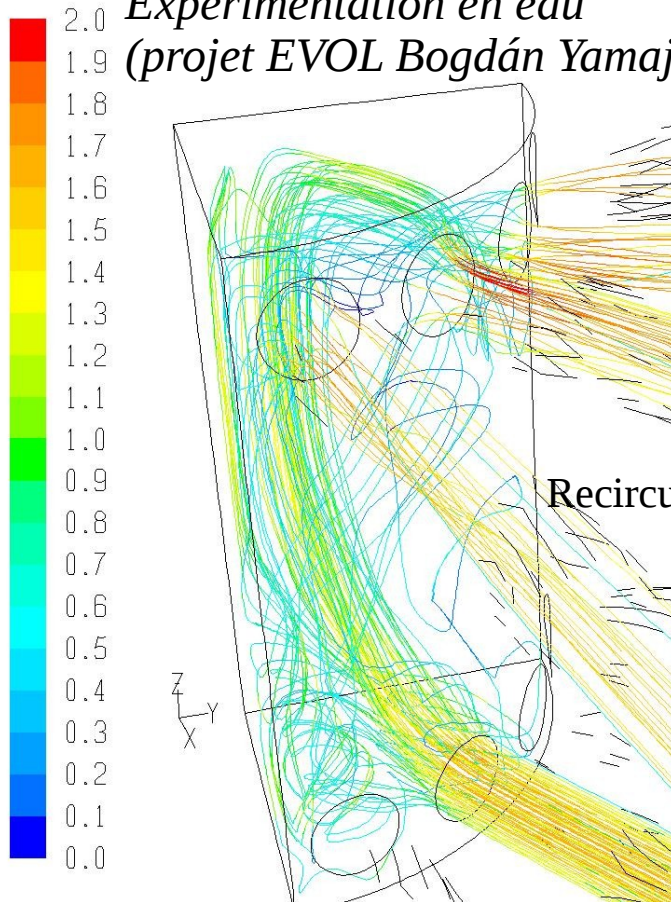
Principe géométrique: coeur cylindrique



Température
extrême dans la
recirculation contre
la couverture

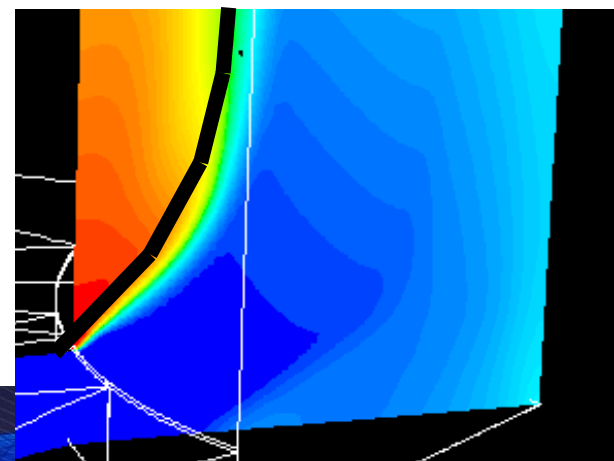
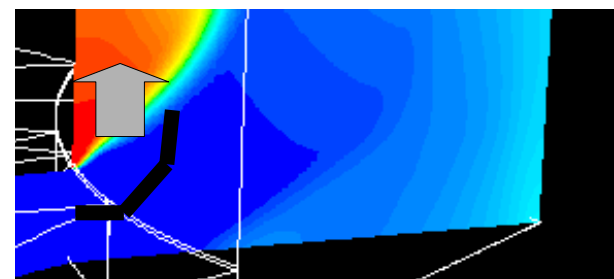
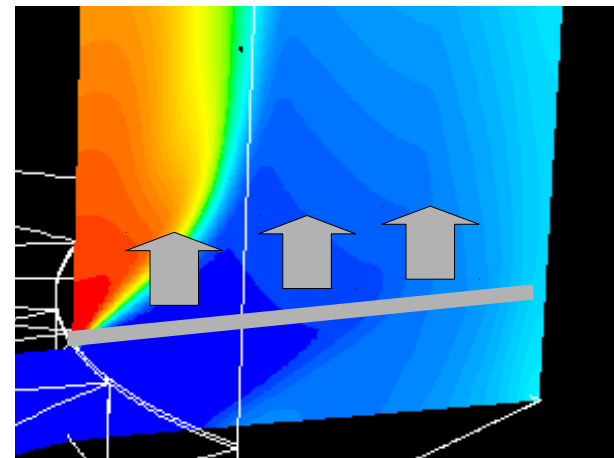
Homogénéité spatiale

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



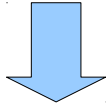
→ Suppression
recirculation

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

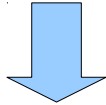


Homogénéité temporelle

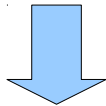
Instabilités dynamiques



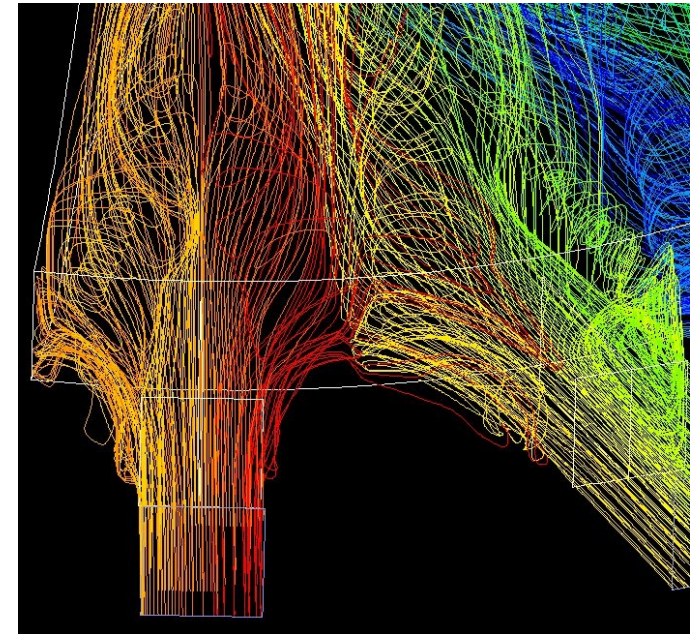
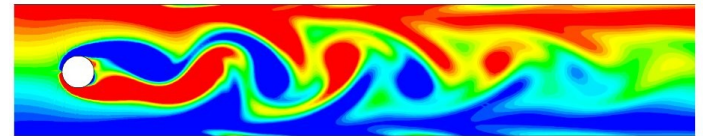
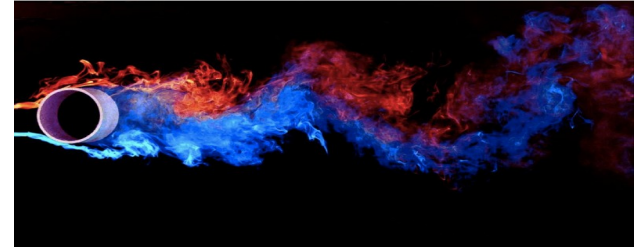
Hétérogénéités spatiales et temporelles



Simulations plus complexes et incertaines,
imprécises



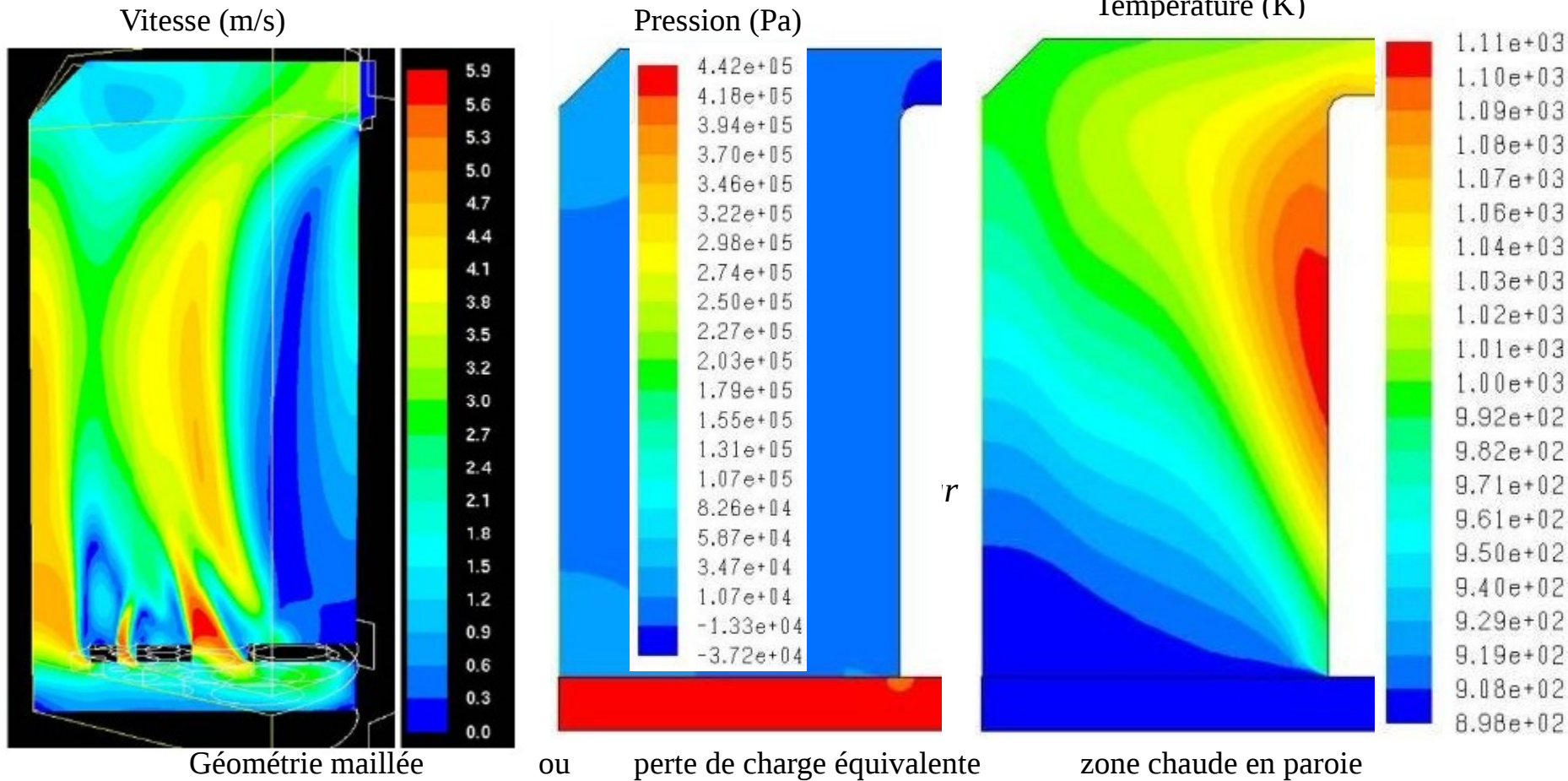
Choisir des écoulements stables
Eviter les obstacles / angle



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*

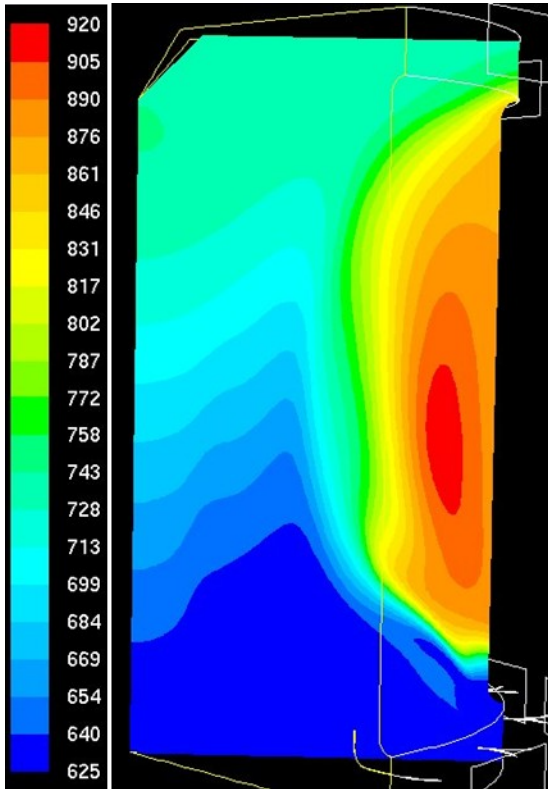
Grille de répartition



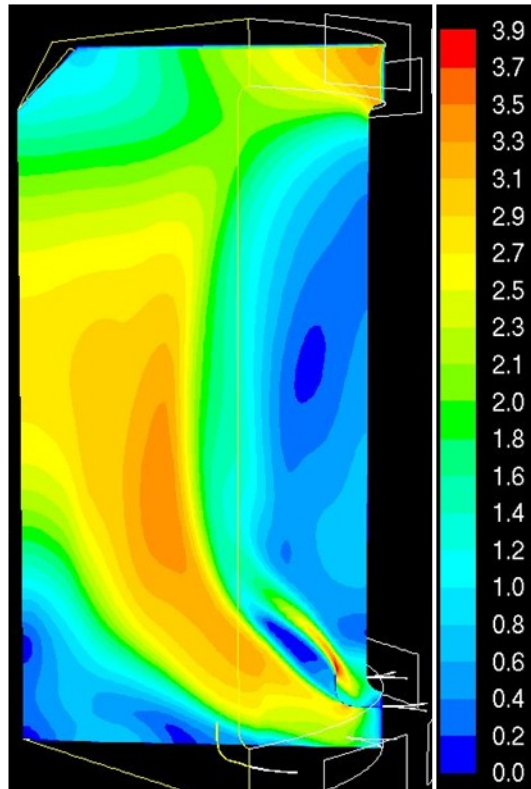
*Même avec une perte de charge importante : 4 bar,
l'homogénéité thermique n'est pas suffisante*

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*

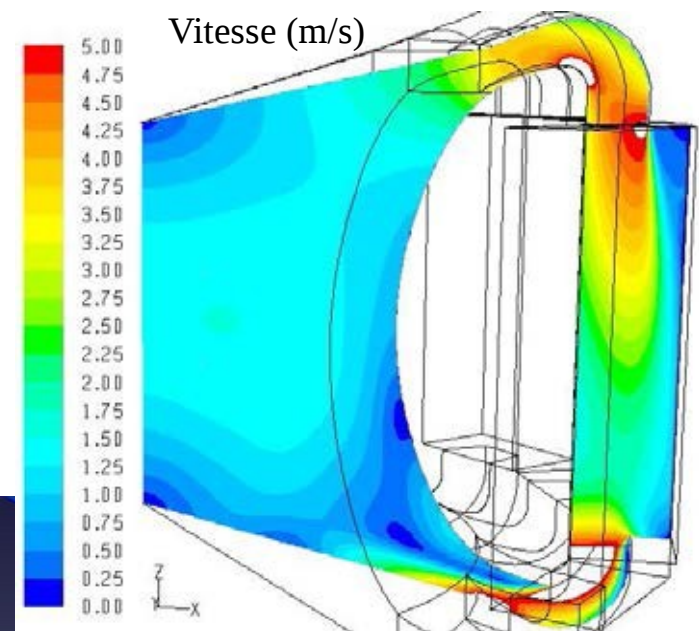
Forme entrée et couverture

Fome
optimisée

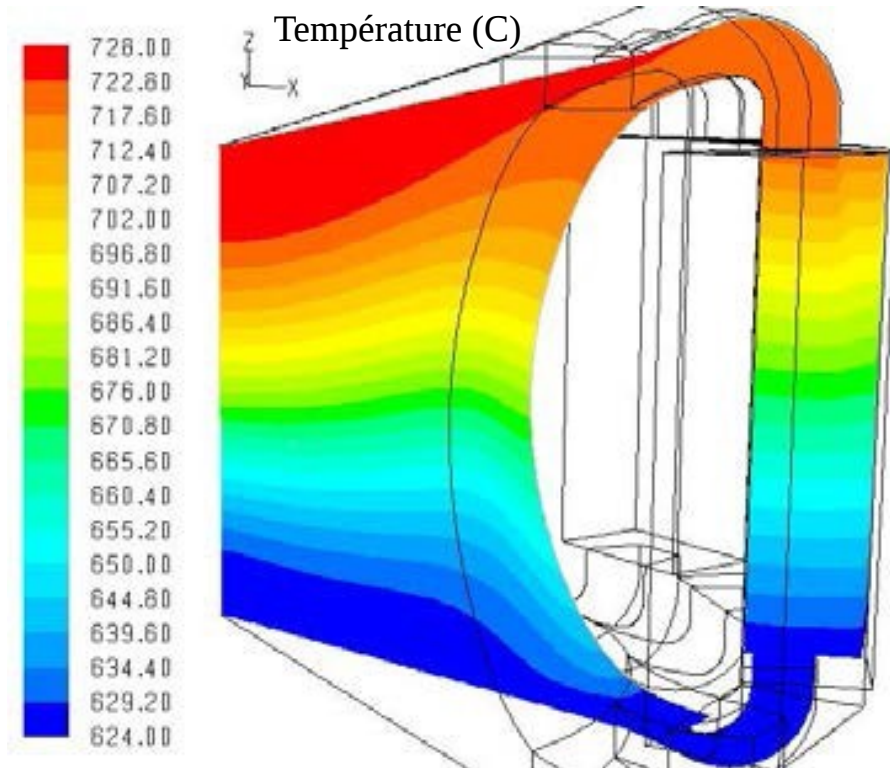


Source issue du
calcul pour le
cylindre

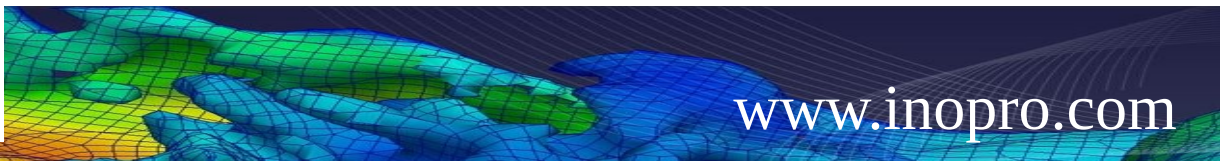
Vitesse (m/s)



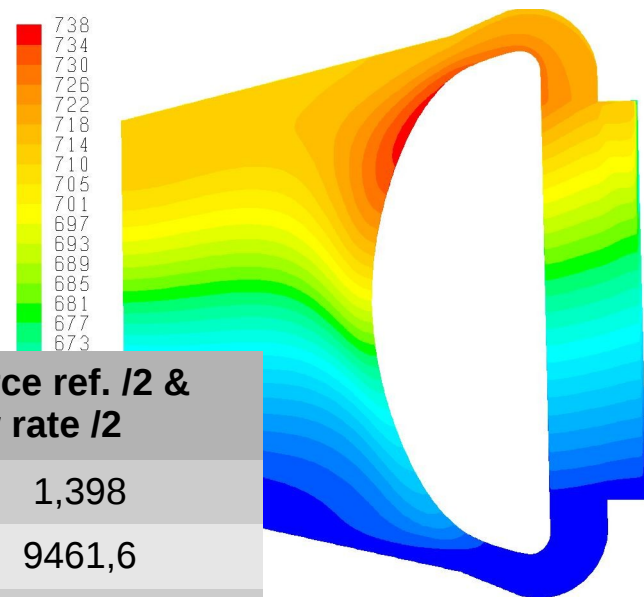
Température (C)



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



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

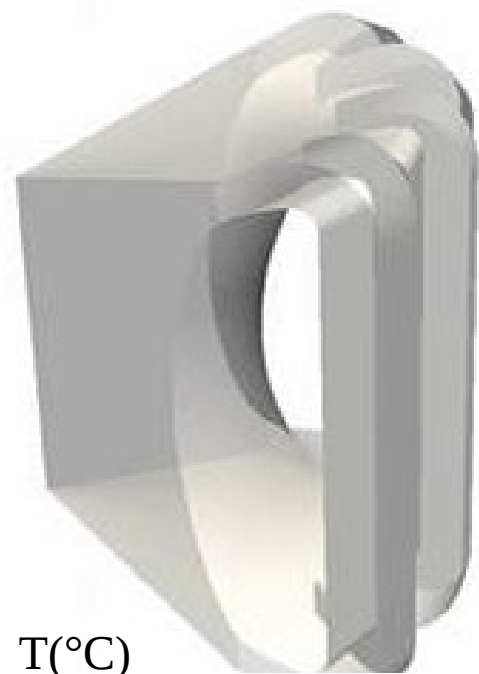


Faible sensibilité au point de fonctionnement

Sensibilité à la géométrie

même coeur

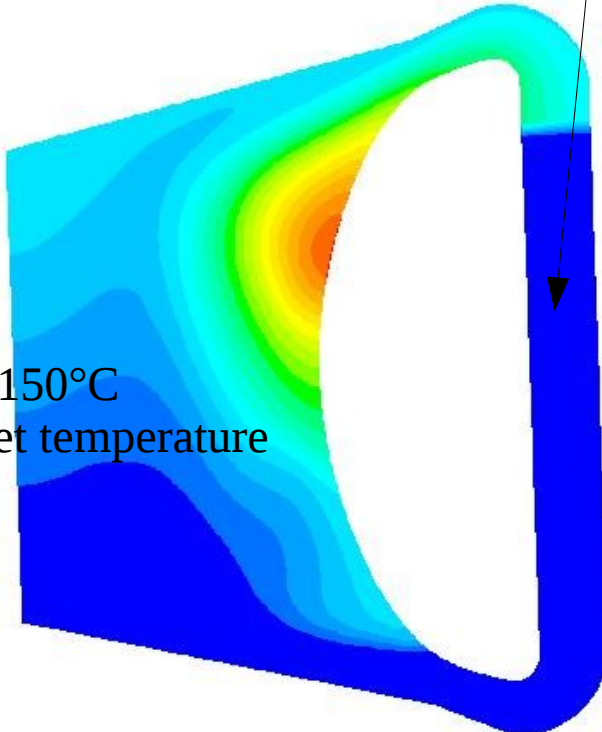
Volumes équivalents /
échangeur
différents



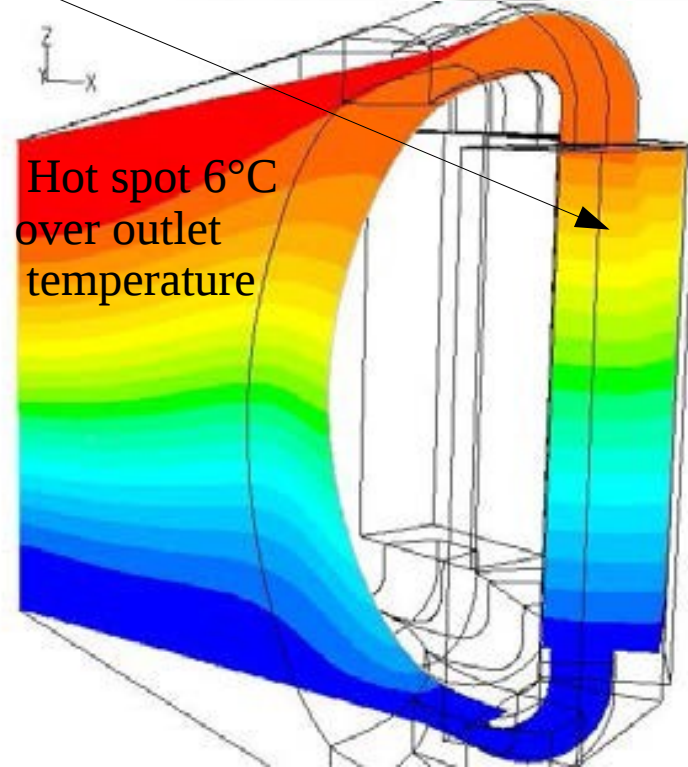
T(°C)



Hot spot 150°C
over outlet temperature

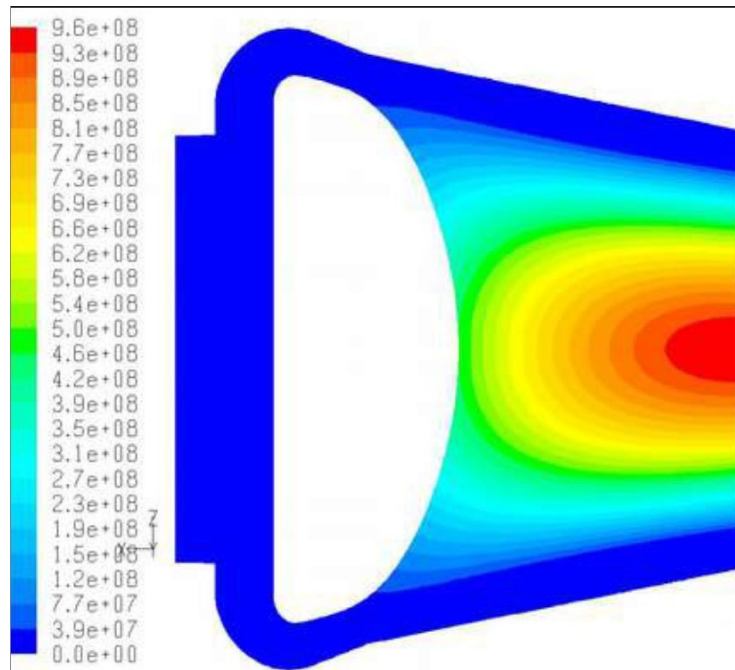


Hot spot 6°C
over outlet
temperature

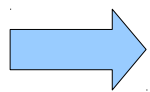
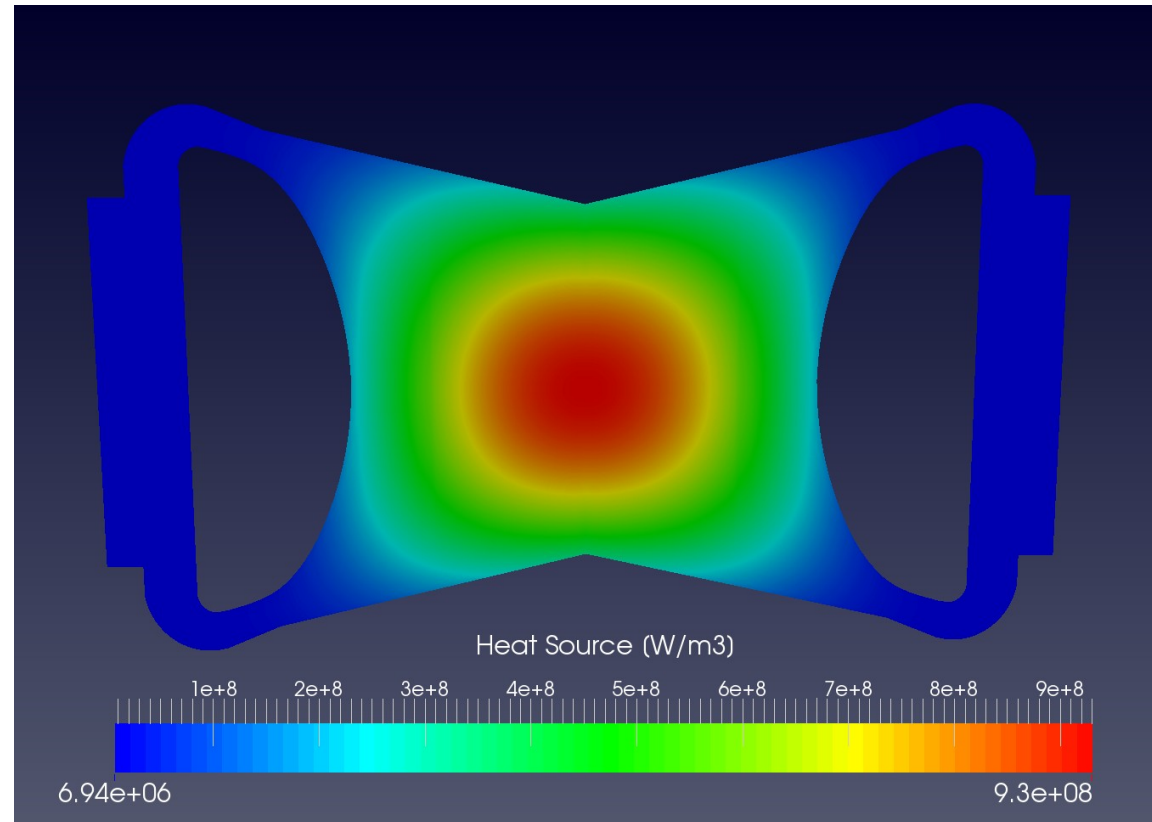


Sensibilité à la source

Source (W/m³)
issue du calcul en cylindre



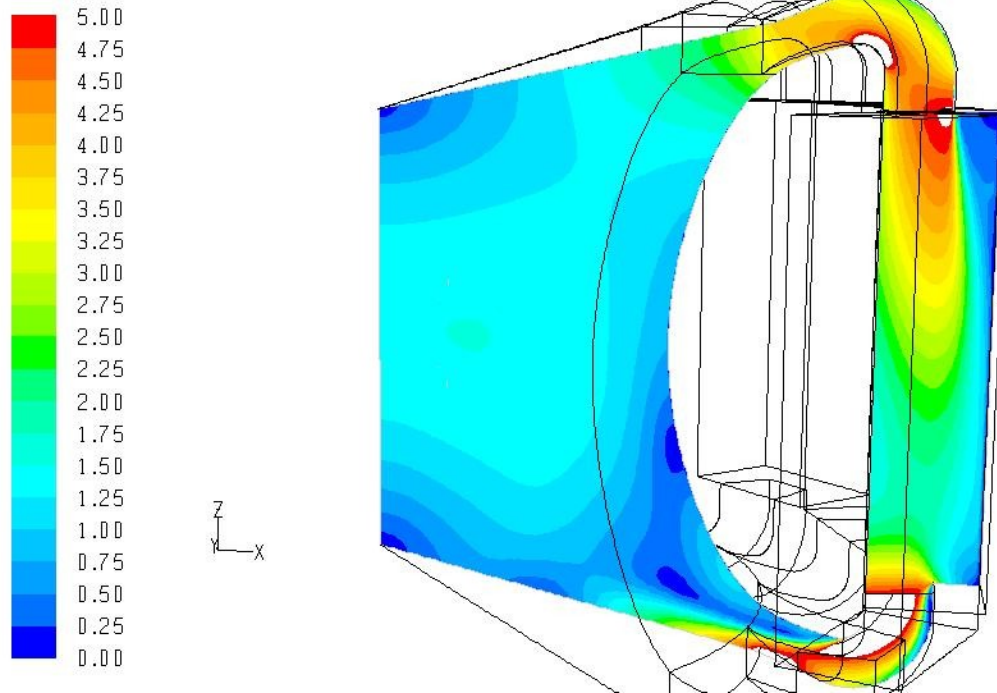
et du calcul couplé



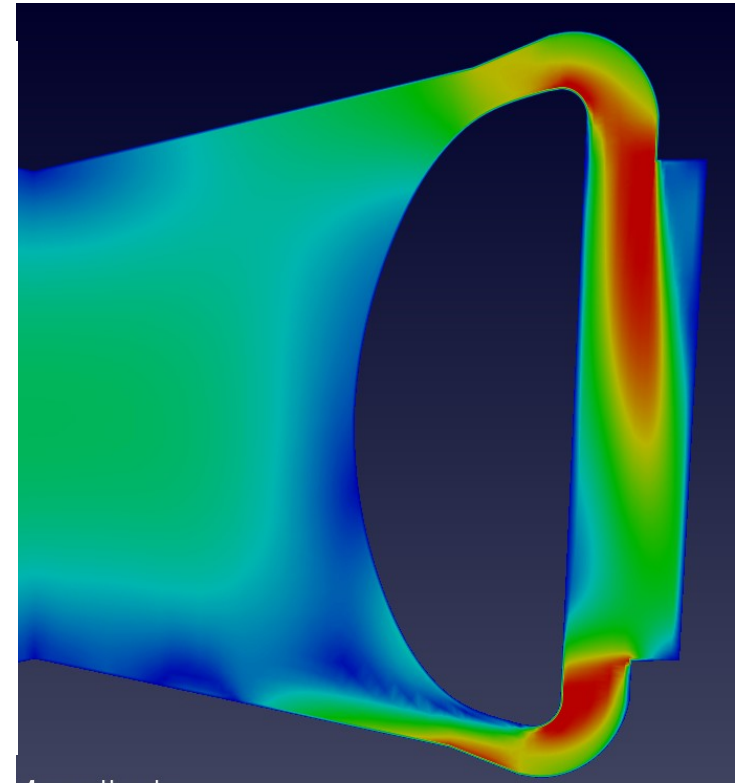
*Toujours une forte sensibilité à la géométrie d'entrée
ET aux choix technologique (pompe...)*

Sensibilité à la source – Vitesse (m/s)

Source (W/m³)
issue du calcul en cylindre



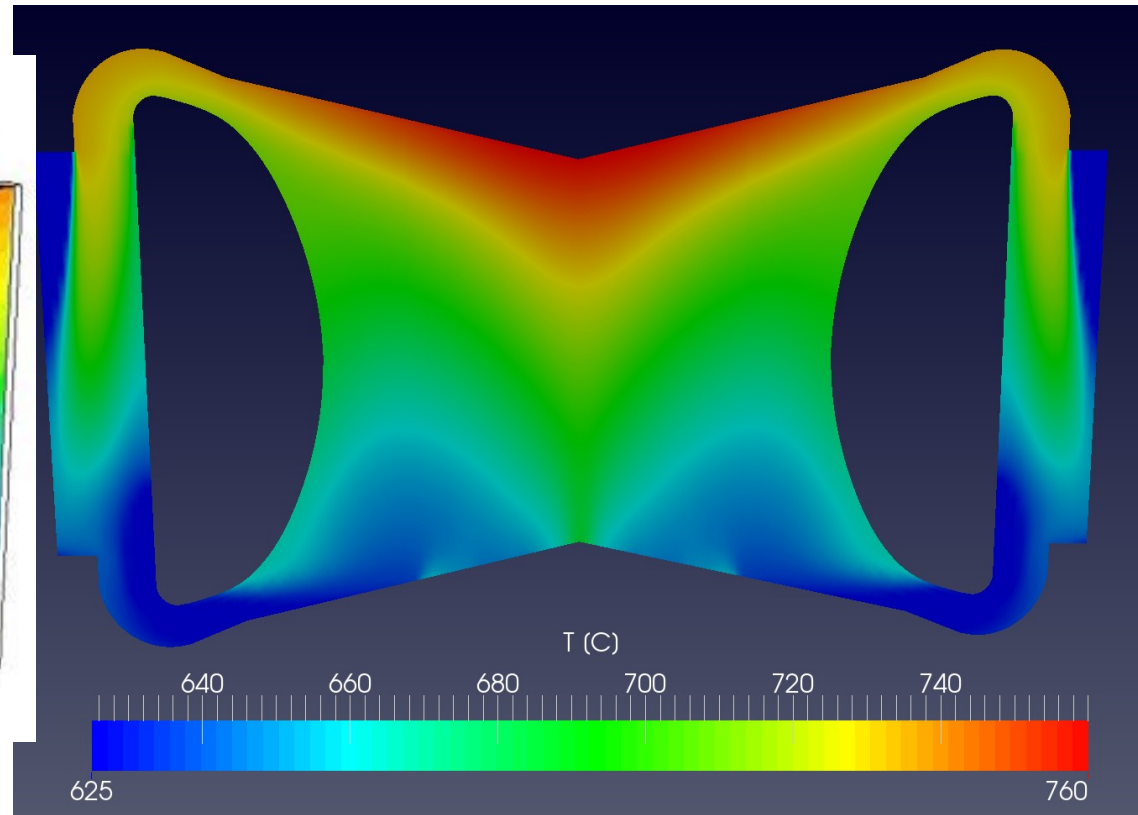
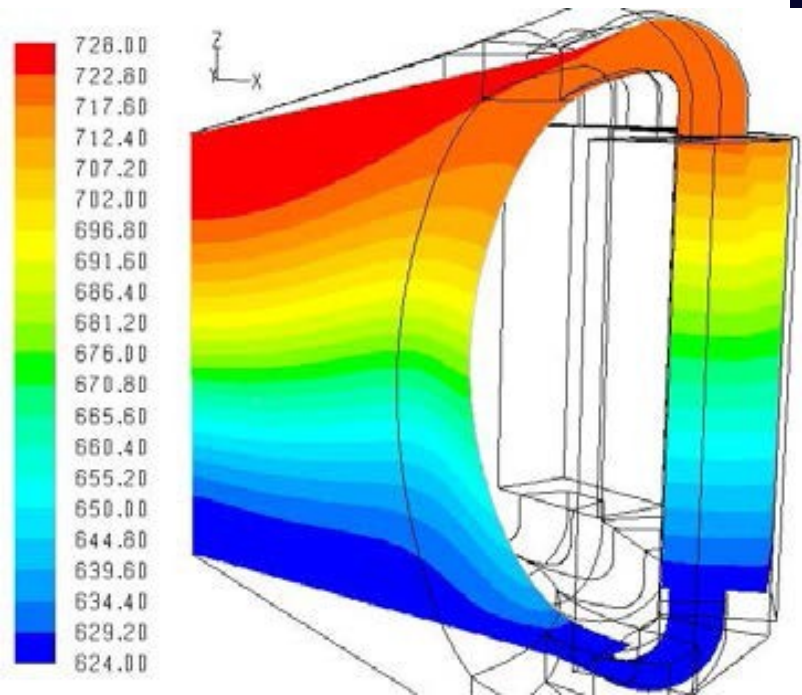
et du calcul couplé



Sensibilité à la source – température (C)

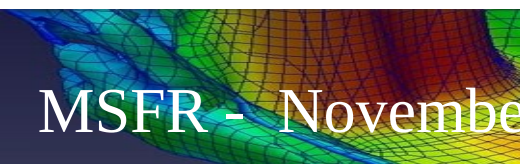
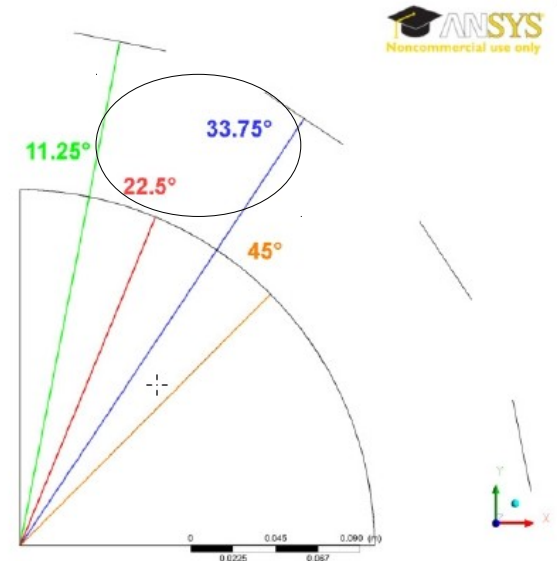
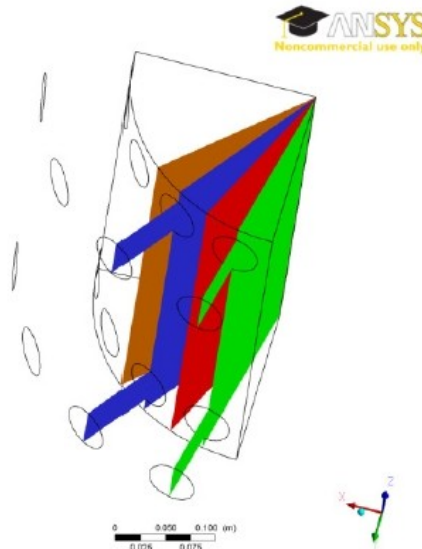
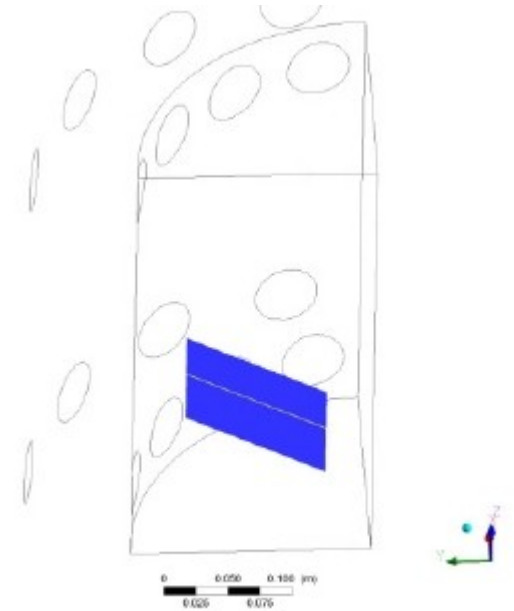
Source (W/m³)
issue du calcul en cylindre

et du calcul couplé

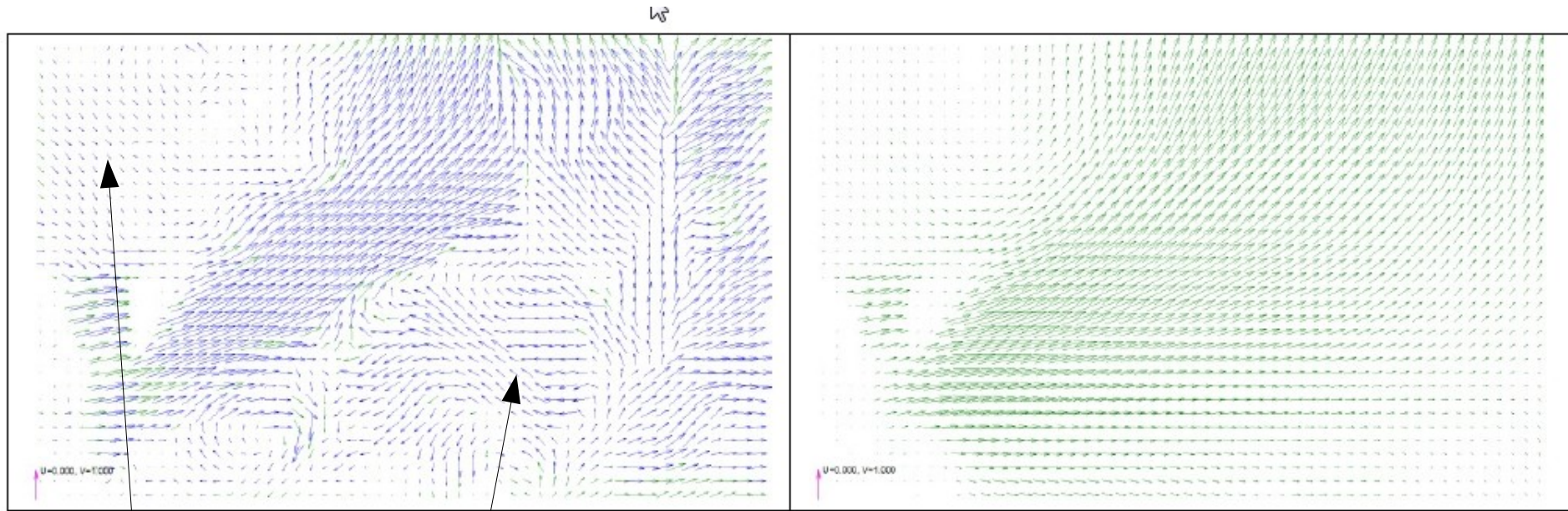


➡ *Température maximale plus élevée de 30°*

Measurements from BME

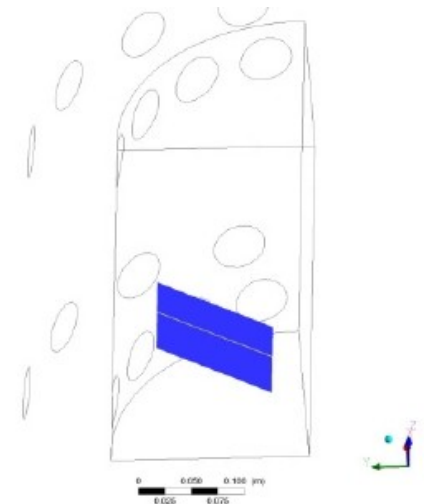


Vitesses dans deux plans verticaux BME measurments



Small recirculations / turbulence

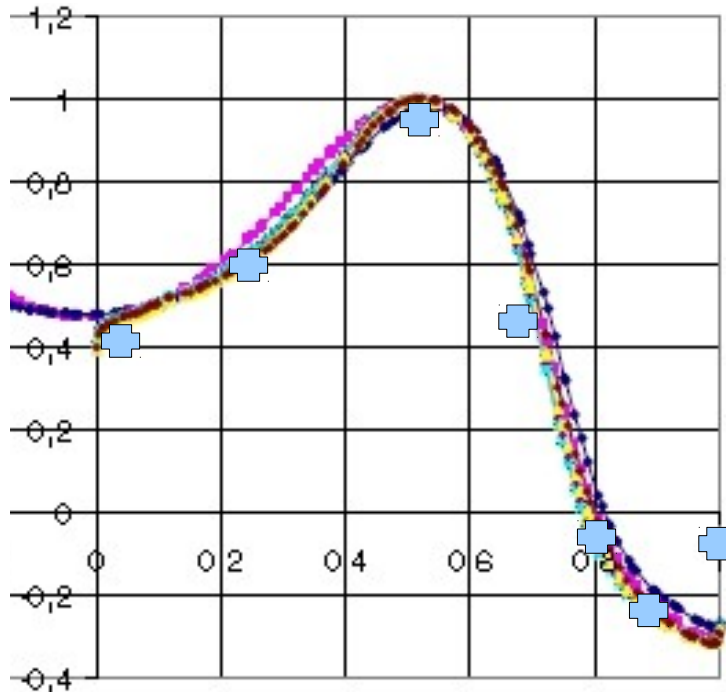
Large recirculation / core shape



Some add to benchmark

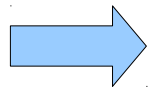
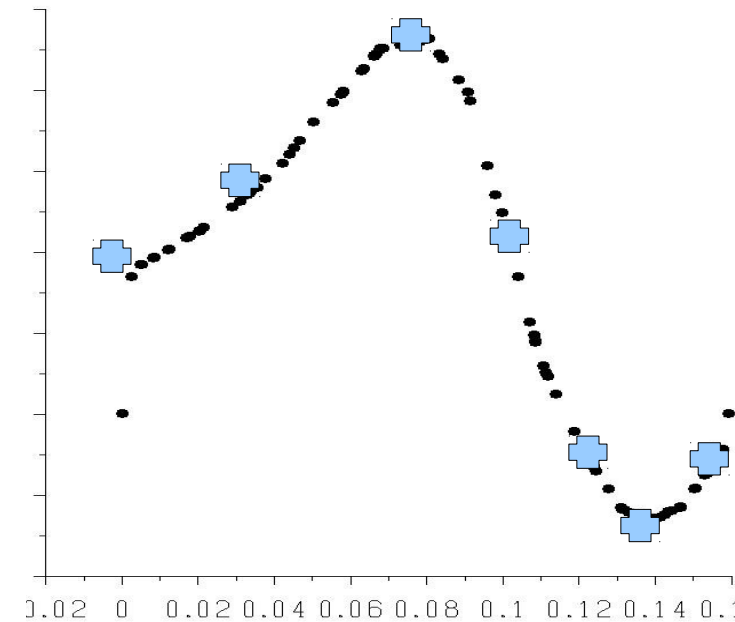
Comparison with simulation from BME

Simulation and measure from BME



Velocity (m/s) vs r/R

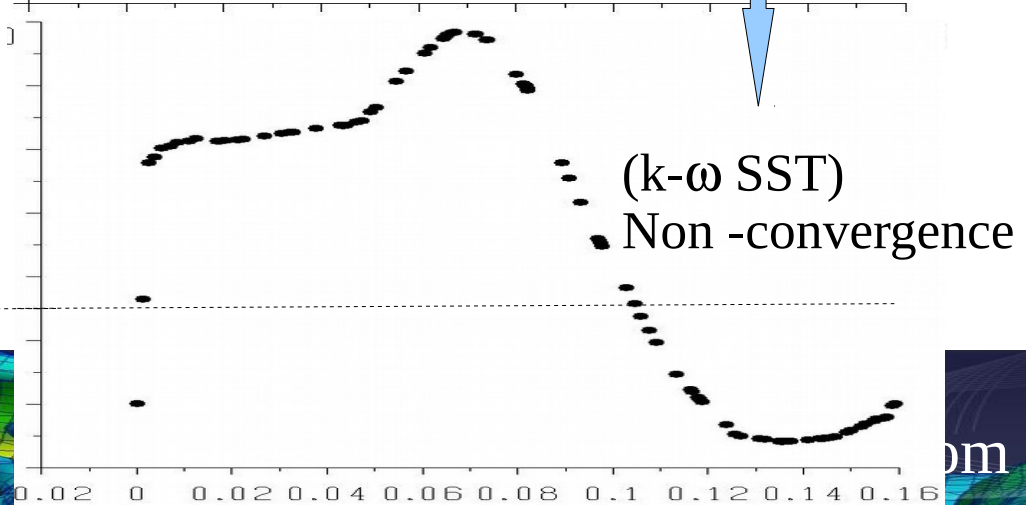
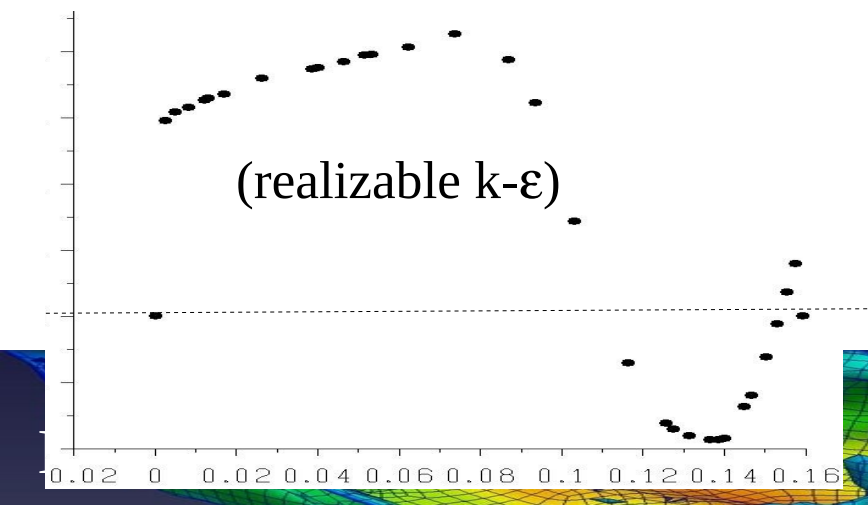
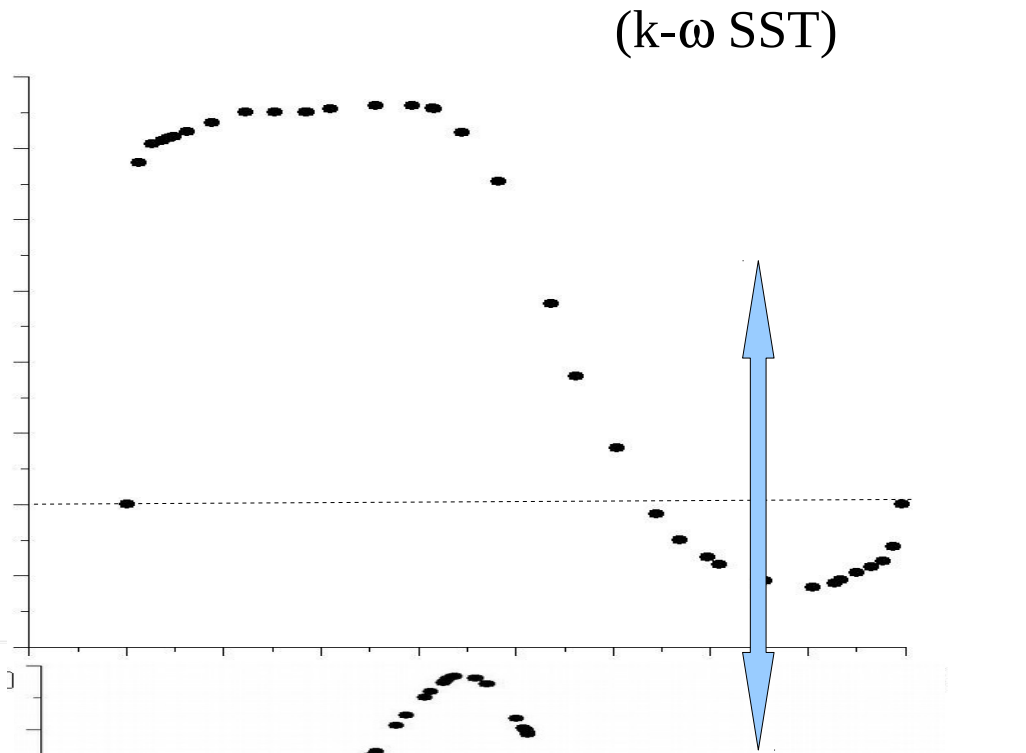
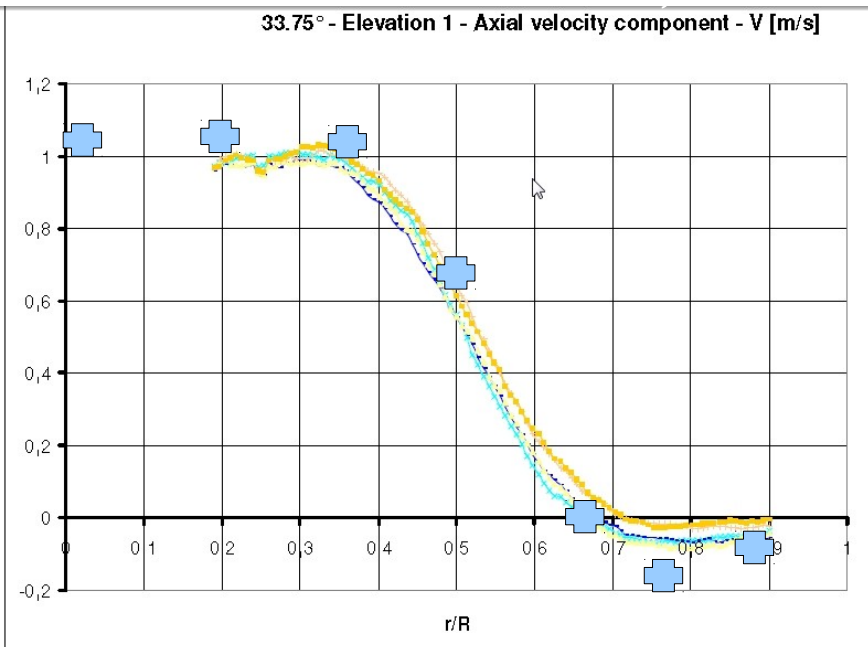
and from INOPRO
(realizable $k-\epsilon$)



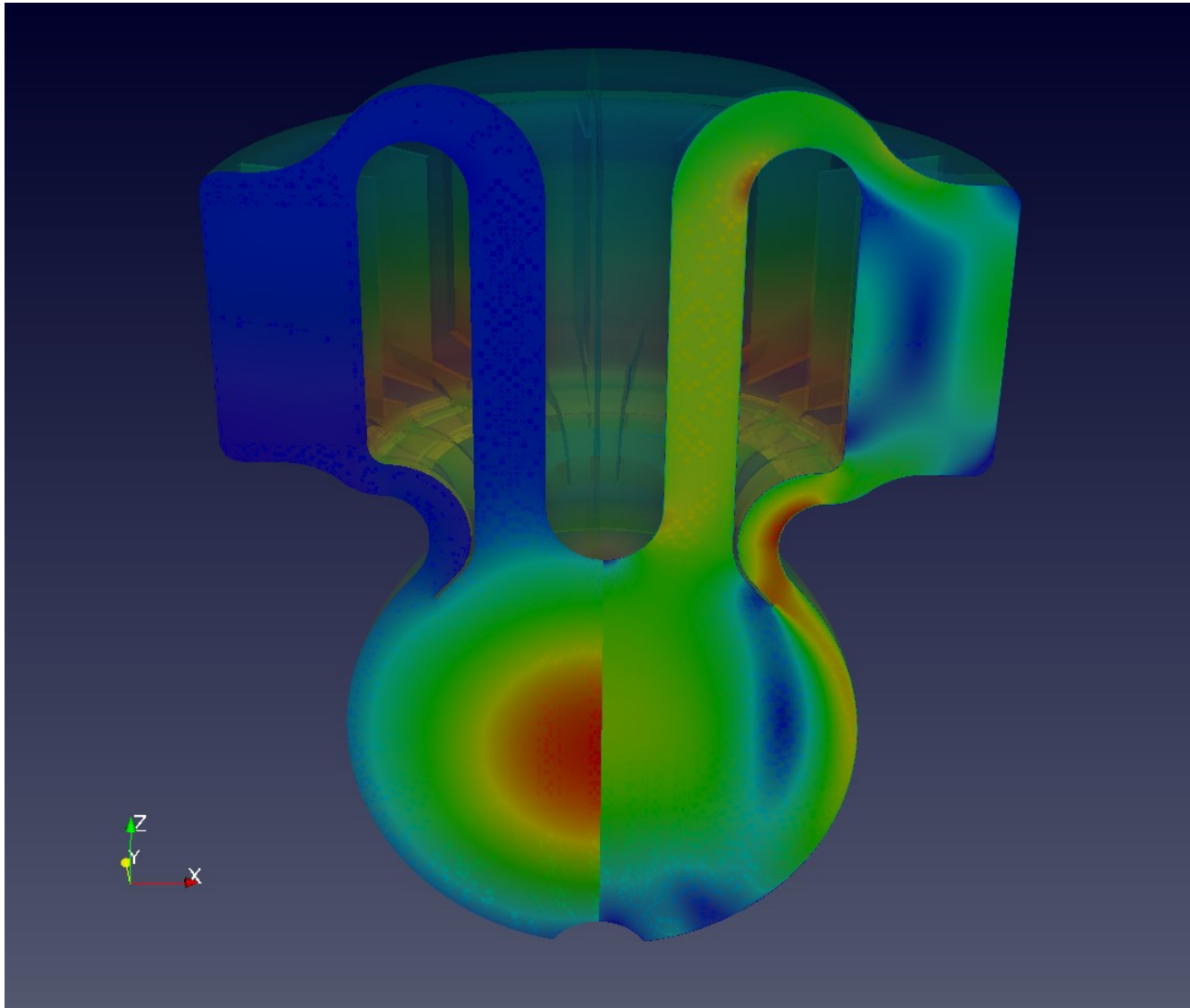
Very similar results

Some add to benchmark

Comparison with measurements from BME



Autres idées....



Conclusions

Le coeur 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 coeur est sensible aux conditions d'injection
→ nécessité de choisir la solution technologique pour confirmer
un design