

# L.P.S.C

## Simulation thermo-hydraulique pour un projet de réacteur de génération IV

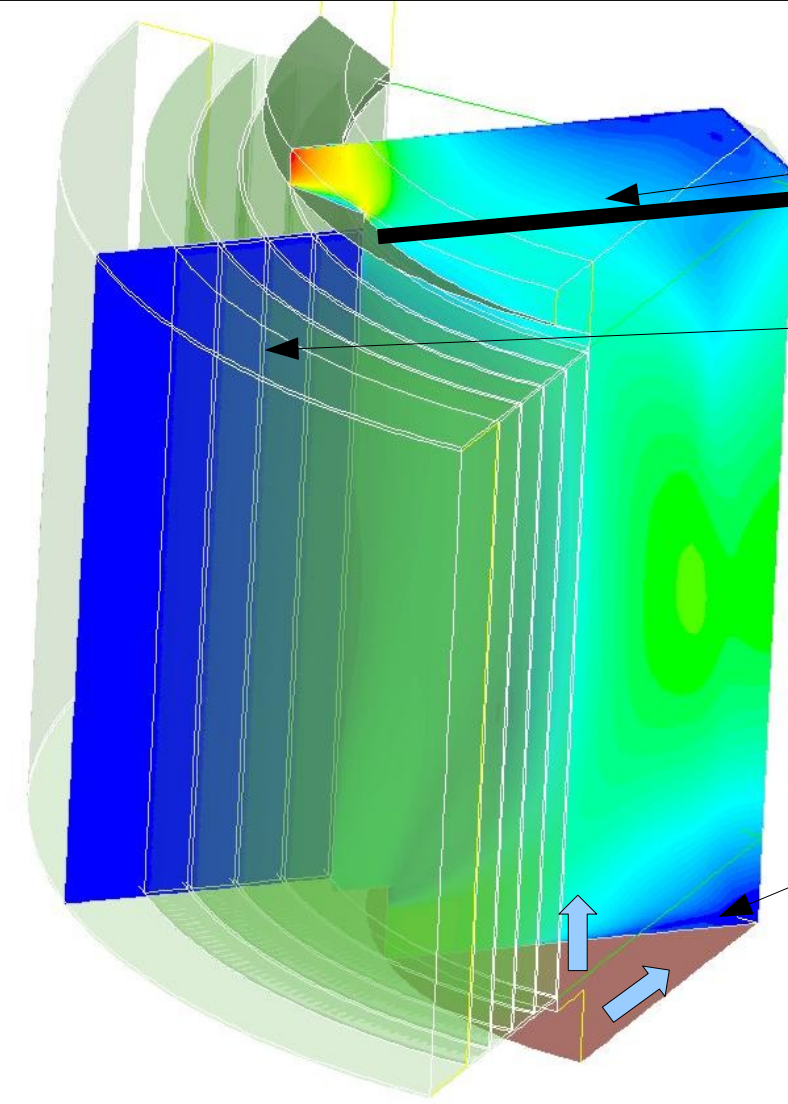
Phase 2: comparaison de géométries du réacteur.

Olivier Geoffroy – Hervé Rouch  
3 Février 2010

# Hypothèses, calculs

- Conclusion 1ere phase: forte sensibilité de l'homogénéité thermique à l'injection
- But de la phase 2 : Déterminer la configuration du réacteur la moins sensible à l'injection
- 3 cas ont été traité:
  - Réacteur avec une géométrie de rapport  $H/D = 1$  (cas HD1)
  - Réacteur avec un rapport  $H/D = 1$  , mais un débit doublé (cas HD1b)
  - Réacteur avec un rapport  $H/D = 2$  (cas HD2)
- La source thermique totale dans le coeur est de :
  - 2.79586 GW dans le coeur pour le cas  $H/D = 1$
  - 2.80778 GW dans le coeur pour le cas  $H/D = 2$
- Sa repartition est donnée par la neutronique
- Le débit nominal est de 29.5 T/s, (double pour HD1b)
- La température d'entrée est de 1000 °K
- La source thermique dans la couverture est prise en compte. Cependant la convection du sel dans la couverture fait l'objet d'un traitement séparé.

# Géométrie



L'homogénéité en température est contrôlé en partie haute du coeur

La couverture et le b4c sont pris en compte

Dans cette phase on optimise le profil de vitesse à l'injection (et non une forme d'injecteur)

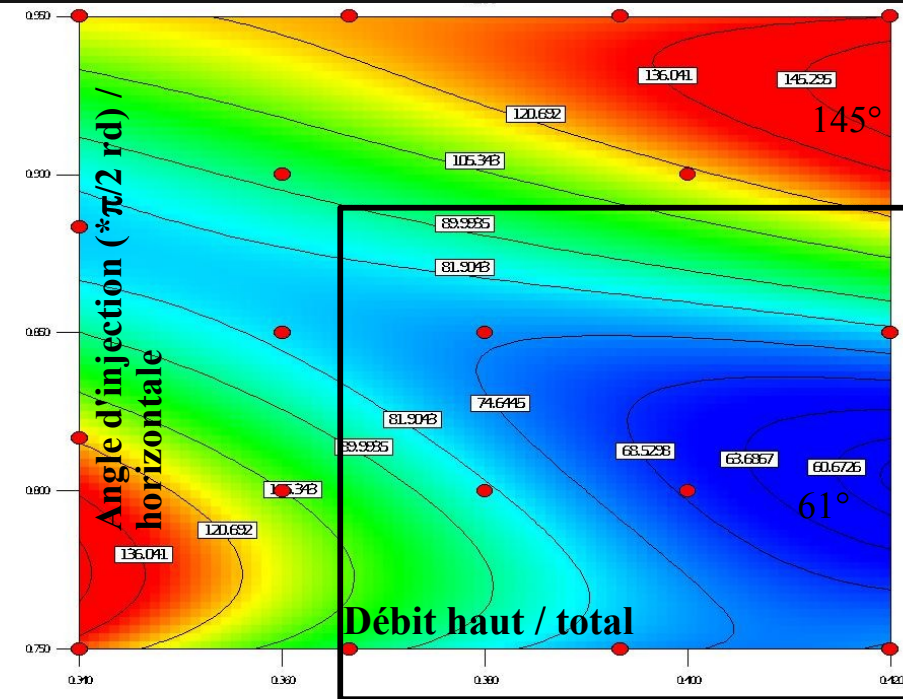
Le profil d'injection est définis en deux zones, soient 3 paramètres d'optimisation:

- 1 répartition de débits
- 2 directions d'injections.

1<sup>er</sup> résultat : la première injection est toujours horizontale

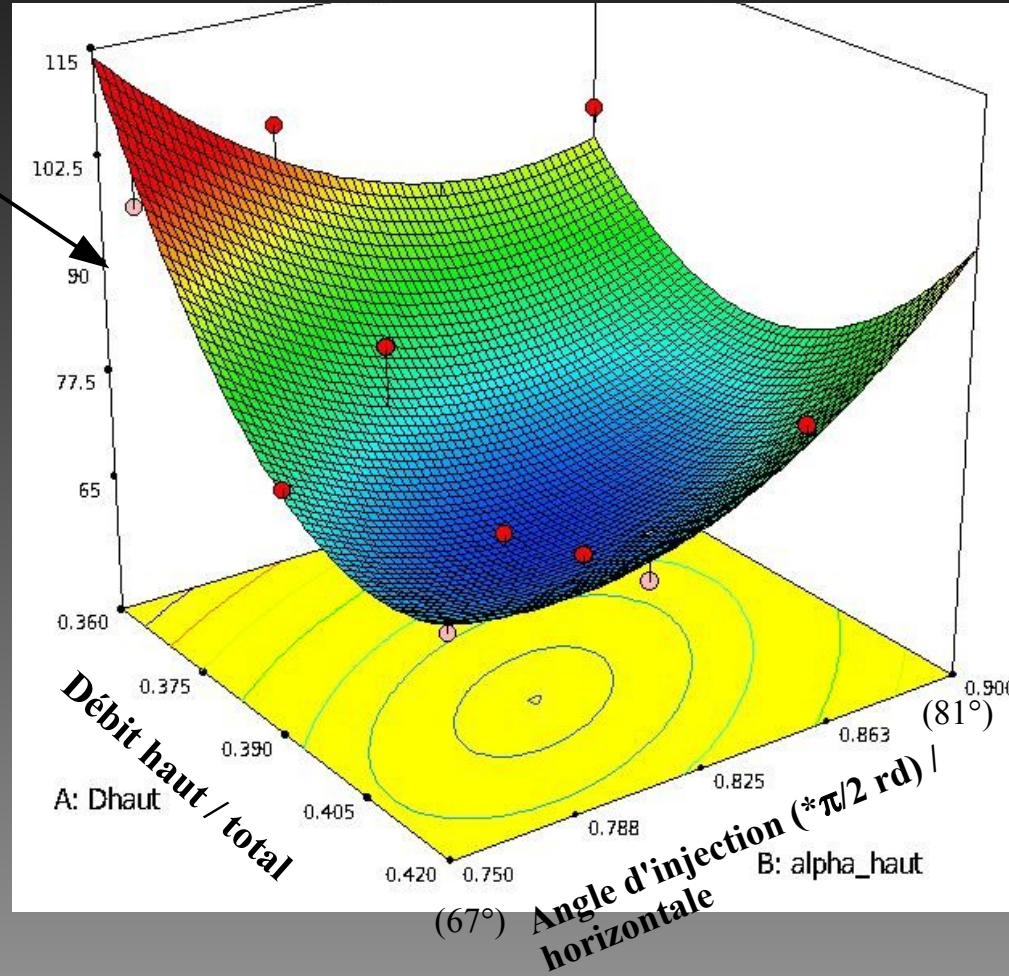
# Cas HD1

## Recherche profil optimum



Le meilleur profil donne un écart de température maximal de : 65°.

La température moyenne de sortie est de : 1090 K



Écart maximal de température à la sortie du cœur

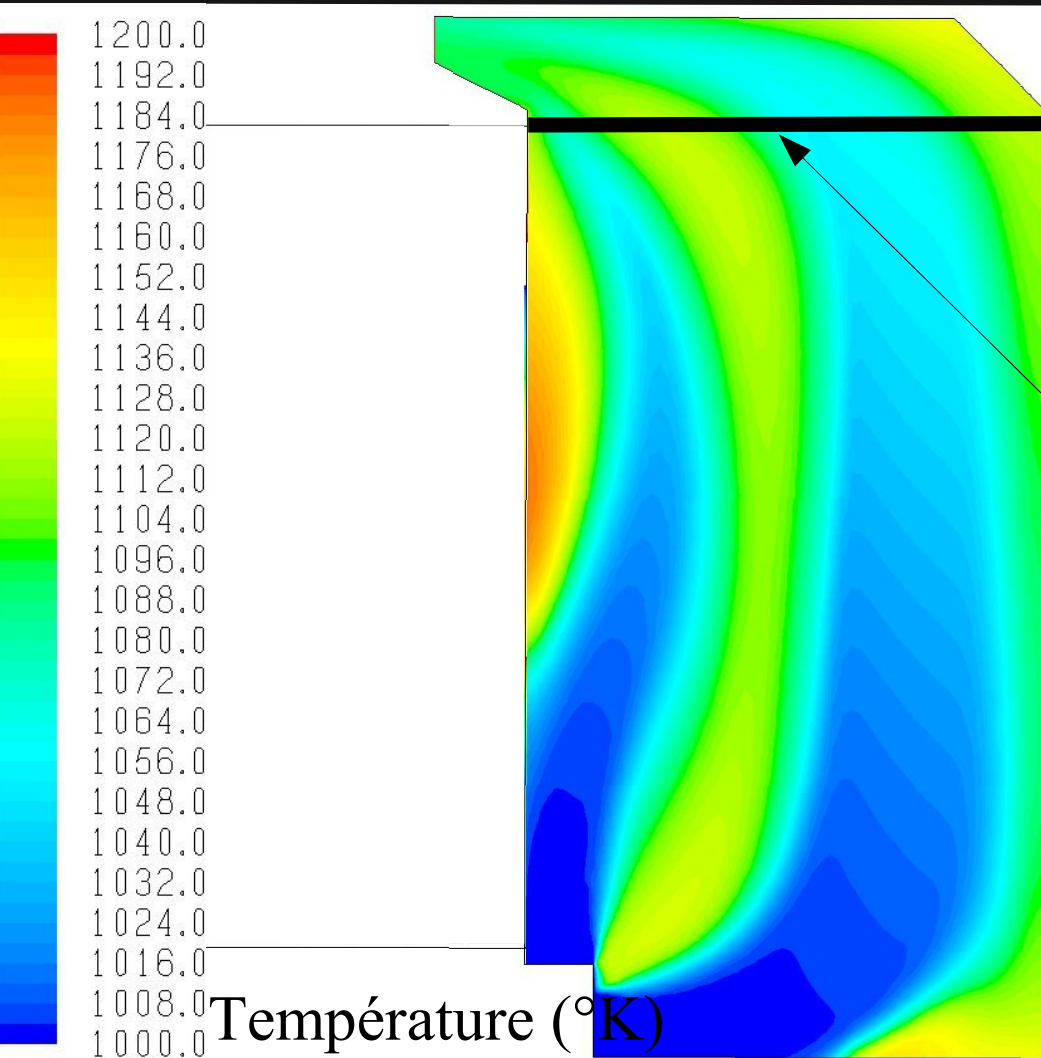
Écart minimum: 65 °C

Une zone de meilleur profil est isolée



# Température (K) profil optimum

## cas HD1



Rappel phase 1,  
DT=15°C avec:

- injection 3 zones
- Design déflecteur dans le plenum haut

DT=65°C

On observe 3 zones plus chaude dans le coeur:

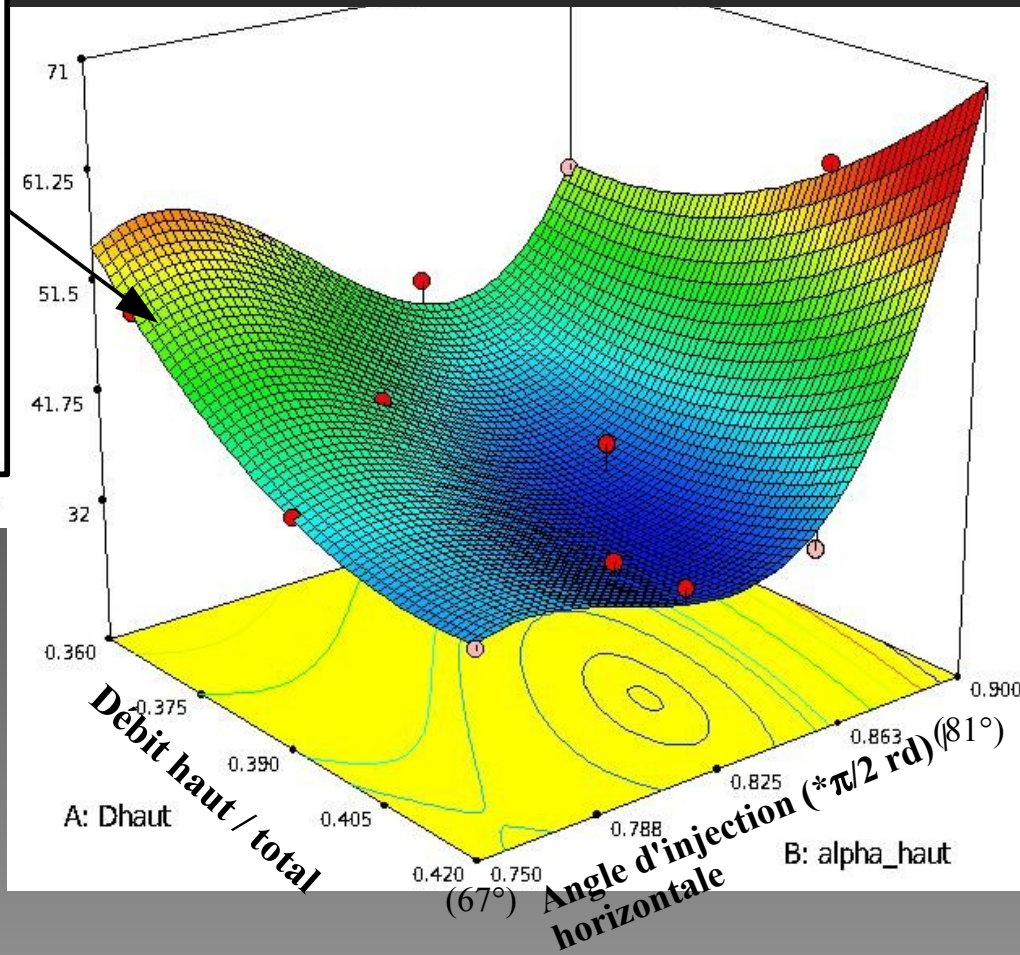
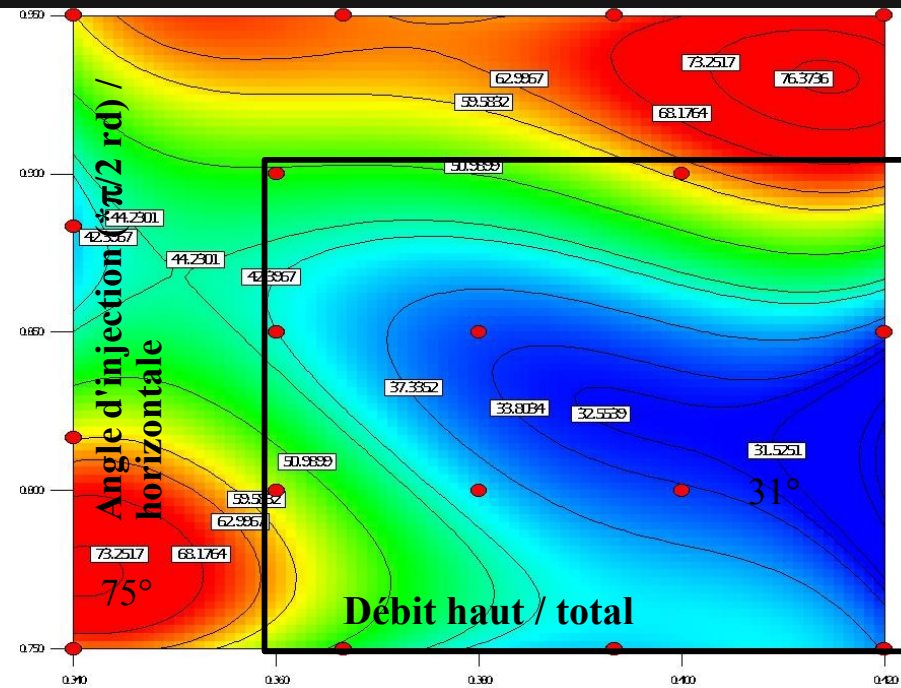
- contre la paroi externe (interface coeur/couverture)
- entre les 2 zones d'injection
- au centre, principalement en bas et en haut.

# Cas HD1B – débit double

## Recherche profil optimum

Le meilleur profil donne un écart de température maximal de :  $32.2^\circ$ .

La température moyenne de sortie est de :  $1045^\circ\text{K}$



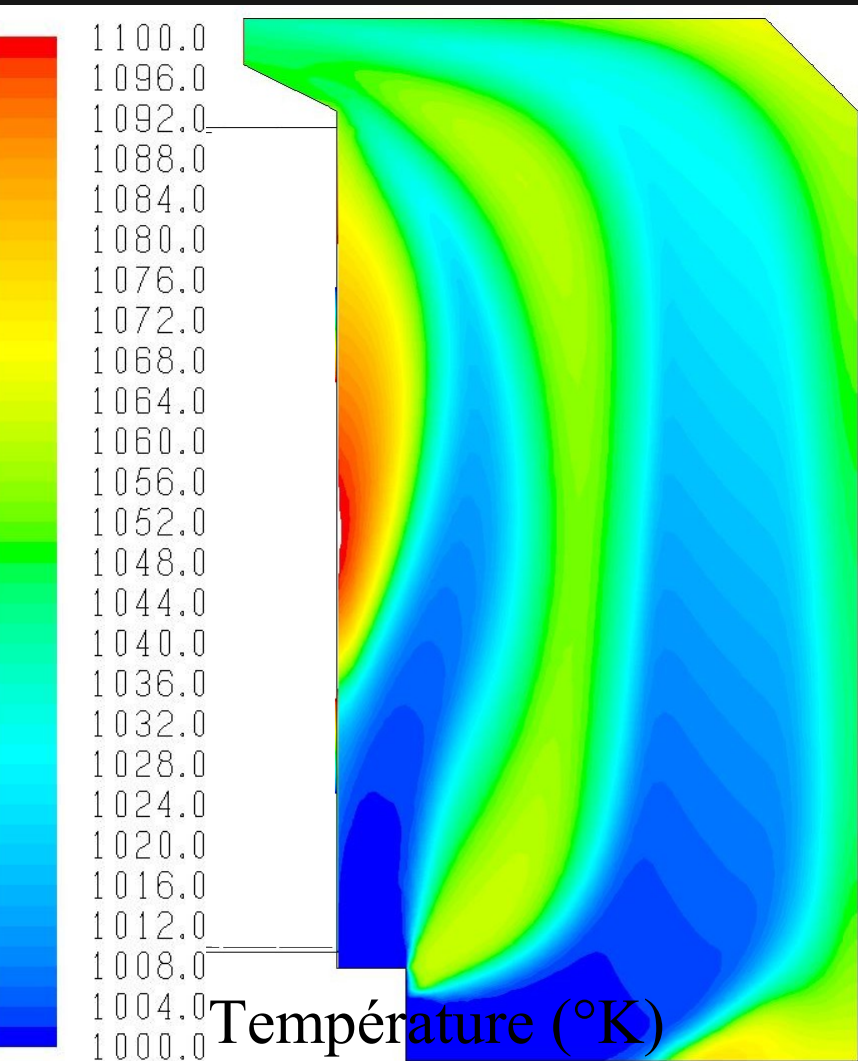
Écart maximal de température à la sortie du coeur

Optimum  $32^\circ$

Sensibilité moindre au débit

Sensibilité plus forte aux directions

# Température (K) profil optimum cas HD1 b (débit double)



Résultats très similaire au cas HD1.

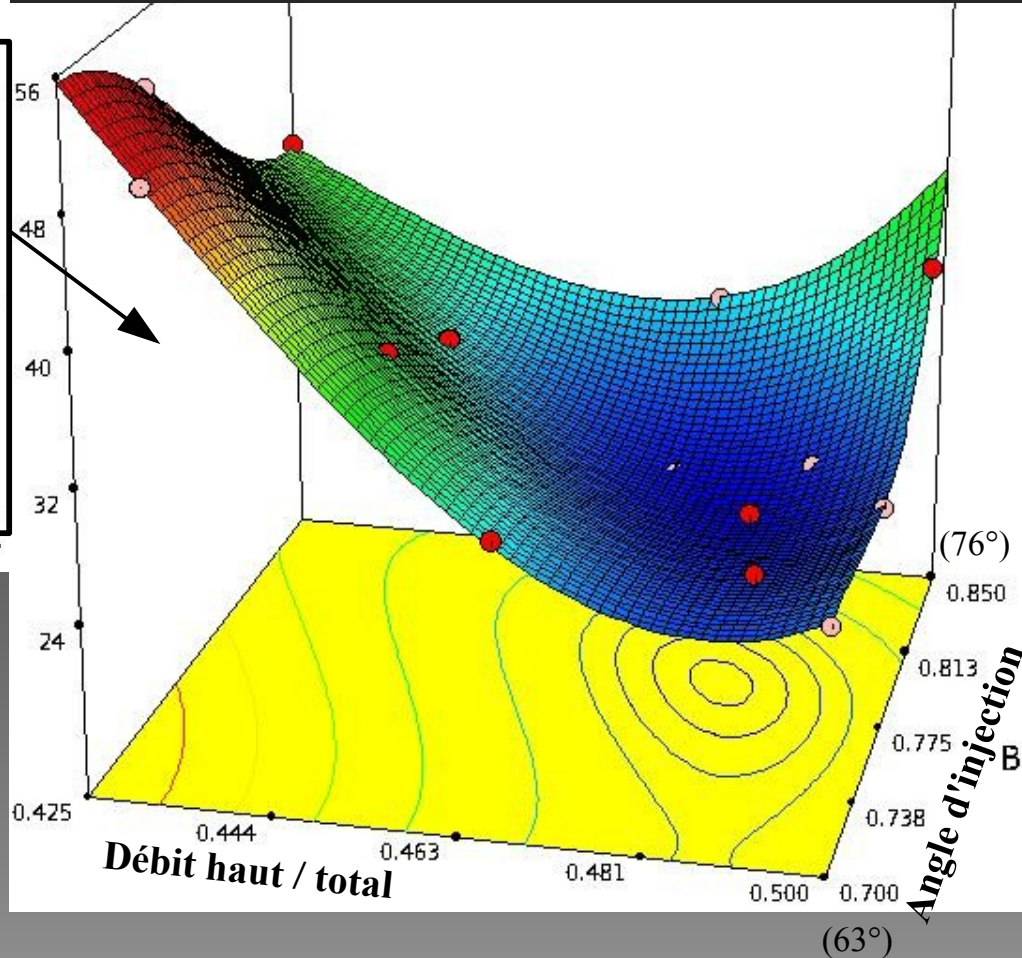
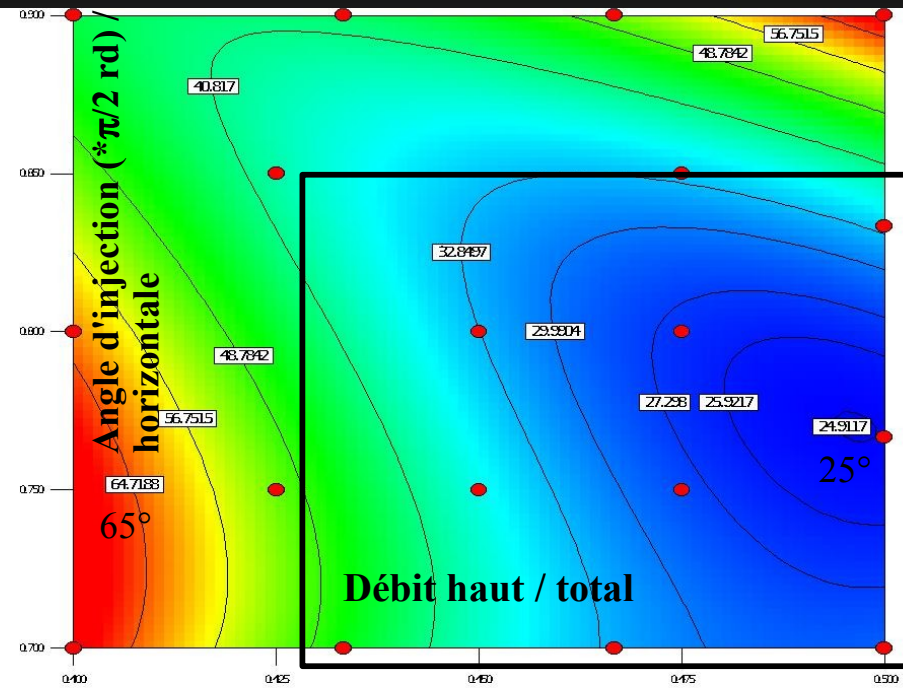


# Cas HD2 (H/D=2)

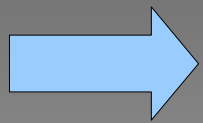
## Recherche profil optimum

Le meilleur profil donne un écart de température maximal de : 24.8°.

Température moyenne de sortie est de: 1091 °K



Écart maximal de température à la sortie du cœur

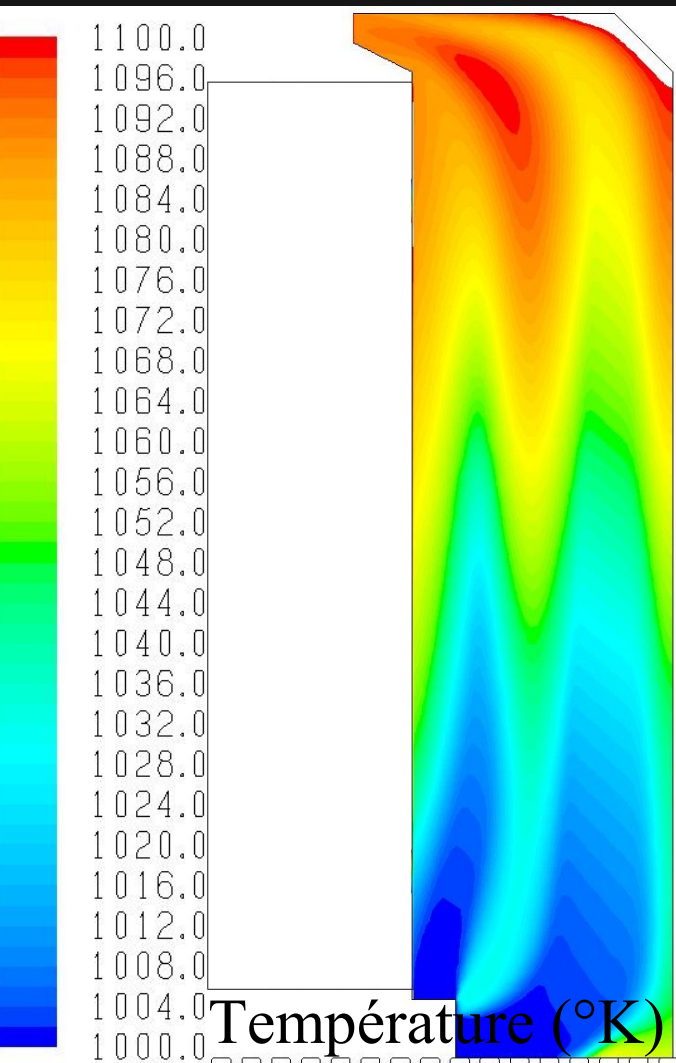


Optimum 24.8°  
Moindres sensibilités



# Température (K) profil optimum

cas HD2 (H/D=2)



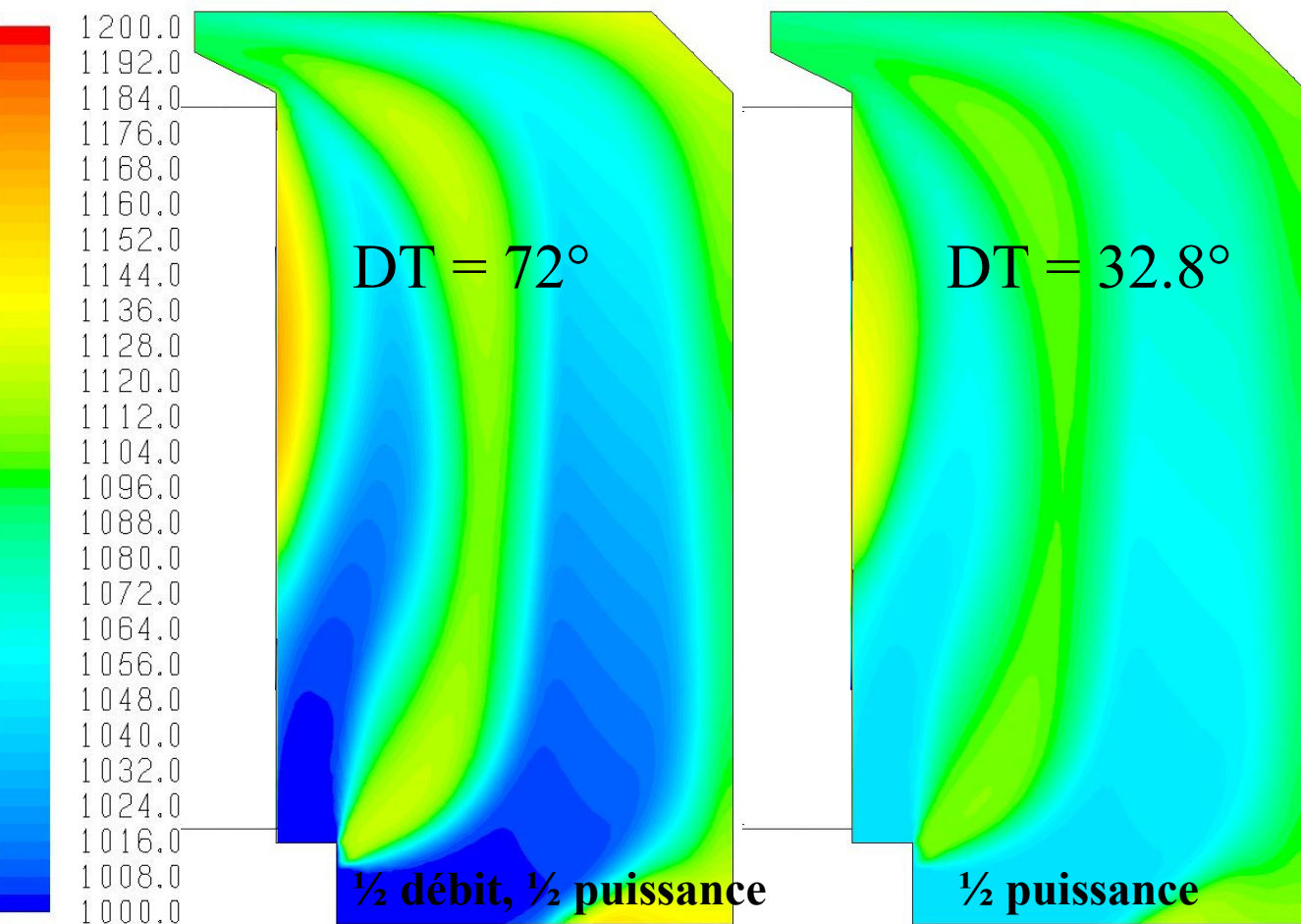
La zone chaude est principalement en haut du cœur

- au centre.
- sur une couronne.

# Sensibilités débit et puissance

A partir optimum HD1 (même injection)

Température (°K)



1/2 débit, 1/2 puissance :

L'écart maximal de température passe de 65° à 72°

**On dégrade légèrement l'homogénéité du réacteur.**

La température moyenne en sortie est toujours de 1090 °K

1/2 puissance, T entrée ajustée :

La température d'entrée est de 1045 °K pour une sortie à 1090 °K.

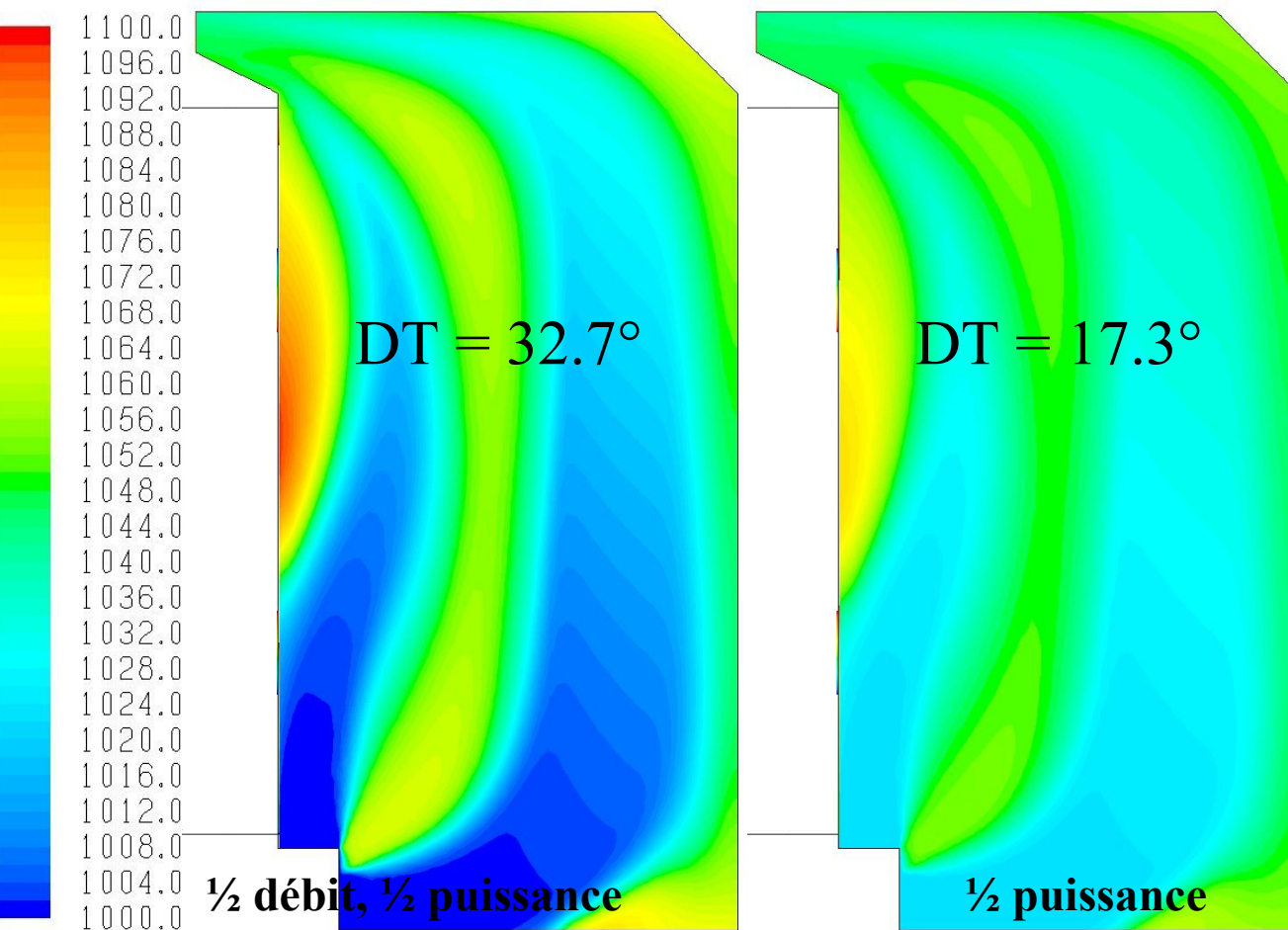
L'écart de température passe à 32.8°

**On améliore fortement l'homogénéité.**

# Sensibilité débit et puissance

A partir optimum HD1 b (même injection)

Température (°K)



1/2 débit, 1/2 puissance :

L'écart maximal de température passe de 32.2° à 32.7°

**On ne modifie pas l'homogénéité du réacteur.**

La température moyenne en sortie est toujours de 1045 °K

1/2 puissance, T entrée ajustée :

La température d'entrée est de 1022.5 °K pour une sortie à 1045 °K.

L'écart de température passe à 17.33°

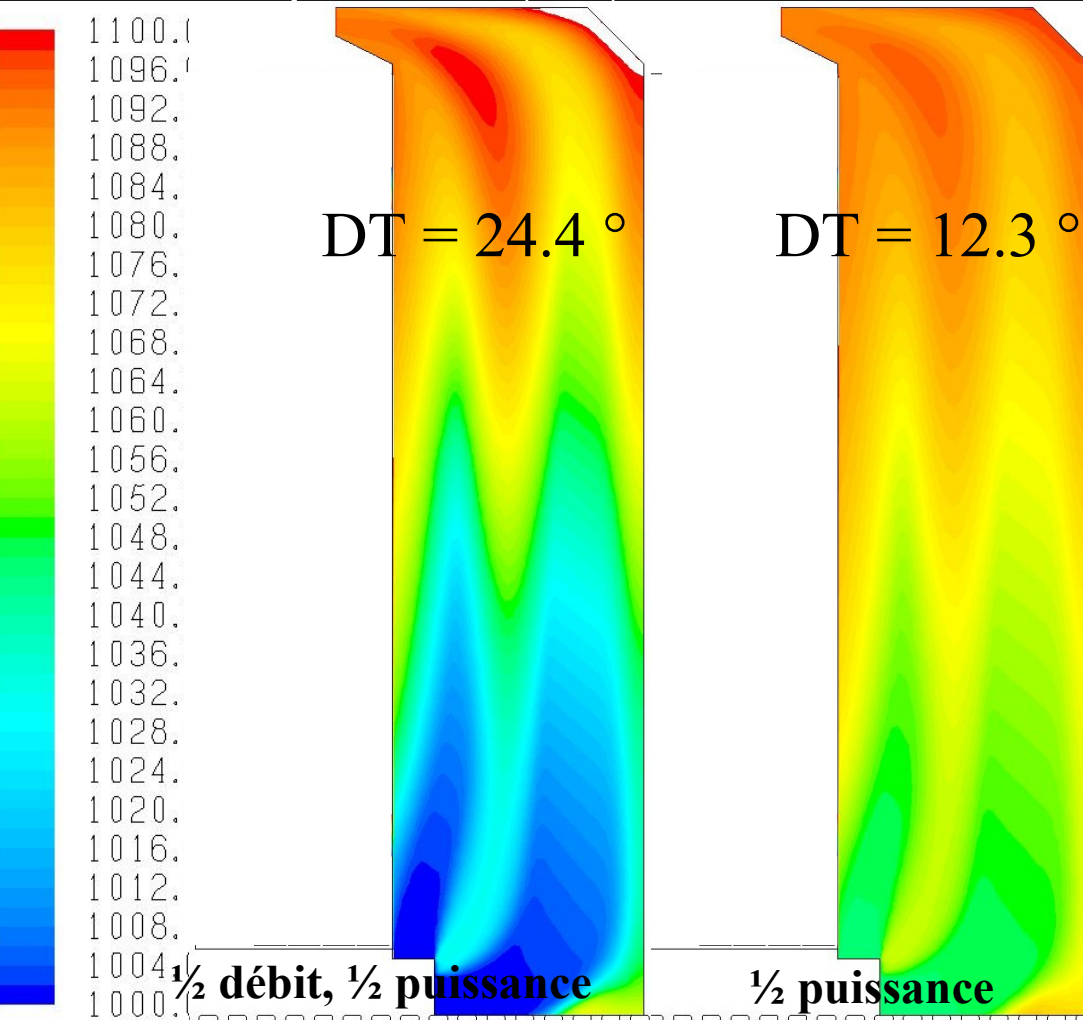
**On améliore l'homogénéité.**



# Sensibilité débit et puissance

A partir optimum HD2, (même injection)

Température (°K)



1/2 débit, 1/2 puissance :

L'écart maximal de température passe de 24.8° à 24.4°

**On ne modifie pas l'homogénéité du réacteur.**

La température moyenne en sortie est toujours de 1091 °K

1/2 puissance, T entrée ajusté :

La température d'entrée est de 1045 °K pour une sortie à 1091 °K.

L'écart de température passe à 12.3°  
**On améliore l'homogénéité.**

# Synthèse / sensibilités

	cas	Q thm. (MW)	Débit (T/s)	T entrée (K)	T sortie (K)	DT opt. (°C)	Écart de débit (fract. Total) optimum dégradé de 5°C	Écart d'angle (*p/2 rd) optimum dégradé de 5°C
<b>HD1</b>	<b>référence</b>	2795,86	29,5	1000	1090	<b>65</b>	+ - 0.005	+ - 0.02
	<b>½ débit, ½ puiss.</b>	1397,93	14,75	1000	1090	<b>72</b>	n/a	n/a
	<b>½ puiss</b>	1397,93	29,5	1045	1090	<b>32,8</b>	n/a	n/a
<b>HD1b</b>	<b>référence</b>	5591,72	59	1000	1045	<b>32,2</b>	+ - 0.01	+ - 0.02
	<b>½ débit, ½ puiss</b>	2795,86	29,5	1000	1045	<b>32,7</b>	n/a	n/a
	<b>½ puiss</b>	2795,86	59	1022,5	1045	<b>17,33</b>	n/a	n/a
<b>HD2</b>	<b>référence</b>	2807,78	29,5	1000	1091	<b>24,8</b>	+ - 0.025	+ - 0.05
	<b>½ débit, ½ puiss</b>	1403,89	14,75	1000	1091	<b>24,4</b>	n/a	n/a
	<b>½ puiss</b>	1403,89	29,5	1045	1091	<b>12,3</b>	n/a	n/a

# Conclusions / sensibilités

- L'homogénéité semble proportionnelle à la puissance,
- Les sensibilités à l'injection et au débit varient dans le même sens:
  - Cas le plus sensible: HD1 (H/D=1 débit nominal 29,5T/s)
  - Intermédiaire : HD1b (H/D=1 débit doublé)
  - Cas le moins sensible HD2 (H/D=2 débit nominal)
- Une prise en compte précise de la couverture doit être faite.

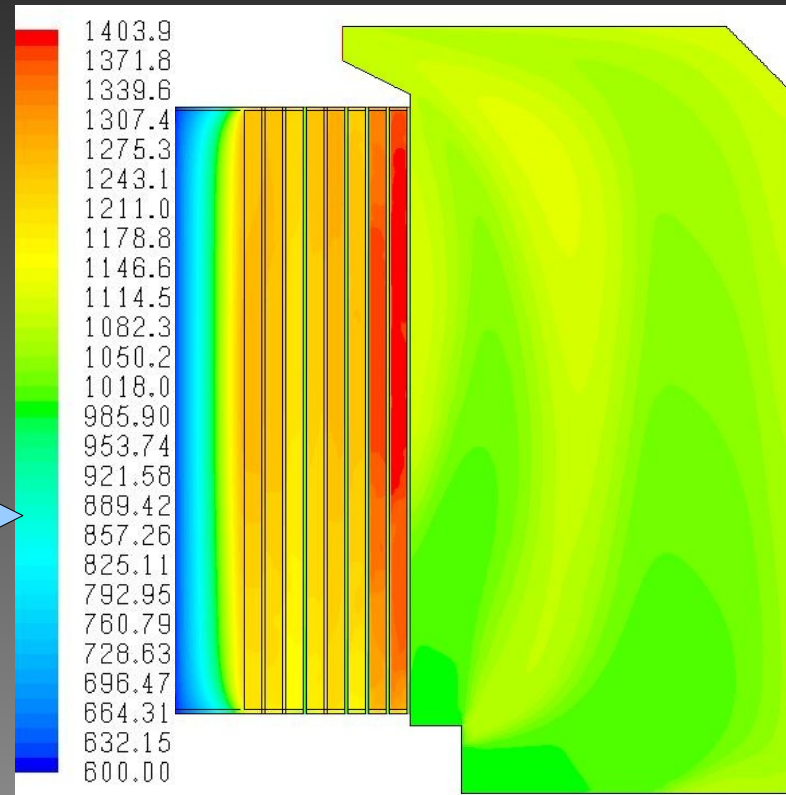
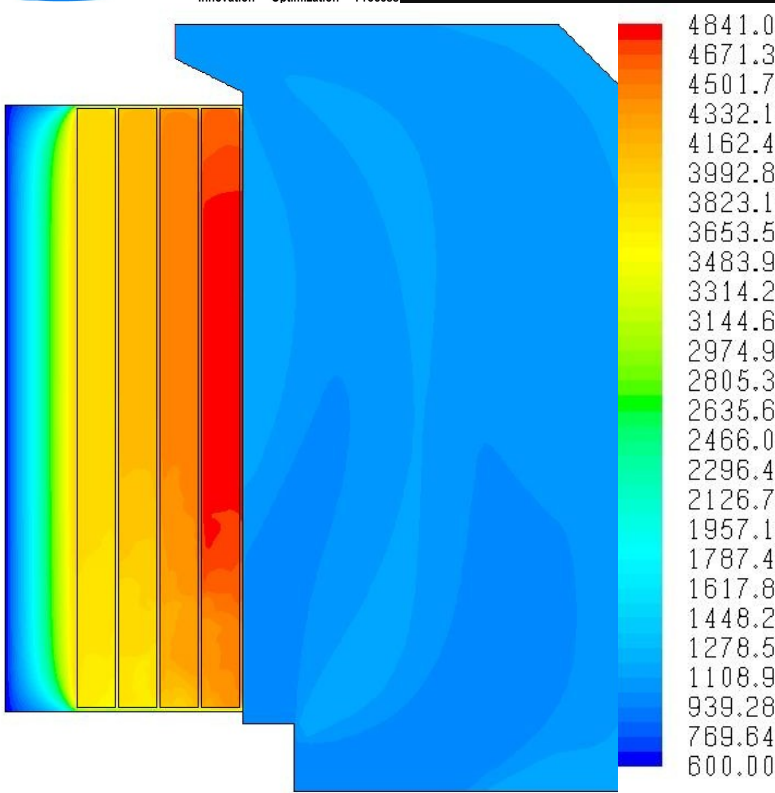


# Couverture, problématique

Le terme source de 8.98 MW dans la couverture entraîne une augmentation importante de la température:

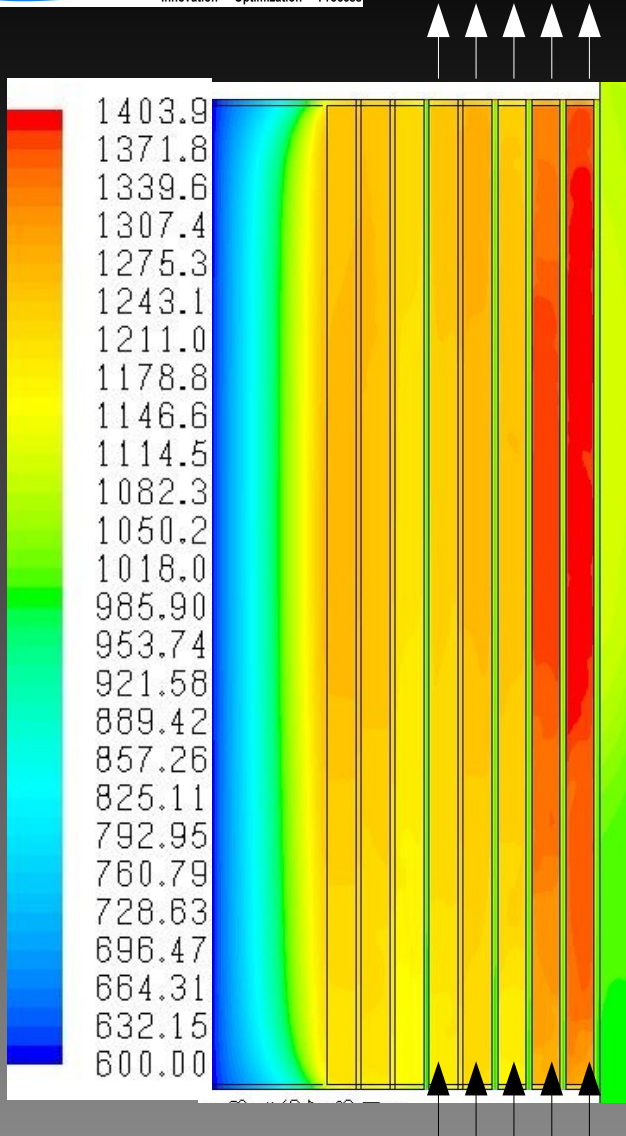
- Rayonnement – semi-transparence non pris en compte
- hors validité modèle

Un moyen d'évacuation du flux thermique doit donc être mis en oeuvre dans la couverture .



Sur l'image ci contre, un flux de sel a été injecté dans des veines, afin d'évacuer une partie du flux thermique. La couverture a été découpé en tranches de 10cm d'épaisseur. La température dans la couverture n'atteint « que » 1400 °K

# Solution possible, couverture, champ de température (°K)



## Solution 1°:

On injecte dans 5 veines du sel à 1000 °K (même température que pour le coeur), à la vitesse de 0.1 m/s.

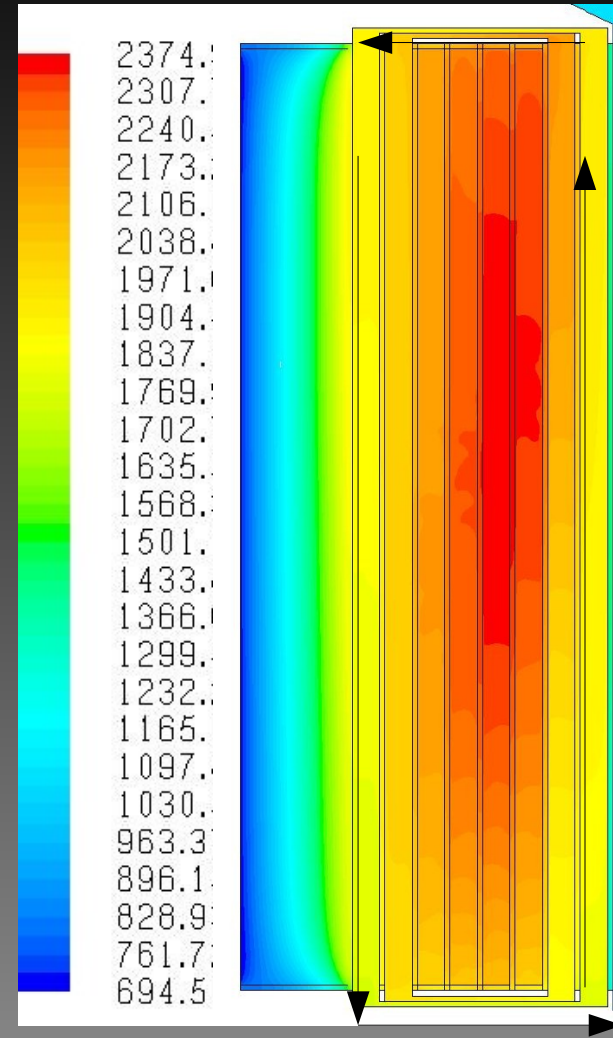
Le débit total passant dans la couverture est de 162 kg/s, soit environ 0.5% du débit total.

La température moyenne du sel à la sortie des veines est de 1100 °K environ

## Solution 2°:

On permet une circulation entre les différentes parties de la couvertures. La seule convection naturelle limite la température de la première couche à 2100K.

Solution 3°: on mixte la solution 1 et 2, non étudiée



# Conclusions

- Les sensibilités de l'homogénéité thermique à l'injection du sel et à la forme du cœur ont été caractérisées
- Cette sensibilité diminue avec le débit et le rapport de forme H/D
- La température atteinte dans la couverture, non brassée est très élevée.
- Des solutions existent pour limiter cette température