

CHAUFFAGE

EXPÉRIENCES SELS FONDUS



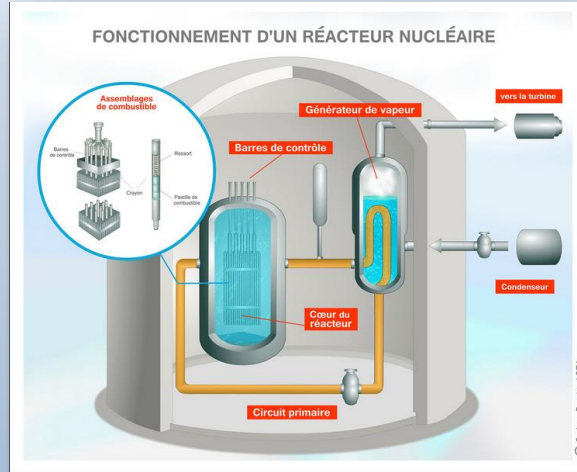
Plan de la présentation

- Contexte des expériences
- Les sels
- Section « plate »
- Comparatif Ansys Mechanical / Fluent
- Petite expérience
- Conclusion

Contexte des expériences : Développements des RSF au LPSC

- Développements en simulations numériques : Neutronique / thermo-hydraulique.
- Expériences avec des sels fluorés.

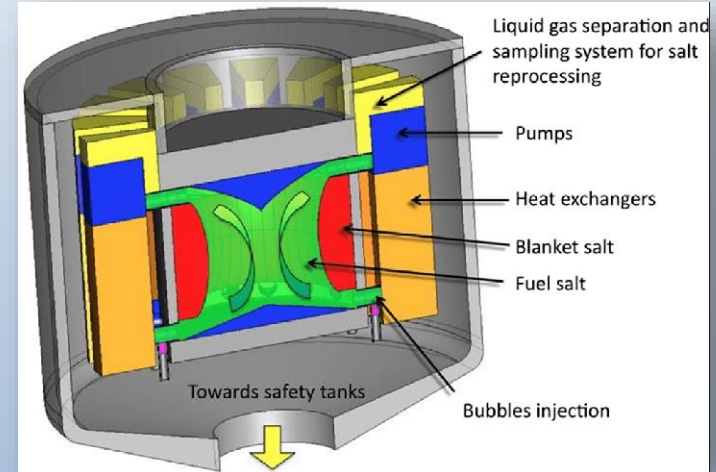
Réacteur à eau pressurisée



Réacteur à eau pressurisée :

- Combustible fixe
- Fluide caloporteur eau à 150 bars et 290 °C

/ Réacteur à sels fondus



Réacteur à sels fondus :

- Combustible en solution dans le fluide caloporteur
- Fluide caloporteur : sel (fluorure ou chlorure) à 5 bars et 750°C.

SELS Propriétés thermiques

Propriétés intéressantes pour transporter ou stocker de l'énergie... à l'état liquide et à pression atmosphérique.

Le sel de table NaCl => Chlorure

Température de fusion => 800°C

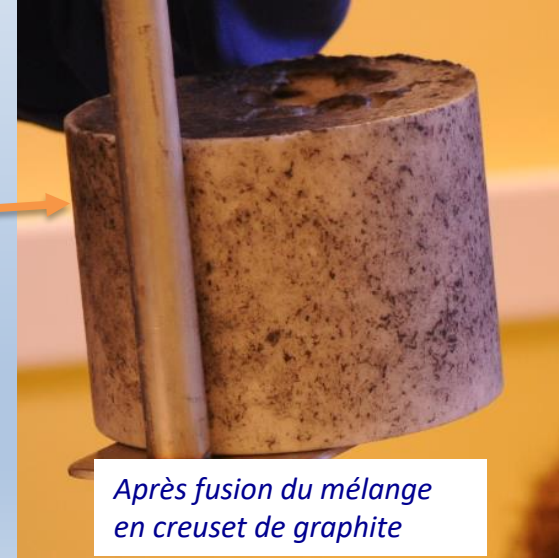
Température d'ébullition => 1465°C

Sels Fluorés => « FLINAK » : LiF – NaF – KF utilisés dans les installations au LPSC comme sel « modèle » à la place du mélange de sels « combustible » d'un réacteur

Température de fusion => 462°C

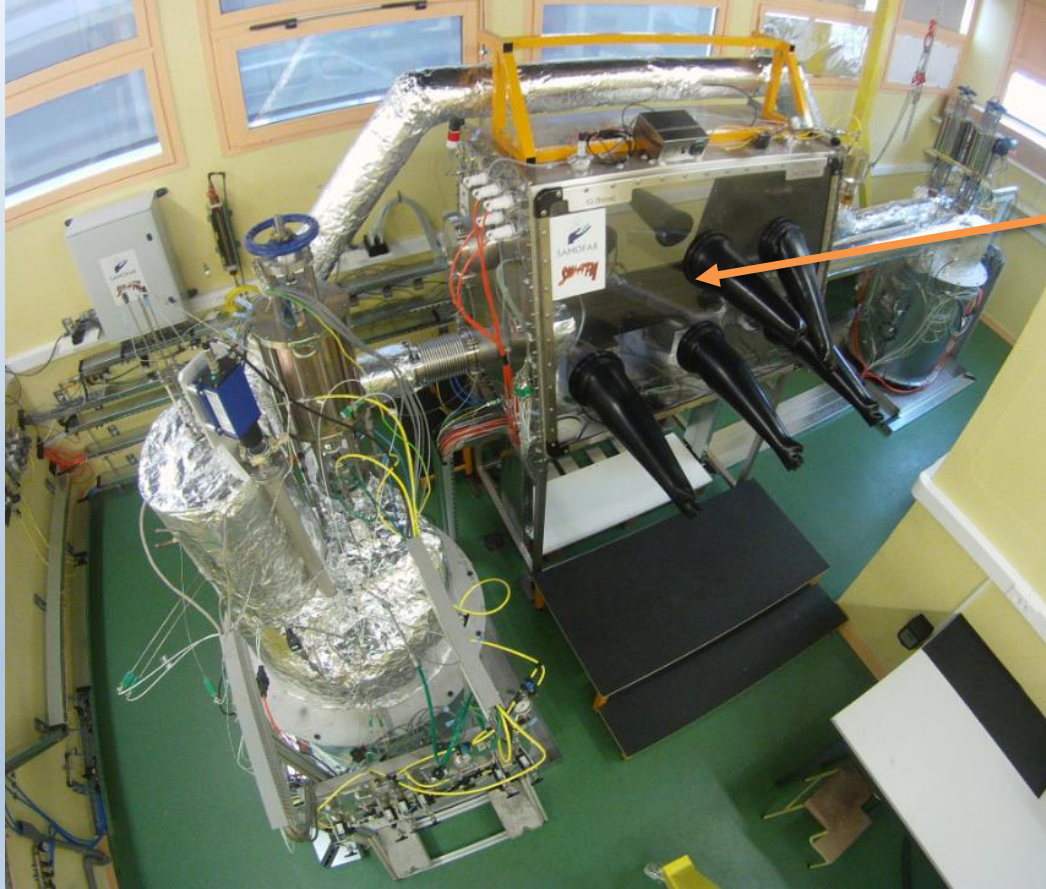
Température de décomposition du mélange => 1570°C , pas vraiment une « ébullition »

Etat liquide : corrosion des parties métalliques et oxydes et dégagement d'acide (HF) en cas de contact avec l'air => **Travail en atmosphère inerte**



Après fusion du mélange en creuset de graphite

Installation SWATH (Salt at Walls Thermal Exchanges):



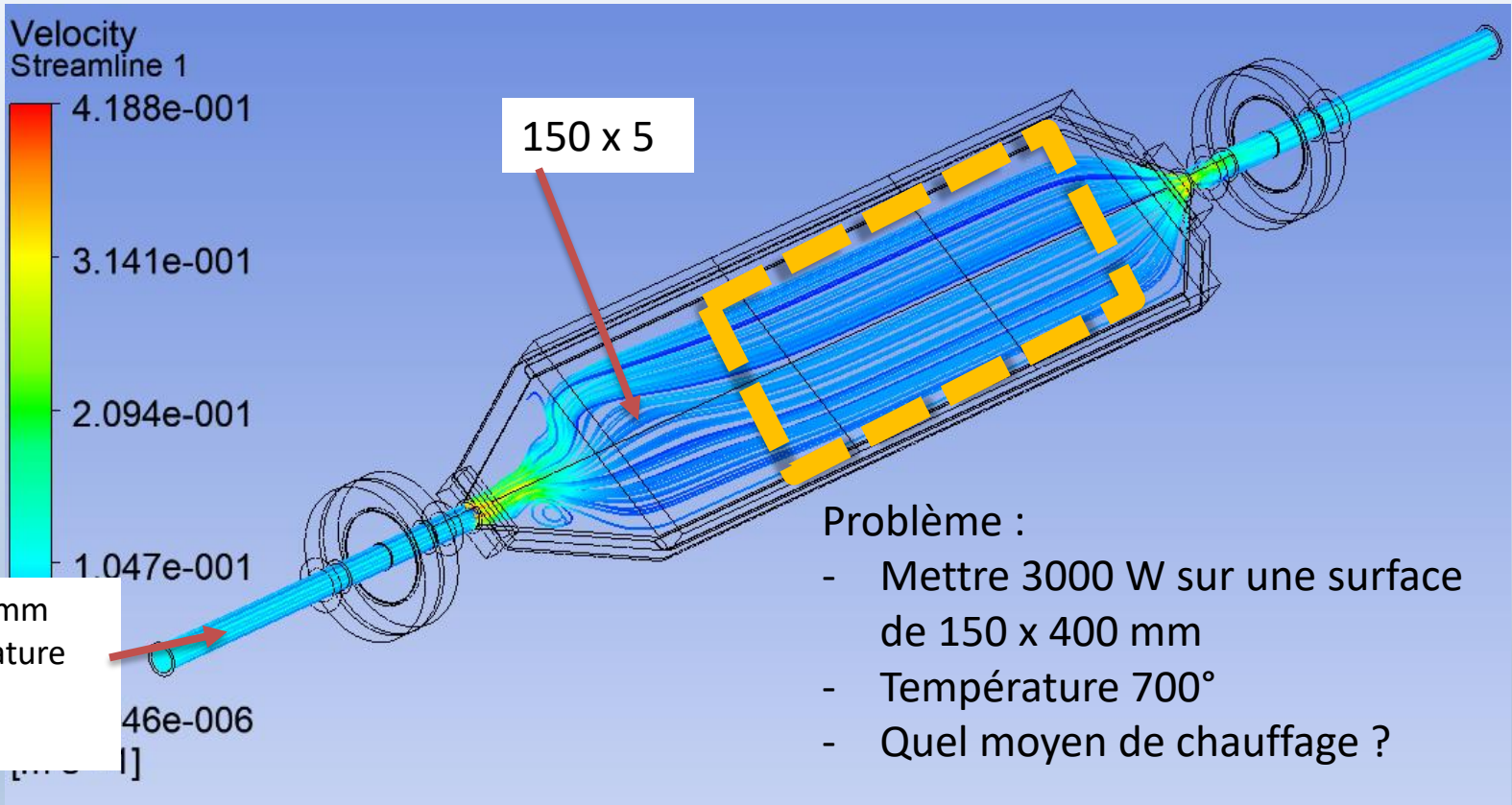
Zone d'expérience
Implantation des
sections.

Contraintes de conception :

- Haute température : 600°C
- Pression de calcul : 1 bar

120 Kg de sel fluoré / tuyaux 20 mm intérieur

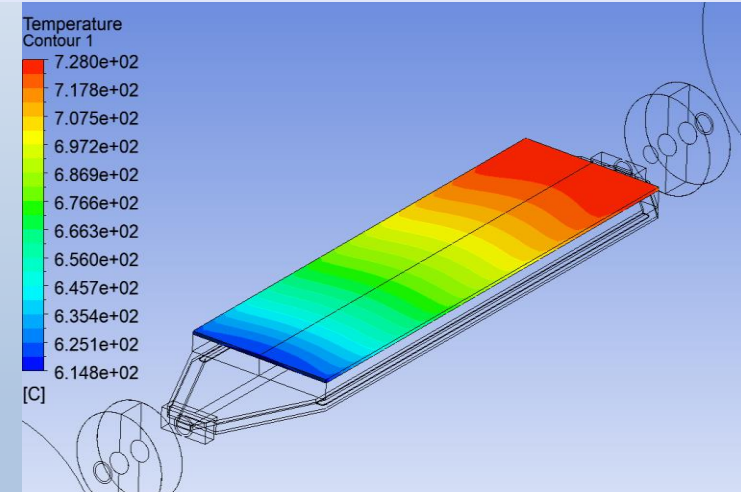
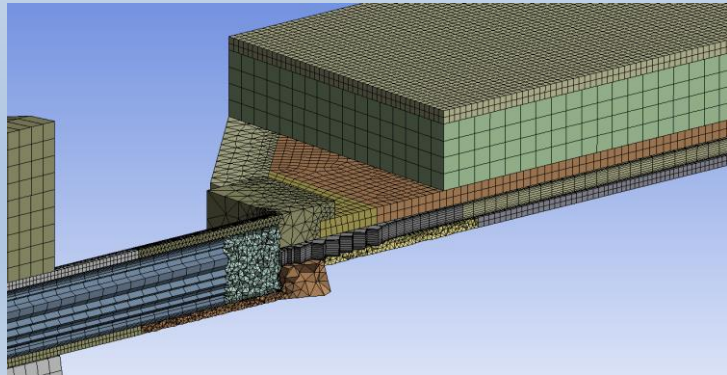
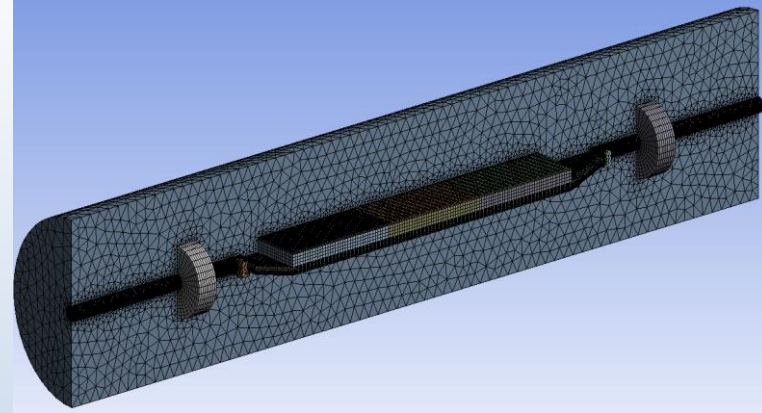
Section essais canal plat:



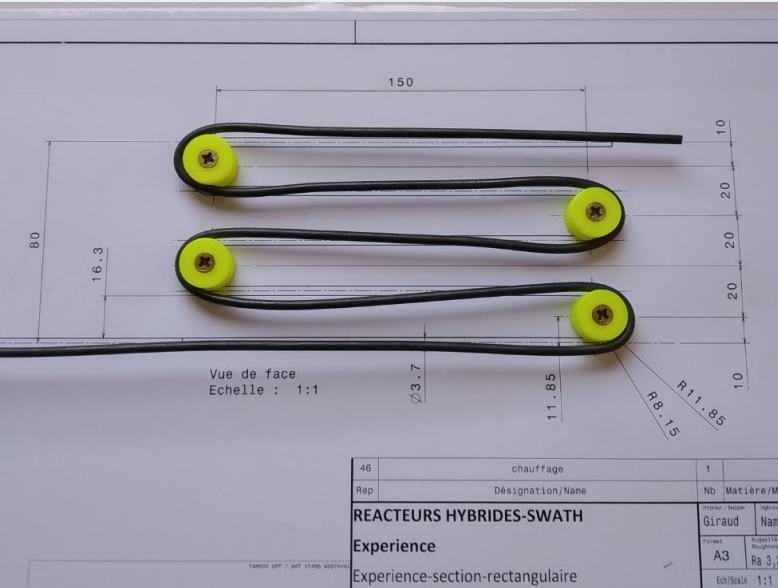
Essais / simulations mise en œuvre:

Simulations globales avec puissances distribuée:

- ⇒ Chauffage : conduction vs rayonnement ?
- ⇒ Durée de vie des chauffages à haute température ?
- ⇒ Technologie ?
- ⇒ Mesures ? Comment fixer les thermocouples ?



Comparatif Ansys Mechanical / Fluent pour calcul rayonnement + expérience:



Formage de la résistance

Longueur 1000 mm, diamètre 3,7 mm, puissance 630W

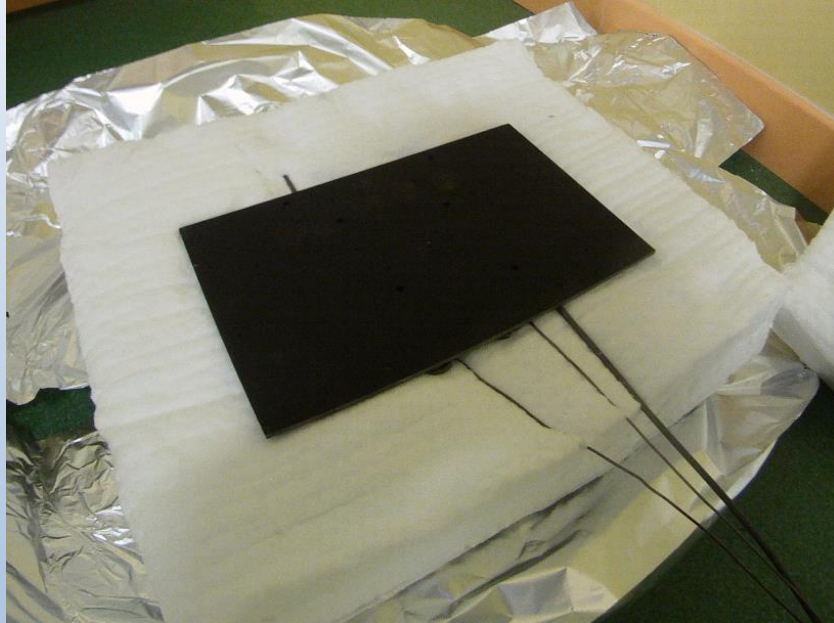
Température maxi constructeur : 650°C

On souhaite une densité de puissance : 0,84 W/cm²



Banc de test : Résistance / thermocouples / isolation

Comparatif Ansys Mechanical / Fluent pour calcul rayonnement + expérience:

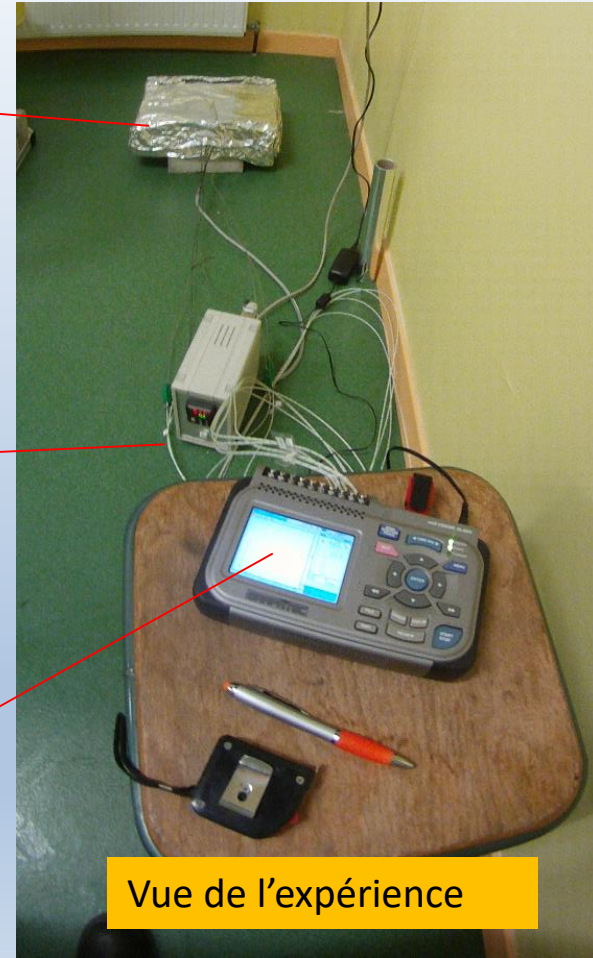


Dépose de la plaque inox 4 mm

Expérience

Régulation de température (PID)

Enregistrement de température



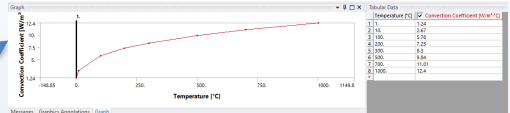
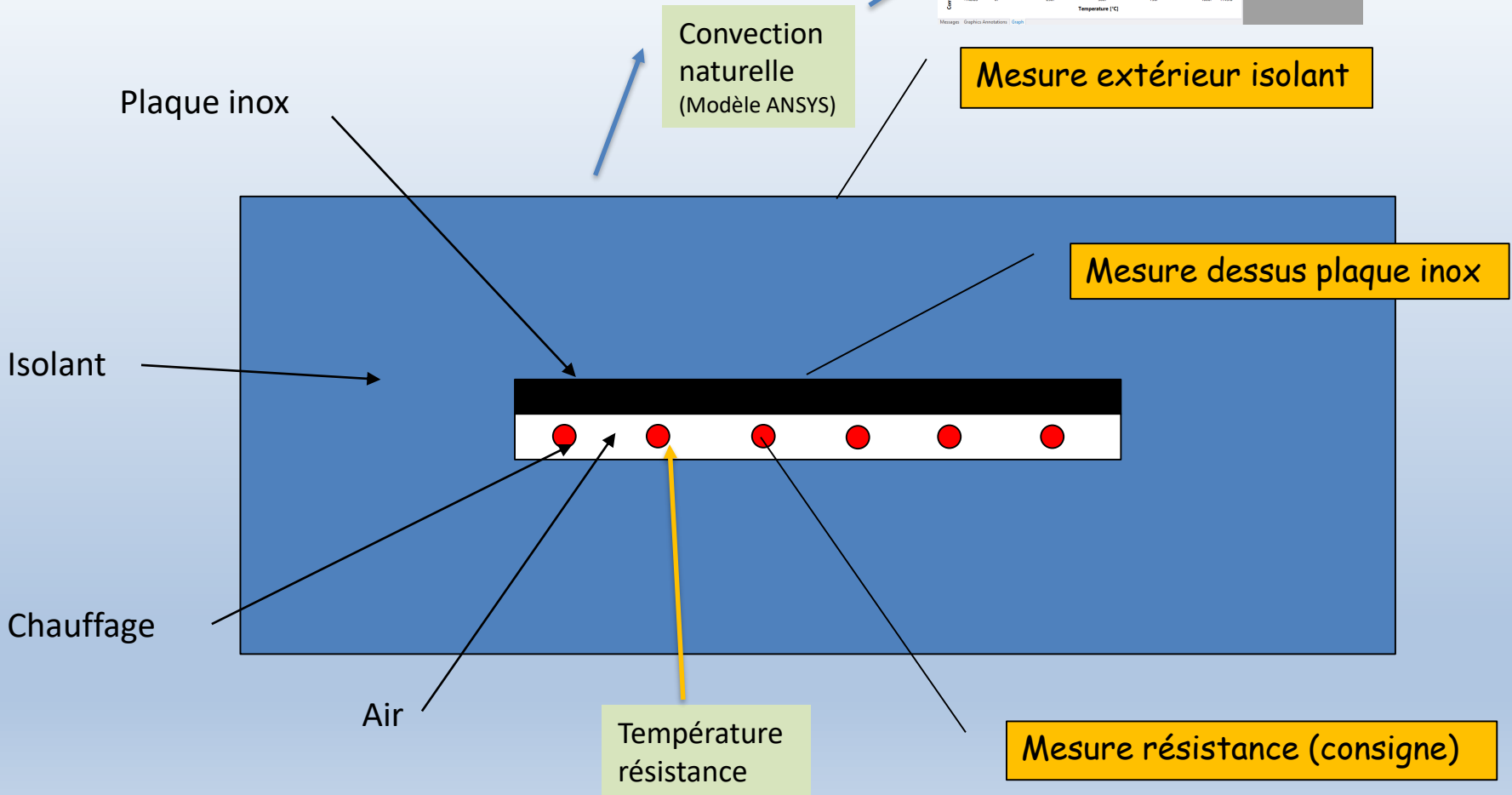
Vue de l'expérience

Thermocouple de type K



Température de chauffage 800°C...

Conditions aux limites:



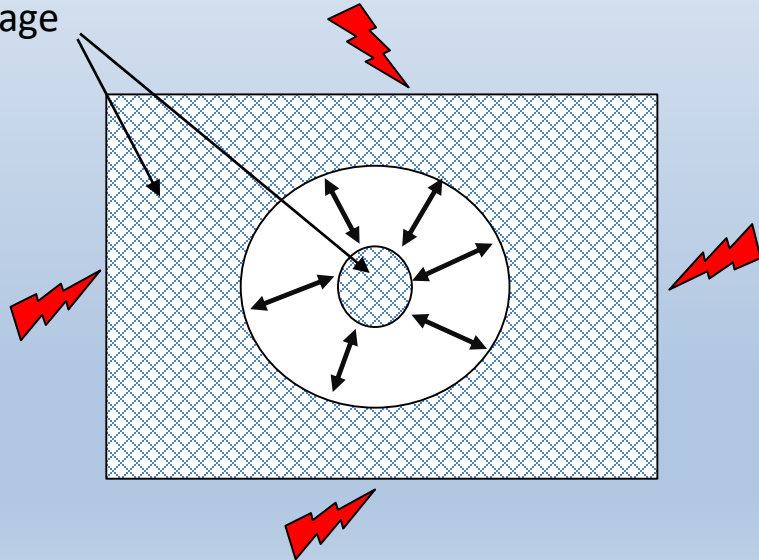
Modèles de simulations :

ANSYS Mechanical (éléments finis)

Thermique dans le solide

- Echange radiatif avec une température du milieu.
- Echange radiatif dans cavité rayonnante (facteur de vue)

Maillage

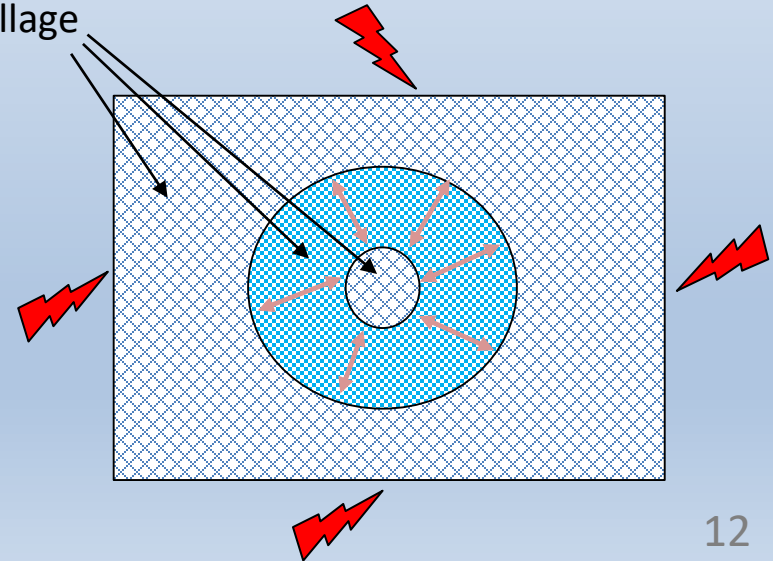


FLUENT (Volumes finis)

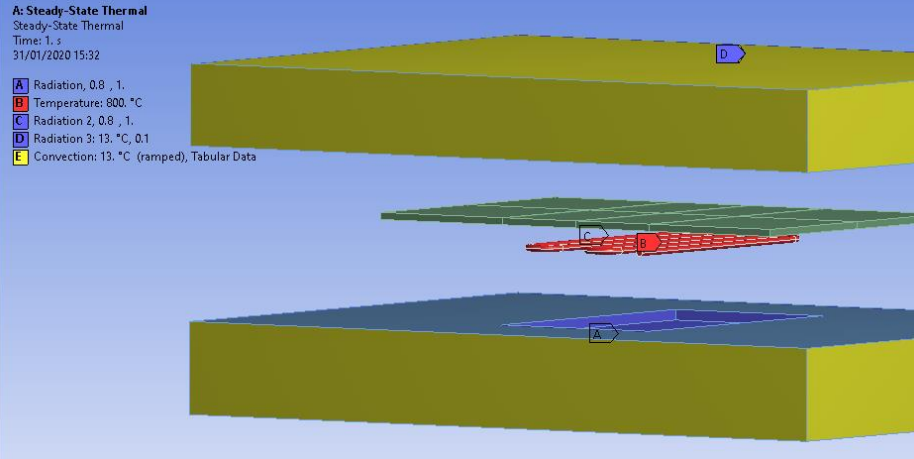
Thermique dans le solide et dans le fluide

- Echange radiatif avec une température du milieu.
- Echange radiatif dans cavité rayonnante (facteur de vue)
=> à travers un fluide => la participation du fluide peut être prise en compte (transparent, semi-transparent, opaque).
=> Plus de méthodes de résolutions. S2S, P-1, DO

Maillage

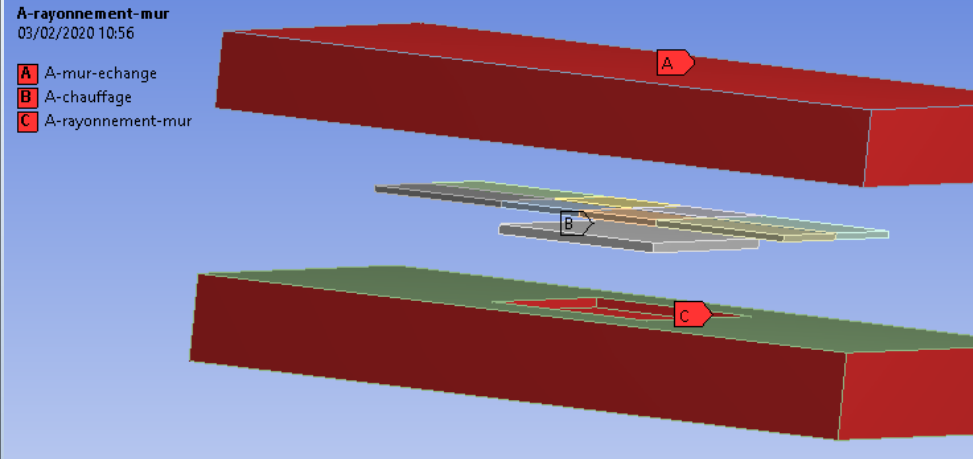


ANSYS Mechanical



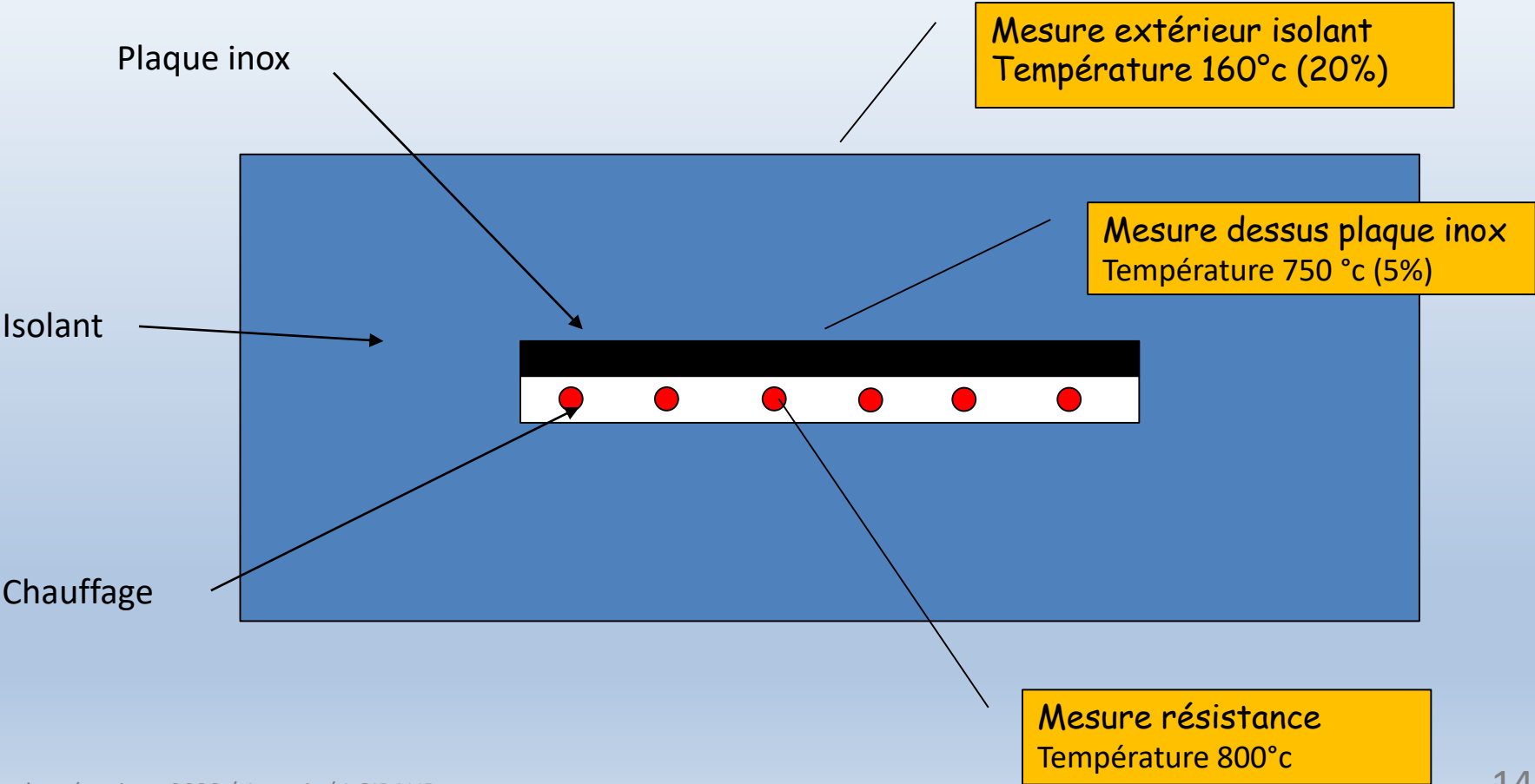
Temps de calcul 50 minutes
10 pas de calcul minimum imposé

FLUENT



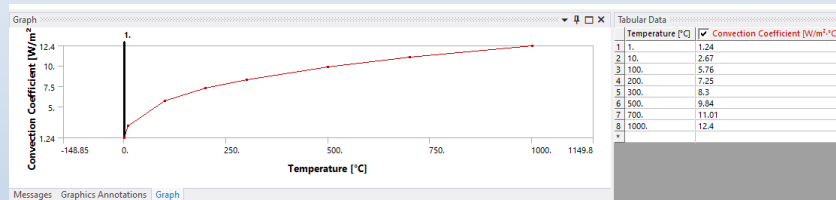
Résolution des équations de
thermique uniquement
Temps de calcul : 5 minutes

Mesures de températures / résultats:



Conclusion:

- **ANSYS Mechanical** : Mise en donnée plus simple avec mais la limite de la modélisation est les échanges éventuels avec un fluide de refroidissement (convection forcée / naturelle).
- Pour les échanges en convection naturel avec de l'air il y a des formules implémentées.



- **Fluent** : Mise en donnée plus compliquée avec la gestion des zone de rayonnement.
- Calculs plus rapide.
- On peut inclure des calculs couplés thermique / fluide.

Pour commencer avec FLUENT en thermique et rayonnement :

- Lecture 10 : Heat transfert (cours général sur la thermique).
- Workshop : Electronics cooling with natural convection and radiation (exemple simple mais il y a absolument tout ce qu'il faut !).