

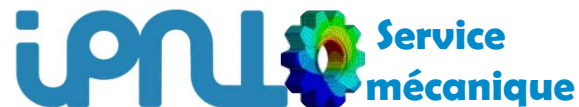
19/03/2015

# Arrêt Faisceau Spiral2

## Test de refroidissement haute intensité

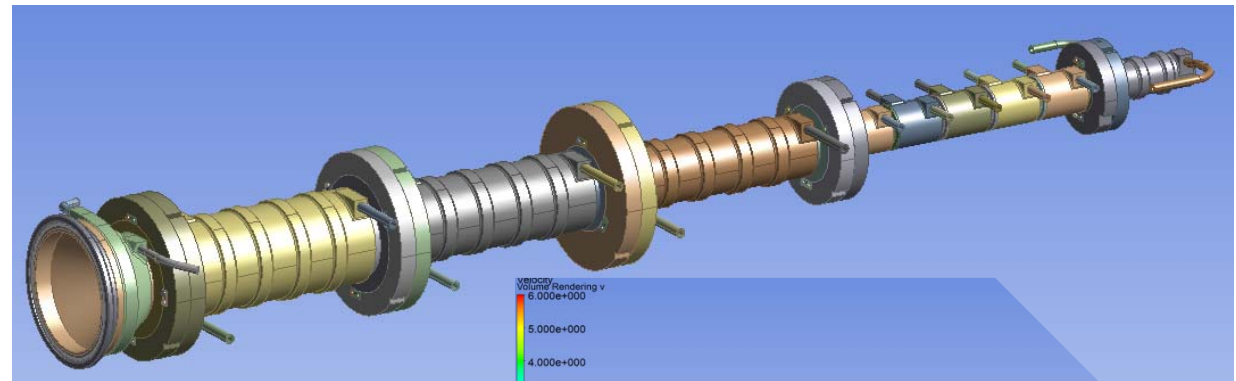
*Utilisation de machine EBW*  
*Soudage par Faisceau d'Electron*

Réunion réseau Instrumentation IN2P3



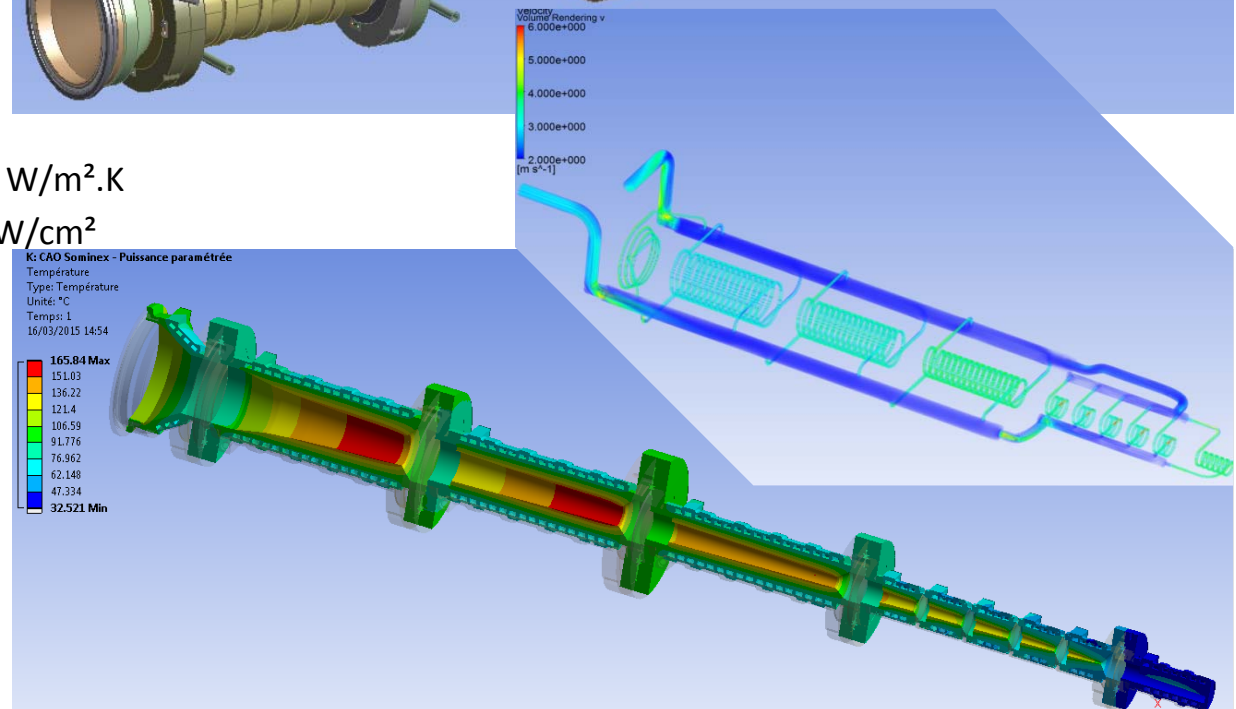
- Faisceau de 200 kW deutons

- Nominal  $\sigma$  16mm ( $\varnothing$  96 mm)  $\rightarrow \varphi_{\max}$  12400 W/cm<sup>2</sup>
- Surfocalisation  $\sigma$  6.6mm ( $\varnothing$ 40mm)  $\rightarrow \varphi_{\max}$  73000 W/cm<sup>2</sup>
- Désalignement  $\Delta r$  3mm

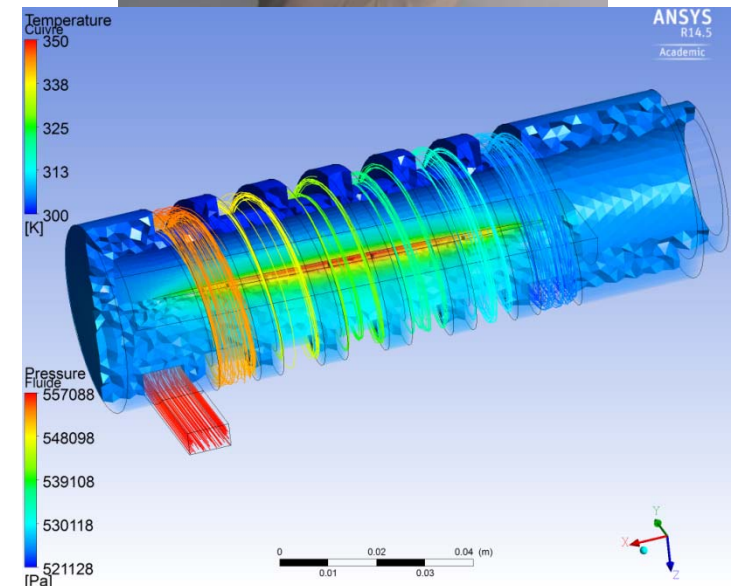
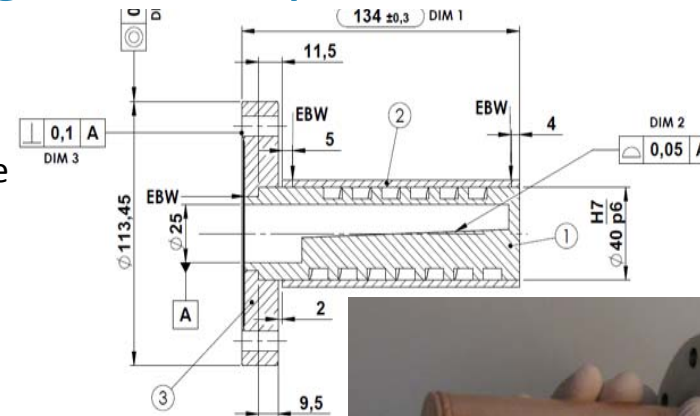


- Arrêt Faisceau SAFARI

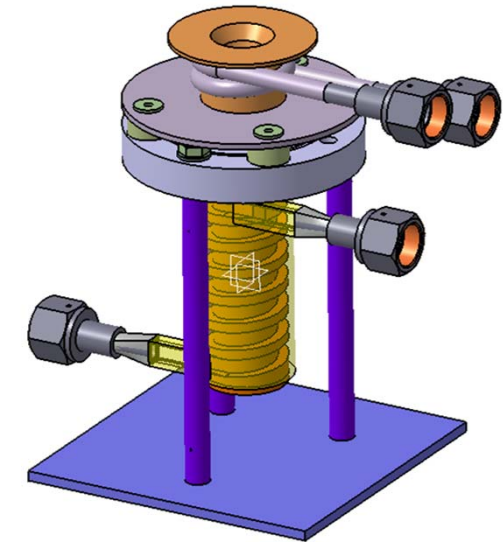
- $q_{\text{tot}}=2.25\text{kg/s}$  à 30° C
- $v=3.3\text{m/s}$  soit  $h=17\text{-}25000\text{ W/m}^2.\text{K}$
- Phi nominal projeté : 500 W/cm<sup>2</sup>
  - $\rightarrow T_{\max} 165^\circ\text{ C}$
  - $\rightarrow \sigma_{\text{VM}\max} = 160\text{ MPa}$
  - $\rightarrow T_{\text{paroi}\max} = 109^\circ\text{ C}$
  - $\rightarrow \Delta T_{\text{eau}} = 21.2^\circ\text{ C}$



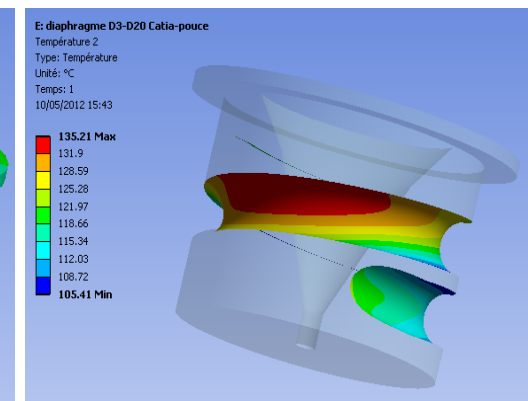
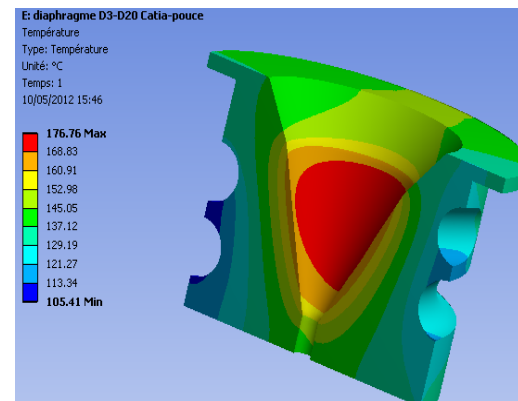
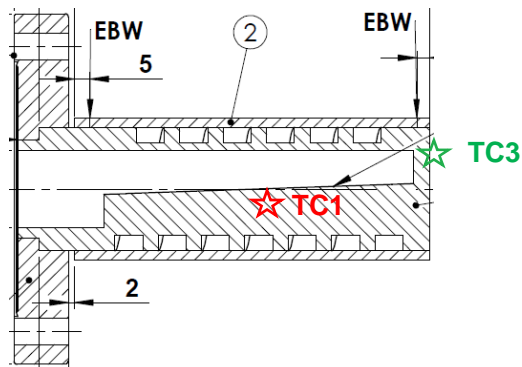
- Prototype fonctionnel Bloc 0
  - Méthodes de fabrication (EDM, EBW)
  - Comportement vide, hydraulique, thermique
  - Hypothèses de simulation (h)
- Chargement thermique
  - Faisceau  $\varnothing 3\text{mm}$  sur face inclinée  $2^\circ$
  - Nominal 1000W ( $540\text{W}/\text{cm}^2$ )
  - Surfocalisé  $\rightarrow 5700\text{W}$
- Choix tests sur machine à souder FE
  - P important
  - Vide
  - Pas d'activation
    - $\rightarrow$  LAL mais panne machine
    - $\rightarrow$  Industriel (Techmeta)
- Comportement thermique nominal
  - 9 L/min à  $30.9^\circ\text{C}$  ( $h\ 25000\text{W}/\text{m}^2.\text{K}$ )
    - $\rightarrow T_{\text{max}} = 76^\circ\text{C}$
    - $\rightarrow T_{\text{paroi}} = 39^\circ\text{C}$
    - $\rightarrow \sigma_{\text{eqVM}} = 69\text{MPa}$
    - $\rightarrow \Delta T_{\text{eau}} = 1.6^\circ\text{C}$



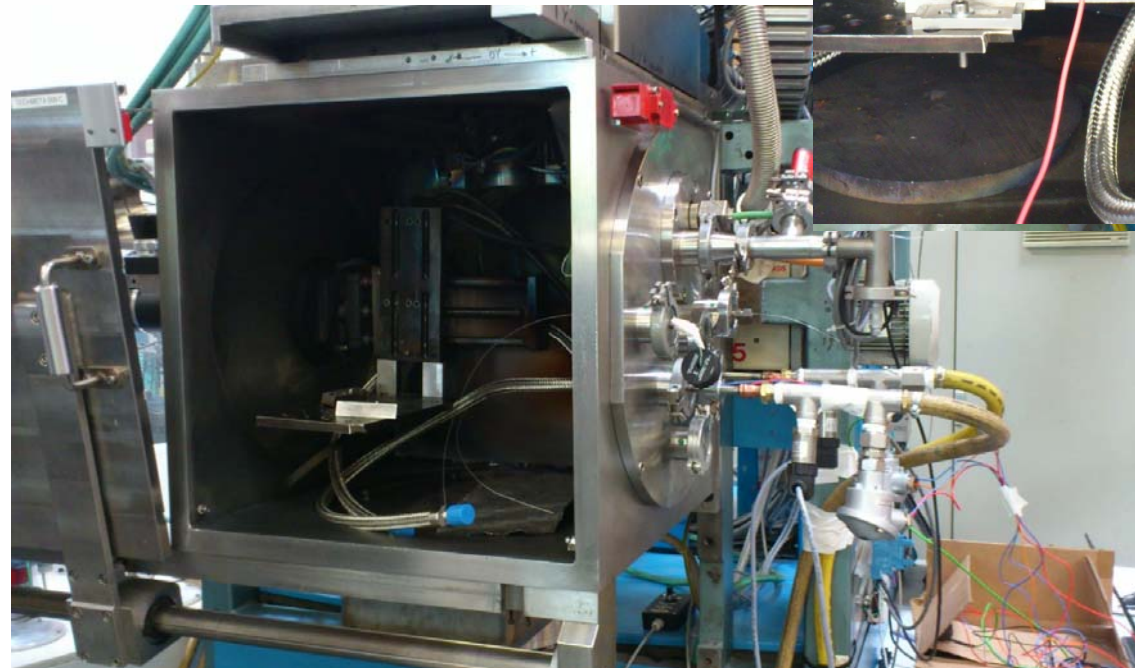
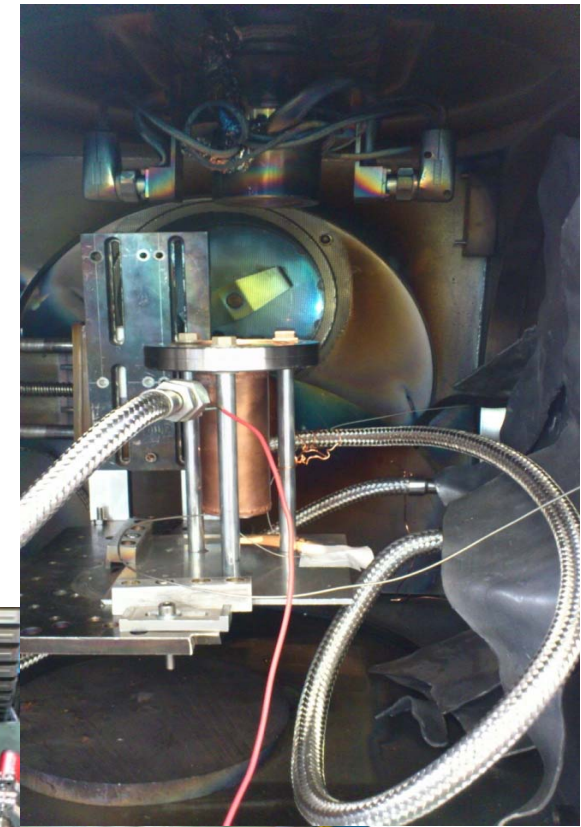
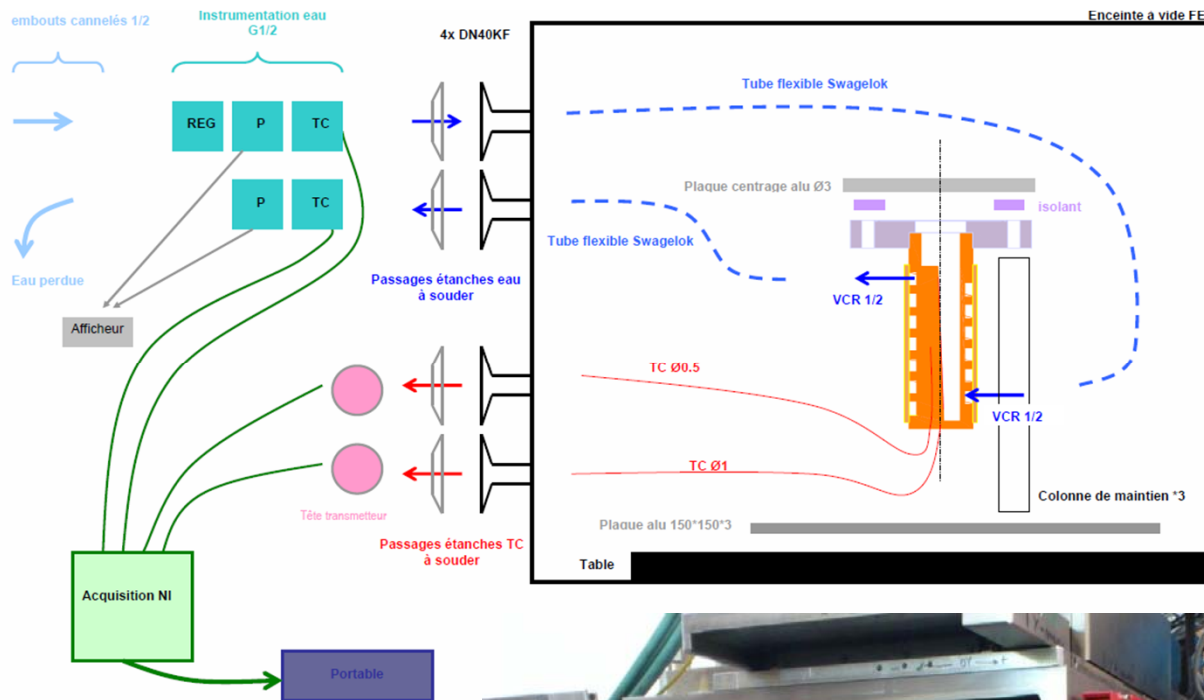
- Définition du plan d'expérience
  - Établissement du RP : 30s → temps de faisceau : 5 min
  - Retour à l'équilibre : 60s → temps de refroidissement : 10 min
  - $\frac{1}{2} \times P_{\text{ nominale}} \rightarrow 2.5 \times P_{\text{ nominale}}$  (limite endommagement méca)
  - $P_{\text{ nominale}}$  à débit réduit et nul (fuite, panne pompe)
  - $P > 2500\text{W}$  jusqu'à endommagement...
- Diaphragme refroidi
  - Pour collimater et centrer le faisceau
  - Etudes thermiques  
→ OK jusqu'à 2500W



- Instrumentation du Bloc0





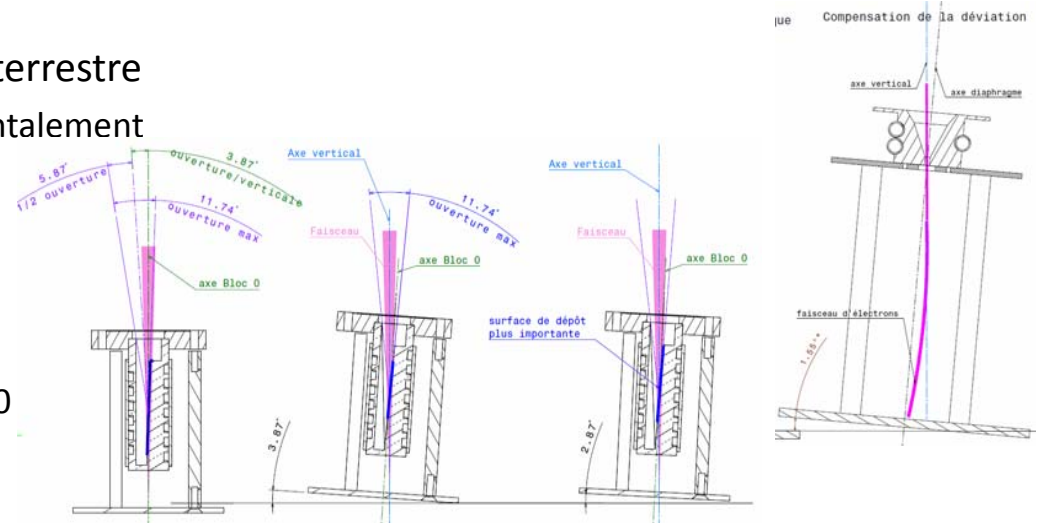


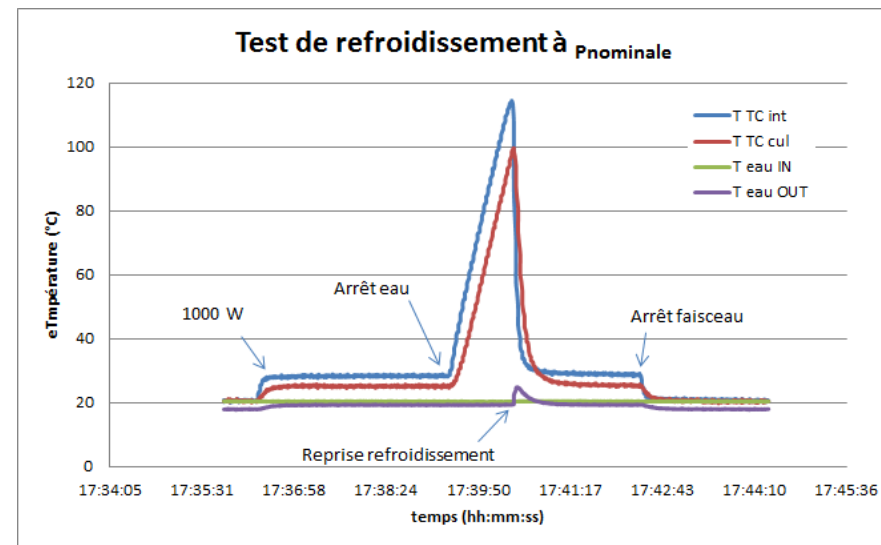
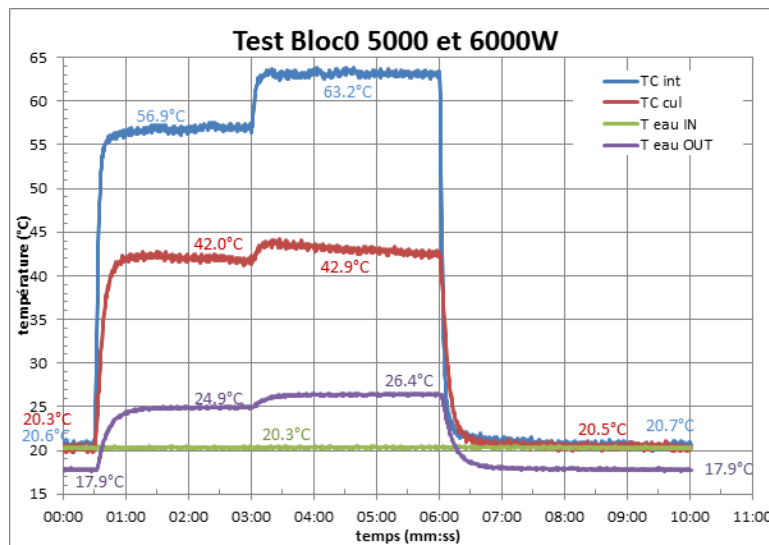
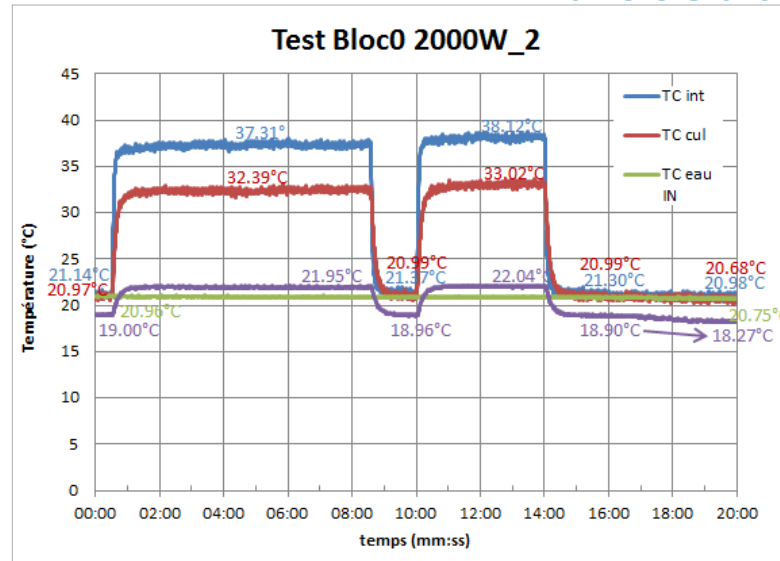
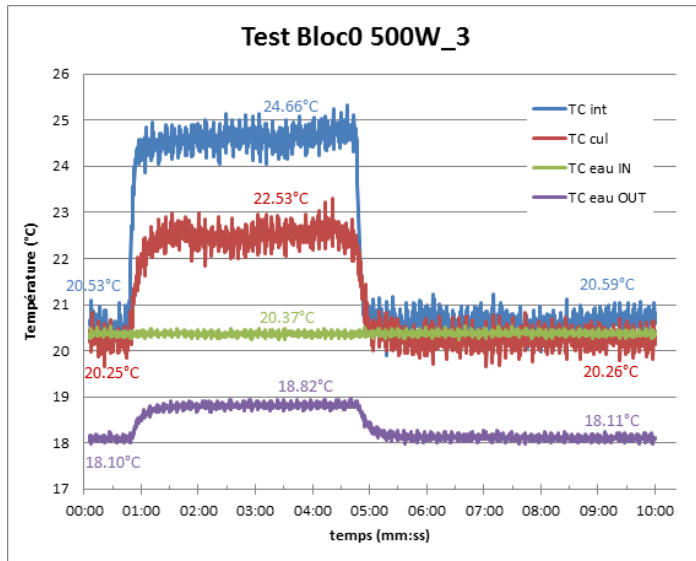
- Compensation du champ magnétique terrestre
  - Inclinaison de  $1.55^\circ$  ajusté expérimentalement

- Utilisation du diaphragme
  - 60 à 70% du faisceau intercepté
  - Supprimé et Inclinaison du Bloc 0

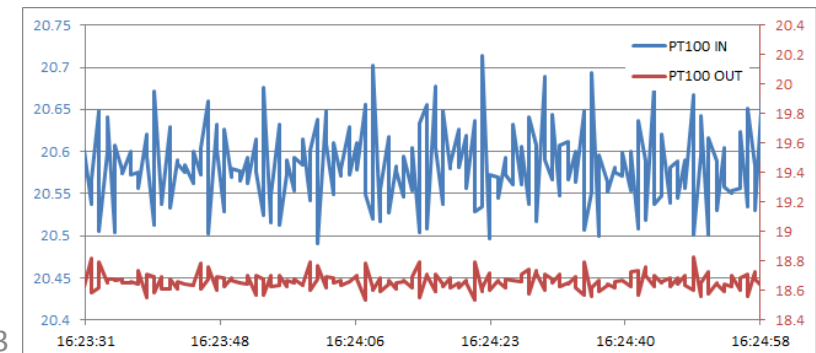
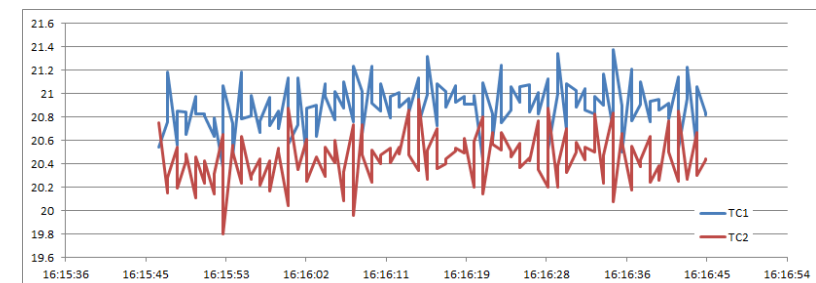
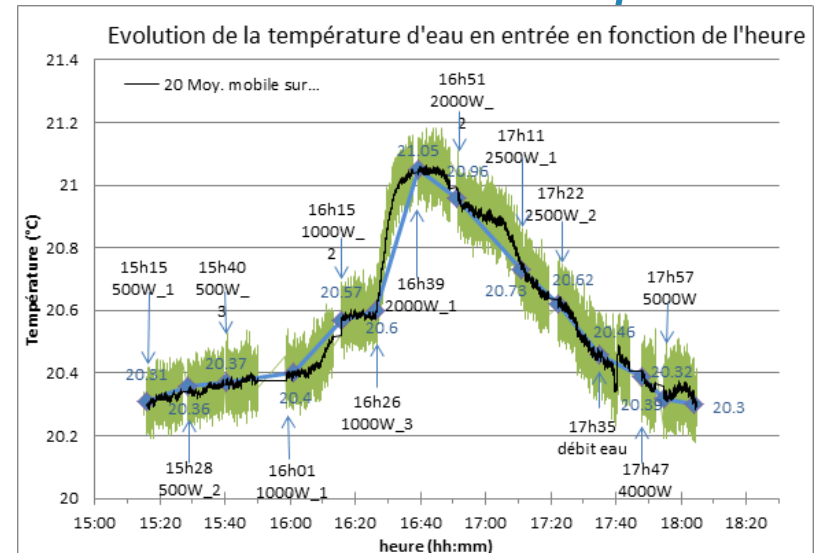
- Diamètre faisceau
  - Feuille de tantale
  - $\varnothing$  fonction P

- Plaque alu inclinée
  - Contrôle de la zone de dépôt + halo
  - Ajustage de l'angle





- Problème sur une sonde PT100
  - $T_{\text{eau OUT}} < T_{\text{eau IN}}$  !!
  - Etalonnage PT100 OUT
- Mesure du débit du régulateur
  - $9.6 \text{ l/min} \pm 0.02 \rightarrow 0.16 \text{ kg/s}$
- Température d'entrée eau
  - Branché au circuit général de l'entreprise
  - Variation de  $1^\circ \text{ C}$  selon l'heure des mesures  
→ Modification des bilans de puissance
- Incertitude des sondes PT100 eau
  - $\pm 0.15^\circ \text{ C}$
- Incertitudes des thermocouples TC K
  - $\pm 0.4^\circ \text{ C}$



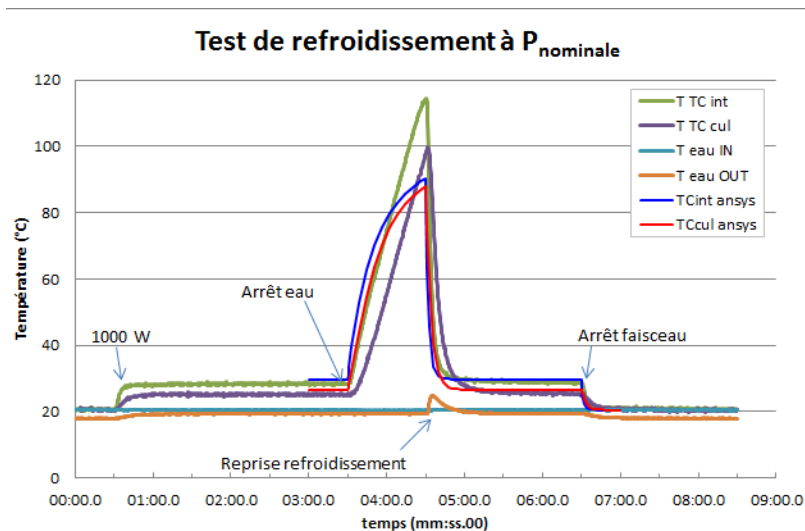
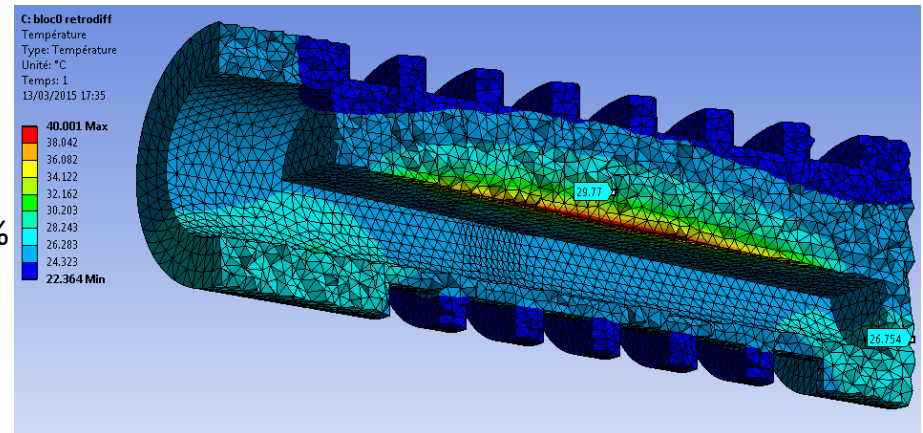


- Bilan de puissance
  - Correction de la variation TeauIN
  - Calculé sur  $\Delta T_{\text{eauOUT}}$
  - Incertitude des PT100 :  $\pm 0.15^\circ \text{C} \rightarrow \pm 100\text{W}$
  - OK

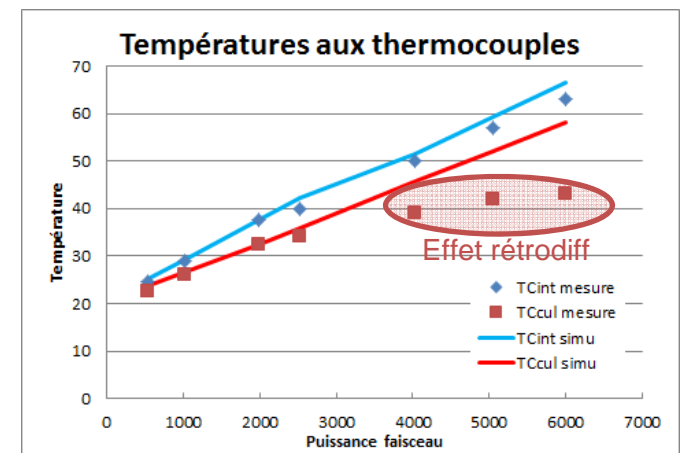
nom du test	Puissance envoyée	Puissance dissipée corrigée					
		1		2		3	
500W_1	540W	486	90%	-54	437	81%	-103
500W_2	540W	493	91%	-47	493	91%	-47
500W_3	540W	488	90%	-52	486	90%	-54
1000W_1	1020W	973	95%	-47	990	97%	-30
1000W_2	1020W	998	98%	-22	975	96%	-45
1000W_3	1020W	976	96%	-44	999	98%	-21
2000W_1	1980W	1995	101%	15	1992	101%	12
2000W_2	1980W	2013	102%	33	2005	101%	25
2500W_1	2520W	2618	104%	98	2600	103%	80
2500W_2	2520W	2383	95%	-137	2337	93%	-183
4000W	4020W	3842	96%	-178	3783	94%	-237
5000W	5020W & 6000W	4676	93%	-344	5717	95%	-283

$\Delta T$  montée       $\Delta T$  descente       $\Delta T$  montée       $\Delta T$  descente

- Simulations thermiques
  - RP à différentes puissances
  - 9.5 l/min à  $20^\circ \text{C}$
  - Rétrodiffusion des électrons : de 60 à 65%
  - Arrêt refroidissement
  - Eau stagnante  $1200\text{W}/\text{m}^2.\text{K}$



20/03/2015  
 Réseau Instrum IN2P3



## *Tests thermiques sur machine EBW*

- Conditions de tests proches de la réalité (Puissance, cooling, vide)
- Fortes puissances (→ 6000W & Pmax déposée face plane > 2000W)
- Chez un industriel mais conditions expérimentales adaptables
  
- Comportement des électrons différent de celui des deutons  
→ Nécessite des simus thermiques dédiées
- Faisceaux puissants (→ 100kW) mais difficilement défocalisables  
→ Pas de possibilité de tester d'autres portions de l'AF
  
- Tests concluants