

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Les Thermomètres à Ultra-Sons : vers une mesure robuste et fiable

Séminaire SFT du 27 11/2008 - Paris

Présenté par Jocelyn PIERRE - Stéphane EYMERY
Direction de la Prévention des Accidents Majeurs
Service d'Etude et de Recherche Expérimentale sur
les Matériaux



Système de management
de la qualité IRSN certifié

Sommaire

1. IRSN et la mesure des hautes températures
2. Conditions de mesure
3. Aperçu des résultats de mesures des hautes températures
4. Description des TUS : principe de fonctionnement et technologie
5. Etalonnage des TUS
6. Précision de mesure
7. Travaux antérieurs et perspectives

RECHERCHE et EXPERTISE en RADIOPROTECTION et EXPERTISE NUCLEAIRE

- ...
- Définition et mise en œuvre de programmes de recherche français et Internationaux

- ...

Installations de recherche en sûreté civile et militaire :

- ...
- R&D, de l'expérimentation jusqu'au développement de modèles, codes et normes de sûreté
 - Thermo hydraulique, criticité, combustible nucléaire, accidents graves...
 - Feux, explosions, contamination par aérosols

- ...

DIRECTION de la PREVENTION des ACCIDENTS MAJEURS (DPAM)

Conduit de la Recherche et du développement sur les scénarios d'accidents dans les installations nucléaires, en particulier sur le combustible et les scénarios d'accidents de cœur de réacteur conduisant à une rupture du confinement.

Domaine d'études:

- Assemblage combustible et comportement en conditions incidentelles ou accidentelles
- **Accidents de fusion d'un cœur de réacteur**
- Evaluation des risques d'incendie



ire

Principales installations scientifiques

Phebus: réacteur nucléaire du CEA de 40 MW, utilisé par l'IRSN dans le cadre des études d'accidents de perte de réfrigérant vis-à-vis des éléments combustibles et des relâchements d'éléments radioactifs.

Plate-forme MAESTRO

Fours hautes températures, mesures et examens, matériels de tests de laboratoire (métallographie, appareils d'examen...)



Four Figaro



Four Intermezzo



Four Verdi



Four Piccolo

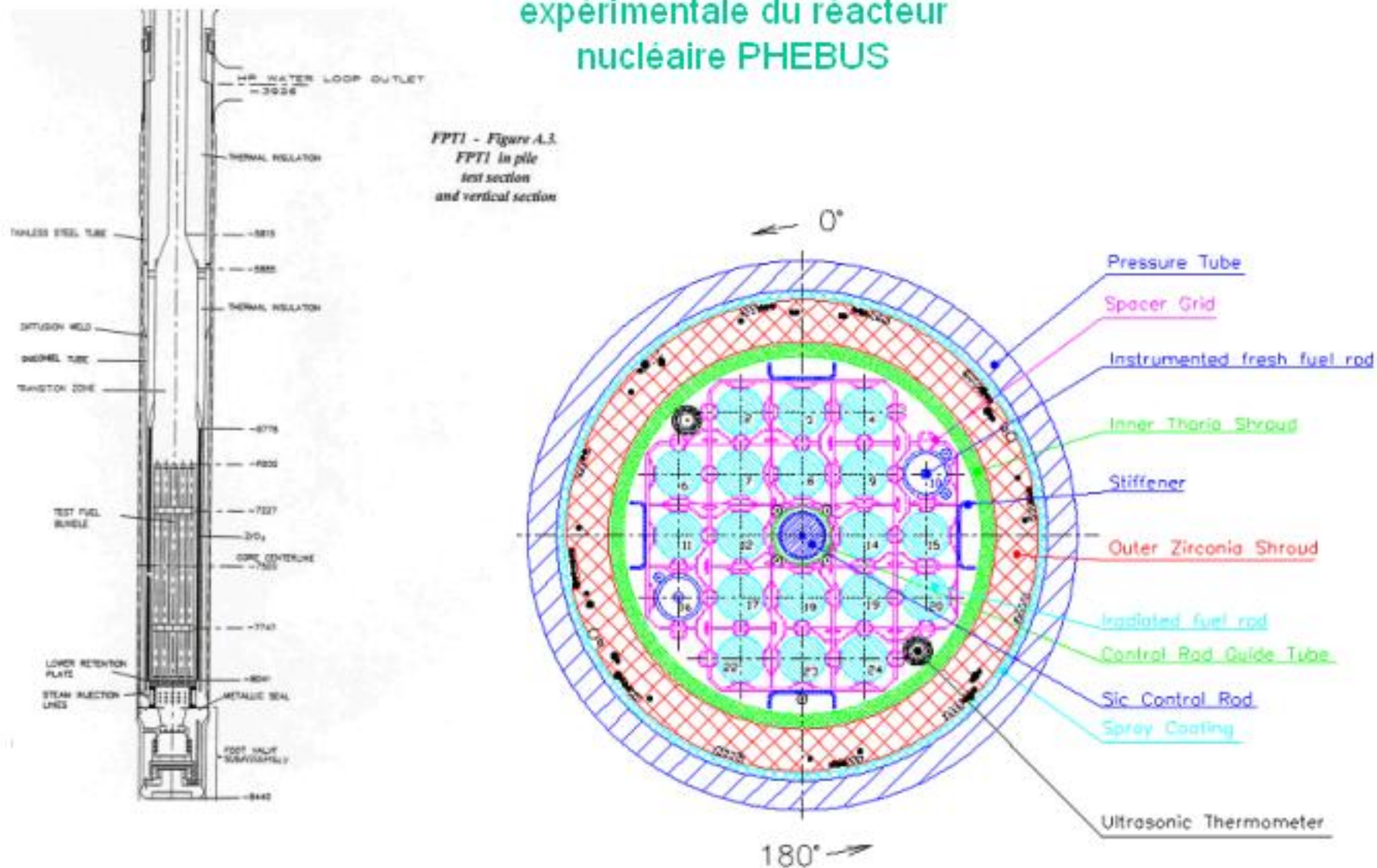


pyromètre optique



Microsonde

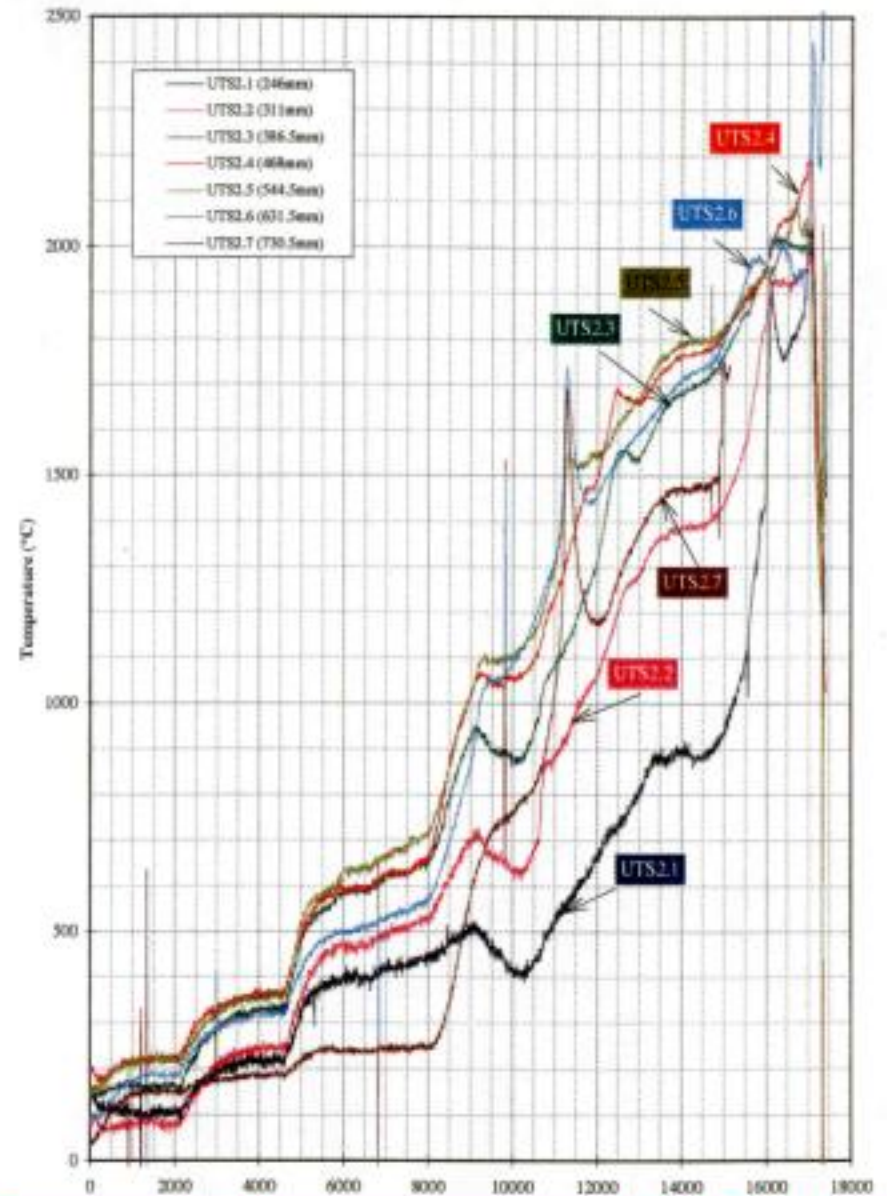
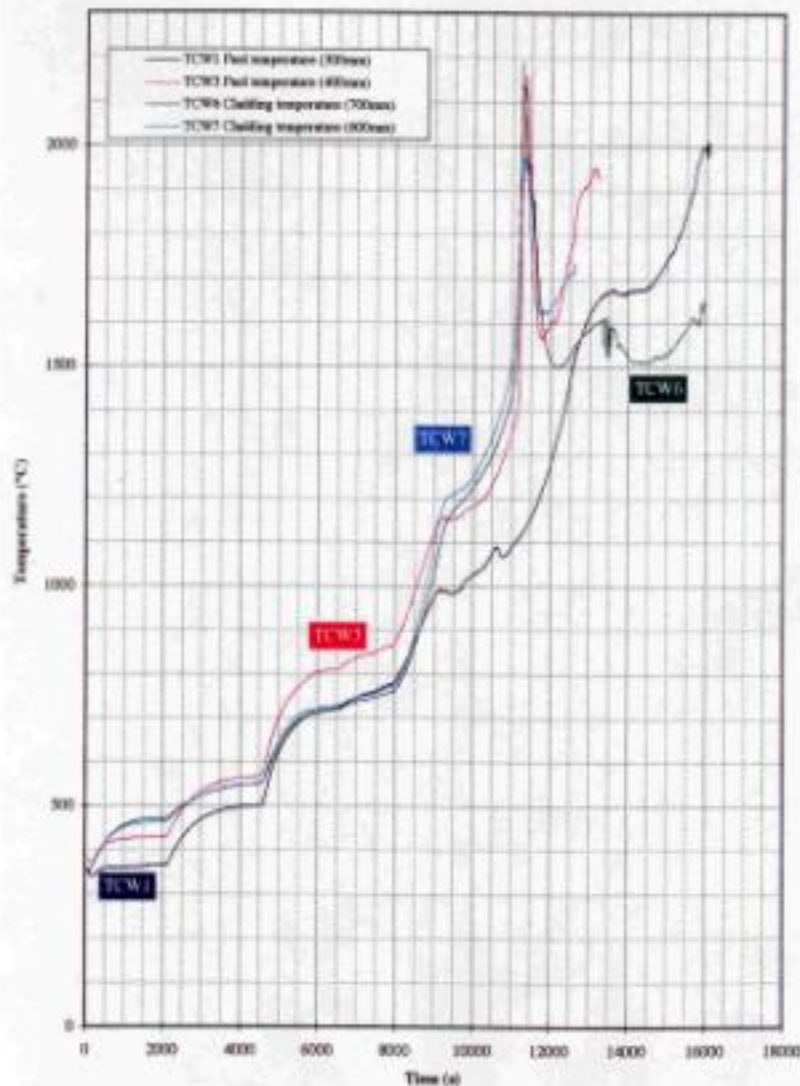
Dispositif d'essai de la section expérimentale du réacteur nucléaire PHEBUS



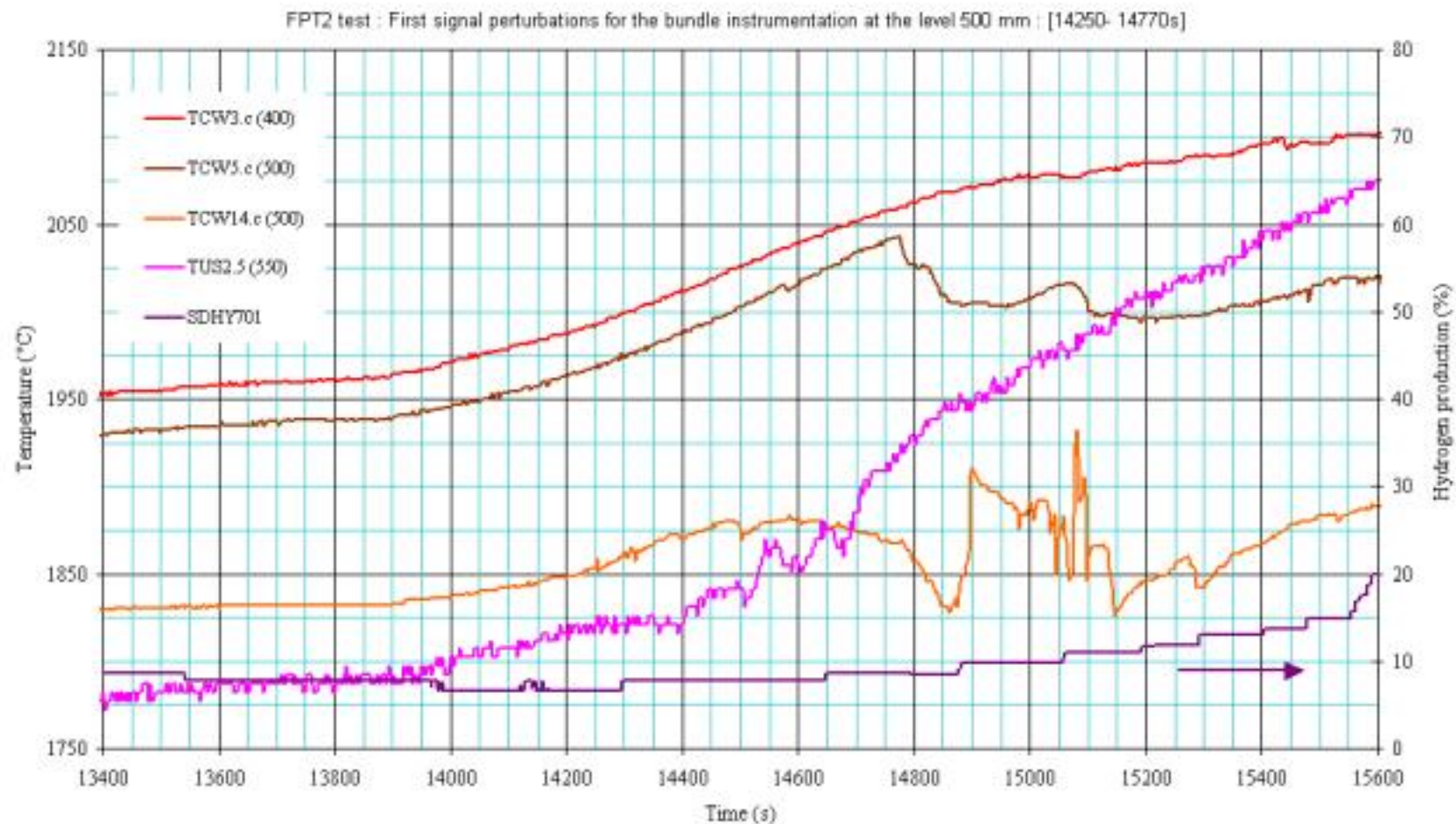
3- Aperçu de résultats de mesure de hautes températures (1/2)

FPT1 - Figure B.32
UTS 2

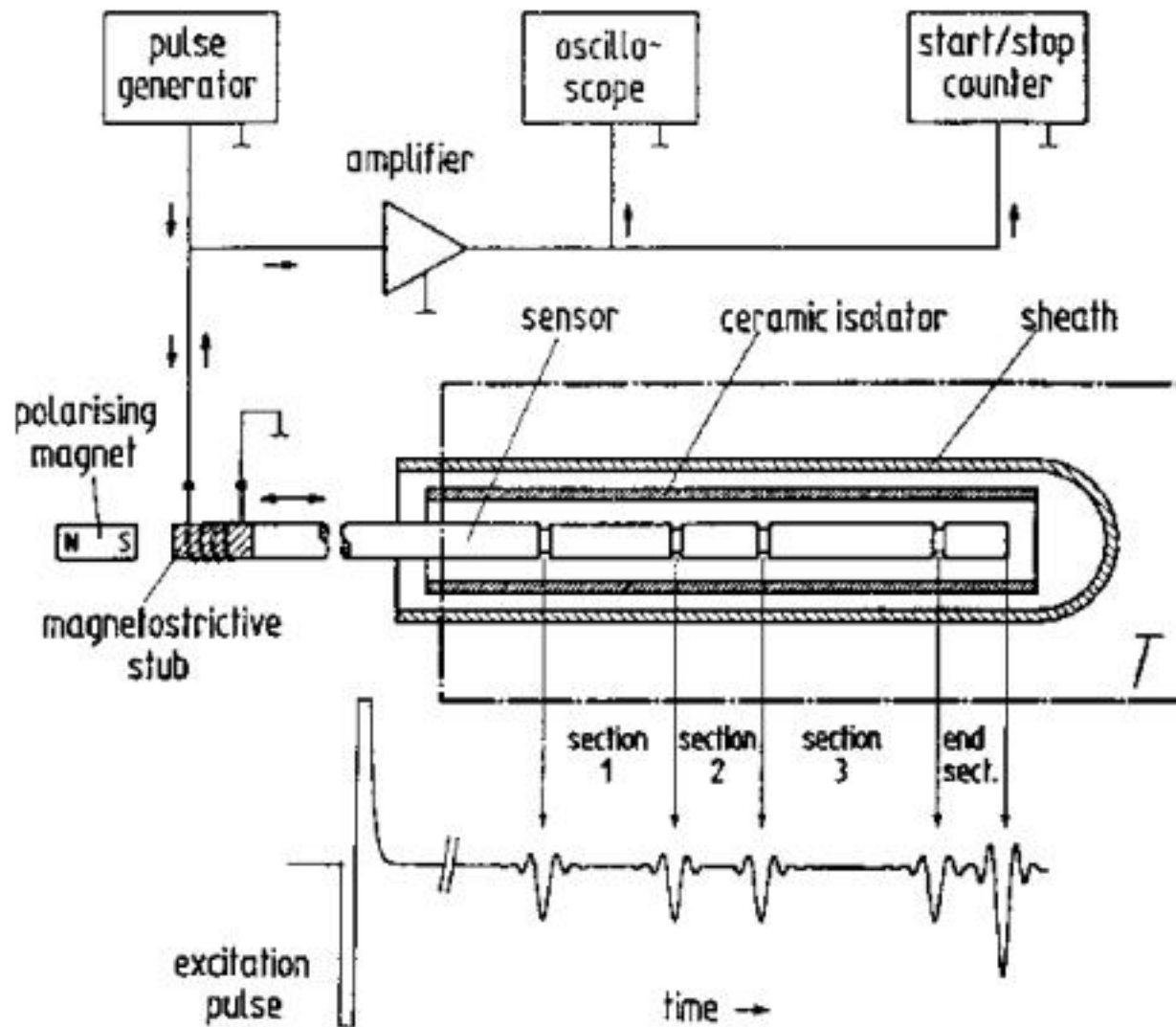
FPT1 - Figure B.28
Temperature at 300, 400mm for fuel rod
and 600, 700mm for cladding



3- Aperçu de résultats de mesure de hautes températures (2/2)

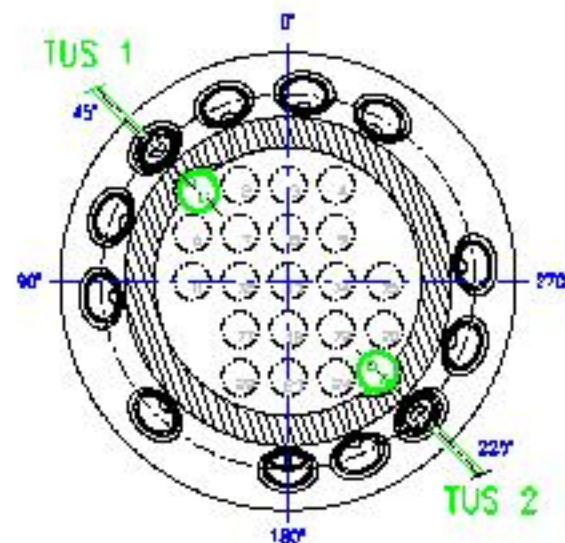
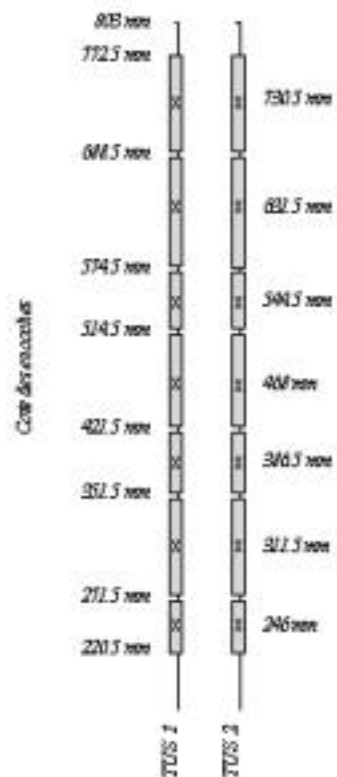
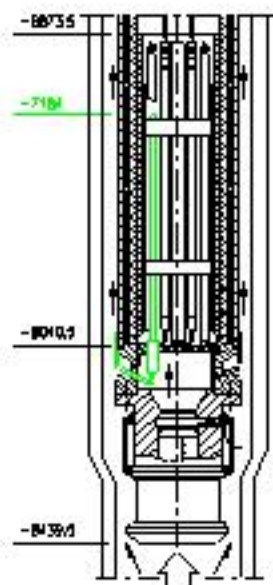
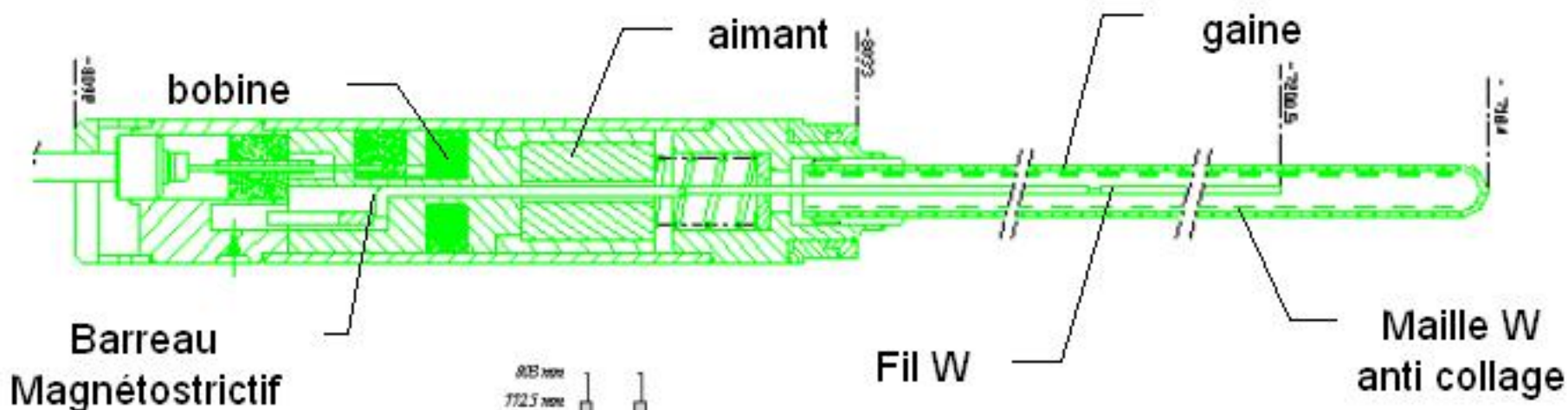


Principe de fonctionnement



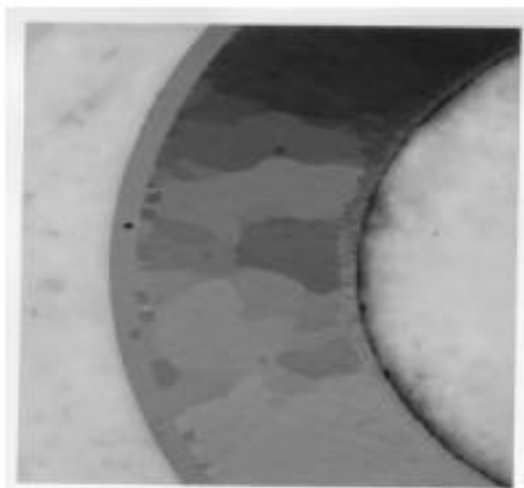
4 - Le thermomètre à Ultra Sons (2/5)

Description technologique



Les gainages des TUS :

- Rhénium : 482 g
- Iridium : 12 g
- Zircone : 173 g

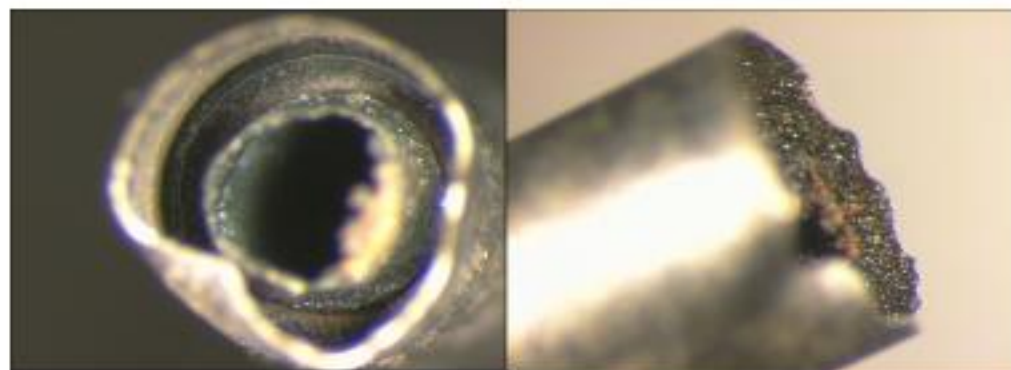


aperçu des interactions mises en jeu

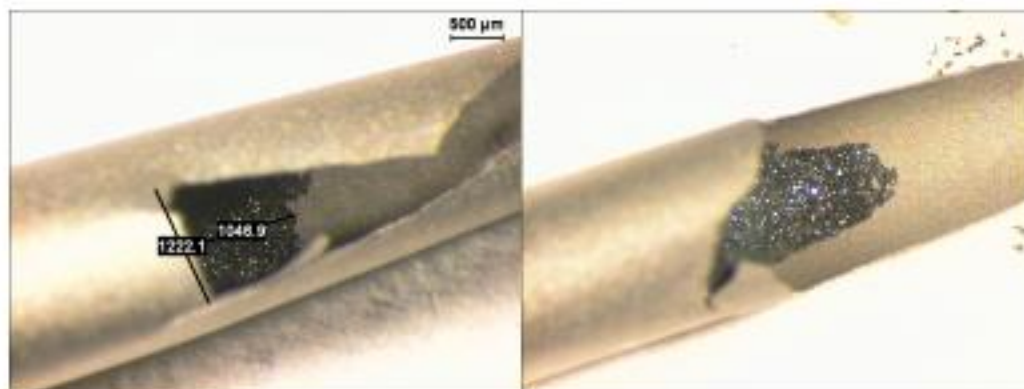
Echantillon: gaine Re-Ir

Scénario: 1800°C sous vapeur d'eau

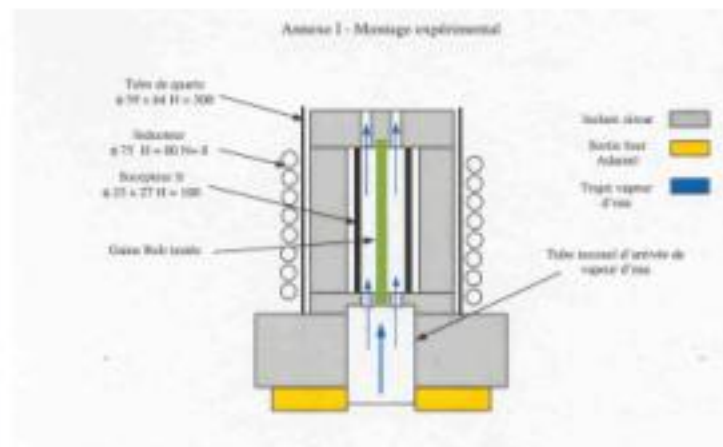
durée totale: 1800s



Ci dessus – Photo de la gaine à l'extrémité ouverte - après essai. On voit un début de dégradation de la couche de Rhénium.



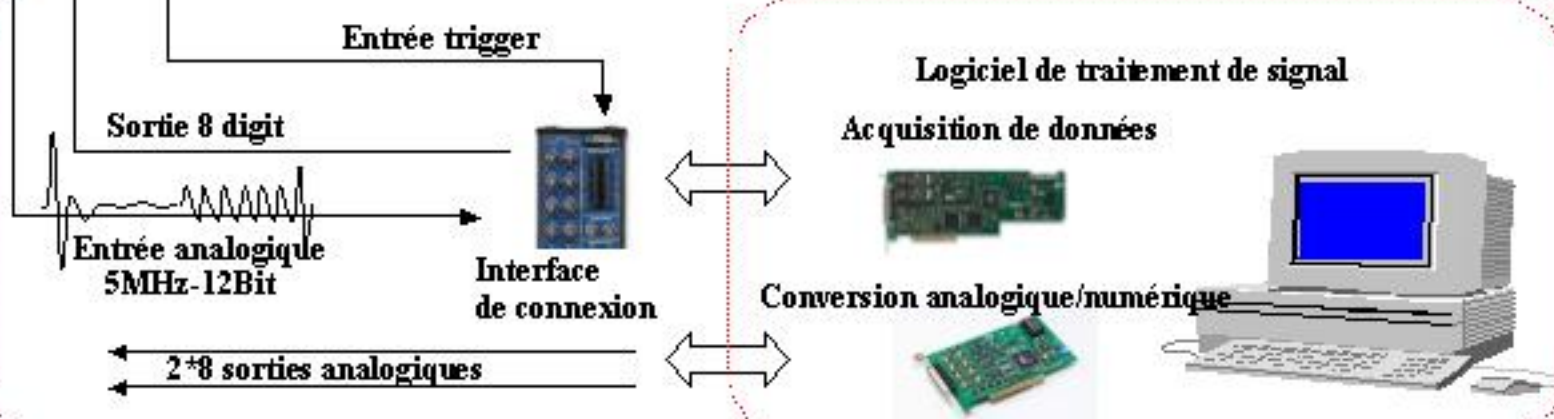
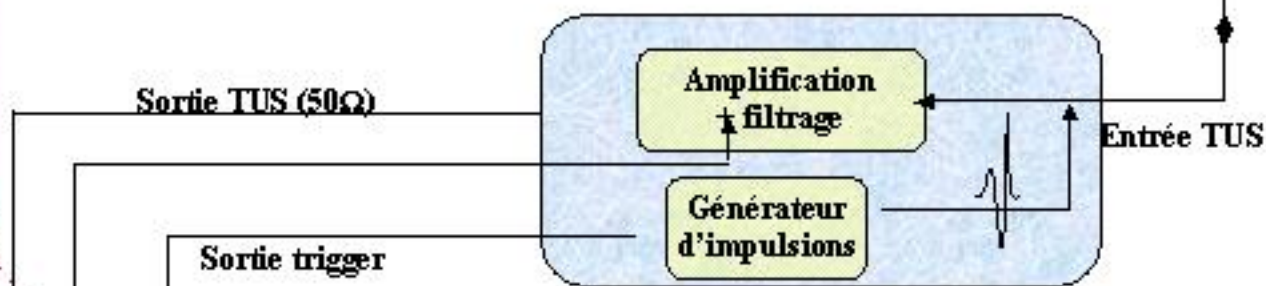
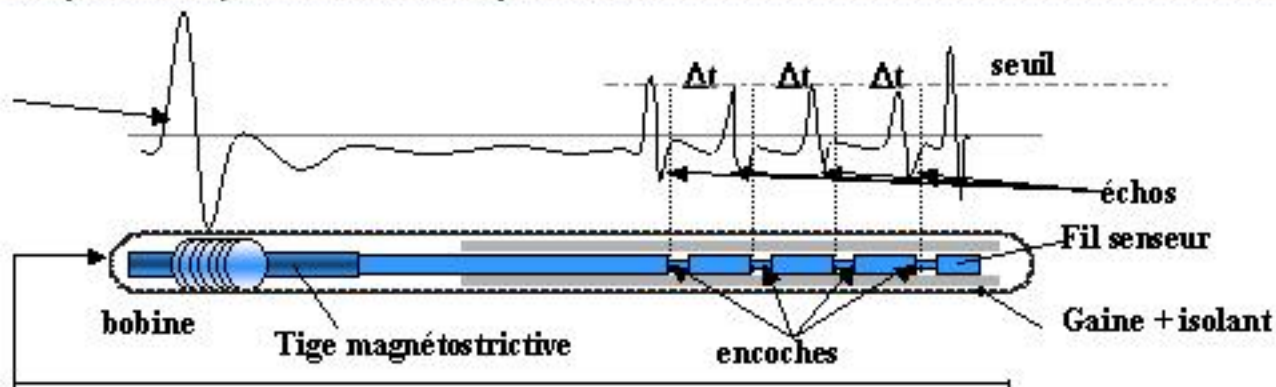
Photos de la partie dégradée de la gaine après essai à 1800°C en vapeur d'eau. La partie foncée représente du rhénium et la partie grisée, l'enveloppe restante du dépôt d'indium.



Photographie du montage expérimental installé pour les essais.

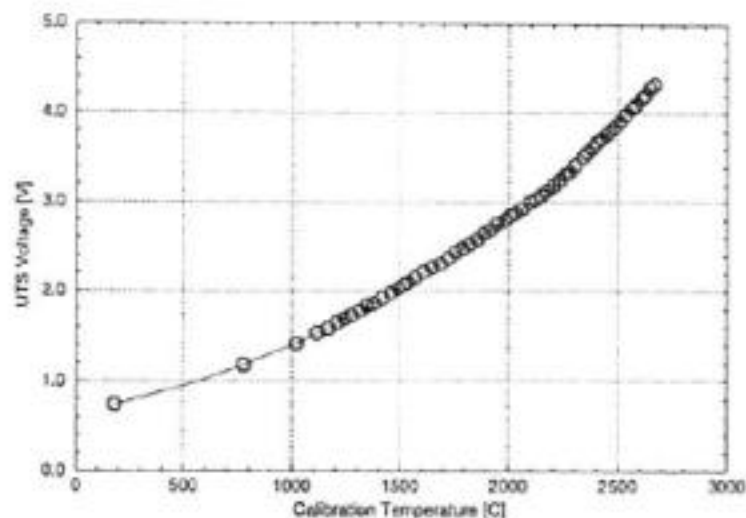
Électronique et système d'acquisition

TRIGGER
impulsion
électrique



1. Méthode de chauffage direct*

Le fil tungstène est directement chauffé par un courant électrique : le fil est utilisé comme un fil de lampe à incandescence



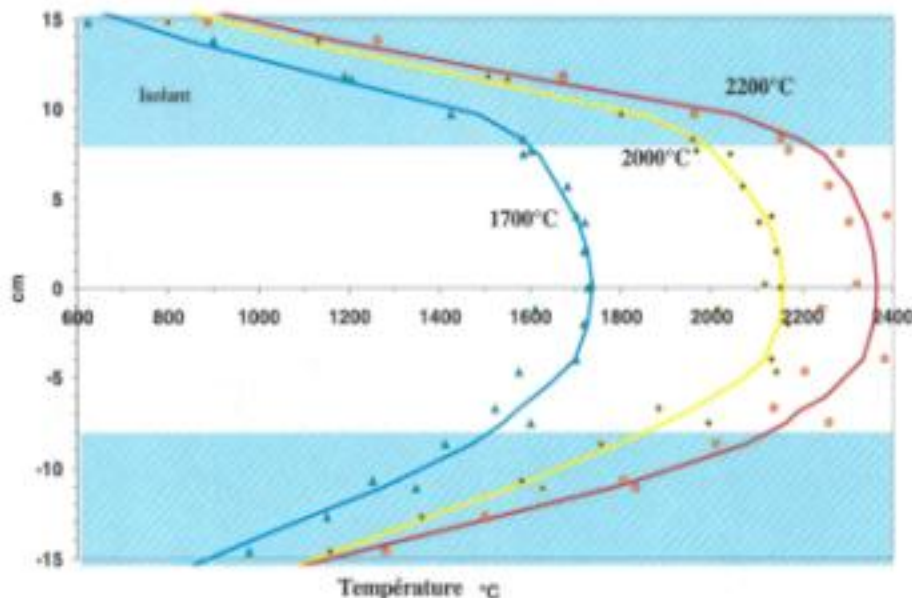
* E. Jorzik – M. Anselmi JRC - ISPRA

2. Four à haute température

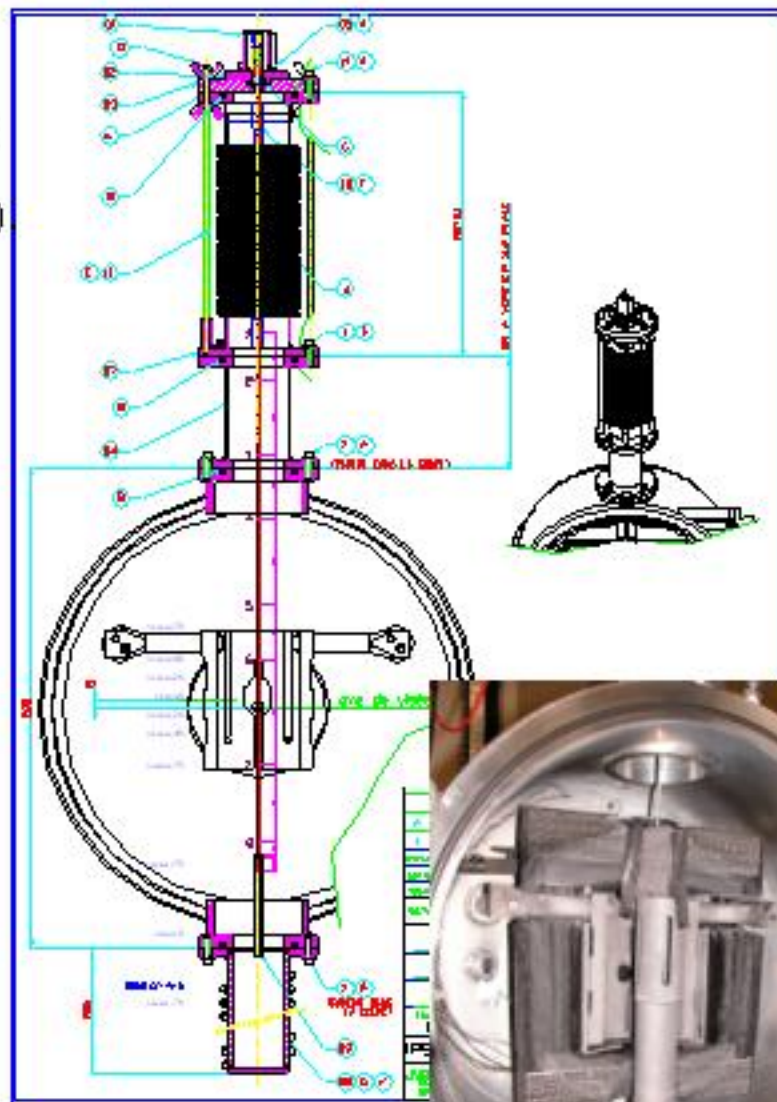
Le TUS en fin de réalisation est chauffé dans un four étalonné possédant une zone de température homogène (sur au moins 10 cm)
Mesures simultanées par :

- pyromètres bichromatiques
- thermocouples type C

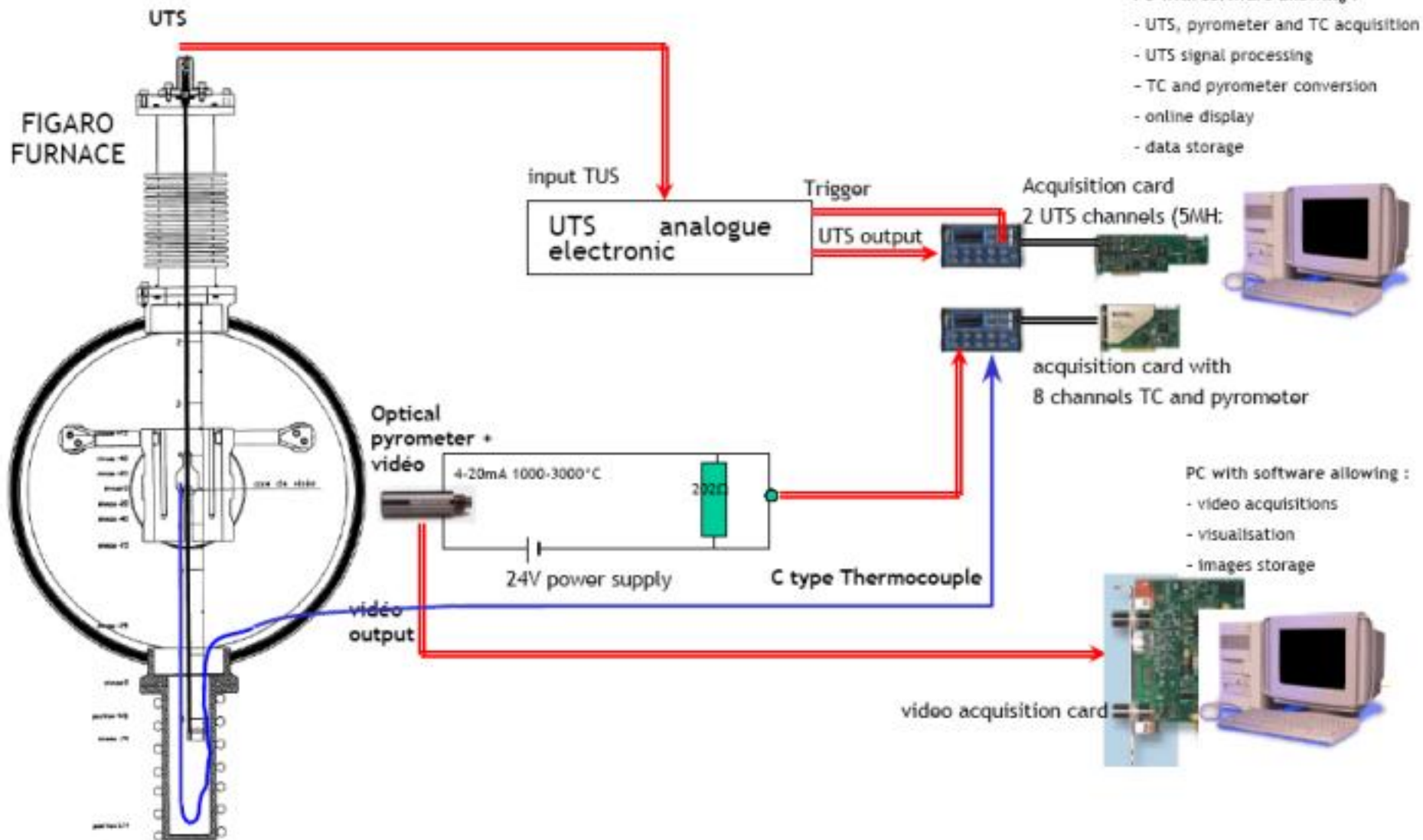
Cartographie FIGARO. Profil axial nouveau panier



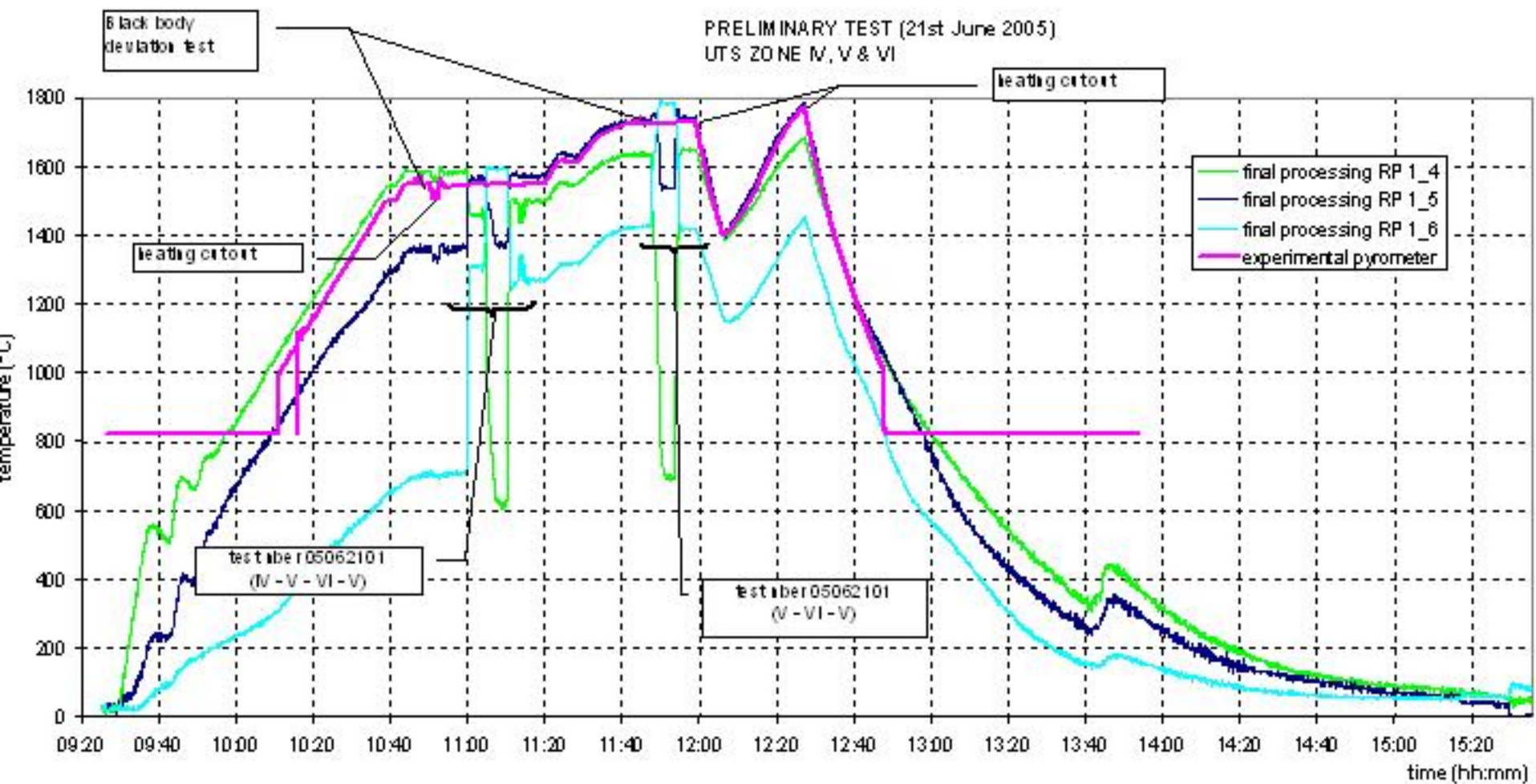
•TUS surmesure $\cong 150^{\circ}\text{C}$

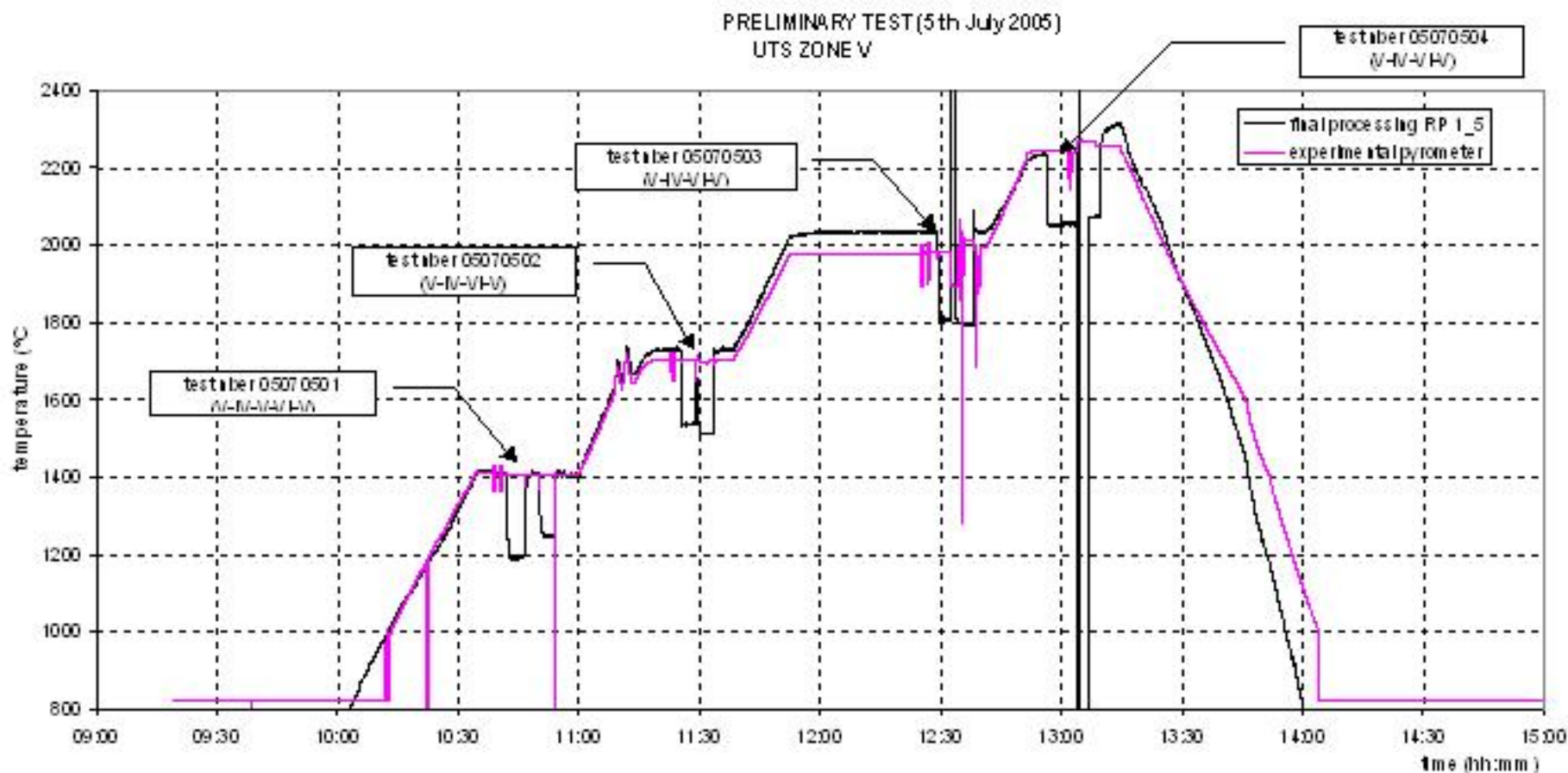


SKETCH of UTS MEASUREMENT LINE



5 - Etalonnage TUS (4/5)





Principales causes d'incertitudes et estimations (à 2400 °C):

- précision du pyromètre (dont l'émissivité du W) : ± 25 °C
- étalonnage du gradient de température axiale (en part. pour la méthode 1) : ± 20 °C
- distorsion de la ligne de transmission et instabilités des cartes électroniques (± 20 °C)
- Bruit ; réduction à ± 15 °C en moyennant
- dérive d'étalonnage du TUS avec les cyclages thermiques du capteur (non significatif pour des mesures inférieures à 3 heures)
- précision de l'ajustement polynomial ± 15 °C



Estimation de l'incertitude globale de ± 50 °C

L'utilisation des TUS est confrontée à des problèmes de fiabilité et de précision. Afin de réduire ces inconvénients, une R&D a été entreprise :

- suite à l'arrêt de la recherche dans le domaine des TUS (ITU Karlsruhe, CCR ISPRA, CEA Cadarache), le service d'ingénierie de la DPAM a repris la maîtrise des actions : mise à niveau des électroniques, du traitement du signal (inter-corrélation de tous les échos), maîtrise des procédures de montage...[2002-2005]
- pour économiser les gaines et réduire le temps entre les essais, la conception a été modifiée pour rendre le démontage/remontage plus facile [2004-2005].
- des campagnes d'inter-comparaisons (lampe d'étalonnage avec plusieurs modèles de pyromètres) et d'étalonnages (méthodes 1 et 2) ont été entreprises— [2005-2006]



Suite aux grandes divergences dans les résultats, l'étude d'une cellule d'étalonnage haute température à point fixe (cellule eutectique) a été envisagée [2006-2007]. La fin des programmes PHEBUS a (provisoirement) arrêté la R&D (fin 2006) à l'IRSN dans le domaine des TUS.