

Joint Research Centre (JRC)

Thermométrie Ultrasons: Retours d'Expérience et Perspectives



**M. Laurie, D. Magallon, J. Rempe, S.C. Wilkins, J. Pierre ,
C. Marquié , S. Eymery , R. Morice**

IE - Institute for Energy

Petten - The Netherlands



<http://ie.jrc.ec.europa.eu/>

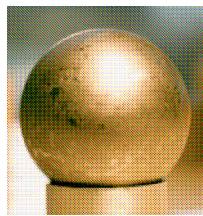
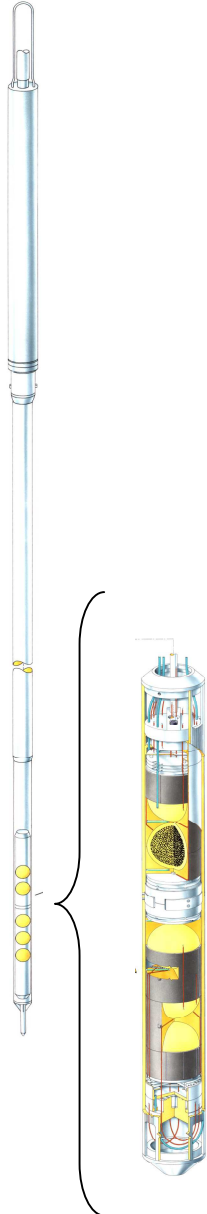
<http://www.jrc.ec.europa.eu/>



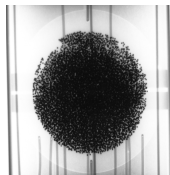
- **Besoins expérimentaux**
- **Technologie des TUS**
- **Applications: Europe et US**
- **Développements pour usages futurs**

Application nucléaire dans le cadre des irradiations expérimentales: “Expérimentation combustible HTR”

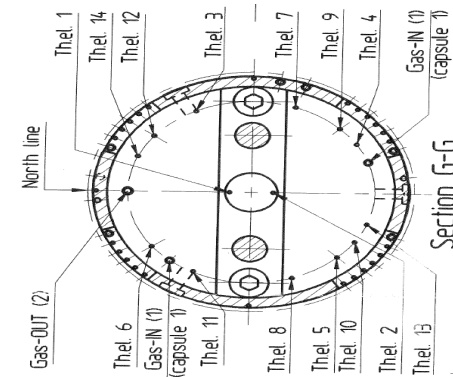
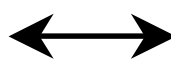
- Long dispositif expérimental (>5 m)
- Diamètre restreint (<70 mm)
- Diamètre extérieur des TC's (max. 1,5 mm)
- Hautes températures (jusqu'à 1420 K)
- Flux neutronique important
- Environnement agressif (carburation)
- Expérimentation longue (jusqu'à 2 ans)



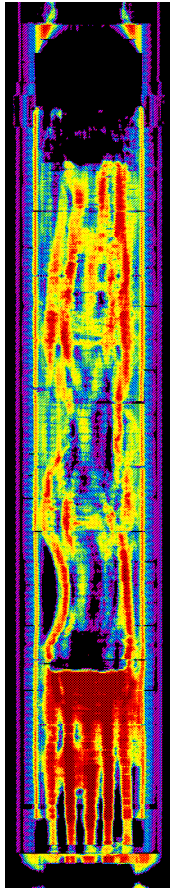
∅ 6 cm



∅ 1 mm



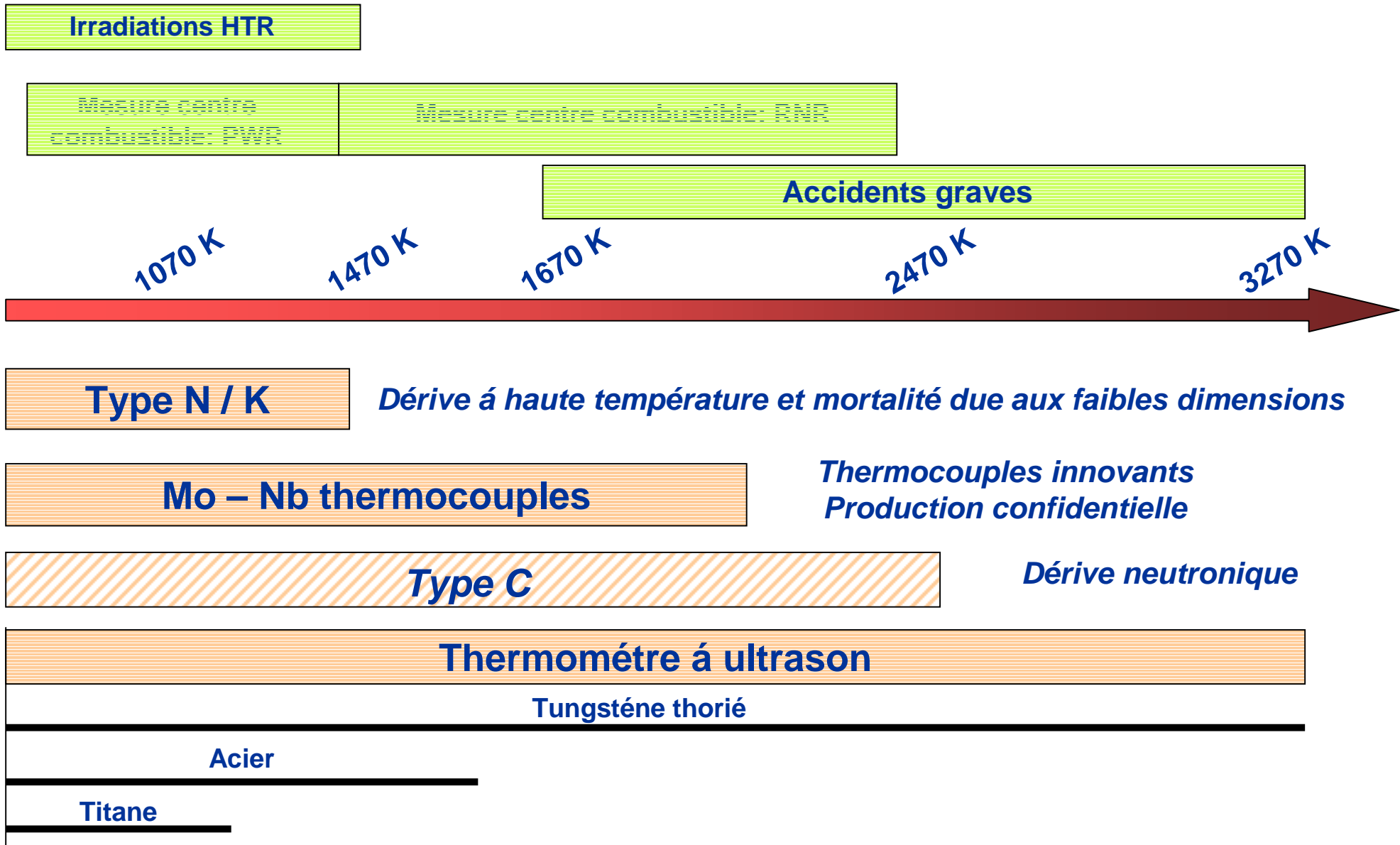
Utilisé dans des environnements plus pénalisants: “PHEBUS FP FPT1”

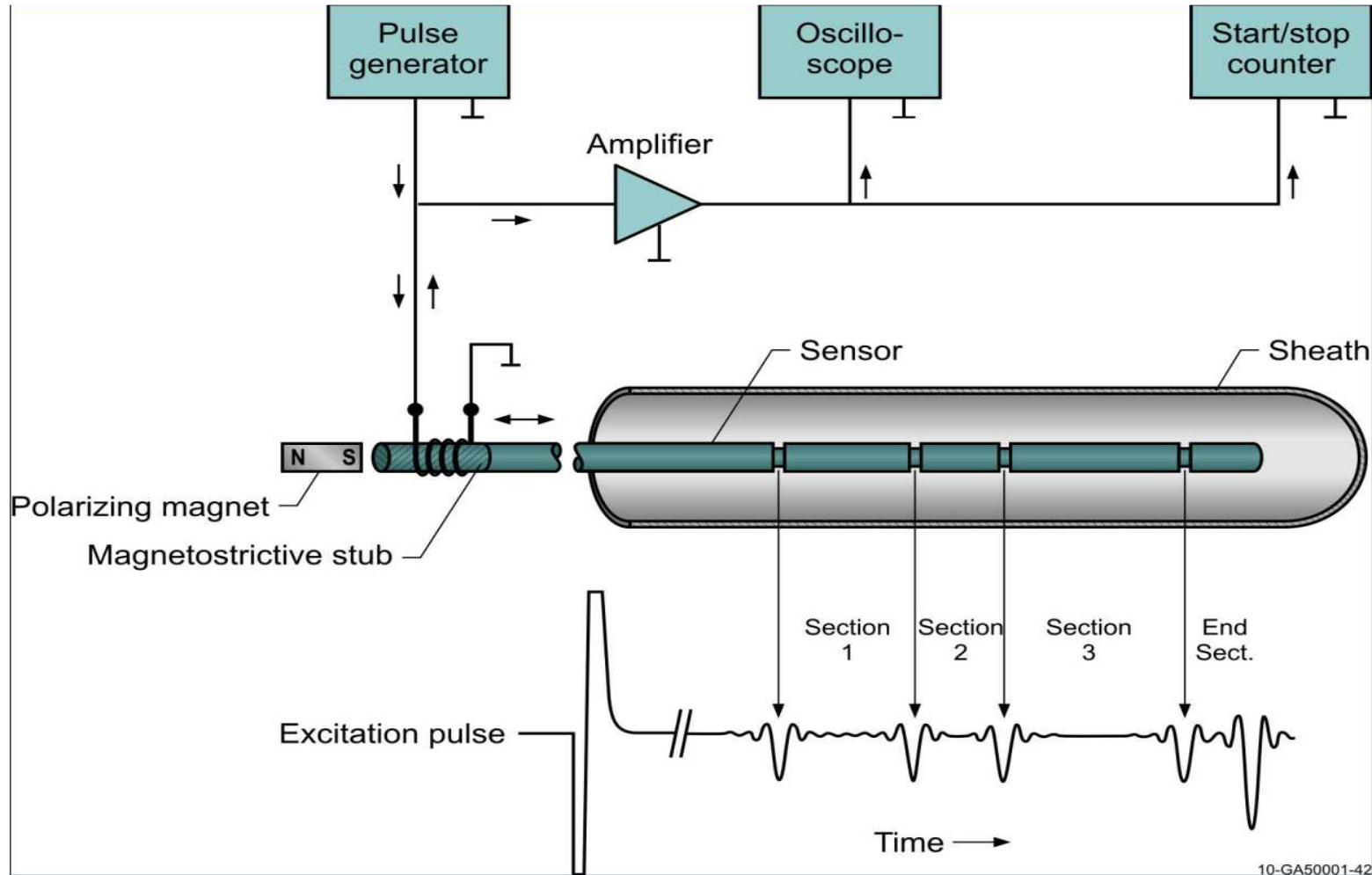


- Expérimentation à haute température (jusqu'à 2500 K)
- Emballlements thermiques (300 K/ min)
- Contact avec le bain d'UO₂
- Conditions accidentelles représentatives du REP

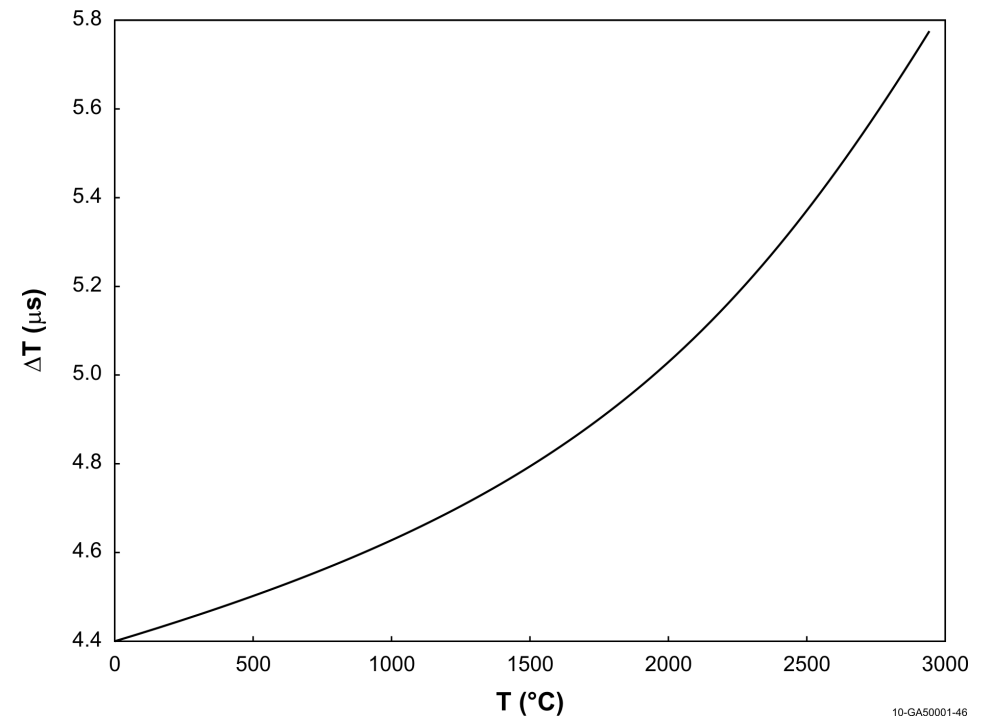
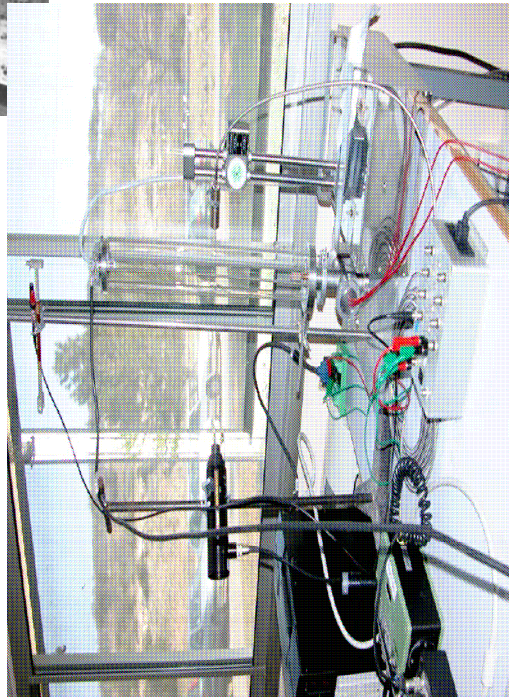
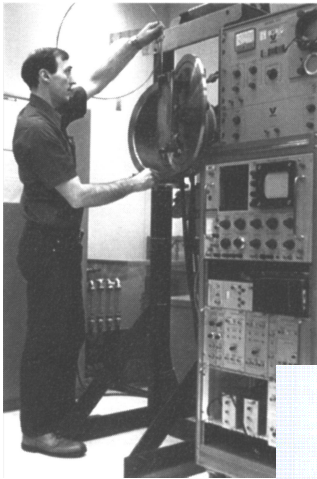


Grappe FPT1 à l'issue de la phase dégradation





Méthodes de calibration



Matériaux prometteurs pour la partie sensible

(qui ne présentent pas de caractéristiques physiques rédhibitoires, de courbes de calibration erratiques (platine, vanadium, graphite) ou d'atténuation excessive...)

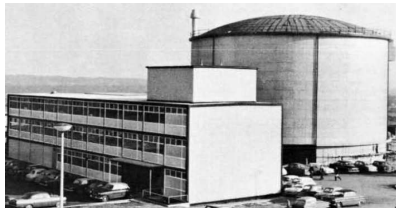
- **Rhenium** a été détecté comme possédant de bonnes caractéristiques acoustiques (transmutation du rhénium en Osmium)
- **Titane, acier, rhodium, rhenium, and tungstène thorié** ont été identifiés comme des matériaux adéquats dans une certaine gamme de température
- **Molybdène** semble prometteur pour des applications nucléaires
- **Tungstène thorié** est le matériau de référence pour les applications au-delà de 2600 °C
- **Saphir** (single-crystal alumina) considéré pour des applications TUS avec résonance

Principales causes d'erreurs à 2400 °C:

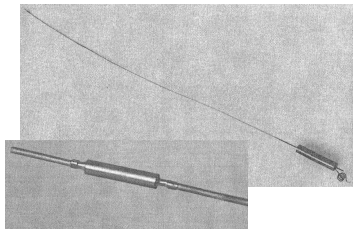
- Précision du pyromètre optique (émissivité du W) : ± 25 °C
- Gradient de température lors de l'étalonnage : ± 20 °C
- Instabilités électroniques et distorsions (± 20 °C)
- Dérive des TUS à l'issue de cycles thermiques (non significatif si la mesure s'effectue dans un laps de temps inférieur à 3 heures)
- Précision de la courbe polynomiale déduite ± 15 °C

On en déduit une précision de ± 50 °C

Dragon reactor



1967-1968 : Pulsed and resonant UT's

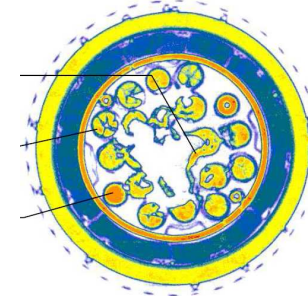


Petten reactor

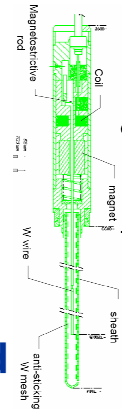


1973-1978 : CARSON, RETSON and TRESON experiments

Phebus FP program

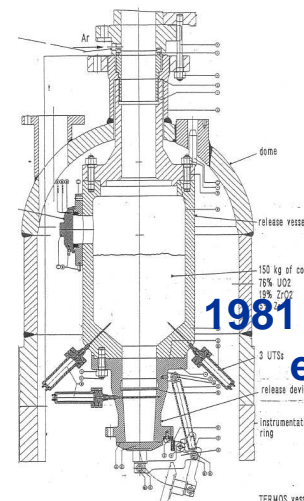


1993-2004 : 2 UT's embedded in reactor core

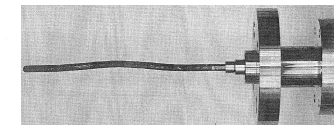


IRRADIATION EXPERIEMENTS
SEVERE ACCIDENT EXPERIEMENTS

Faro experiments

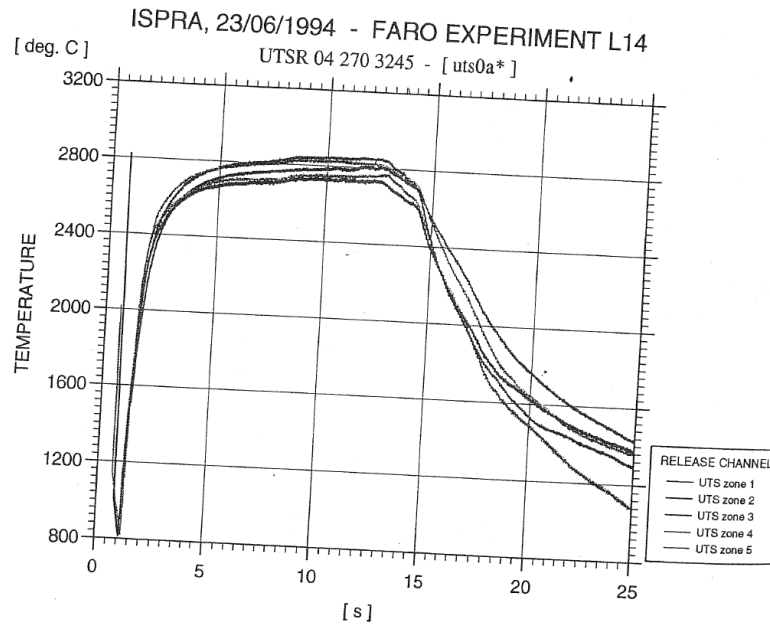


After L 19 test

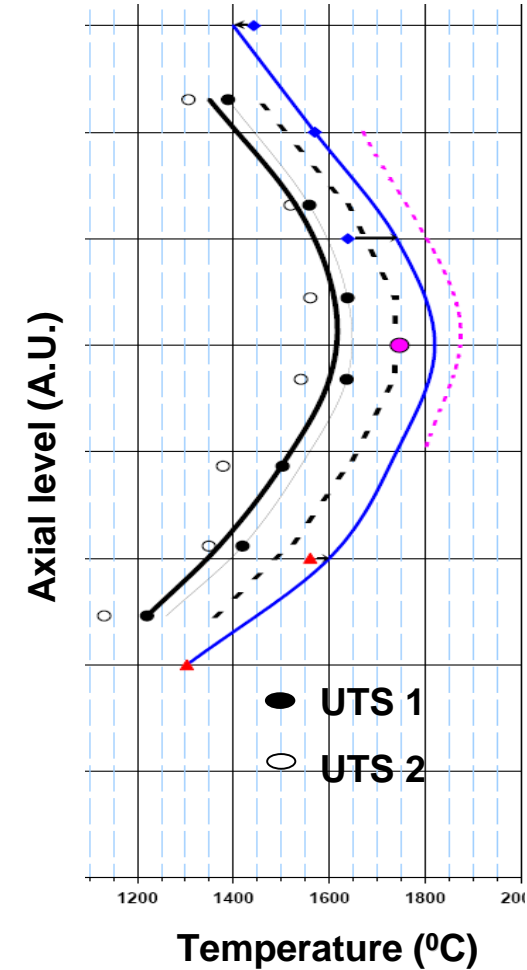
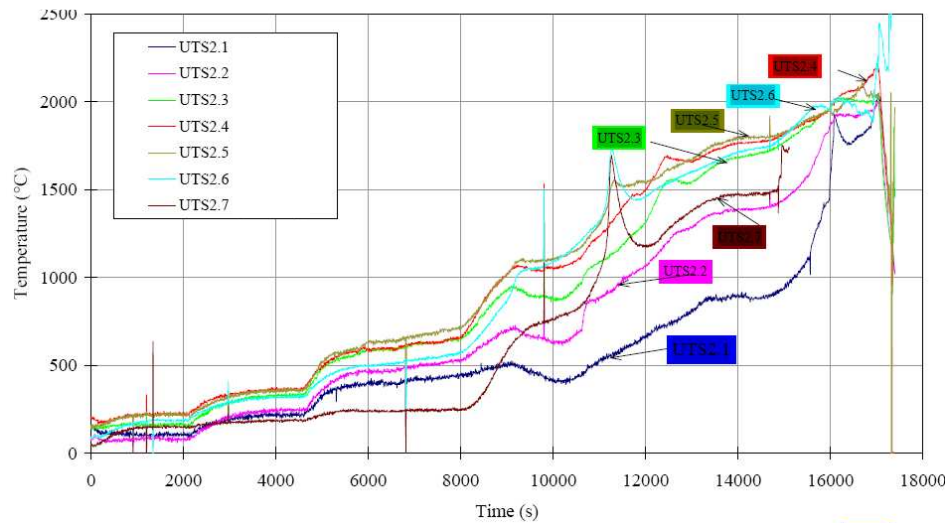


1981 - 1994 : Severe accident experiments for SFR

- Main contributors :
- = Pt. BELL - MOBBY
 - = TASMAN (ITU Karlsruhe)
 - = JORZIK - ANSELMINI (CEPR)



Bundle temperature during PHEBUS FPT1



Bundle temperature profile during PHEBUS FPT3



United States Applications Applied UTS InPile for Wide Range of Reactor Fuel Investigations

▼ CDC SPERT IV 1969-1970



▼ WDC (ETR) – SFR 1972



DC-1, 2, & 3 (ACRR) – LWR 1984



HRB (HFIR) – GCR 1972



PCM (PBF) – LWR 1976



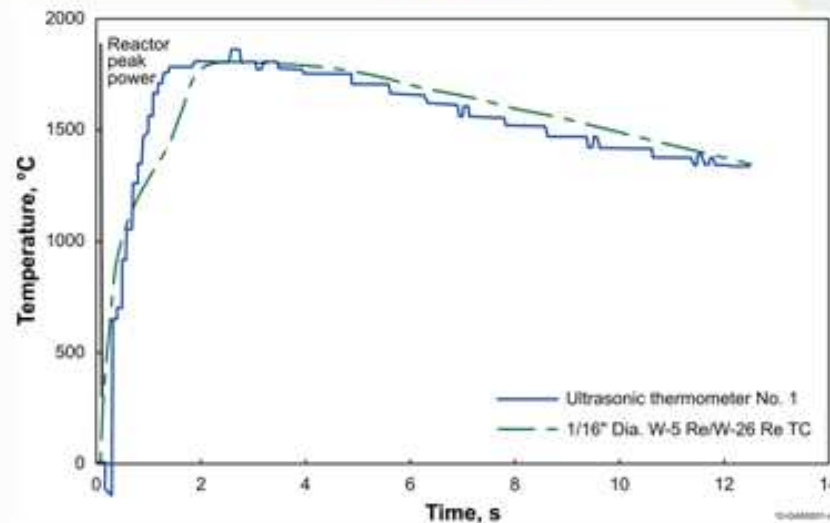
Key Contributors

- Arave
- Carlson
- Lynnworth
- Plein
- Shepard
- Wilkins



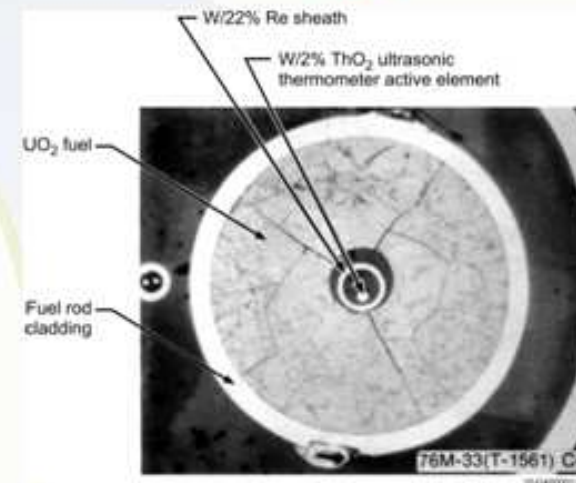
United States Applications Demonstrate UTs Offer Accurate Temperatures with Several Advantages

CDC SPERT IV
1969-1970



UT/TC Comparisons Demonstrate UT Accuracy and Short Response Time

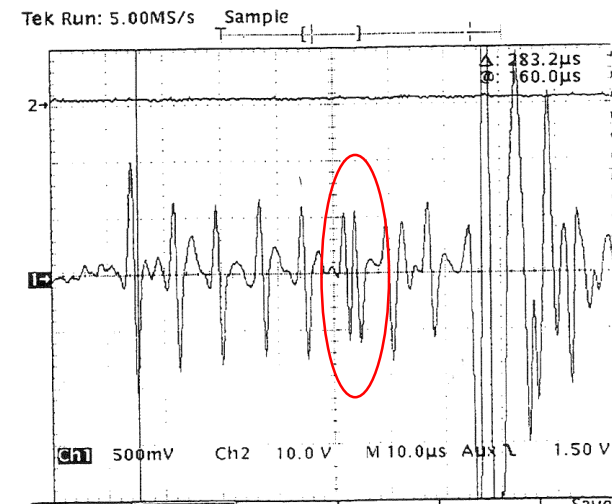
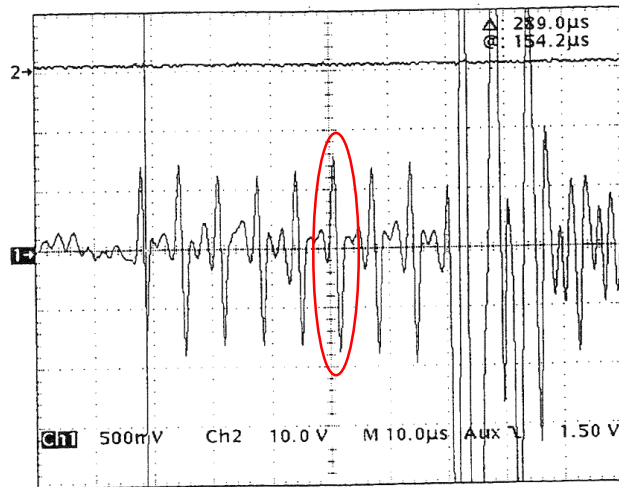
PCM (PBF) – LWR
1976



UT and TCs in fuel element after testing

Principales difficultés rencontrées

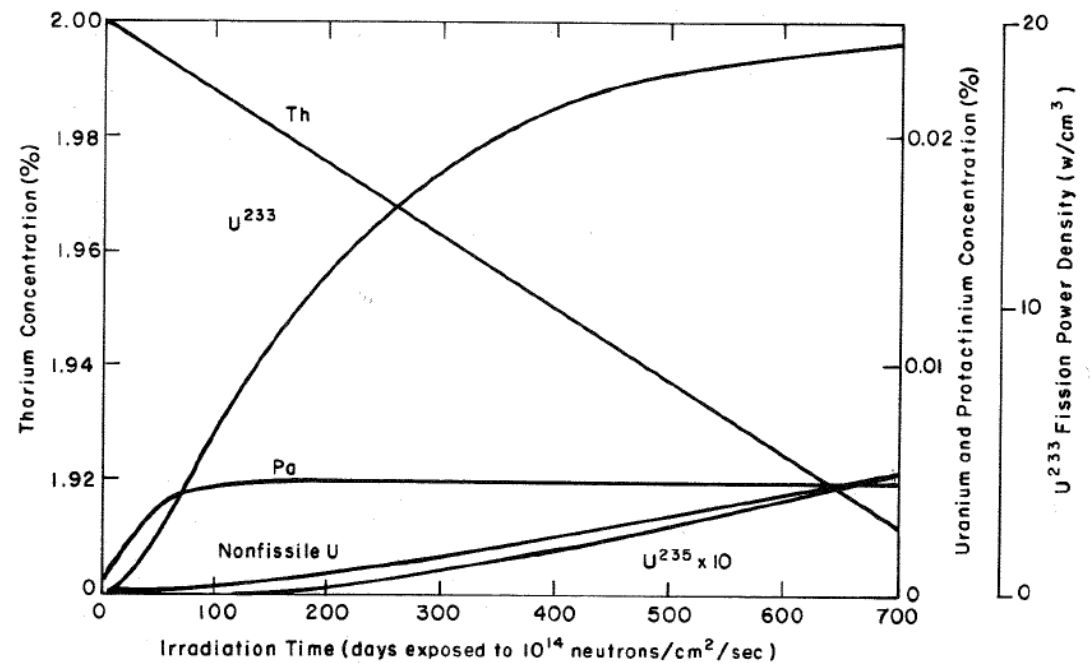
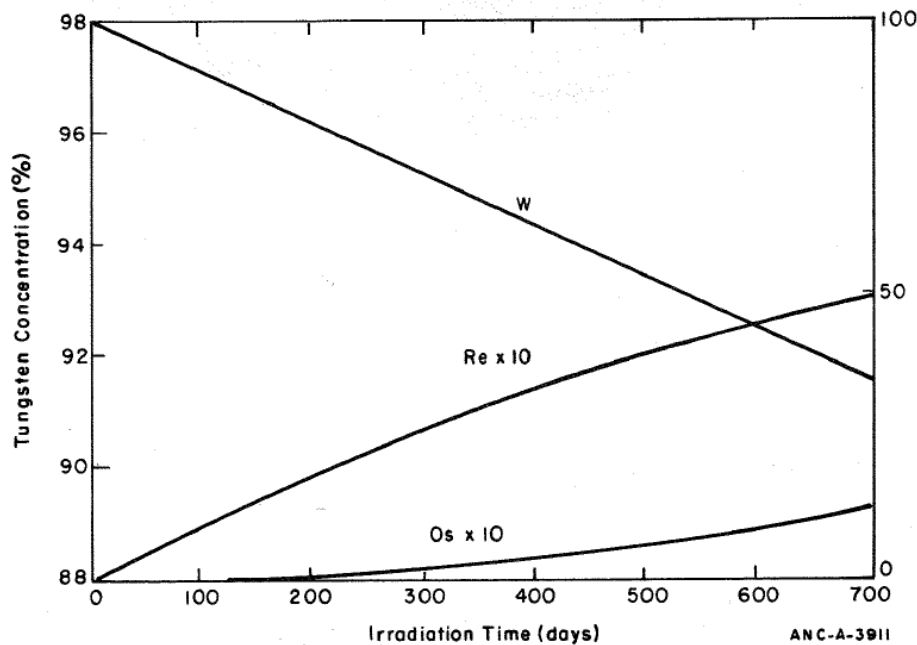
- **Sticking effect**



- **Expériences de courte durée**

Principales difficultés rencontrées

- Dérive neutronique (Tungstène thorié)



Afin d'utiliser les TUS sur une plus grande échelle, de la R&D a été entreprise afin de limiter les problèmes de fiabilité et de précision de mesure:

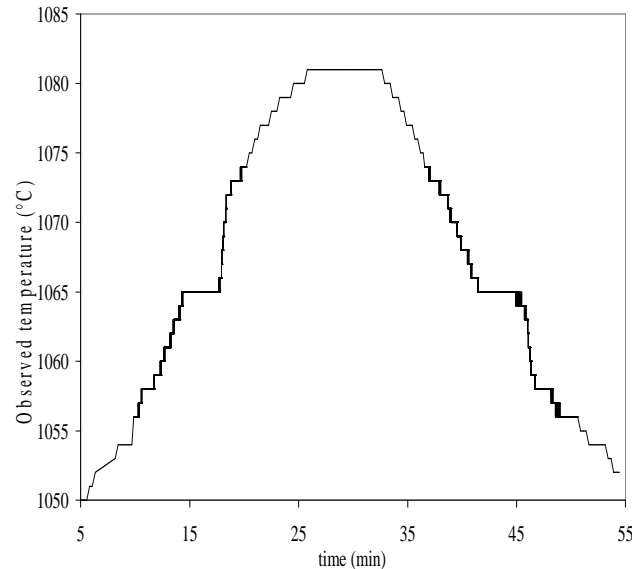
- **En fonction de l'historique de développement des TUS en Europe (ITU Karlsruhe, JRC ISPRA, CEA Cadarache), les utilisateurs finaux sont devenus détenteurs des procédés : amélioration de l'électronique, capitalisation des connaissances sur les procédures de montage [2002-2005]**
- **Campagnes de mesures d'intercomparaison (différents pyromètres avec une lampe) et calibrations – [2005-2006]**



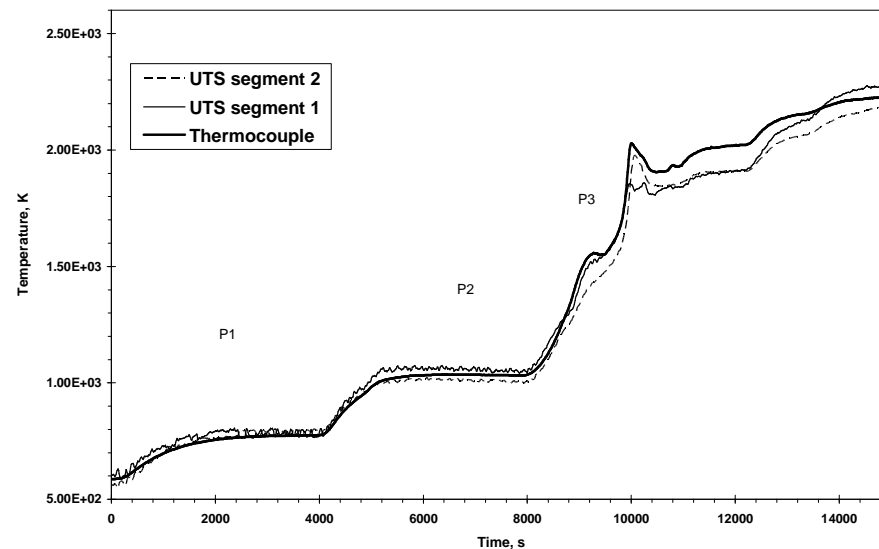
Proposed Future Efforts to Adapt UTs to Meet Current InPile Testing Needs

- **Optimize material and geometry to obtain high resolution, small diameter, sensor capable of detecting temperature at multiple locations.**
- **Optimize signal processing to incorporate new technology (not previously used with UTs).**

Cellule point fixe



Ré-étalonnage en ligne



- **Expérimentation long terme (hors pile)**
- **Développement à finalité nucléaire (Acier et Molybdène)**
- **Utilisation de cellule(s) point fixe haute température embarquées**