

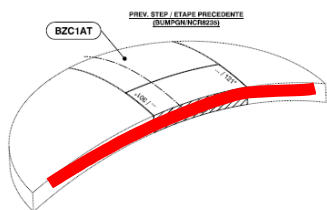
# Analyse des conséquences de l'anomalie des calottes de la cuve du réacteur EPR de Flamanville sur leur aptitude au service

## Résultats des essais



- Profondeur de la zone ségrégée
- Éprouvettes prélevées en zone ségrégée
  - Propriétés de traction
  - Résilience
  - Ténacité
  - Températures d'indexation



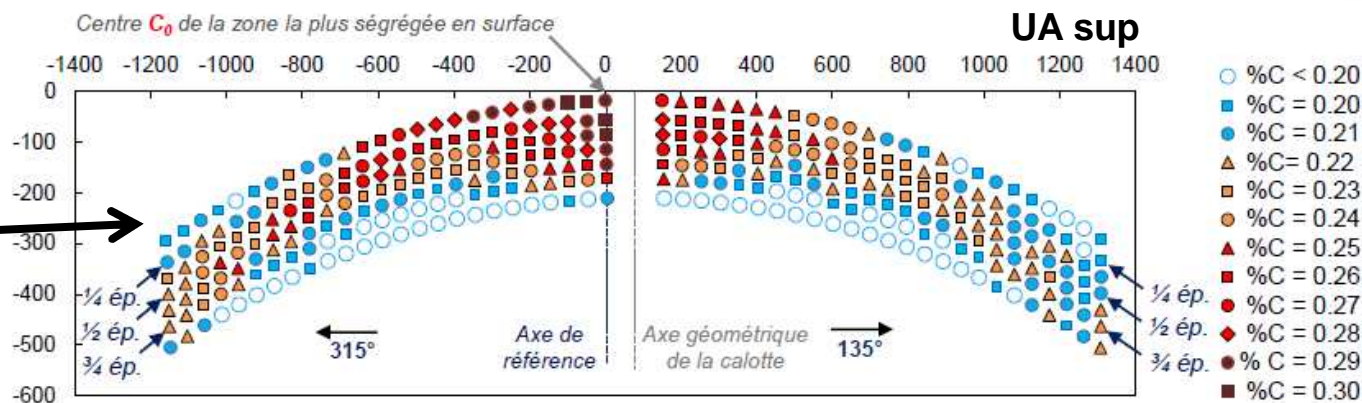
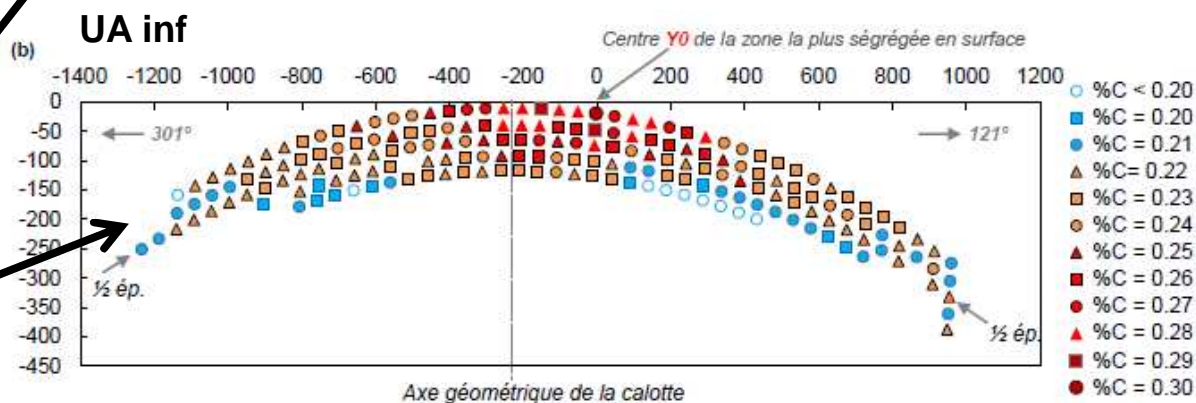
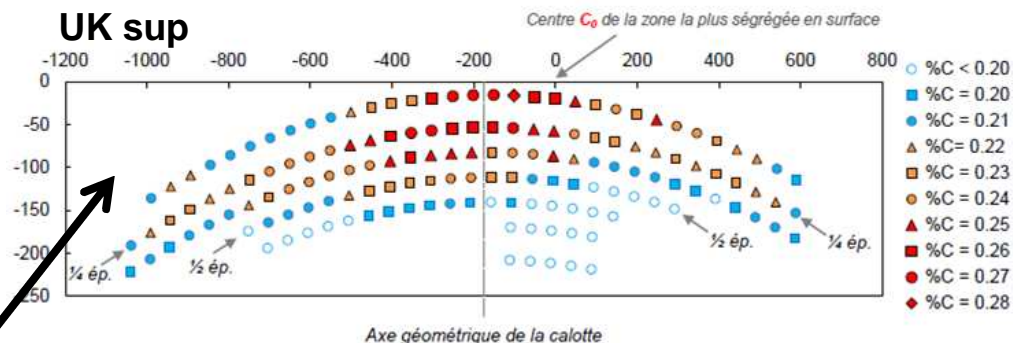


**[C] > 0,25%**

**Calotte supérieure UK**  
jusqu'à ½ épaisseur

**Calotte inférieure UA**  
jusqu'à ¾ épaisseur

**Calotte supérieure UA**  
jusqu'à ¾ épaisseur



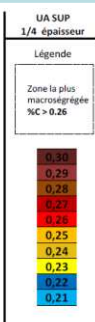
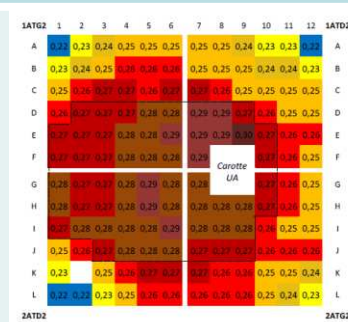
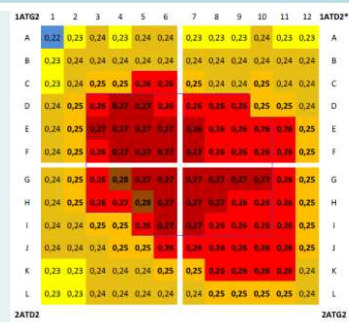
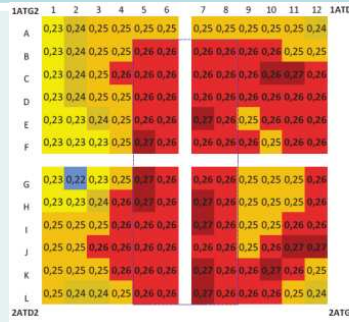
Profondeur

## Calotte supérieure UK

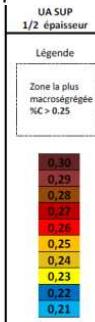
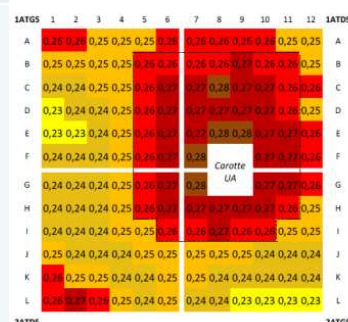
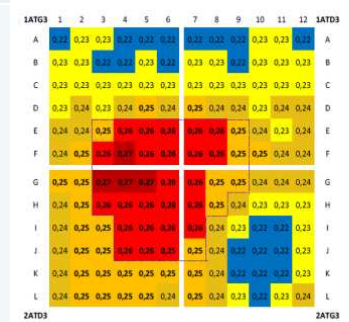
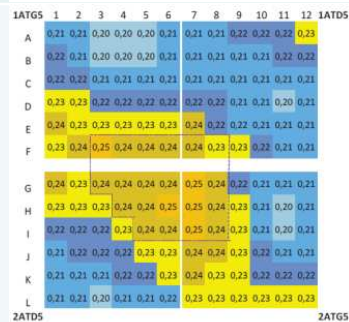
## Calotte inférieure UA

## Calotte supérieure UA

1/4 épaisseur

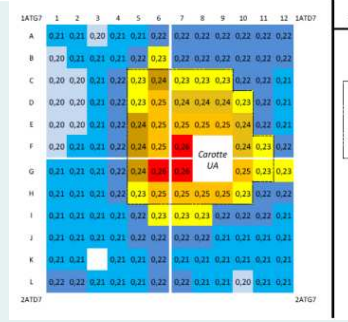
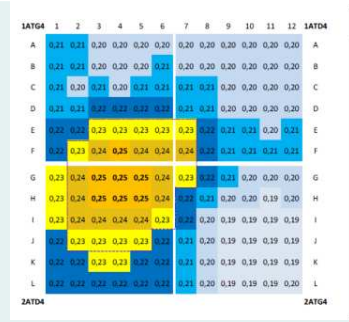


1/2 épaisseur

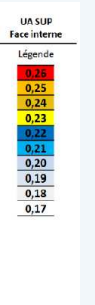
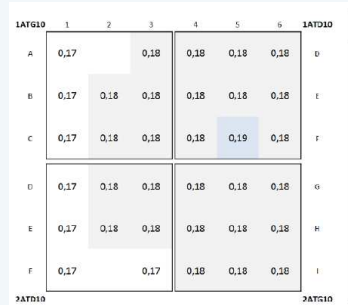
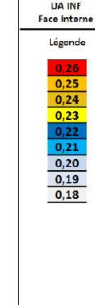
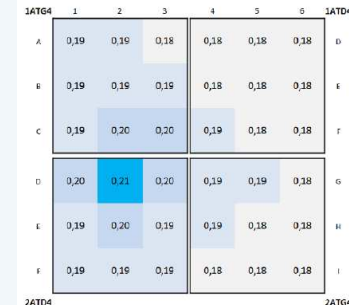
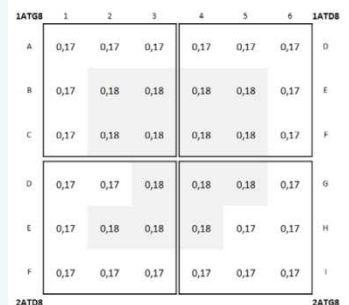


3/4 épaisseur

Pas de mesure réalisée à cette profondeur



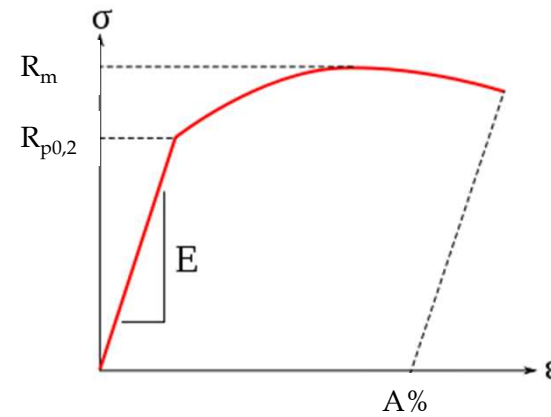
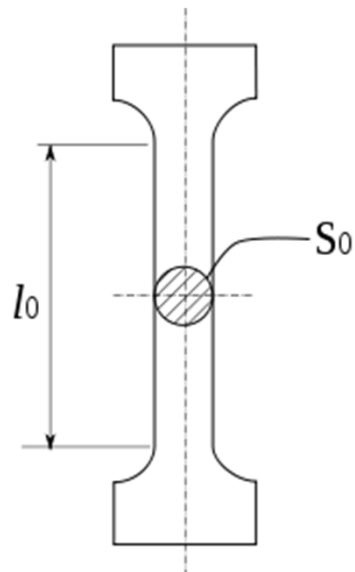
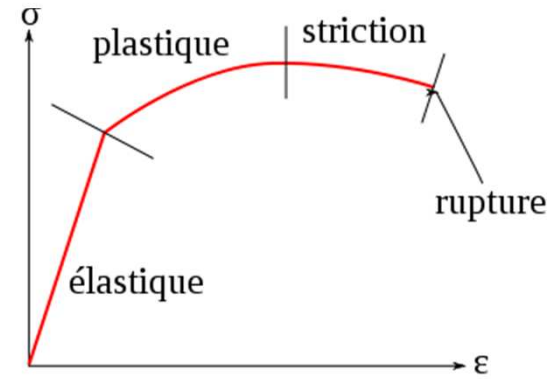
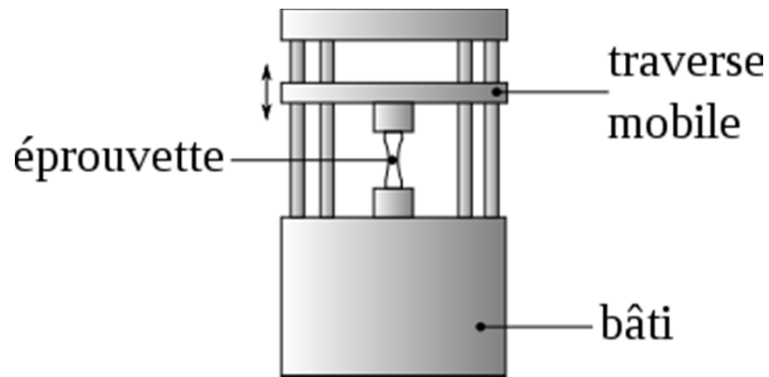
Peau interne

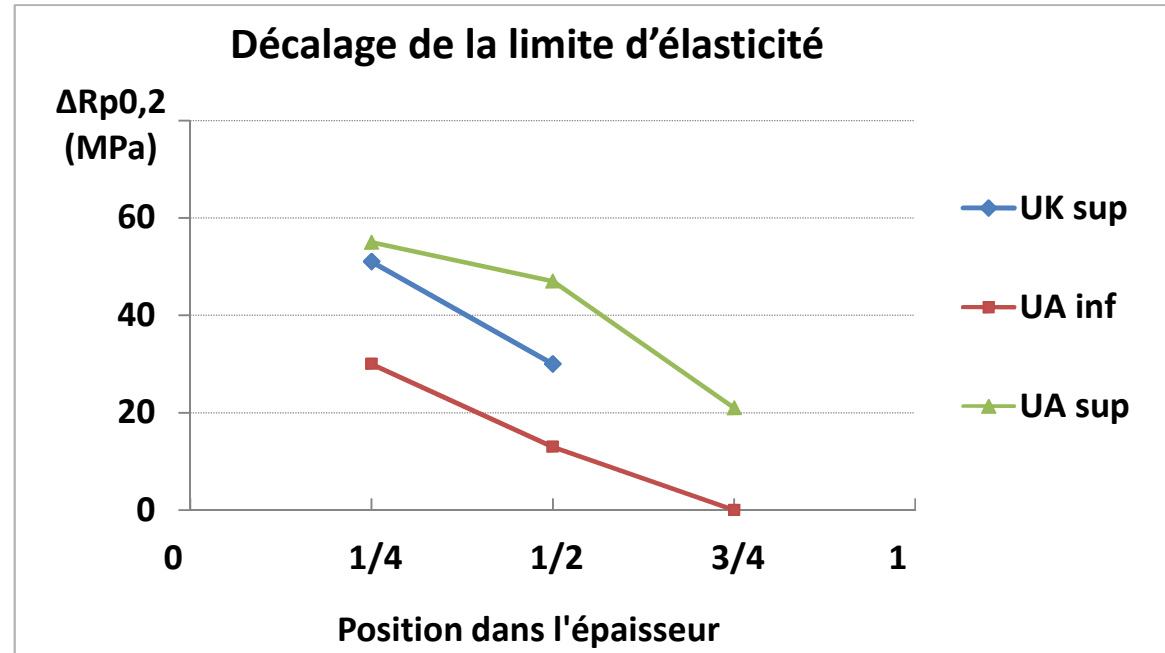


Images extraites de documents AREVA ©

Tests	Tempé- rature	FA3 INF	FA3 SUP	UK SUP		UA INF				UA SUP				TOTAL Par type d'essai	
		Recette	Recette	Recette	Seg. 1/4 ép.	Seg. 1/2 ép.	Recette	Seg. 1/4 ép.	Seg. 1/2 ép.	Seg. 3/4 ép.	Recette	Seg. 1/4 ép.	Seg. 1/2 ép.		Seg. 3/4 ép.
Charpy (transition)	Variable (dont 0°C)	18	18	18	72	52	18	36	36	36	18	36	36	36	430
Charpy (RTNDT)	Fonction de TNDT	-	-	-	2 x 12	2 x 12	-	12	12	12	-	2 x 12	2 x 12	12	144
CT25	50°C & 330°C	6	6	6	12	8	6	9	9	9	6	10	10	10	107
CT12.5	variable	40	40	48	144	84	38	72	72	48	20	74	72	48	800
Traction (interprétation CT25)	50°C & 330°C	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	136+9 en peau
Traction	Ambiante	/	/	/	3	3	/	3	3	3	/	3	3	3	
Traction (interprétation CT12.5)	variable	6	6	6	14	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
PELLINI	variable	-	-	-	2 x 8	2 x 8	-	8	8	8	-	2 x 8	2 x 8	8	96
Total par zone (hors analyses chimiques)		72	72	80	287	195	70	148	148	124	52	171	169	125	1722
Nombre d'analyses chimiques		18	18	74	286	193	19	143	147	122	17	167	169	121	1503

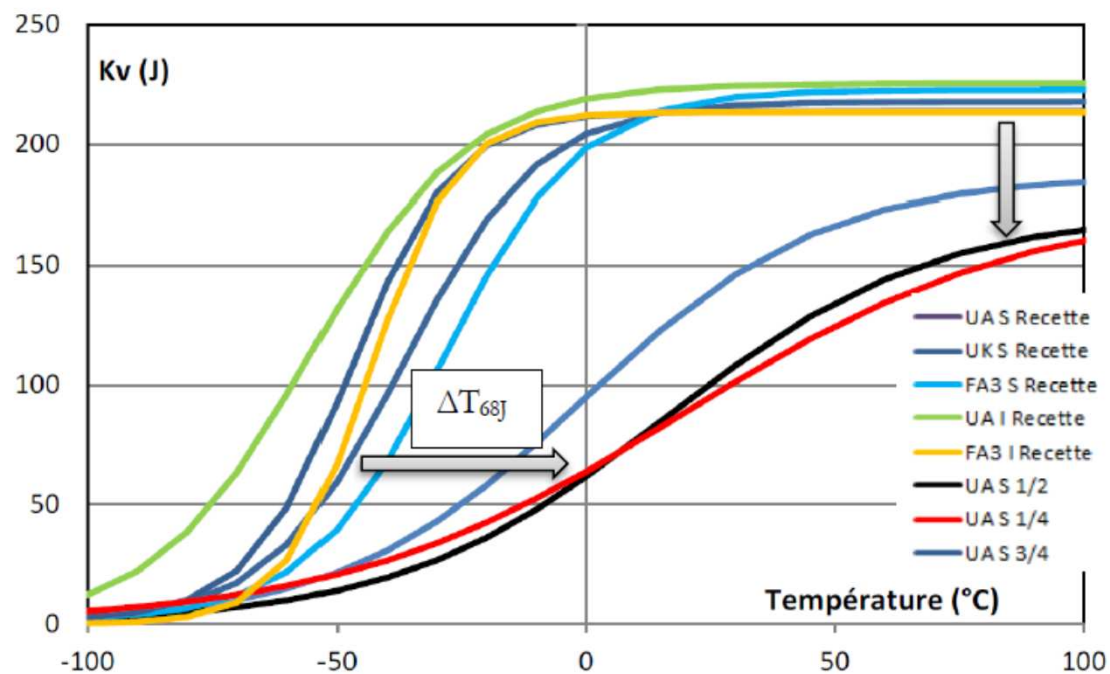
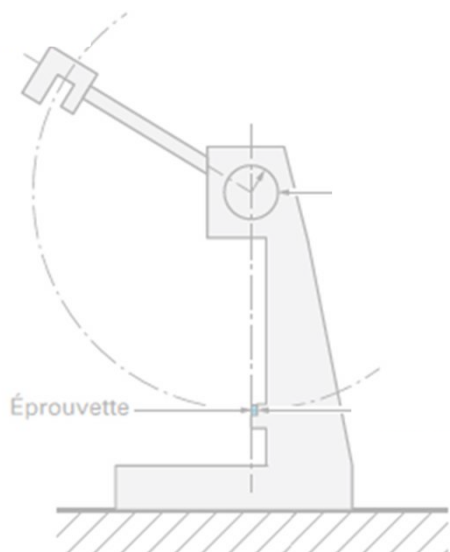
AREVA St Marcel	AREVA Erlangen	SCK-CEN (Mol)	AMEC
--------------------	-------------------	------------------	------





	UK S 1/4	UK S 1/2	UA I 1/4	UA I 1/2	UA I 3/4	UA S 1/4	UA S 1/2	UA S 3/4
Décalage $R_{p0,2}$ (MPa)	51	30	30	13	0	55	47	21
Décalage $R_m$ (MPa)	67	39	56	33	0	74	58	30



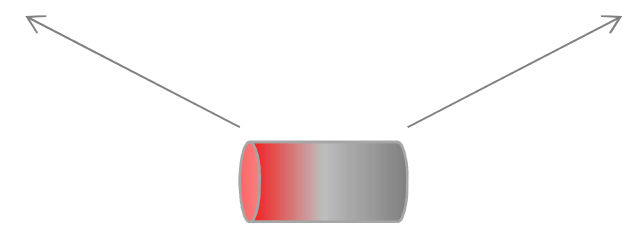
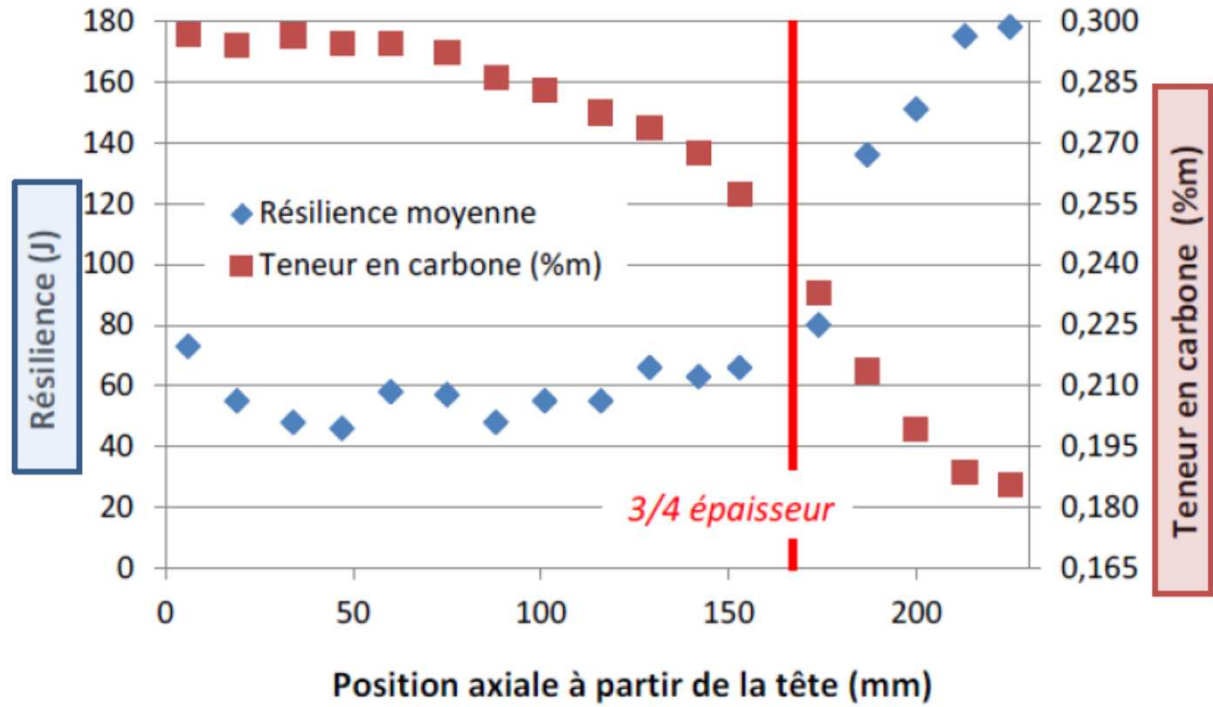
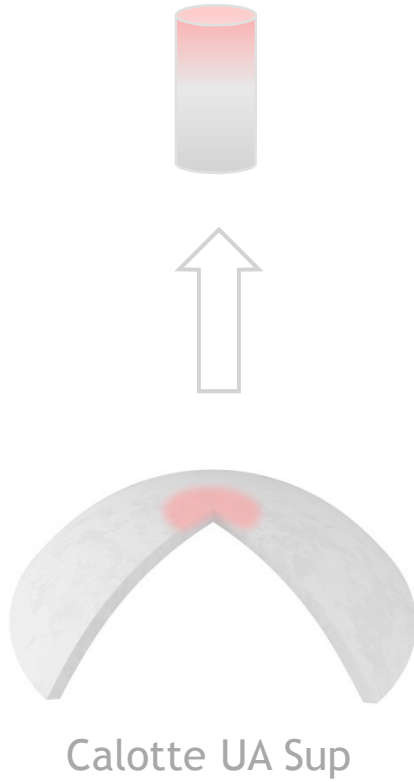


	UK S 1/4	UKS 1/2	UA I 1/4	UA I 1/2	UA S 1/4	UA S 1/2	Recette valeur max	Recette valeur min
Pente max (J/°C)	1,48	1,79	1,7	2,17	1,36	1,56	5,47	3,42
Plateau ductile (J)	185	196	187	181	176	172	225	213

Tableau 4 : Caractérisation des courbes de transition obtenues par essais de flexion par choc

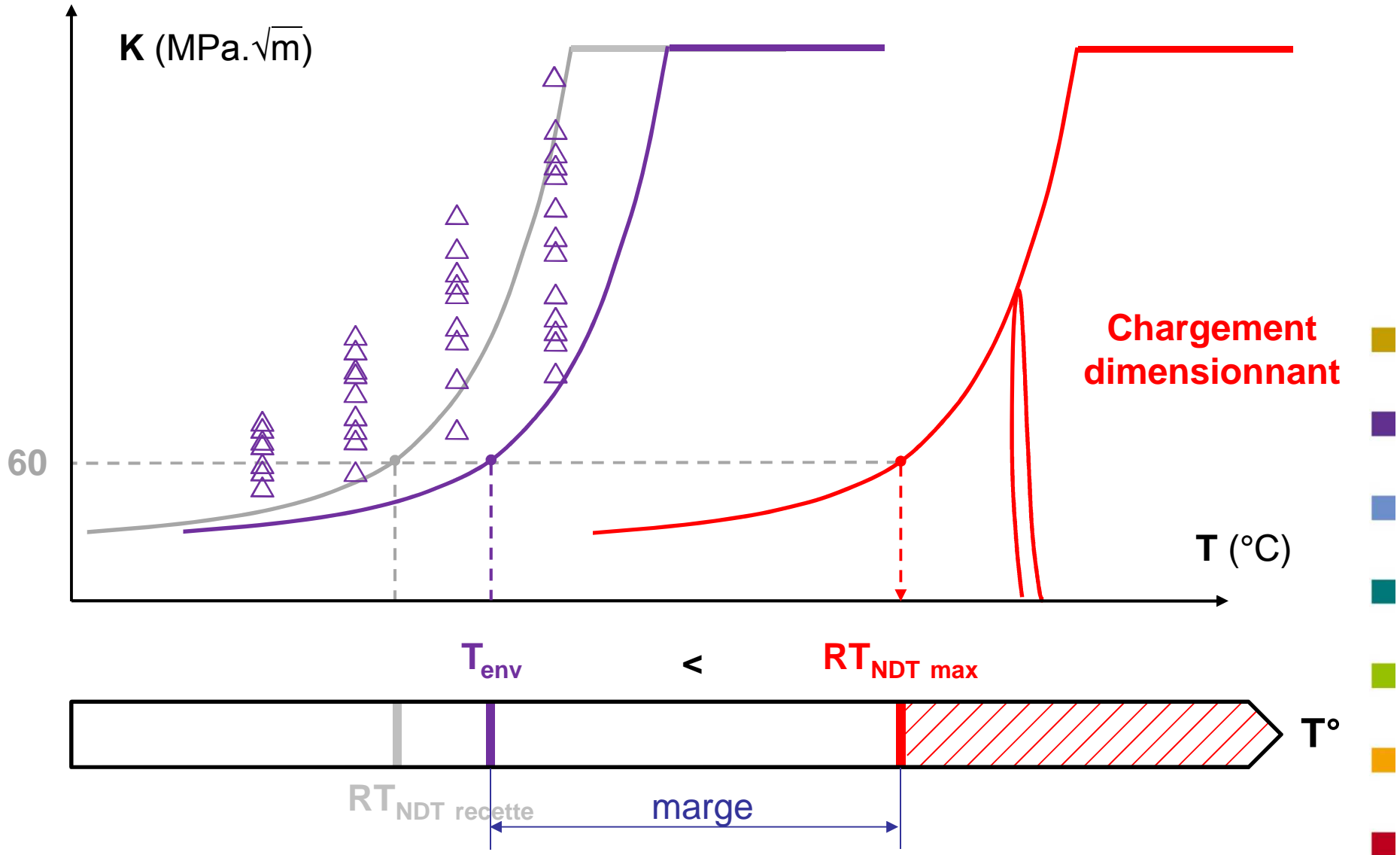


# Résilience (0°C)



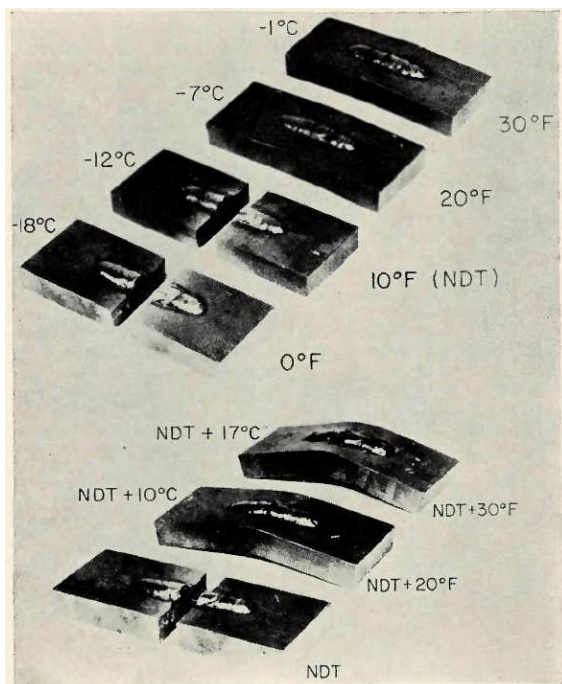
# Ténacité

## Températures d'indexation

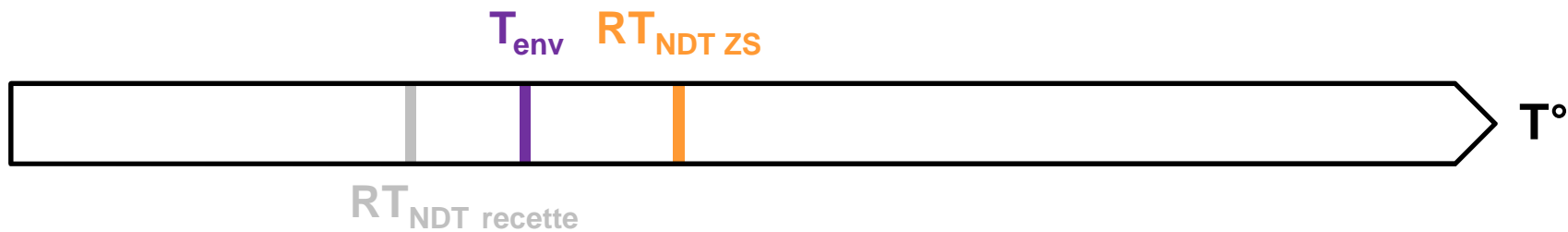


# Ténacité

## Températures d'indexation

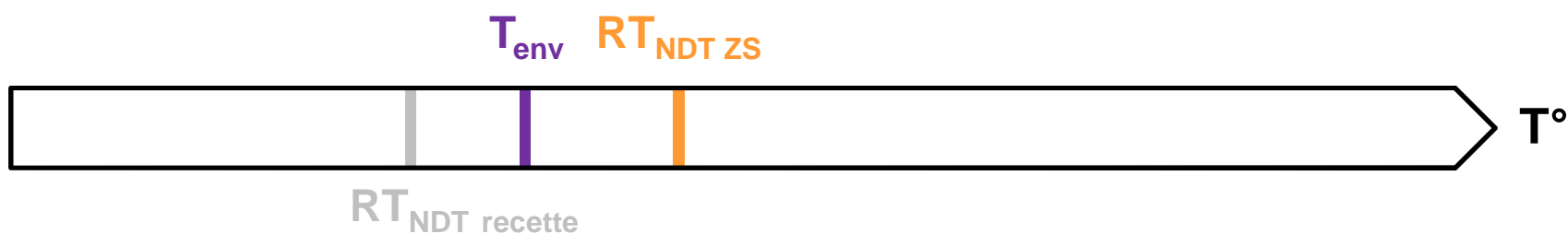


Essais Pellini



# Ténacité

## Températures d'indexation

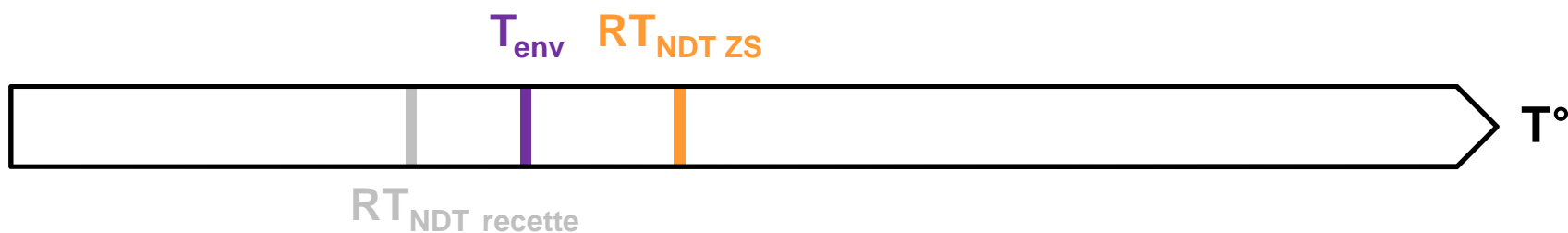


	$RT_{NDT\ recette}$	$T_{env}$	$RT_{NDT\ ZS}$
UA Sup	-35 °C	-21°C	5 °C
UK Sup	-45 °C	-27 °C	0 °C
FA3 Sup	-30 °C		
UA Inf	-30 °C	-31°C	0 °C
FA3 Inf	-20 °C		



# Ténacité

## Températures d'indexation



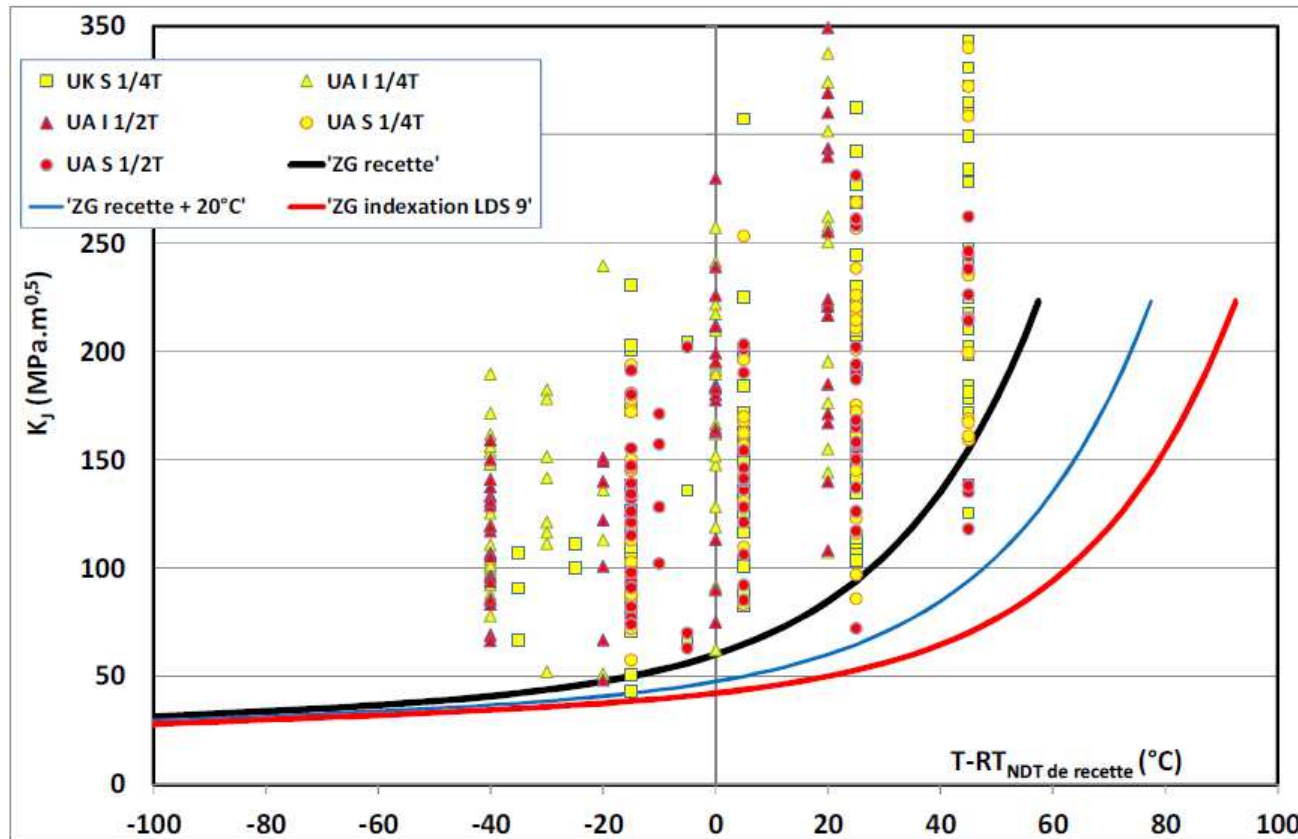
	$RT_{NDT\ recette}$	$T_{env}$	$RT_{NDT\ ZS}$
UA Sup	-35 °C	-21°C	+5 °C
UK Sup	-45 °C	-27 °C	0 °C
FA3 Sup	-30 °C		
UA Inf	-30 °C	-31°C	0 °C
FA3 Inf	-20 °C		

\* après transposition à FA3 et prise en compte du vieillissement thermique



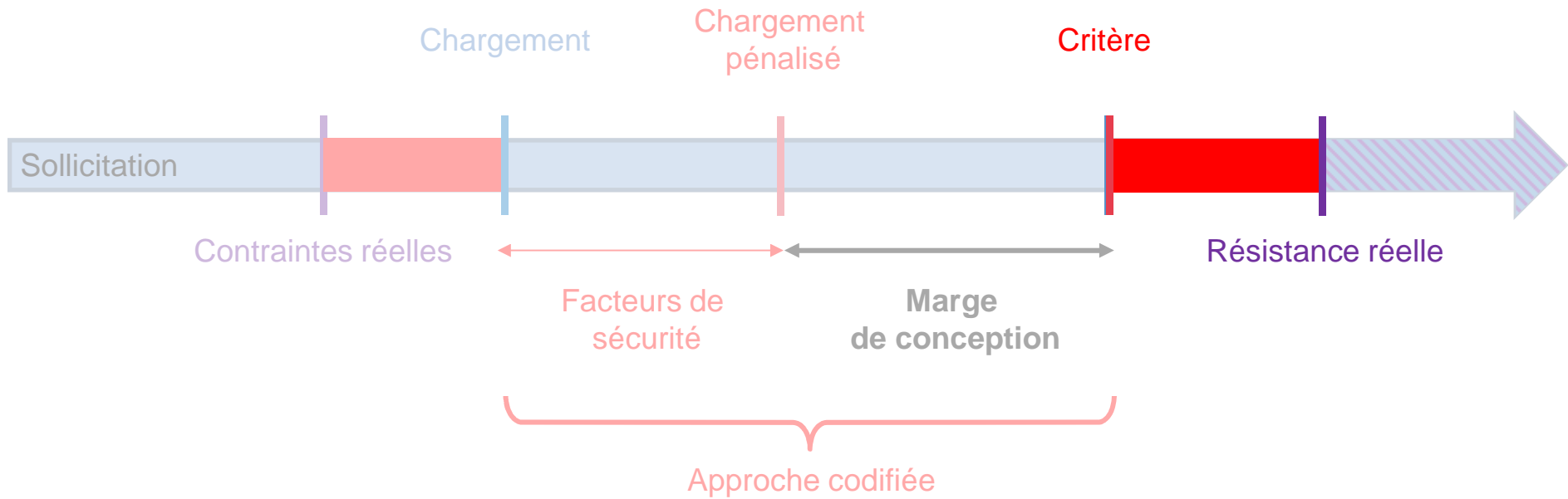
# Ténacité

## Températures d'indexation



- 9 données sur 394 sous la courbe du RCC-M indexée sur la  $RT_{\text{NDT}}$  de recette
- Tous les résultats bornés par la courbe indexée sur la  $RT_{\text{NDT ZS}}$





- **Connaissances apportées par le programme d'essais**
  - Distribution statistique des résultats conforme à l'attendu (+ caractère suffisant)
  - Résultats caractéristiques du comportement d'un acier ferritique
    - Confirme la nature de l'acier en présence
- **Propriétés en zone de ségrégation**
  - Durcissement du matériau dans le domaine fragile-ductile
  - Effet de trempe
  - Augmentation de  $R_{p0,2}$ ,  $R_m$ ,  $RT_{NDT}$  (Cf. analyses de mécanique)
  - Domaine ductile: propriétés supérieures aux minima spécifiés
- **Exploitation de la base de données**
  - Résultats confirmés par l'exploitation réalisée par le rapporteur



# Discussion

