

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

**Comparaison de la ténacité des  
pièces avec la ténacité requise :  
analyse mécanique**



# Principes de la démarche de justification



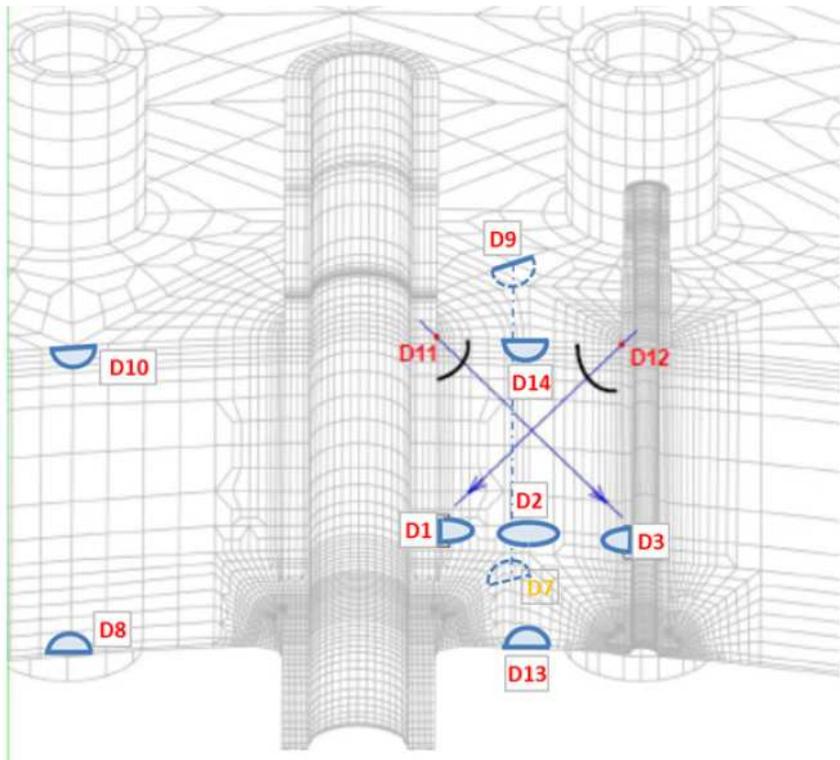
## Sollicitation

### Données d'entrée

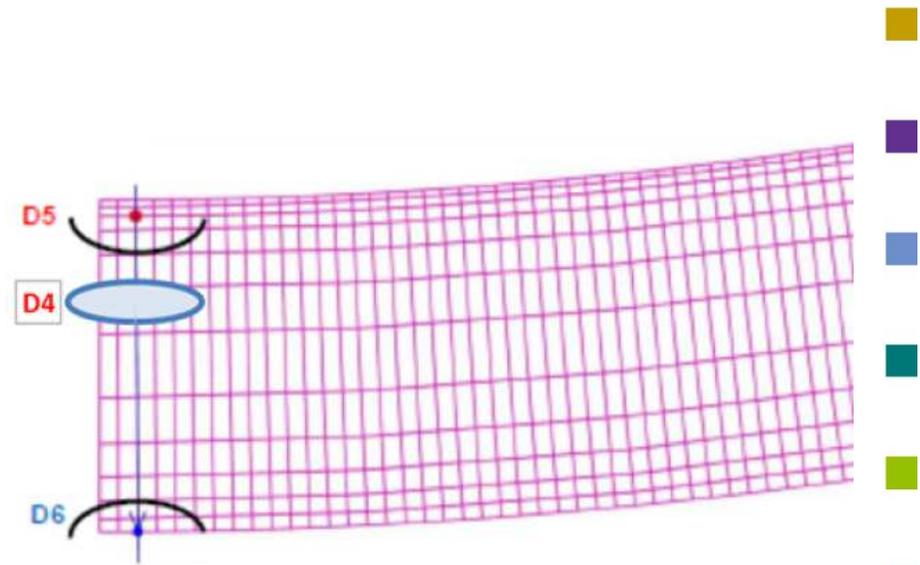
- Défauts postulés
- Chargements thermomécaniques
- Critères de l'annexe ZG du RCC-M



- Orientation pénalisante = perpendiculaire aux surfaces interne et externe
- Taille de défaut
  - 10 x 60 mm<sup>2</sup> ou 10 x 20 mm<sup>2</sup> (accord avec les performances des contrôles)
  - 20 x 120 mm<sup>2</sup> (étude de robustesse uniquement)

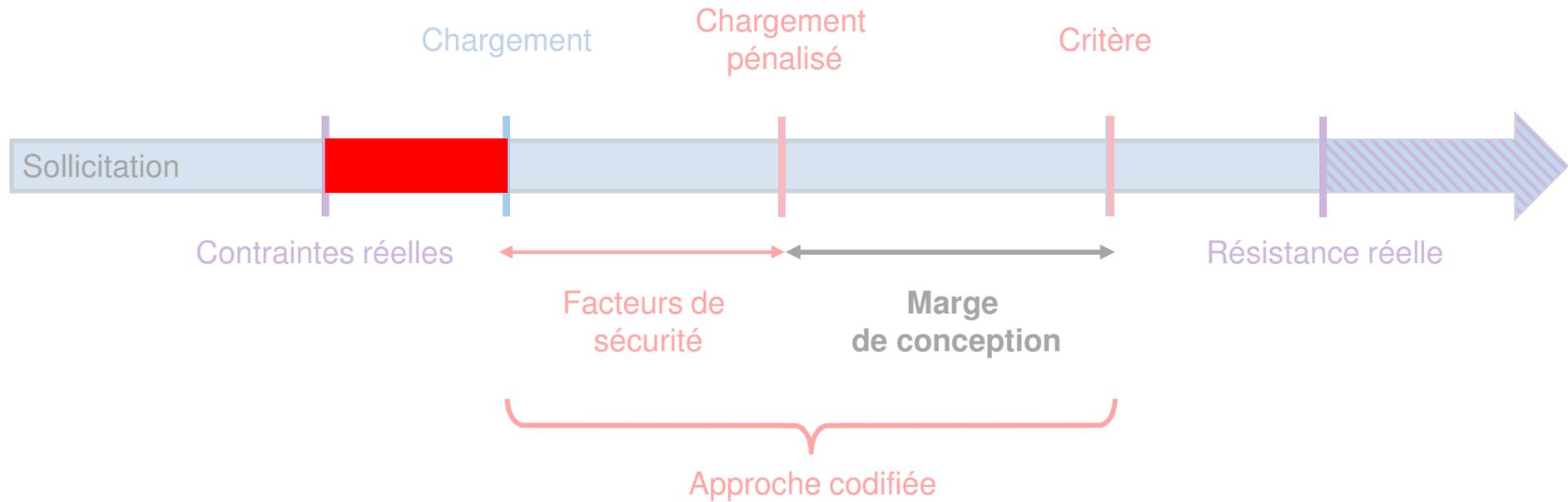


Calotte supérieure



Calotte inférieure





# Chargements thermomécaniques

<b>Chocs chauds</b>	<b>Catégorie 2</b>	<b>Catégorie 3</b>	<b>Catégorie 4</b>
<b>Calotte supérieure</b>	AAF - AAC & Fluctuation non programmée	Surpression à froid suite à IS (*)	Perte RIS-RA en mode RA
<b>Calotte inférieure</b>	Fluctuation non programmée entre AAF et AAC	Connexion RIS-RA en mode RA	Reprise de la circulation naturelle après APRP

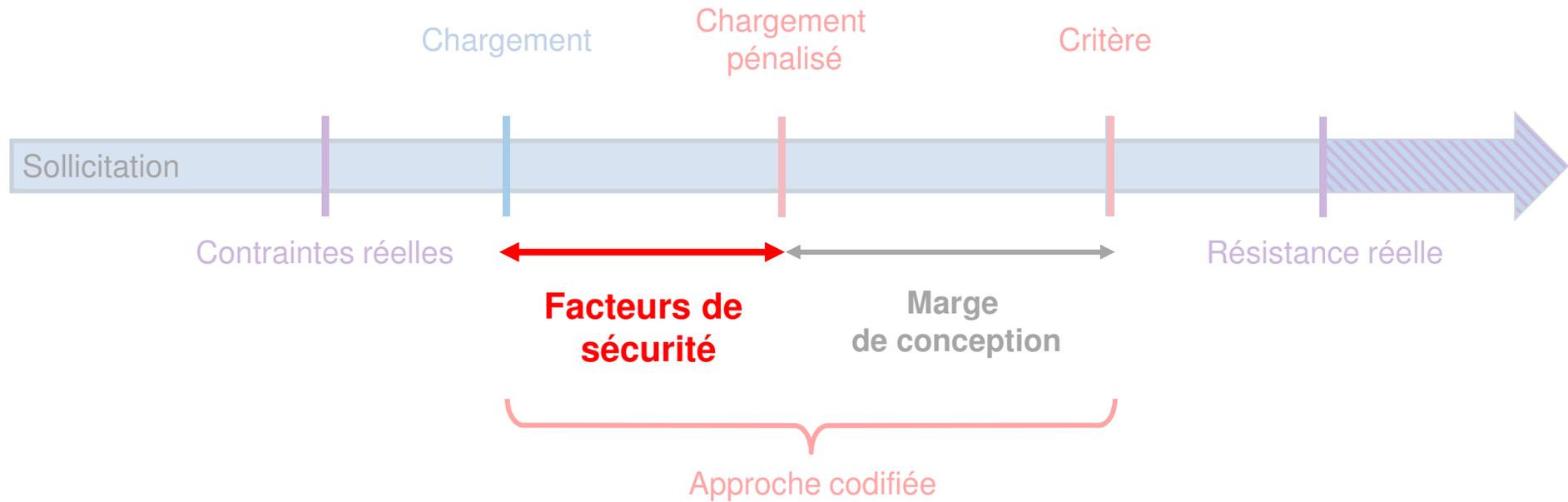
(\*) ≠ d'un choc chaud mais conduit à une l'ouverture d'un défaut en peau externe du fait de la surpression

<b>Chocs froids</b>	<b>Catégorie 2</b>	<b>Catégorie 3</b>	<b>Catégorie 4</b>
<b>Calotte supérieure</b>	Fluctuation non programmée entre AAC et AAF	RTGV	EDG 45 cm <sup>2</sup>
<b>Calotte inférieure</b>	Fluctuation non programmée entre AAC et AAF (Surpression primaire monophasique)	Surpression à froid suite à IS	Brèche sur le circuit RIS-RA en mode RA

- **Facteurs de sécurité appliqués au chargement**

Situations	Classement	Probabilité d'occurrence /année.réacteur	Coefficient de sécurité $\alpha$
Normales et perturbées	Catégorie 2	$f > 10^{-2}$	2
Incidentelles et épreuves hydrauliques	Catégorie 3	$10^{-4} < f < 10^{-2}$	1,6
Accidentelles	Catégorie 4	$10^{-6} < f < 10^{-4}$	1,2

Tableau 42 : Coefficient de sécurité de l'annexe ZG 3230 du code RCC-M



### Calotte supérieure

<b>Peau externe</b>		<b>RT<sub>NDT</sub> conception</b>	<b>T<sub>env</sub> (ZS)</b>	<b>RT<sub>NDT</sub> (ZS)</b>	<b>RT<sub>NDT</sub> admissible</b>
<b>Température d'indexation transposée fin de vie</b>		-5 °C	9 °C	35 °C	74 °C
<b>Facteur de marge minimal</b>	Catégorie 4	3,6	2,6	<b>1,6</b>	1,0
	Épreuve hydraulique(*)	> 3,5	3,5	1,8	-

<b>Peau interne</b>		<b>RT<sub>NDT</sub> conception</b>	<b>T<sub>env</sub> (ZS)</b>	<b>RT<sub>NDT</sub> (ZS)</b>	<b>RT<sub>NDT</sub> admissible</b>
<b>Température d'indexation transposée fin de vie</b>		-5 °C	< -5 °C	20 °C	49 °C
<b>Facteur de marge minimal</b>	Catégorie 4	4,0	> 4,0	<b>&gt;1,5</b>	1,0
	Épreuve hydraulique(*)	> 4,6	> 4,6	> 2,7	-

(\*) *Épreuve hydraulique de requalification à 60 °C et 210 bars*

### Calotte inférieure

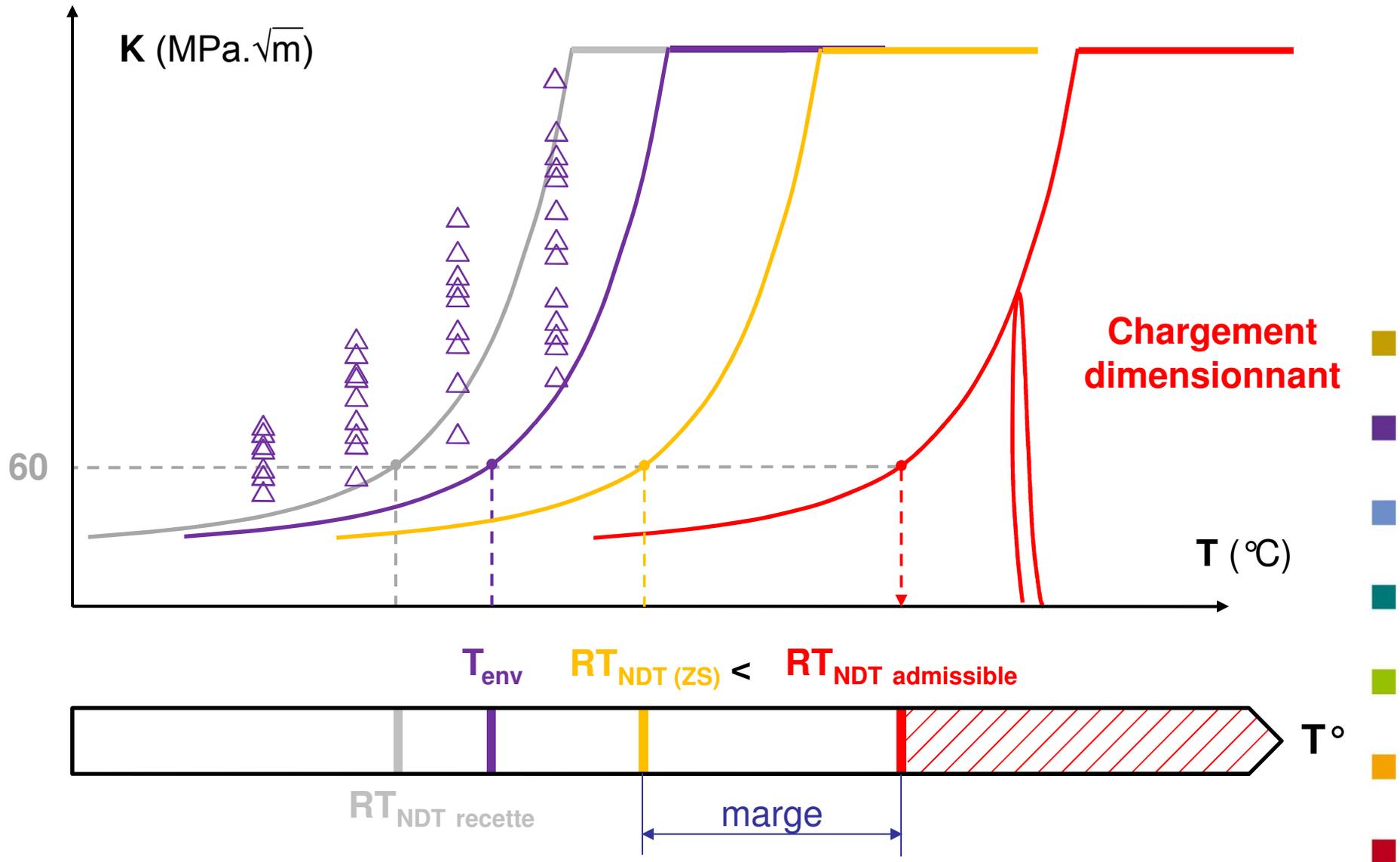
<b>Peau externe</b>		<b>RT<sub>NDT</sub> conception</b>	<b>T<sub>env</sub> (ZS)</b>	<b>RT<sub>NDT</sub> (ZS)</b>	<b>RT<sub>NDT</sub> admissible</b>
<b>Température d'indexation transposée fin de vie</b>		-5 °C	19 °C	45 °C	60 °C
<b>Facteur de marge minimal</b>	Catégorie 3	2,3	1,5	<b>1,1</b>	1,0
	Épreuve hydraulique(*)	> 3,5	2,8	1,5	-

<b>Peau interne</b>		<b>RT<sub>NDT</sub> conception</b>	<b>T<sub>env</sub> (ZS)</b>	<b>RT<sub>NDT</sub> (ZS)</b>	<b>RT<sub>NDT</sub> admissible</b>
<b>Température d'indexation transposée fin de vie</b>		-5 °C	<-5 °C	30 °C	57 °C
<b>Facteur de marge minimal</b>	Catégorie 4	3,6	> 3,6	<b>1,6</b>	1,0
	Épreuve hydraulique(*)	> 3,2	> 3,2	2,0	-

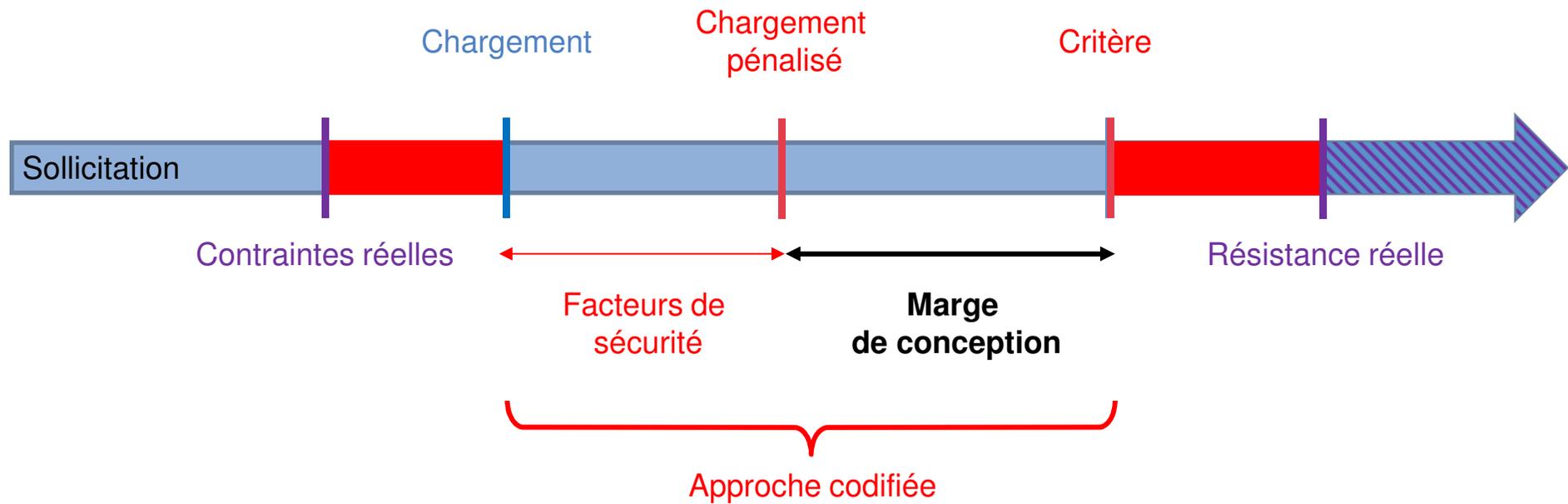
(\*) *Épreuve hydraulique de requalification à 60 °C et 210 bars*

# Ténacité

## Températures d'indexation



- **L'IRSN a vérifié les calculs réalisés par Areva NP par comparaison aux résultats de ses propres calculs**
- **Analyse de sûreté = a consisté à vérifier**
  - Le caractère pénalisant de la taille et de l'orientation des défauts postulés
  - Le caractère conservatif des chargements thermomécaniques
  - La prise en compte des facteurs de sécurité conventionnels
  - Que les propriétés mécaniques enveloppent les résultats d'essais, de manière conservative
- **Les marges obtenues à l'issue de ces calculs sont positives**
- **L'aptitude au service du composant est démontrée**



# Discussion

