

Caractérisation de la résilience des zones soudées au moyen de KV réduites

Laurent JUBIN (CETIM)

Clément BOURLET, Aurélien ROBINEAU (Institut de Soudure)

Les KV réduites reviennent à la mode

De plus en plus de donneurs d'ordre imposent des essais de flexion par choc

- ▶ si l'épaisseur du matériau est inférieure à 12 mm
- ▶ si la forme de l'assemblage nécessite la réalisation d'une éprouvette plus fine compte tenu des difficultés de prélèvement

Interprétations des KV Réduites

Les codes nous donnent des critères pour le niveau requis mais aussi pour le décalage de la température d'essai

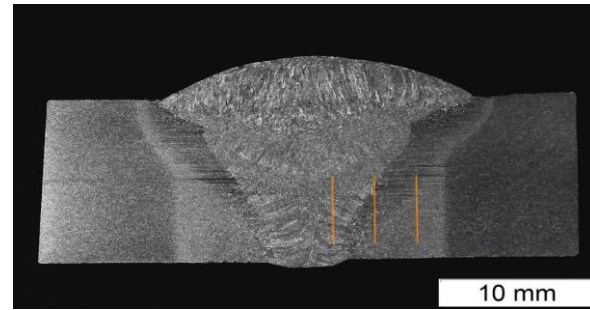
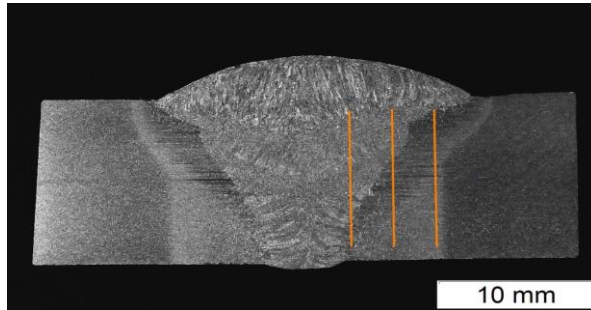
Document	10x10	10x7,5	10x5
Métaux de base	27J à T_{KV}	20J $\left(27 \times \frac{7,5}{10}\right)$ à T_{KV}	14J $\left(27 \times \frac{5}{10}\right)$ à T_{KV}
EN 13445-2	27J à T_{KV}	20J $\left(27 \times \frac{7,5}{10}\right)$ à $T_{KV}-5^{\circ}\text{C}$	14J $\left(27 \times \frac{5}{10}\right)$ à $T_{KV}-20^{\circ}\text{C}$
ASME B31.3-1999	27J à T_{KV}	20J $\left(27 \times \frac{7,5}{10}\right)$ à $T_{KV}-2,8^{\circ}\text{C}$	14J $\left(27 \times \frac{5}{10}\right)$ à $T_{KV}-11,1^{\circ}\text{C}$
CODAP	27J à T_{KV}	20J $\left(27 \times \frac{7,5}{10}\right)$ à T_{KV}	14J $\left(27 \times \frac{5}{10}\right)$ à T_{KV}
API 579-1 / ASME FFS-1	27J à T_{KV}	20J $\left(27 \times \frac{7,5}{10}\right)$ à $T_{KV}-7,5^{\circ}\text{C}$ (Ecart)	14J $\left(27 \times \frac{5}{10}\right)$ à $T_{KV}-19^{\circ}\text{C}$ (Ecart)

$$\text{Ecart température} = 51,4 \times \ln \left[2 \times \left(\frac{\text{Largeur éprouvette}}{10} \right)^{0,25} - 1 \right]$$

Travaux expérimentaux sur des soudures avec chanfrein en V

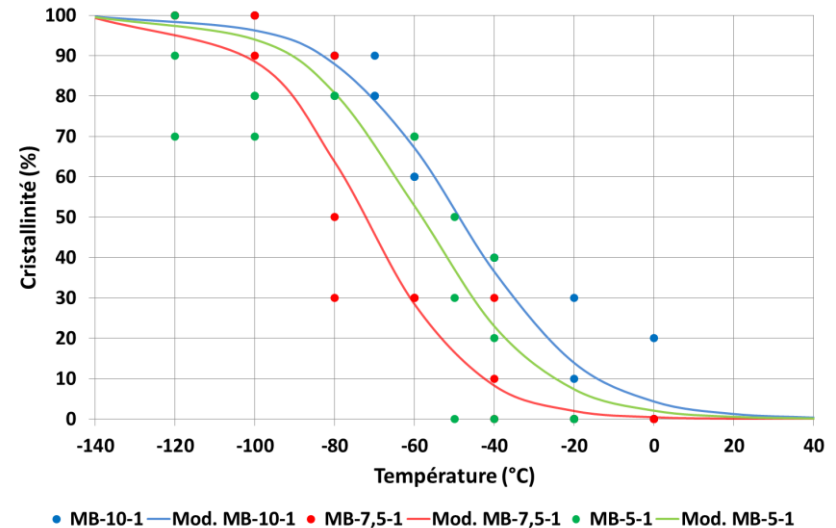
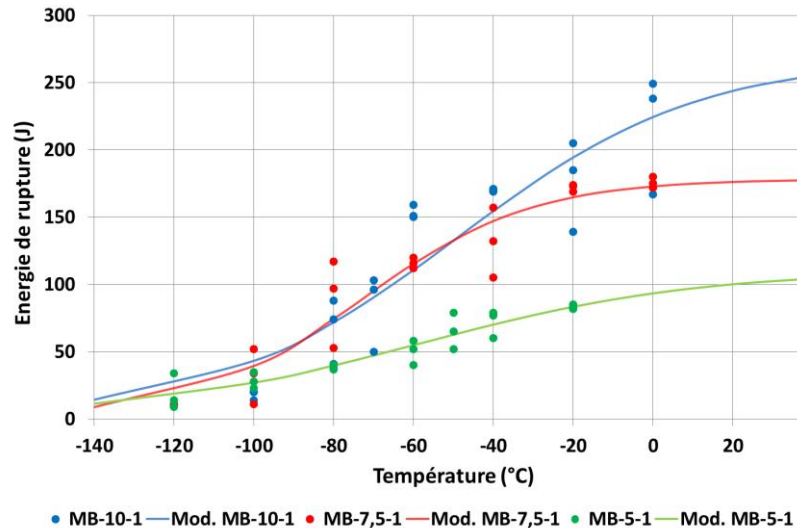
L'objectif et les essais

- ▶ Montrer la difficulté d'interprétation en ZAT et en zone fondue avec les modifications de structures interceptées
- ▶ 2 joints soudés avec $E_s=0,7$ kJ/mm et 2,0 kJ/mm
- ▶ Acier de type : P355NL1
- ▶ Soudage MAG fil fourré T 50 6 Ni P M 1 H5 avec 47J garantis à -60°C



Travaux expérimentaux – En métal de base

En métal de base, on note effectivement un décalage de la transition ductile-fragile vers les plus basse température avec la réduction de l'épaisseur



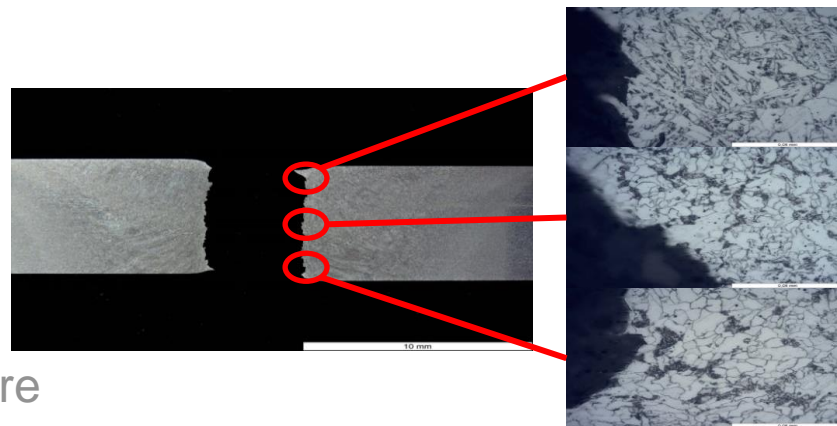
● MB-10-1 — Mod. MB-10-1 ● MB-7,5-1 — Mod. MB-7,5-1 ● MB-5-1 — Mod. MB-5-1

● MB-10-1 — Mod. MB-10-1 ● MB-7,5-1 — Mod. MB-7,5-1 ● MB-5-1 — Mod. MB-5-1

Travaux expérimentaux – En zone fondue

L'effet de structure conduit à un comportement moins « propre » qu'avec le métal de base

- ▶ Fissure traverse des zones brutes et soudo-recuites (à grains fins).
- ▶ Pour l'énergie la plus élevée, la structure est globalement plus grossière et la proportion de zones recuite diffère



	Es = 0,7 kJ/mm		Es = 2,0 kJ/mm	
10x10	T50 = -64°C	Tk28 = -97°C	T50 = -25°C	Tk28 = -55°C
10x7,5	T50 = -65°C	Tk28 = -102°C	T50 = -20°C	Tk28 = -59°C
10x5	T50 = -80°C	Tk28 = -100°C	T50 = -43°C	Tk28 = -70°C

Travaux expérimentaux - En ZAT

L'interprétation apparait réellement délicate pour les ZAT.

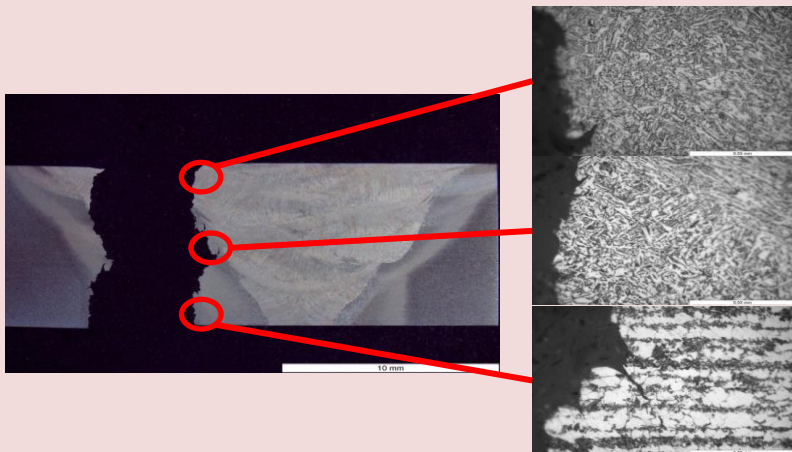
- ▶ Les valeurs peuvent être fortement influencées par le prélèvement
- ▶ Les résultats sont variables en fonction de l'énergie de soudage.

	Es = 0,7 kJ/mm		Es = 2,0 kJ/mm	
10x10	T50 = -65°C	Tk28 = -96°C	T50 = -31°C	Tk28 = -48°C
10x7,5	T50 = -60°C	Tk28 = -108°C	T50 = -25°C	Tk28 = -57°C
10x5 racine	T50 = -86°C	Tk28 = -155°C	T50 = -65°C	Tk28 = -100°C
10x5 mi- épaisseur	T50 = -62°C	Tk28 = -155°C	T50 = -30°C	Tk28 = -55°C

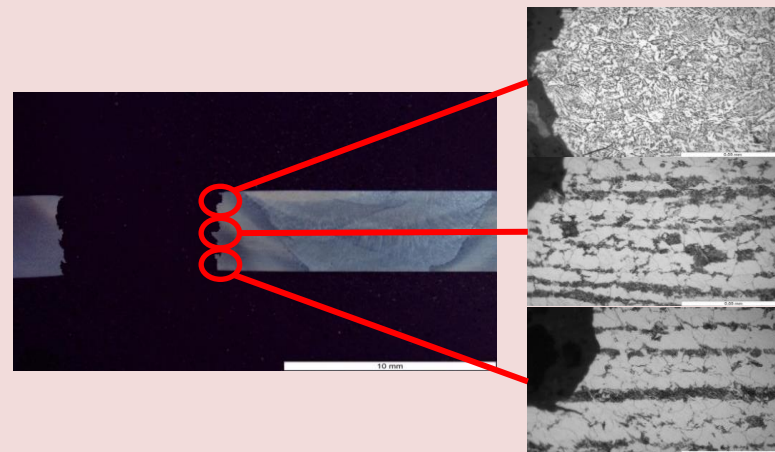
Travaux expérimentaux en ZAT

11.10.2016

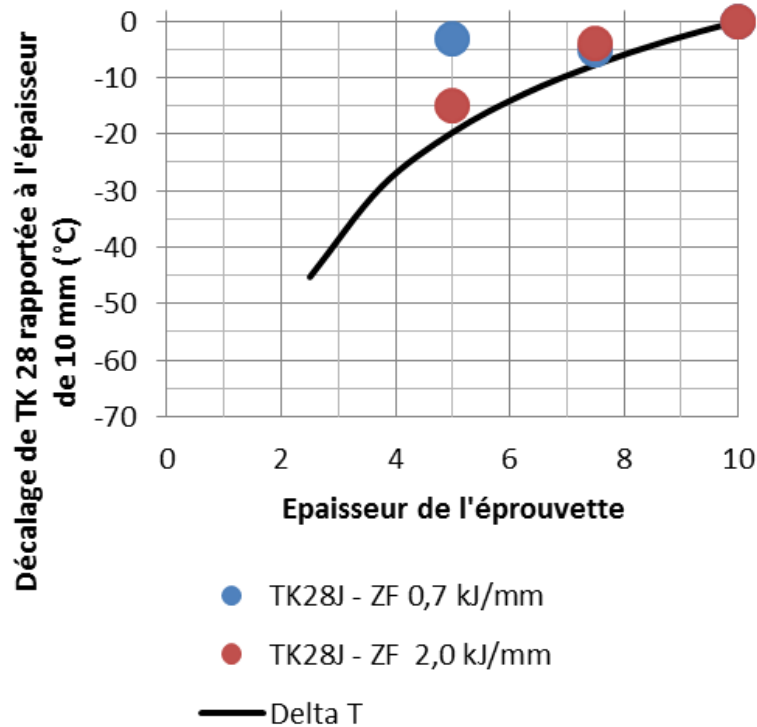
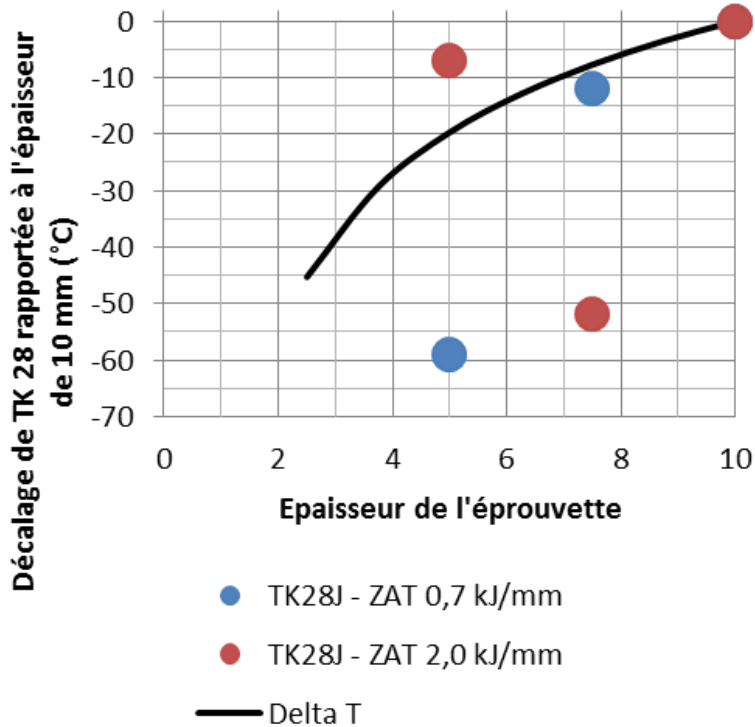
0,7 kJ/mm – Epreuve Ep. 10 mm



0,7 kJ/mm – Epreuve Ep. 5 mm



Décalage des températures Tk28



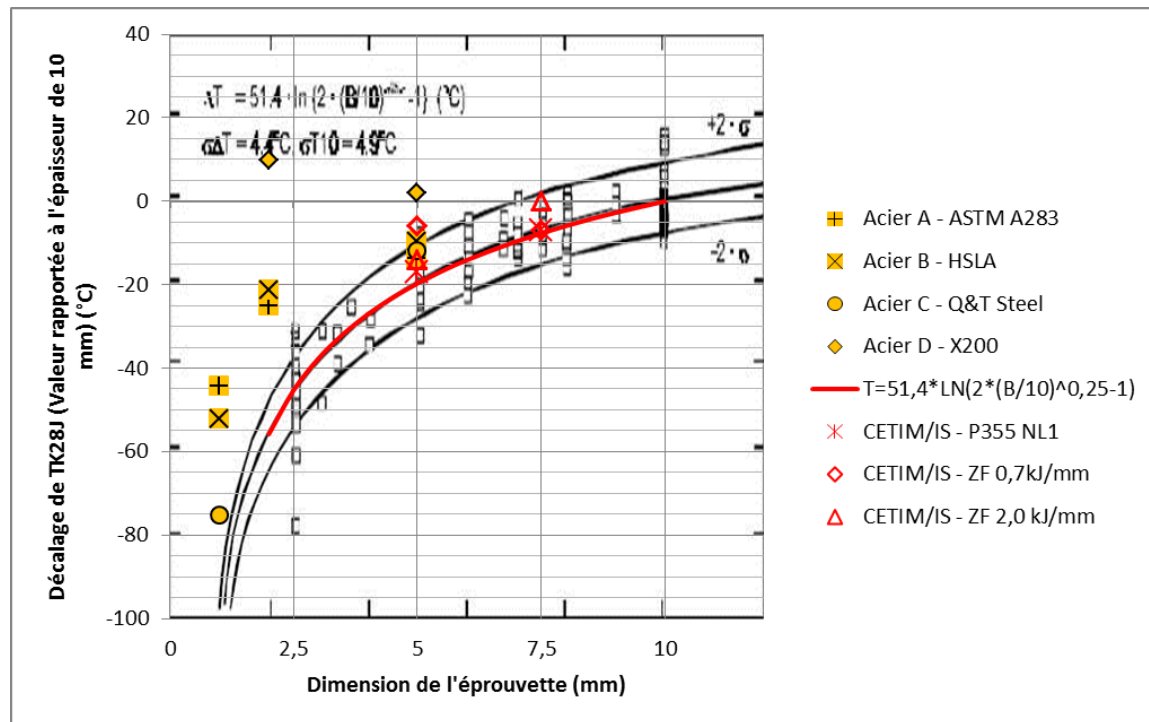
Les résultats de la littérature – la formule SINTAP

Ne pas oublier la dispersion

▶ Sigma = 4,4°C

Comment en faire une règle avec une telle dispersion

▶ +/-9°C pour avoir 95% des cas



[McNicol R.C. (1965), Correlation of Charpy Test Results for standard and nonstandard size sepcimens, Welding Research, Welding Journal]

[Banister AC, (1998)SINTAP - SUB-TASK 3.3 REPORT: FINAL ISSUE - DETERMINATION OF FRACTURE TOUGHNESS FROM CHARPY IMPACT ENERGY: PROCEDURE AND VALIDATION]

A retenir

Pour le métal de base, une approche de type SINTAP serait possible ... mais il ne faut pas oublier l'écart-type (très important) de la courbe proposée pour le décalage de la température.

Pour les structures soudées : ZAT et Métal Fondu

- ▶ La structure métallurgique rencontrée semble être un point important
- ▶ Une éprouvette de 10x5 apparaît comme inadéquate par son côté trop ponctuel
 - ▶ Plus l'énergie de soudage est élevée plus la « lecture » des résultats devient aléatoire

50.



Vers le futur