

Dossier de construction du Réseau:		DMD0456-F011B		N° de demande: YQ00-336656668-2016	
				Validé le: 12/01/2023	
<p>Matériau: Inco 718 TTH: R1</p> <p>Applicable: PIECES FORGEES G=7-9 SELON DMC0250</p> <p>Classe d'Applicable: PIECES FORGEES G=7-9</p> <p>Niveau statistique: Mini</p>					
Objectif:		Officialisation du réseau DMW0456-F527B			
1) Les Courbes de fatigue:					
Températures (°C)	Courbes	Bornes des courbes en Cycles	Catégorie	Niveau Stat	Valeur de K et de l'écart-type
-60	idem 20°C			-	
20	DMD0456-4058A	2146 à 2e6	II	Mini	
200	DMD0456-4059A	1700 à 2e6	II	Mini	
350	DMD0456-4060A	1362 à 2e6	II	Mini	
450	DMD0456-4061A	1190 à 2e6	II	Mini	
550	DMD0456-4062A	1362 à 2e6	II	Mini	
650	DMD0456-4063A	836 à 2e6	II	Mini	
700	extrapolation			-	
*Les courbes surlignées en orange sont les courbes interpolées ou extrapolées dans le Réseau à partir des courbes sources (voir paragraphe 3)					
*Les autres courbes sont les courbes sources					
2) Propriétés de Traction et coefficients de Walker					
Les propriétés de Traction et les coefficients de Walker utilisés pour la construction du Réseau sont présentés dans le tableau ci-dessous:					
Propriétés	Courbes	Commentaires			
Rm	DMD0456-2001D	Les Valeurs de Rm et A% sont prises au niveau statistique Mini pour la construction du Réseau de Fatigue Mini DMD0456-F011A			
A%	DMD0456-2038A				
E	DMD0456-1001A	Les Valeurs de Module sont prises au niveau statistique Moyen pour le DMD0456-F011A et DMW0456-F527B			
Coeff. Walker	DMD0456-4050A				
3) Extrapolations & Interpolation :					
A) Interpolations en Température: Voir Note DMP-00047863/A					
Les interpolations en température, entre les températures des courbes LCF, tous le X° ont été réalisées en utilisant le modèle suivant :					
$(1) f(x(T)) = \log(x(T))$ $(2) f(x(T)) = (1 - \theta) * f(x(T_{inf})) + \theta * f(x(T_{sup}))$ $(3) \theta = \frac{(T - T_{inf})}{(T_{sup} - T_{inf})}$					
* Avec T = Température de calcul de durée de vie (DDV) , x = nombre de cycle, Tinf et Tsup les températures encadrant la température de calcul et appartenant aux températures de définition des courbes LCF, et θ le paramètre d'interpolation					
Les données d'entrée permettant de réaliser ces interpolations en température sont fournis dans les fichiers .BMAT					
B) Valeurs d'Extrapolation à 1 cycle:					
Les courbes du Réseau sont fermées à 1 cycle en prolongeant la population 1 (correspondant à l'amorçage en surface) réidentifiée du réseau DMD0456-F011A (cf. droite jaune dans la définition du modèle mathématique)					
C) Extrapolations à haute durée de vie:					
Extrapolations appliquées ici à haute durée de vie :					
Fermeture à 0,01 en contrainte à 1E15 cycles					

Dossier de construction du Réseau:

DMD0456-F011B

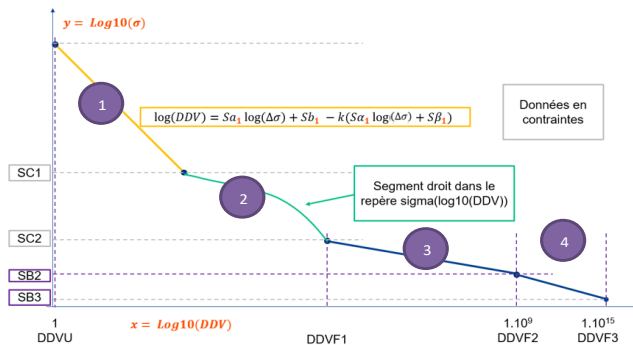
N° de demande: YQ00-336656668-2016

Validé le: 12/01/2023

4) Modèle mathématique

A) Présentation du modèle à la température souhaitée :

Important : L'utilisation du modèle présenté ne permet pas de prendre en compte toutes les règles standards utilisées pour réaliser les fermetures à 1 cycle ainsi que les fermetures à hautes durées de vies. Le modèle défini ci-dessous est un modèle simplifié développé pour l'inco 718.



k : le nombre d'écart type pour l'abattement (ici k=3)

Sa1 et Sb1 : coefficients du modèle linéaire en log-log

Sa1 et Sb1 : coefficients de l'écart type variable

SC1 et SC2 : les positions en contraintes du début et de la fin du coude

SB2 et SB3 : les positions en contraintes respectivement à DDVF2 et DDVF3

DDVF1 : la durée de vie à la fin du coude 2 (population 2)

DDVF2 et DDVF3 : la durée de vie respectivement égale à 1E9 et 1E15 cycles

Le réseau DMW0456-F527B a été construit en suivant le modèle ci-dessus :

Le modèle est construit en 4 morceaux définis sur des plages de contraintes ou des plages de durées de vie et décrits dans tableau ci-dessous :

Morceaux	Modèles mathématiques	Bornes	Commentaires
1	$\log(DDV) = Sa1 \log(\Delta\sigma) + Sb1 - k (Sa1 \log(\Delta\sigma) + Sb1)$	DDVU (cycles) à SC1 (Mpa)	Population 1 du modèle bimodal
2	du type : $\log(DDV) = a \Delta\sigma + b$	SC1 à SC2 (Mpa)	Population 2 du modèle bimodal
3	du type : $\log(DDV) = a \log(\Delta\sigma) + b$	DDVF1 à 1E9 (cycles)	Extrapolation à haute durée de vie
4	du type : $\log(DDV) = a \log(\Delta\sigma) + b$	1E9 à 1E15 (cycles)	Fermeture du réseau

Remarques :

- Les points SC1 et SC2, définis en contraintes ici, sont les intersections entre les morceaux 1 et 2 et les morceaux 2 et 3.
- Pour avoir plus d'information sur le modèle présenté, il est possible de consulter la note : DMP-00047863/A. Cette note explique aussi la méthode utilisée pour réaliser les interpolations en températures des réseaux bimodaux de manière robuste.

B) Coefficients retenus :

Le réseaux étant mis à disposition au format .bmat, les coefficients définis précédemment dans le paragraphe A de la section 4 sont disponibles ci-dessous:

Temperature (°C)	Sa1	Sb1 (Cycles)	SC1 (Mpa)	SC2 (Mpa)	SB2 (Mpa)	DDVF1 (Cycles)
20 / 60	-3.44597977	13.95031453	363.073997	262.2512775	215.3291336	1058503.411
200	-3.585944873	14.28436487	446.0842712	253.07215	207.4487755	1087232.718
350	-3.702582466	14.54139886	467.9378832	253.9234511	208.207412	1083628.787
450	-3.702582479	14.48167344	476.6423212	266.0635985	217.6793007	1045126.516
550	-3.702582479	14.40281558	478.3562664	273.9068748	219.194596	1243059.161
650	-3.702582479	14.04157427	497.2075681	314.589013	203.0071755	1024313.215
700	-3.626085451	13.66456895	446.025961	280.0982491	180.1551459	1026335.819

A noter que :

- les coefficients Sa1 et Sb1 sont ici mis à 0 pour permettre une reconnaissance des coefficients sans avoir besoin de retrouver la valeur de l'écart-type
- le coefficient SB3 est égal à 0,01 Mpa

Dossier de construction du Réseau:

DMD0456-F011B

N° de demande: YQ00-336656668-2016

Validé le: 12/01/2023

4) Modèle mathématique

C) Présentation de la stratégie utilisée pour l'identification des paramètres du réseau de référence :

Identification des différents morceaux du modèle :

Pour différencier les différents morceaux du modèle mathématique défini précédemment dans le paragraphe A de la section 4, le réseau de référence a été dérivé. Ainsi il a été possible d'identifier facilement et visuellement les changements de pentes correspondants à des changements de sections dans le modèle.

La dérivée a été calculée comme ci-dessous :

$$(4) \frac{d\Delta\sigma}{dDDV_i} = \frac{(\Delta\sigma_i - \Delta\sigma_{i+1})}{(DDV_i - DDV_{i+1})}$$

Avec :

$\Delta\sigma_i$: la ième pseudo contrainte du réseau .roc

DDV_i : la ième durée de vie en nombre de cycles

$d\Delta\sigma / dDDV$: la dérivée de la pseudo contrainte par unité de DDV

Identification des paramètres du modèle par morceaux :

Une fois les 4 morceaux du modèle identifiés dans le réseau de référence, les paramètres ont été identifiés en utilisant la méthode des moindres carrés.

Les paramètres θ "optimaux" choisis minimisent au sens de la méthode des moindres carrés la quantité suivante :

$$(5) \sum_{i=1}^N (\Delta\sigma_i - f(DDV_i; \theta))^2 = \sum_{i=1}^N r_i(\theta)^2$$

Avec :

$\Delta\sigma_i$: la ième pseudocontrainte du réseau .roc

DDV_i : la ième durée de vie en nombre de cycles

$f(DDV; \theta)$: la prédiction donnée par le modèle

Ici les fonctions de prédiction qui ont été utilisées sont les fonctions définies dans le tableau du paragraphe 4.A.

θ étant les inconnues des équations, soit l'ordonnée à l'origine et le coefficient directeur.

Identification des coudes SC1 et SC2 :

Après avoir trouvé les paramètres θ optimaux minimisant les écarts entre le modèle de prédiction et le réseau de référence discrétisé, les coudes SC1 et SC2 ont été déterminés en recherchant l'intersection entre le morceau 1 et 2 et le morceau 2 et 3. Il n'a pas été décidé de prendre la valeur de durée de vie identifiée dans le profil des dérivées car les .roc étant discrétisés à certaines durées de vie, la valeur exacte du coude n'est pas forcément présente dans le fichier .roc. Cela peut donc générer des erreurs supplémentaires.

Dossier de construction du Réseau:		DMD0456-F011B	N° de demande:	YQ00-336656668-2016
			Validé le:	12/01/2023
5) Passages en CVCM et Commentaires:				
05/02/2022	<p>YQ00-336656668-1934: [DMD0456] Mise à jour des Réseaux LCF dans le cadre de l'optimisation des interpolations en T°C via Toscane</p> <p><u>Validation du réseau : DMW0456-F527A (Mise à jour du Réseau DMD0456-F011A)</u></p> <p>- Le Réseau est construit à partir d'un script externe à Toscane avec la méthode de construction présentée dans la Note DMP-00047863/A</p> <p>- On observe des écarts avec le Réseau DMD0456-F011A au niveau :</p> <p>* des extrapolations à 1 cycles (cela vient du fait que les fermetures à 1 cycle ont été réalisées à partir d'un prolongement linéaire de la pente identifiée en Pop1)</p> <p>* des extrapolations à haute durée de vie.</p> <p>Ces écarts observés sont pour la plupart conservatifs et/ou dans des zones jugées non critiques. Les Réseaux sont donc validés tels quels.</p> <p>Numéro de demande d'étude d'impact : YQ00-792588068-247</p>			
28/07/2022	<p>YQ00-336656668-1949 à [DMD0456] Tracé de Réseaux interpolés tous les 1°C</p> <p><u>Objet</u> : dans le cadre de l'optimisation de l'interpolation en température des réseaux pour les courbes bimodales, application de la méthode d'identification selon le modèle mathématique, présenté précédemment à la section 4) , aux réseaux Mini DMD0456-F011A applicable aux « PIECES FORGEES G=7-9 » et DMD0456-F008A applicable aux « PIECES FORGEES G=10-12 »</p> <p><u>Décisions</u> :</p> <p>La transformation du réseau DMD0456-F011A selon la méthode mathématique présentée à la section 4 donne un résultat satisfaisant très proche du tracé de référence. Le réseau obtenu DMW0456-F527B a été optimisé pour réduire les erreurs avec le réseau DMD0456-F011A. les coefficients directeurs et les ordonnées à l'origine ont été corrigés par rapport à la version DMW0456-F527A. Le réseau DMW0456-F527B est validé pour étude d'impact. Le réseau en version A ne sera pas implémenté dans Matépédia car il a simplement été utilisé pour étude d'impact afin de supprimer le risque du changement de méthode d'interpolation. Il n'existe pas non plus de dossier de construction spécifique pour ce réseau.</p> <p>Le réseau est passé de la version A à la version B pour améliorer :</p> <p>- la position des coudes en prenant l'intersection des populations 1 et 2</p> <p>- les coefficients identifiés pour réduire les écarts avec le DMD0456-F012A sur les populations 1 et 2.</p> <p><u>Implémentation dans Matépédia</u> :</p> <p>Nouveau formalisme au format BMAT (plus de format ROC pour les courbes bimodales)</p> <p>Le .ROC équivalent est à conserver avec un « Warning » sur serveur pour utilisateur averti et n'est pas à mettre dans Matépédia, les deux formalismes n'étant pas équivalents et pouvant dans certains cas donner des résultats en DDV un peu différents dûs à la discrétisation choisie dans les .ROC.</p>			
12/01/2023	<p>YQ00-336656668-2016 [DMD0456] Demande de passage DMW en DMD suite à étude d'impact des Réseaux LCF G=7-9 : DMW0456-F527B / DMW0456-F528B / DMW0456-F530A / DMW0456-F531A / DMW0456-F532A</p> <p><u>Décisions</u> :</p> <p>Validation du passage en DMD des 5 Réseaux DMW0456 G=7-9 :</p> <ul style="list-style-type: none">• DMD0456-F011B (officialisation du DMW0456-F527B (Mini))• DMD0456-F024B (officialisation du DMW0456-F531A (m-2s))• DMD0456-F012B (officialisation du DMW0456-F528B (m-4s))• DMD0456-F022B (officialisation du DMW0456-F532A (m-5s))• DMD0456-F013B (officialisation du DMW0456-F530A (m-6s)) <p>Les Réseaux suivants sont à Réformer :</p> <ul style="list-style-type: none">• DMD0456-F011A et DMW0456-F527B (Mini)• DMD0456-F024A et DMW0456-F531A (m-2s)• DMD0456-F012A et DMW0456-F528B (m-4s)• DMD0456-F022A et DMW0456-F532A (m-5s)• DMD0456-F013A et DMW0456-F530A (m-6s)			
Validé le :	Expert:	Personnes présentes:		
12/01/2023	J. LEBLANC	M. POIROT, A. BOUMAZA, M. AL KOTOB, J. DUMONT		

Dossier de construction du Réseau:

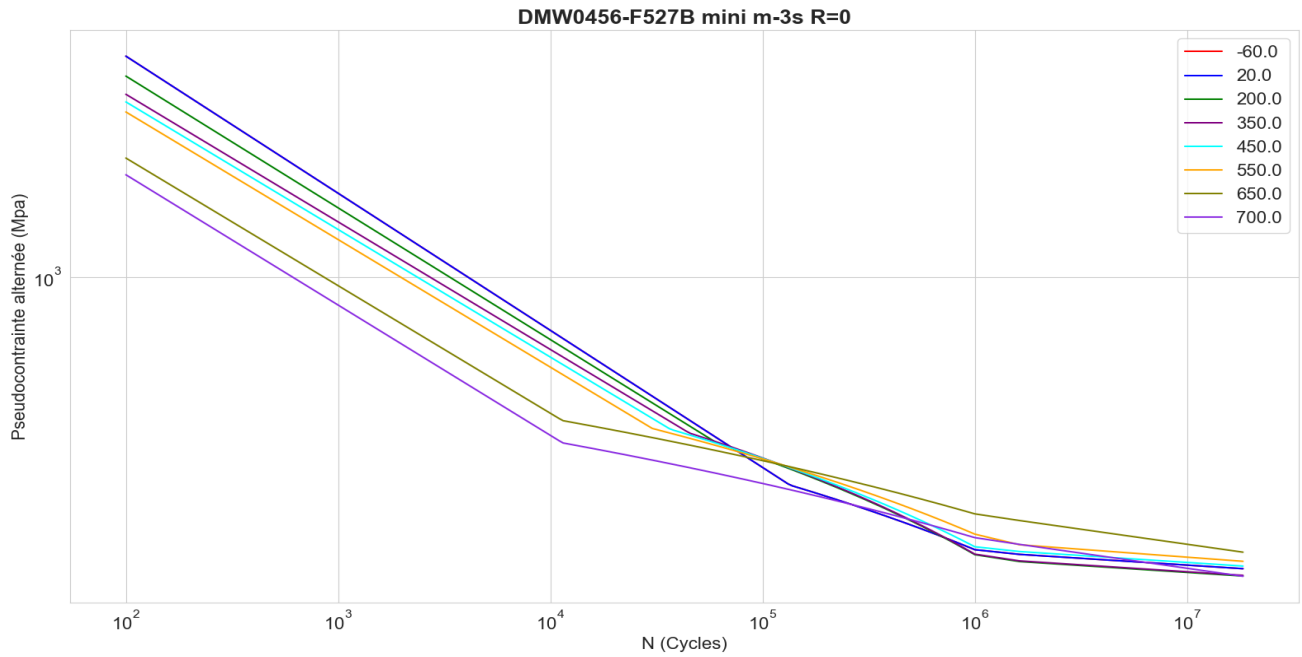
DMD0456-F011B

N° de demande: YQ00-336656668-2016

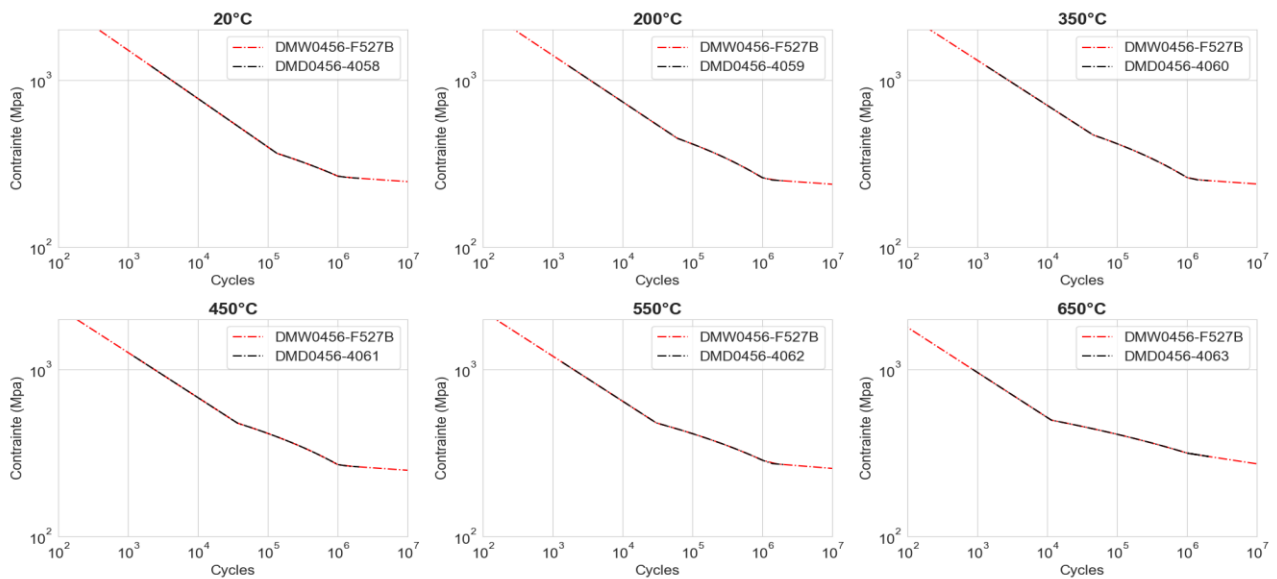
Validé le: 12/01/2023

ANNEXES

Superposition des Courbes du Réseau à R=0



Superposition des Courbes LCF aux courbes du Réseau à chaque T°C



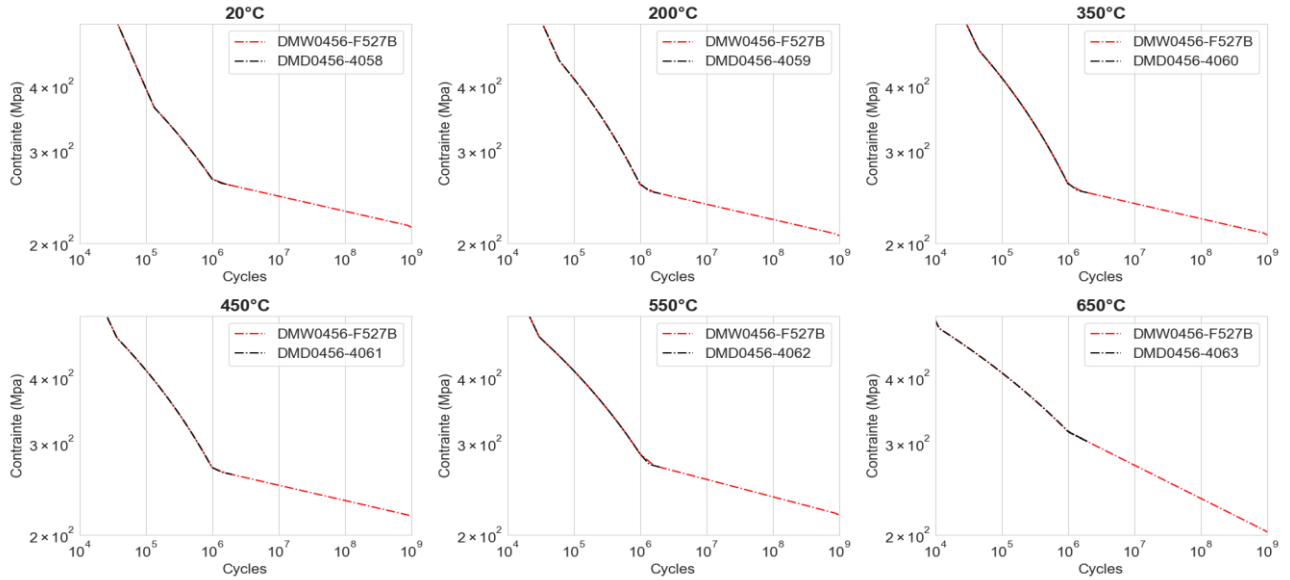
Dossier de construction du Réseau:

DMD0456-F011B

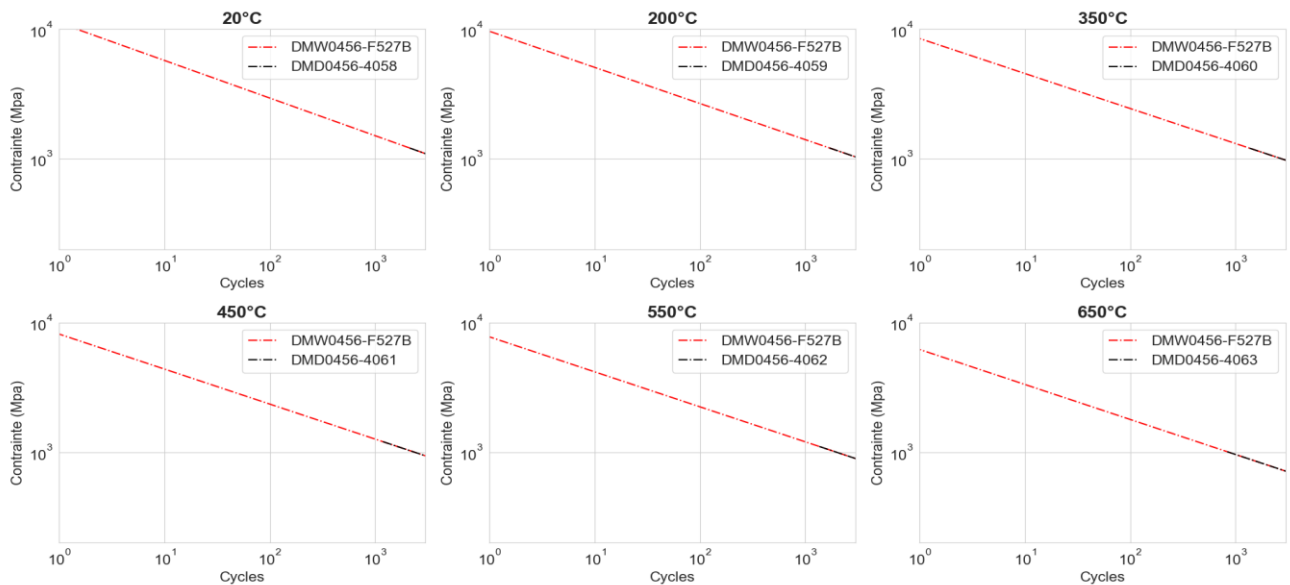
N° de demande: YQ00-336656668-2016

Validé le: 12/01/2023

Zoom sur les extrapolations à haute durée de vie



Zoom sur les extrapolations à basses durées de vie



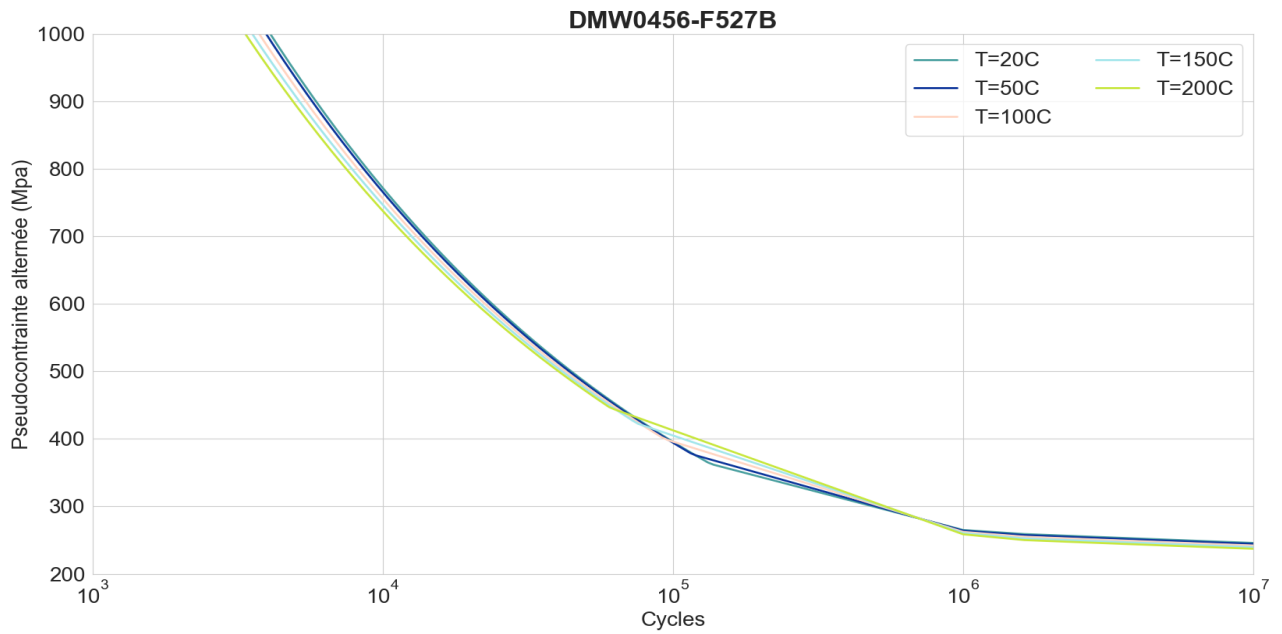
Dossier de construction du Réseau:

DMD0456-F011B

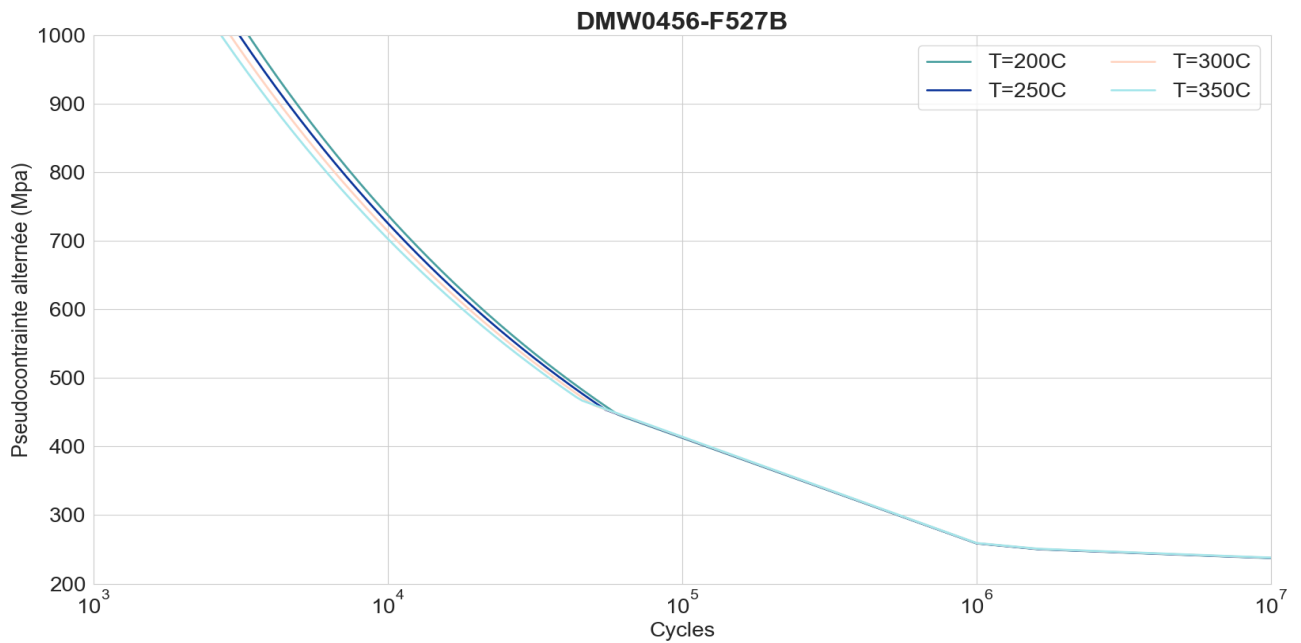
N° de demande: YQ00-336656668-2016

Validé le: 12/01/2023

Interpolation en température du réseau entre 20°C et 200°C



Interpolation en température du réseau entre 200°C et 350°C



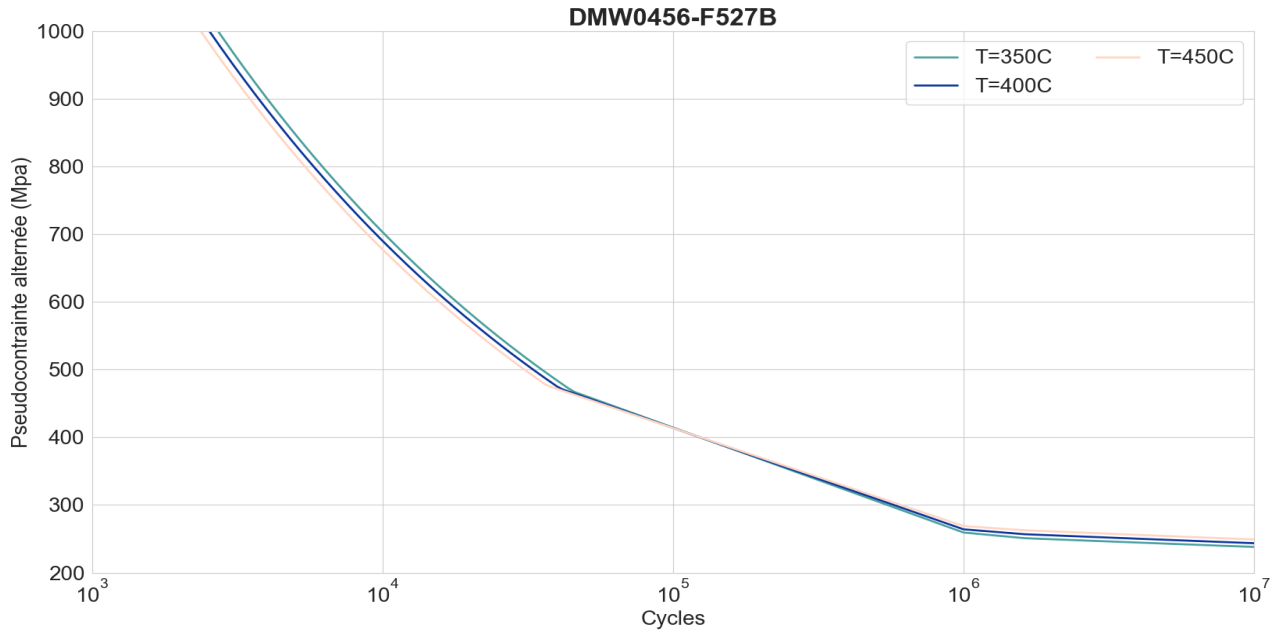
Dossier de construction du Réseau:

DMD0456-F011B

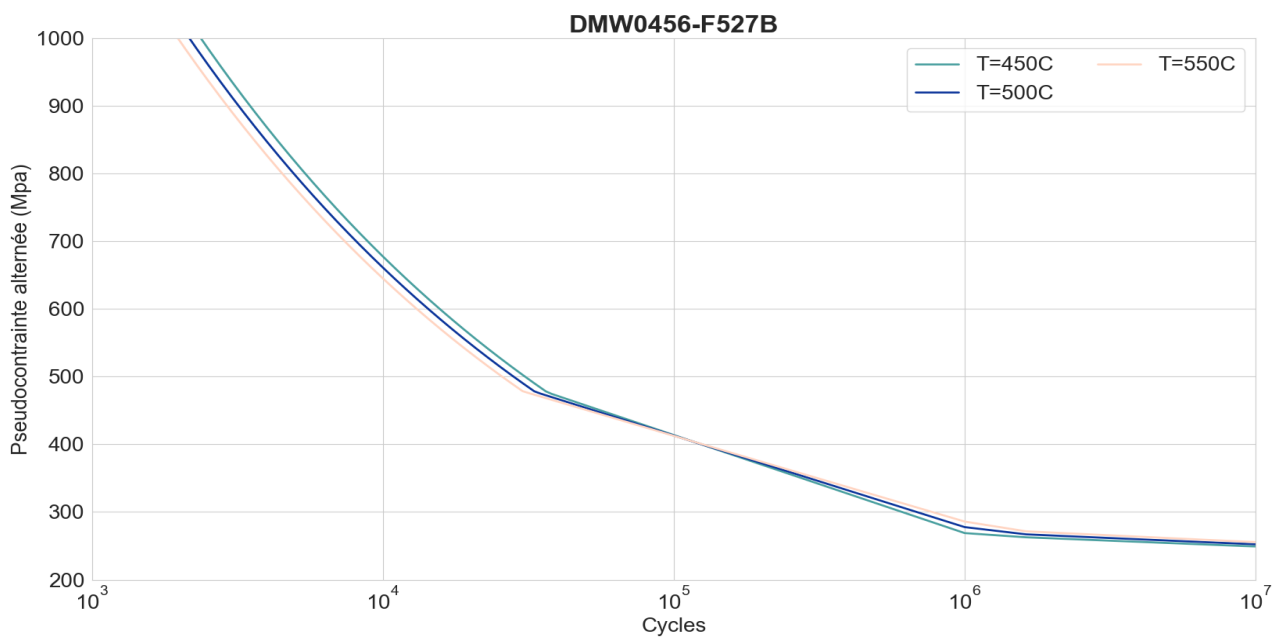
N° de demande: YQ00-336656668-2016

Validé le: 12/01/2023

Interpolation en température du réseau entre 350°C et 450°C



Interpolation en température du réseau entre 450°C et 550°C



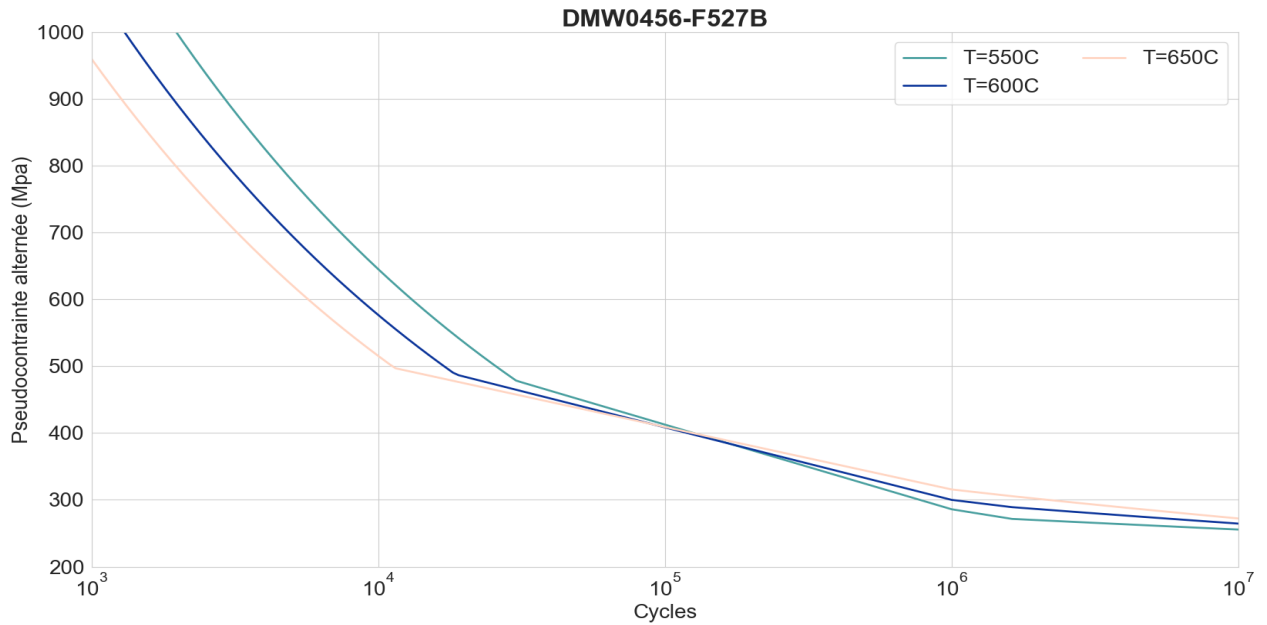
Dossier de construction du Réseau:

DMD0456-F011B

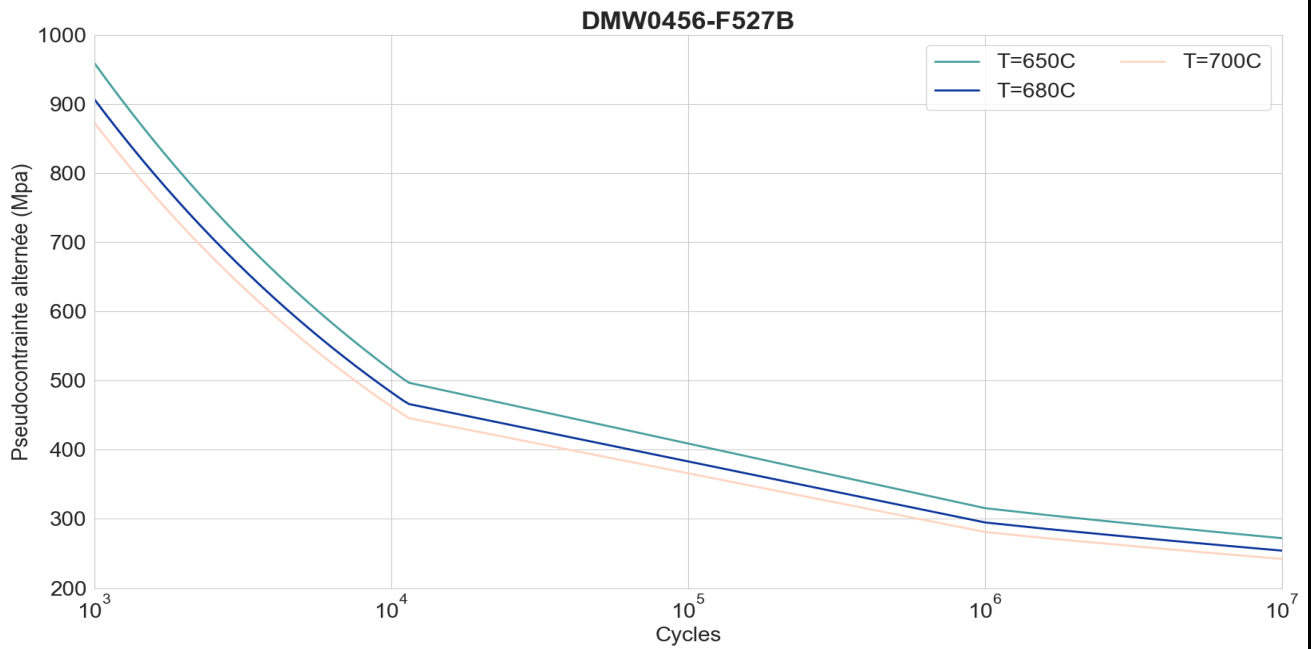
N° de demande: YQ00-336656668-2016

Validé le: 12/01/2023

Interpolation en température du réseau entre 550°C et 650°C



Interpolation en température du réseau entre 650°C et 700°C



Dossier de construction du Réseau:

DMD0456-F011B

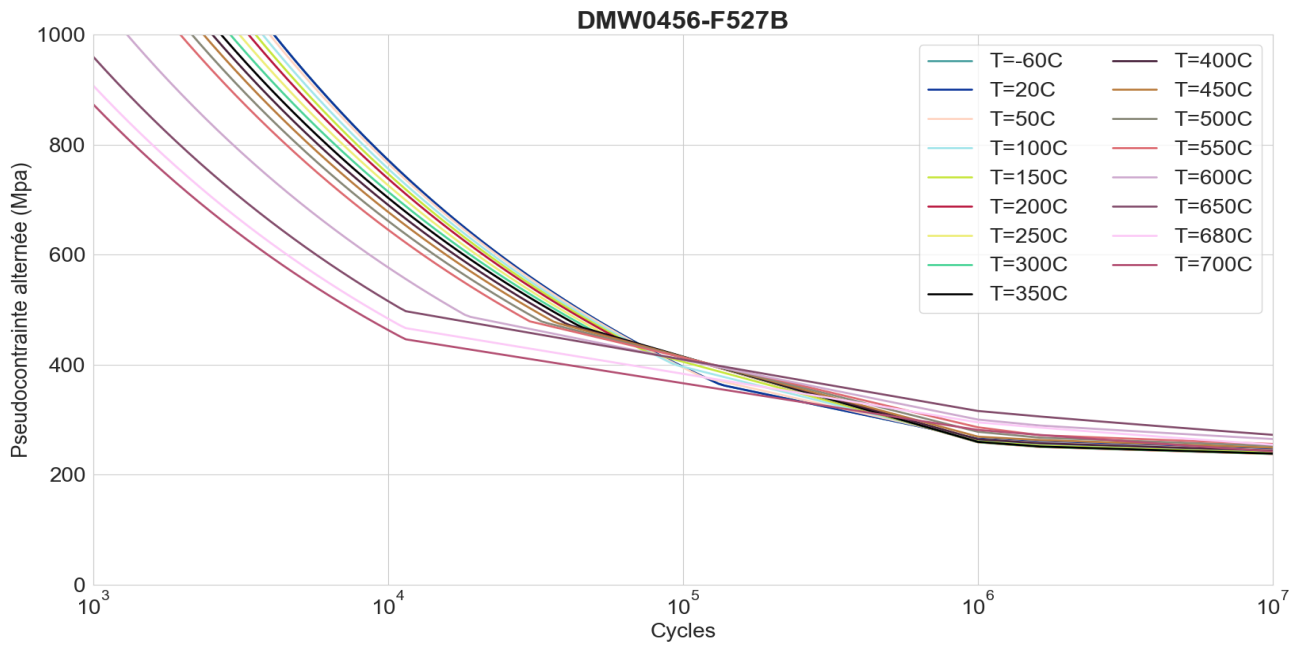
N° de demande:

YQ00-336656668-2016

Validé le:

12/01/2023

Superposition des courbes du réseau LCF avec les interpolations en température



Superposition des Courbes du Réseau à R=0 ZOOM

