

Dossier de construction du Réseau:		DMW0456-F529A		N° de demande: YQ00-336656668-1949	
				Validé le: 28/07/2022	
<p>Matériau: Inco 718 TTH: R1</p> <p>Applicable: PIECES FORGEES G=10-12 SELON DMC0250</p> <p>Classe d'Applicable: PIECES FORGEES G=10-12</p> <p>Niveau statistique: Mini</p>					
Objectif:	Réidentifier les paramètres des différents modèles par morceau du réseau bimodal DMD0456-F008A afin de définir un modèle d'interpolation en température plus robuste en utilisant le format .BMAT				
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	DMD0456-4052A	6918 à 2e6	II	Mini	
200	DMD0456-4053A	4073 à 2e6	II	Mini	
350	DMD0456-4054A	5248 à 2e6	II	Mini	
450	DMD0456-4055A	2884 à 2e6	II	Mini	
550	DMD0456-4056A	2344 à 2e6	II	Mini	
650	DMD0456-4057A	2398 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-F008A			
A%	DMD0456-2003C				
E	DMD0456-1001A	Les Valeurs de Module sont prises au niveau statistique Moyen pour le DMD0456-F008A et DMW0456-F529A			
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 (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:

DMW0456-F529A

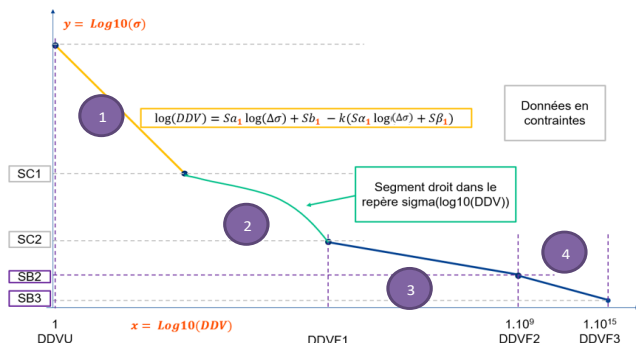
N° de demande: YQ00-336656668-1949

Validé le: 28/07/2022

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-F529A 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	-3.445979769	13.95031452	382.7386236	313.2314255	220.5747657	3751099.01
200	-3.58594488	14.28436492	440.8377278	316.8520363	229.2611865	5984843.11
350	-3.70258248	14.54139893	529.2024058	339.4164832	243.013955	2356739.647
450	-3.702582482	14.48167347	578.2644346	358.1079997	234.8444419	2182816.687
550	-3.702582494	14.40281565	615.6616253	368.0210925	234.3430824	2506259.982
650	-3.702582548	14.04157449	638.1682704	355.3381849	237.850013	1711220.628
700	-3.702582475	13.8532354	567.6338829	316.0639666	211.5613202	1711220.535

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:	DMW0456-F529A	N° de demande: YQ00-336656668-1949 Validé le: 28/07/2022
4) Modèle mathématique		
C) Présentation de la stratégie utilisée pour l'identification des paramètres du réseau de référence :		
<p><u>Identification des différents morceaux du modèle :</u></p> <p>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.</p> <p>La dérivée a été calculée comme ci-dessous :</p> $(4) \frac{d\Delta\sigma}{dDDV_i} = \frac{(\Delta\sigma_i - \Delta\sigma_{i+1})}{(DDV_i - DDV_{i+1})}$ <p>Avec :</p> <p>$\Delta\sigma_i$: 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</p> <p style="color: red;">note : Pour ce réseau cette méthode à montrer plus de morceaux que prévu par le modèle mathématique présenter. Il a donc été décider de suivre au mieu le réseau de référence de 1e6 cycles à 1e7 cycles.</p> <p><u>Identification des paramètres du modèle par morceaux :</u></p> <p>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.</p> <p>Les paramètres θ "optimaux" choisis minimisent au sens de la méthode des moindres carrés la quantité suivante :</p> $(5) \sum_{i=1}^N (\Delta\sigma_i - f(DDV_i; \theta))^2 = \sum_{i=1}^N r_i(\theta)^2$ <p>Avec :</p> <p>$\Delta\sigma_i$: 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</p> <p>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.</p> <p><u>Identification des coudes SC1 et SC2 :</u></p> <p>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.</p>		

Dossier de construction du Réseau: DMW0456-F529A		N° de demande: YQ00-336656668-1949
		Validé le: 28/07/2022
5) Passages en CVCM et Commentaires:		
22/06/2022	<p>YQ00-336656668-1949 à [DMD0456] Tracé de Réseaux interpolés tous les 1°C</p> <p>Objet : 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) , au réseau Mini DMD0456-F008A applicable aux « PIECES FORGEES G=10-12 »</p> <p>Décisions :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ajout de graphique pour quantifier les écarts entre le réseau DMD0456-F008A et la réidentification proposer du réseau en utilisant le modèle mathématique de la section 4). - Fournir un .roc interpolé tous les 1°C pour permettre au bureau d'étude de faire leurs comparaisons et un .bmat. <p>note : Les coefficients retrouver dans le dossier de construction du réseau DMD0456-F008A ne permettent pas de tracer le réseau en contrainte.</p>	
28/07/2022	<p>YQ00-336656668-1949 à [DMD0456] Tracé de Réseaux interpolés tous les 1°C</p> <p>Objet : 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) , au réseau Mini DMD0456-F008A applicable aux « PIECES FORGEES G=10-12 »</p> <p>Décisions :</p> <p>La transformation du réseau DMD0456-F008A selon la méthode mathématique présentée à la section 4 donne un résultat satisfaisant très proche du tracé de référence jusqu'à 1e6 cycles. Le réseau DMW0456-F529A est validé pour étude d'impact. La méthode utilisée pour la réidentification ici donne des résultats plus en écart sur les hautes durées de vie. Cela s'explique par les limites du modèle mathématique développer pour l'inco car il n'y a pas assez de point pour décrire réellement le réseau DMD0456-F008A. Les écarts sont acceptés dans l'état.</p> <p>Implémentation dans Matépédia :</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>	
Validé le :	Expert:	Personnes présentes:
28/07/2022	A. Longuet	M. POIROT, A. BOUMAZA, M. AL KOTOB, J. DUMONT

Dossier de construction du Réseau:

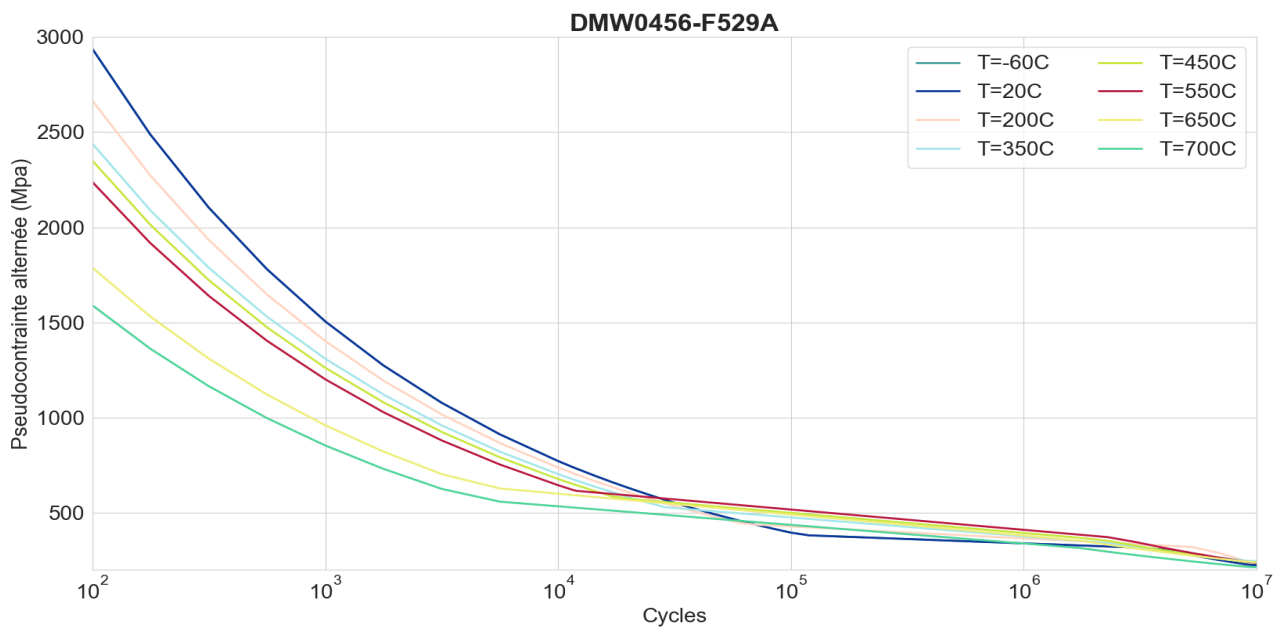
DMW0456-F529A

N° de demande: YQ00-336656668-1949

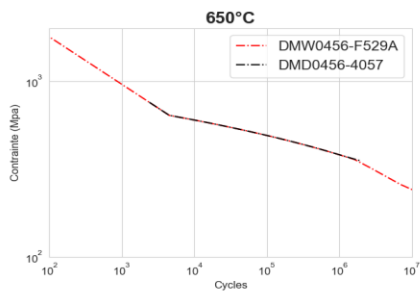
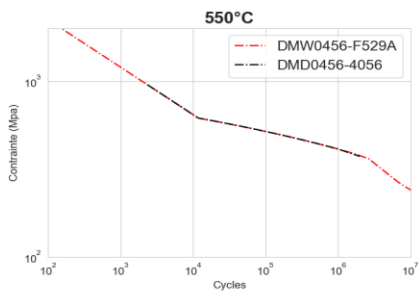
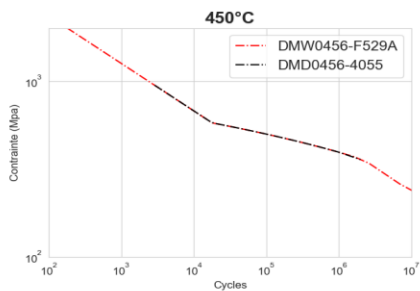
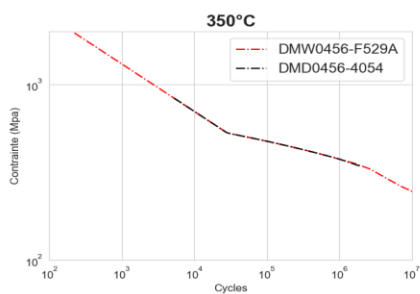
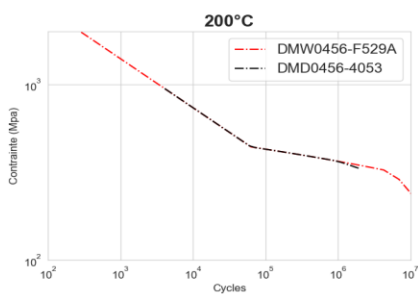
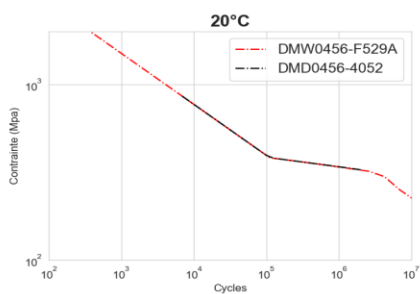
Validé le: 28/07/2022

ANNEXES

Superposition des Courbes du Réseau à R=0



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



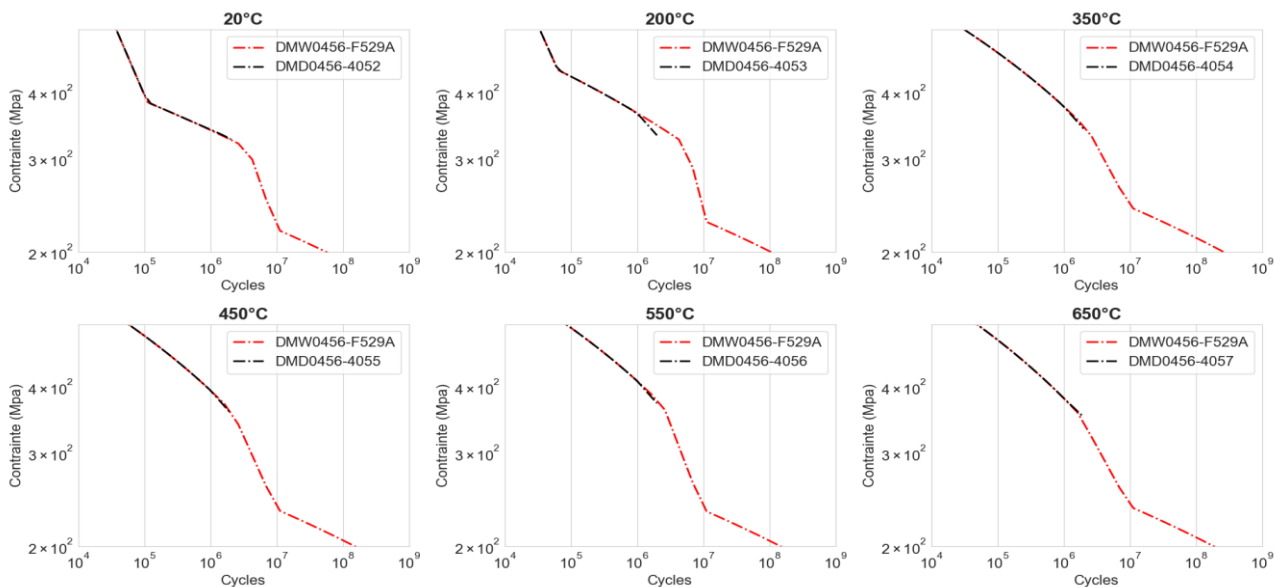
Dossier de construction du Réseau:

DMW0456-F529A

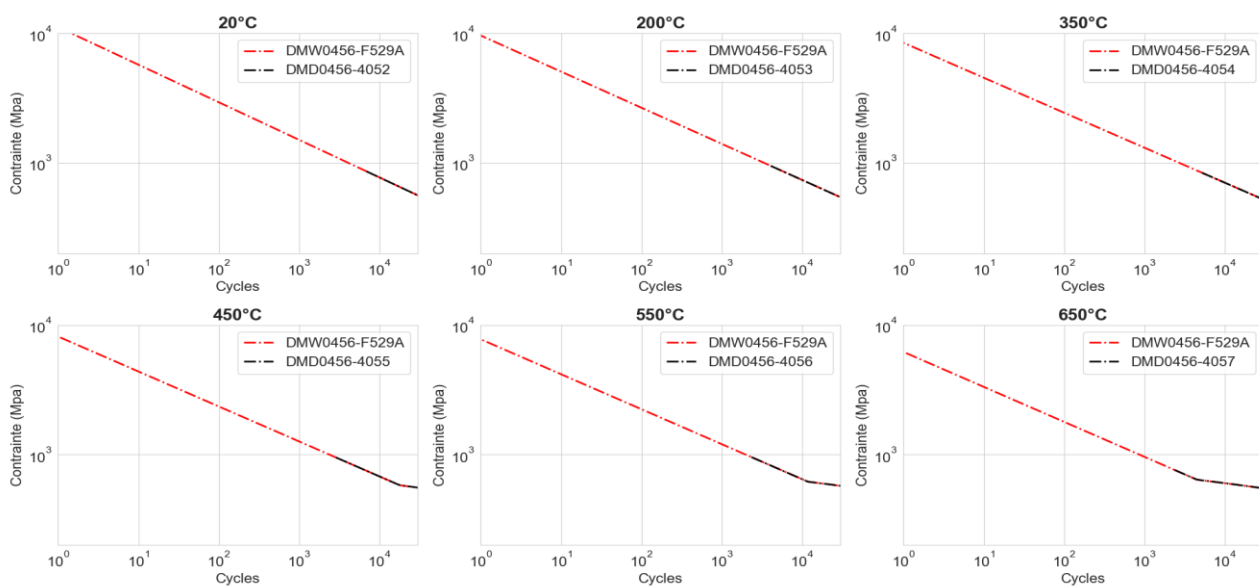
N° de demande: YQ00-336656668-1949

Validé le: 28/07/2022

Zoom sur les extrapolations à haute durée de vie



Zoom sur les extrapolations à basses durées de vie



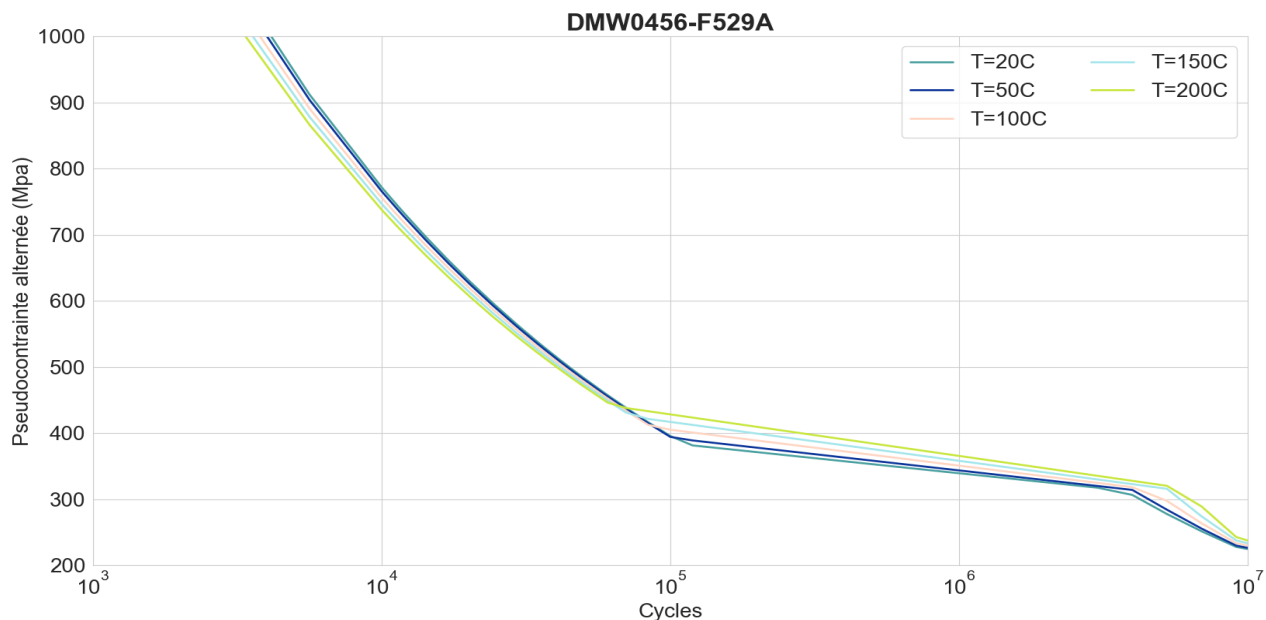
Dossier de construction du Réseau:

DMW0456-F529A

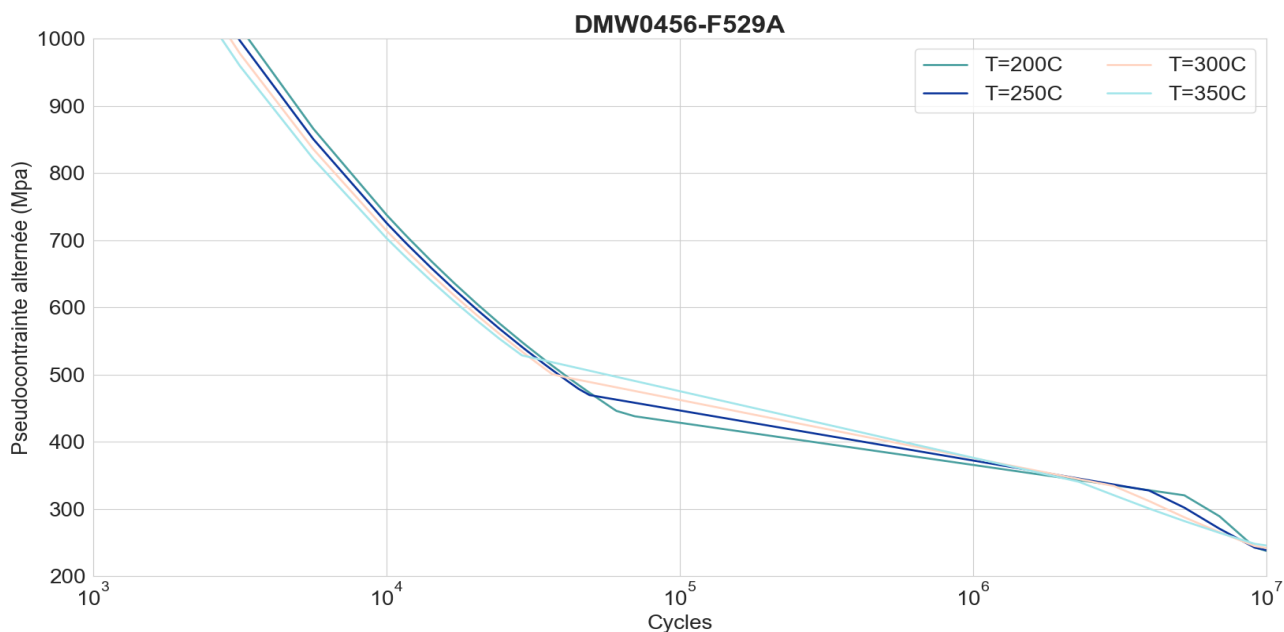
N° de demande: YQ00-336656668-1949

Validé le: 28/07/2022

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:

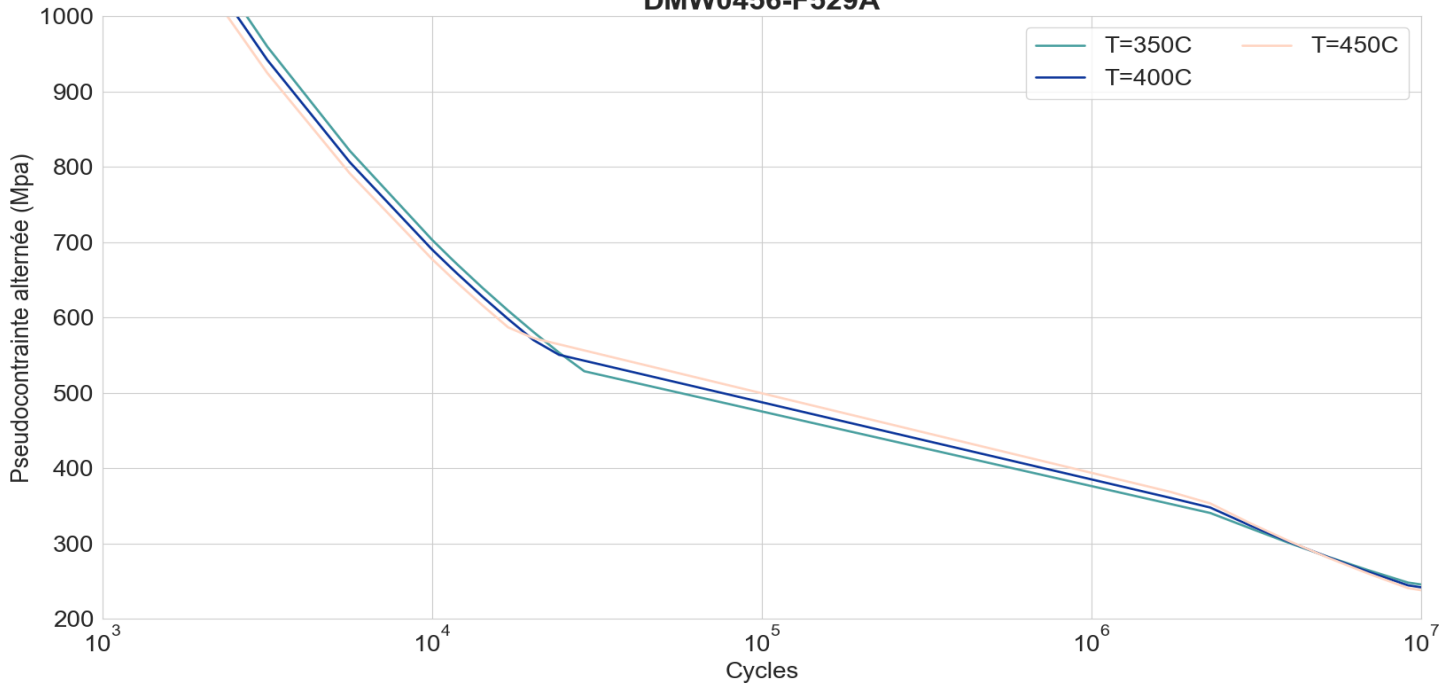
DMW0456-F529A

N° de demande: YQ00-336656668-1949

Validé le: 28/07/2022

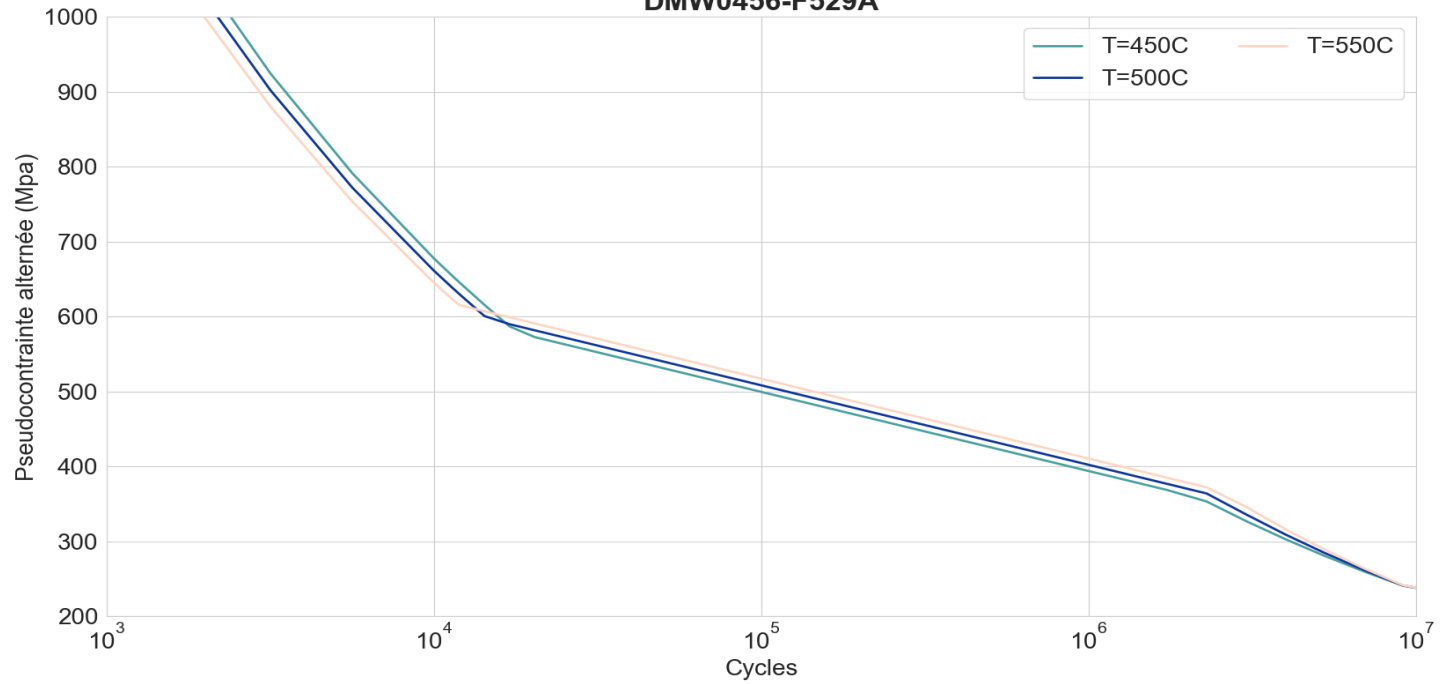
Interpolation en température du réseau entre 350°C et 450°C

DMW0456-F529A



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

DMW0456-F529A



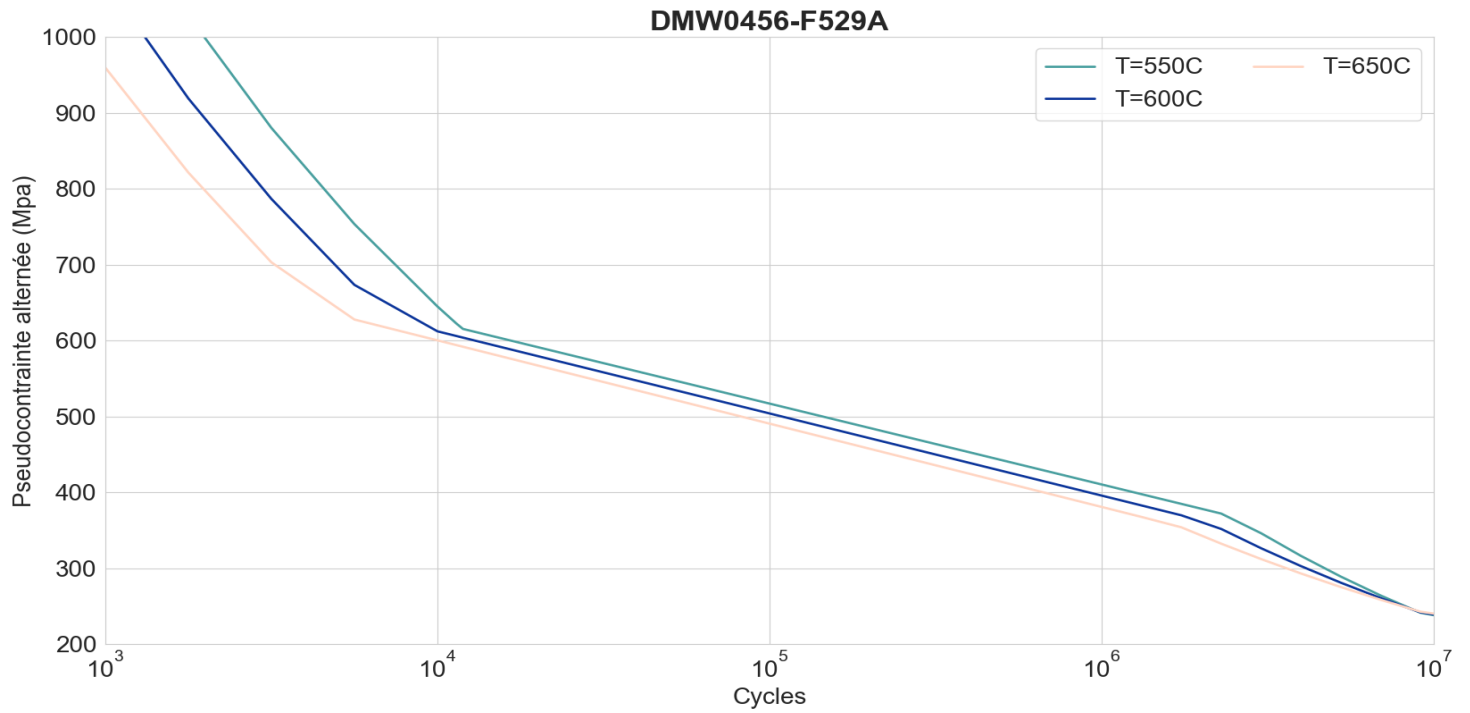
Dossier de construction du Réseau:

DMW0456-F529A

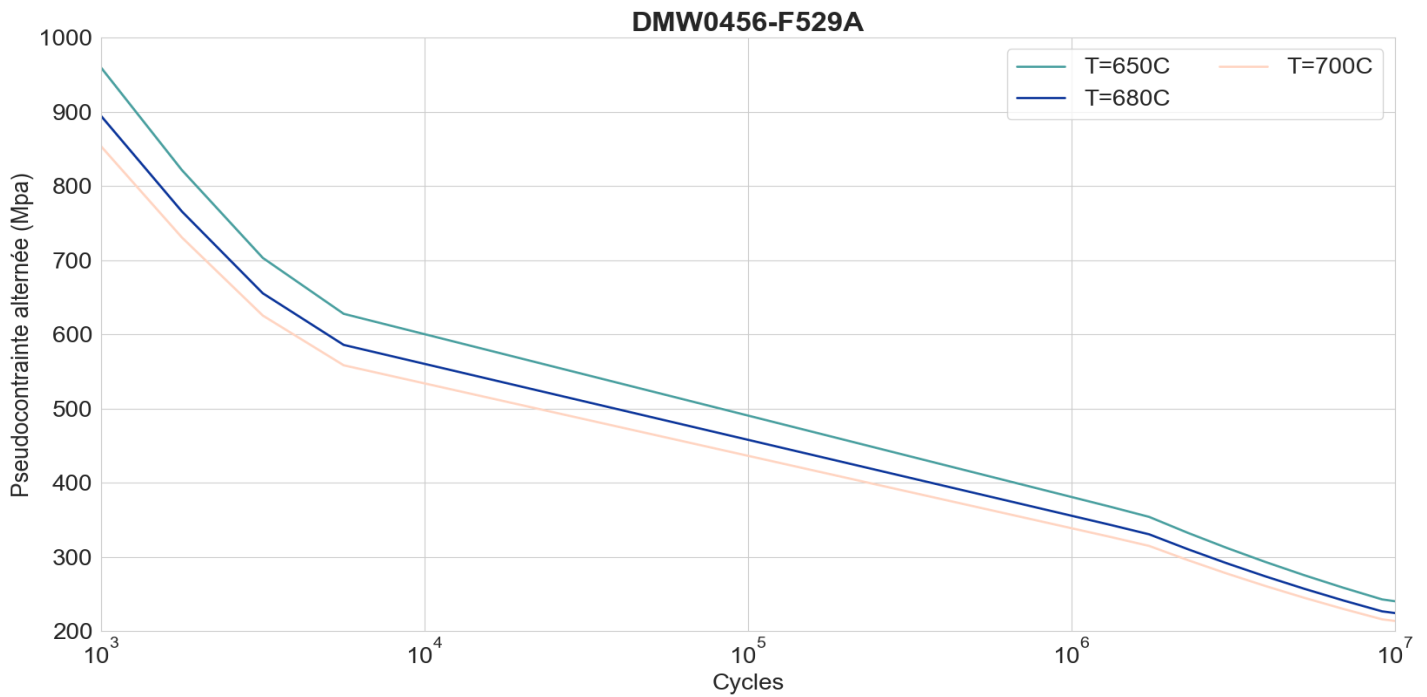
N° de demande: YQ00-336656668-1949

Validé le: 28/07/2022

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:

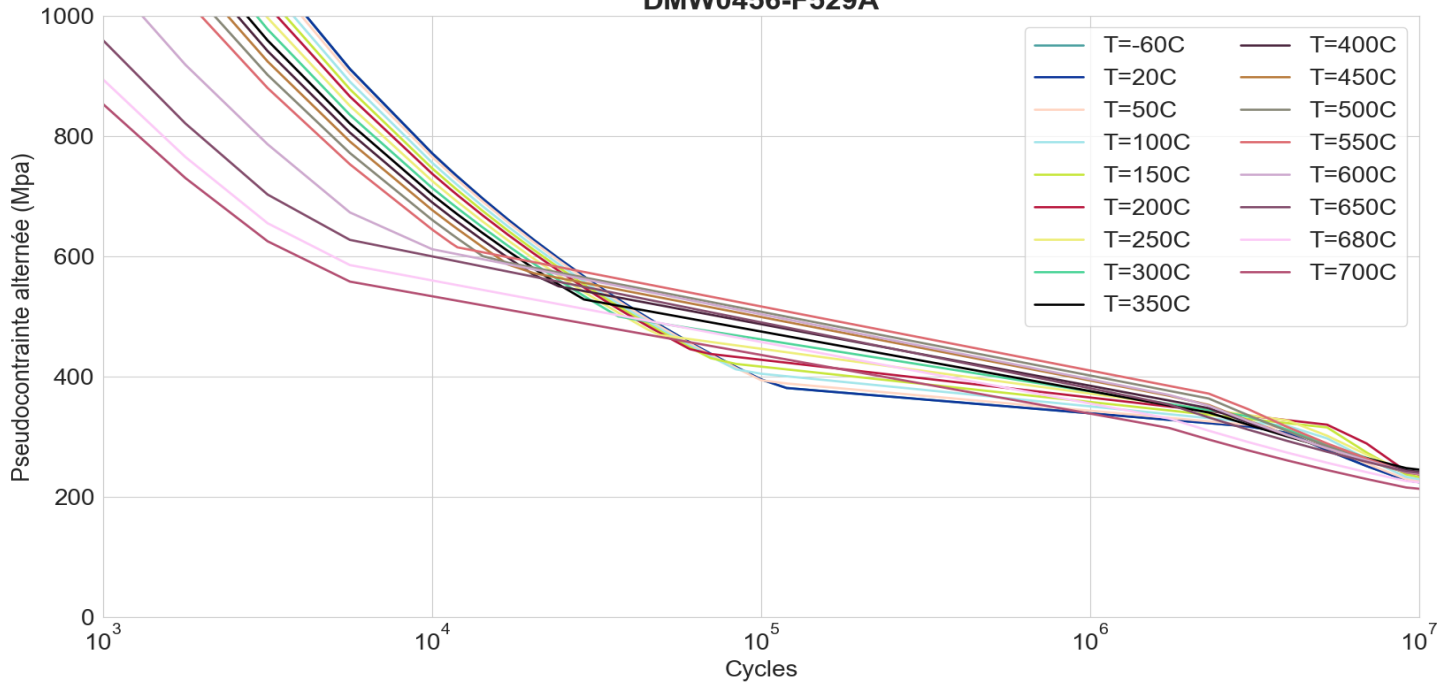
DMW0456-F529A

N° de demande: YQ00-336656668-1949

Validé le: 28/07/2022

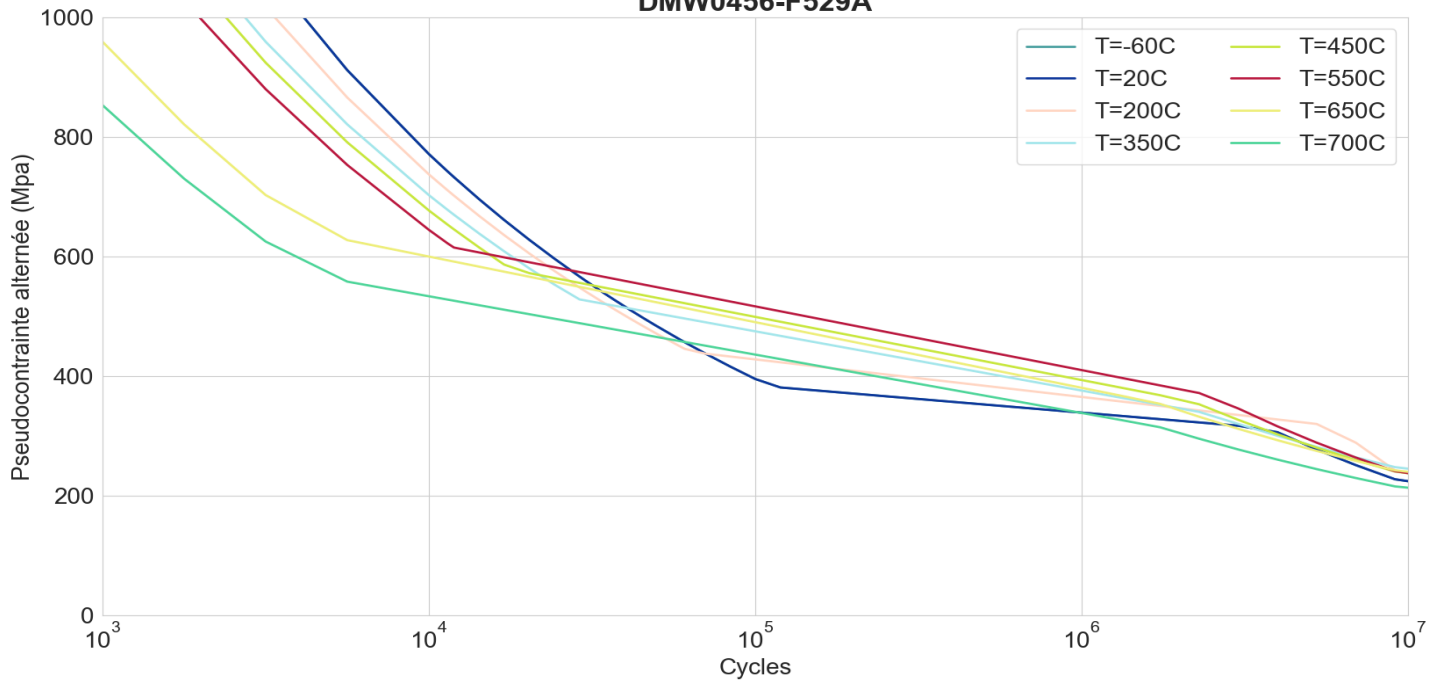
Superposition des courbes du réseau LCF avec les interpolations en température

DMW0456-F529A



Superposition des Courbes du Réseau à R=0 ZOOM

DMW0456-F529A



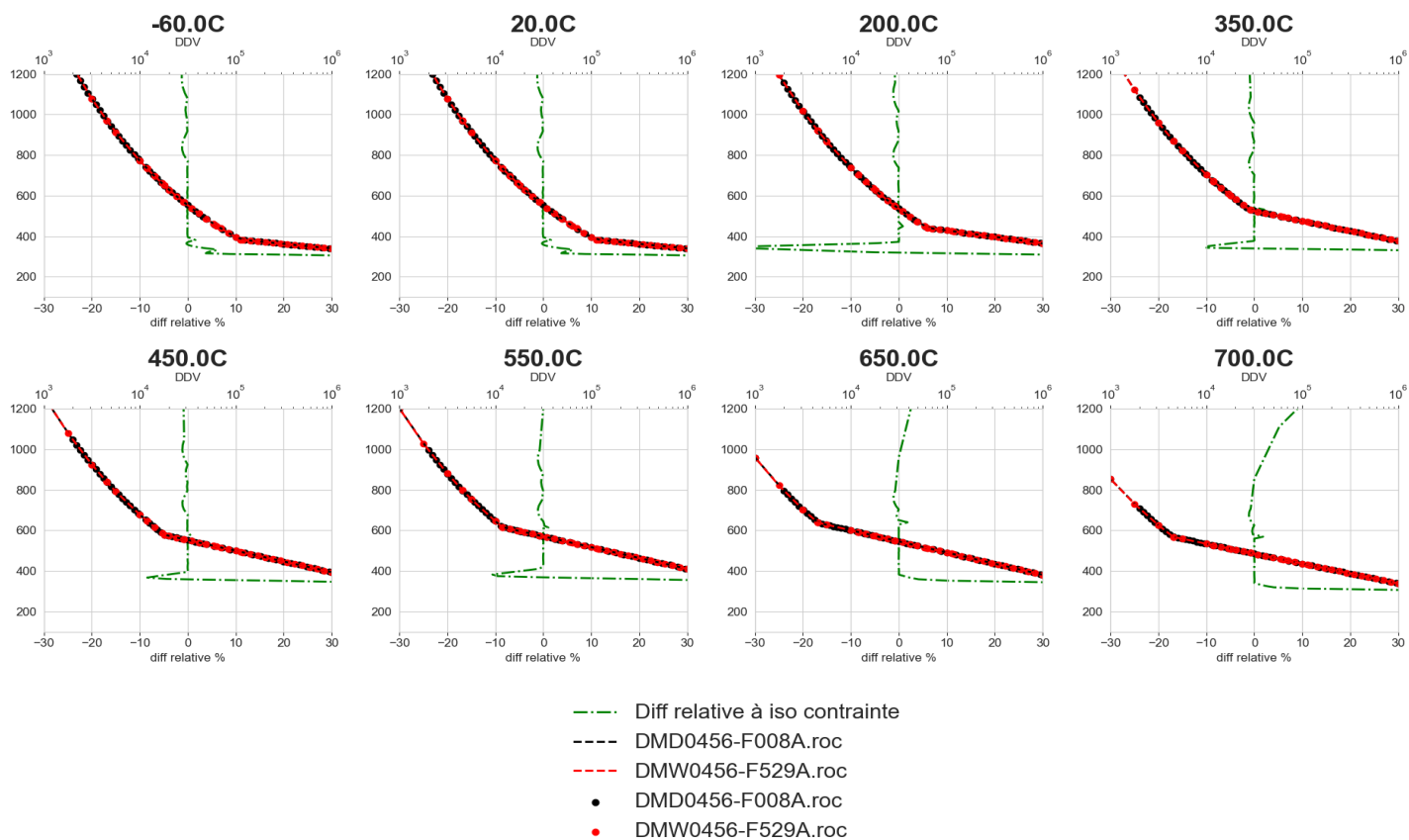
Dossier de construction du Réseau:

DMW0456-F529A

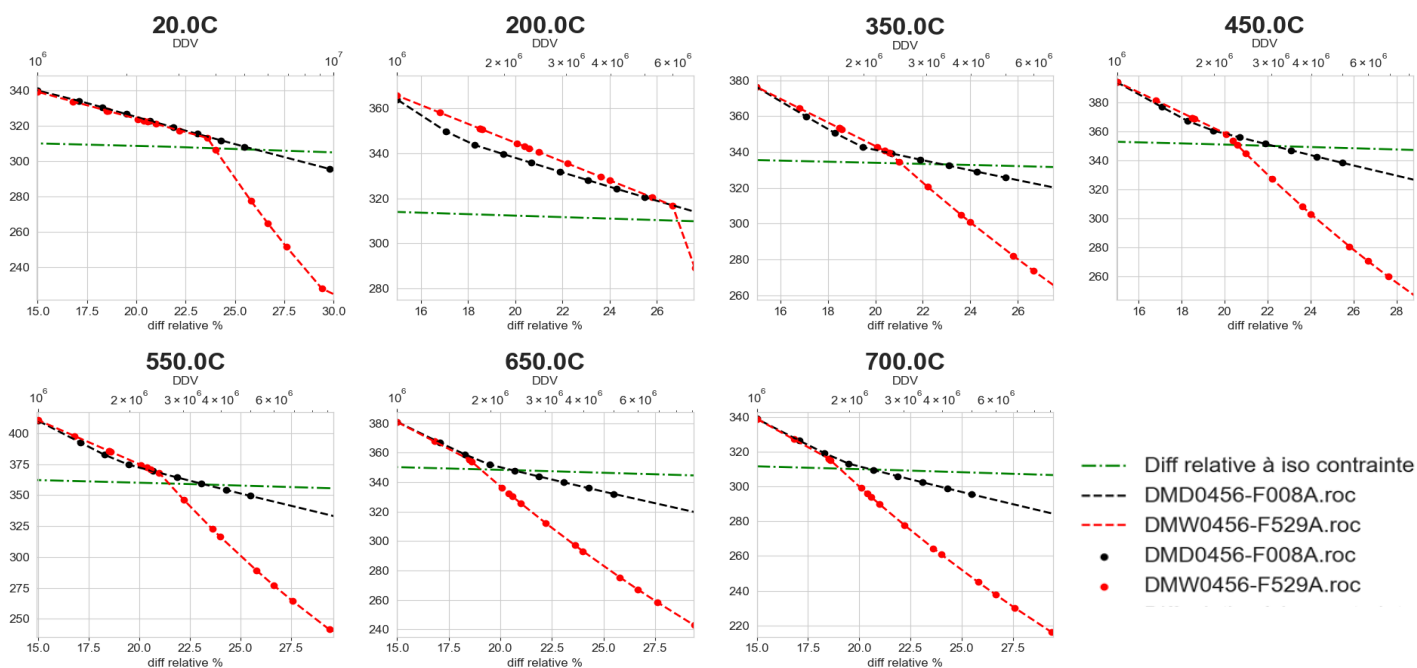
N° de demande: YQ00-336656668-1949

Validé le: 28/07/2022

Superposition des réseaux DMW0456-F529A et DMD0456-F008A



Superposition des réseaux DMW0456-F529A et DMD0456-F008A Zoom 1e6 à 1e7 cycles



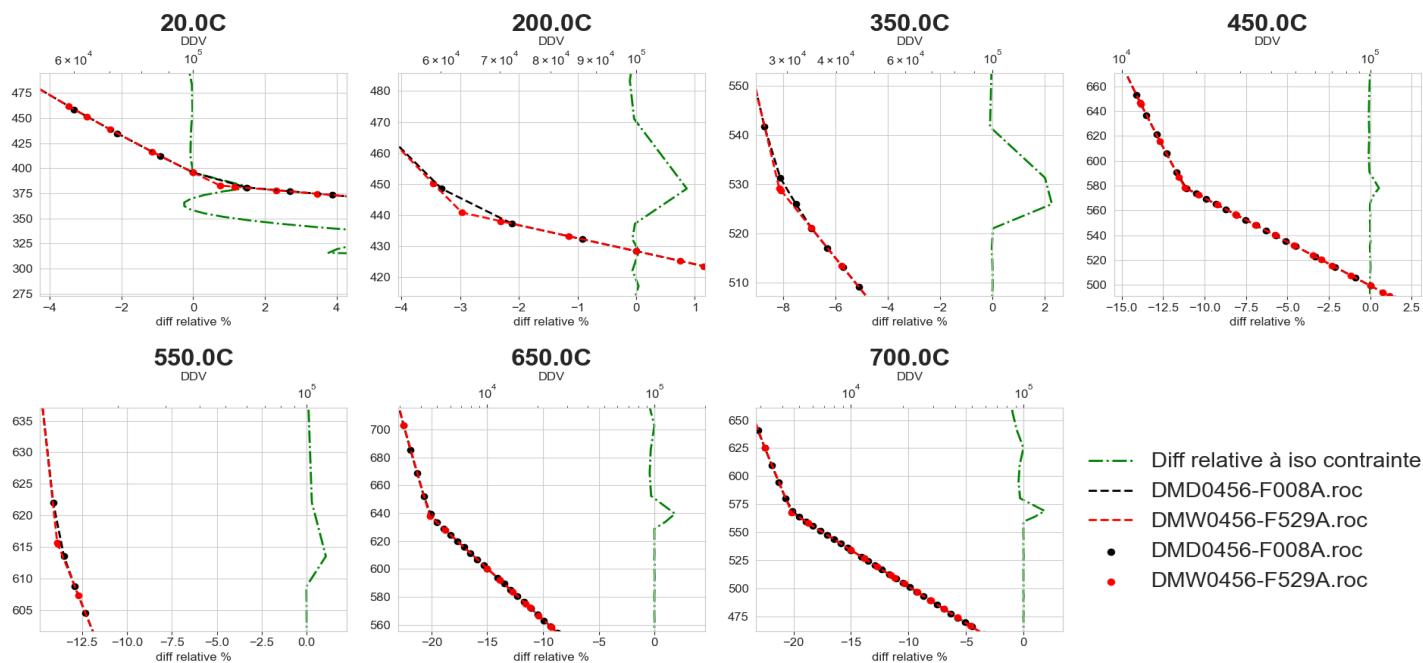
Dossier de construction du Réseau:

DMW0456-F529A

N° de demande: YQ00-336656668-1949

Validé le: 28/07/2022

Superposition des réseaux DMW0456-F529A et DMD0456-F008A Zoom coude (SC1)



Les cases Bleutées se remplissent automatiquement à partir des informations complétées dans l'onglet "Données_Réseau fatigue"