

Propriétés à long terme

ELEMENTS DE BASE

Pour certaines applications, particulièrement dans le génie civil et la construction où la durée de vie calculée est normalement de 100 ans approximativement, il est nécessaire de connaître le comportement des matériaux soumis à une charge pendant de longues périodes.

Cette fiche expose dans les grandes lignes le travail qui a été exécuté ou est toujours en cours, dans certains cas.

FLUAGE

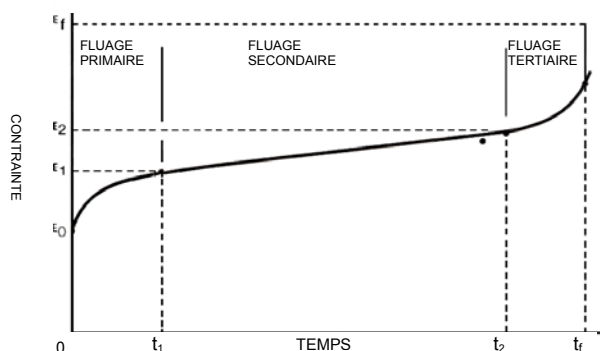
2.1 Généralités

Le fluage est l'allongement continu que subit un matériau soumis à une charge. Tous les matériaux subissent plus ou moins le fluage. Les fibres synthétiques modernes haut module ont un degré de fluage relativement faible.

Pour les essais de fluage et de relaxation présentés dans cette brochure, les câbles PARAFIL avaient été précontraints à 60% de la charge nominale de rupture (CRN) puis laissés se relaxer pendant une heure, avant de commencer les essais. Cette procédure aide à démontrer l'absence de toute désorientation résiduelle des fibres causées par le bobinage.

La forme générale de la courbe de fluage est indiquée en Figure 1. Cette courbe est caractéristique de la plupart des fibres synthétiques.

Figure 1
COURBE DE FLUAGE CARACTERISTIQUE



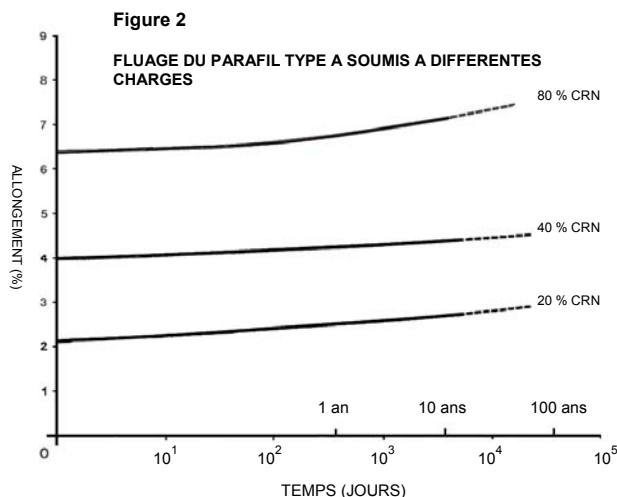
De manière typique, la période 0-t₁ est mesurée en mn/heures, la période t₁-t₂ en années (en assumant que les charges qui sont normalement utilisées, disons 20 à 60% de la charge nominale de rupture (CRN) et la période t₂-t₁ en jours.

La période t₂-t₁ des câbles PARAFIL reste toujours à déterminer étant donné qu'il ne s'est pas encore produit de défaillance pendant les essais avec des charges variant de 20 à 80% de CRN.

2.2 PARAFIL Type A (polyester)

La Fig.2 indique le comportement au fluage, commençant 24 heures après l'application de la charge, des câbles PARAFIL Type A à 20%, 40% et 80% de la charge de rupture nominale. Le fluage enregistré dans les premières 24 heures est le suivant :

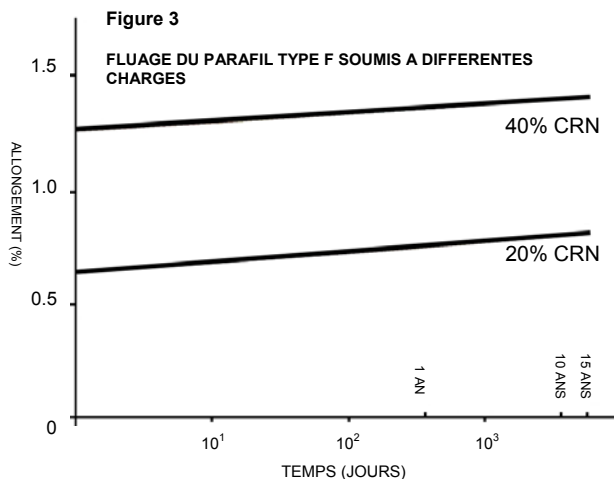
0,69 à 20% CRN
0,41 à 40% CRN



2.3 PARAFIL Type F (Aramide module standard)

La Fig.3 indique le comportement au fluage des câbles PARAFIL Type F. Le fluage est beaucoup plus faible que celui du PARAFIL Type A. Le fluage enregistré dans les premières 24 heures est le suivant :

0,09 à 20% CRN
0,09 à 40% CRN



2.4 PARAFIL Type G (Aramide haut-module)

Les mesures effectuées sur les fibres aramide haut module ont indiqué une valeur de fluage de 40% seulement de celle des fibres Aramide module standard.

Les mesures relevées sur PARAFIL Type G ont indiqué :

$$\varnothing_t = (0,012 \pm 0,003) \log_{10} t \quad (\text{Réf. 1})$$

où \varnothing_t est le coefficient de fluage défini comme

$$\varnothing_t = \frac{\varepsilon_C(t)}{\varepsilon_0}$$

où $\varepsilon_C(t)$ = déformation par fluage au temps t

et ε_0 = déformation initiale

t est exprimé en secondes.

Les observations provenant du travail à charge de rupture et de l'analyse des données de fluage indiquent que le type G comporte une déformation par fluage limitée entre 0,10 et 0,12 %, indépendamment de la contrainte initiale.

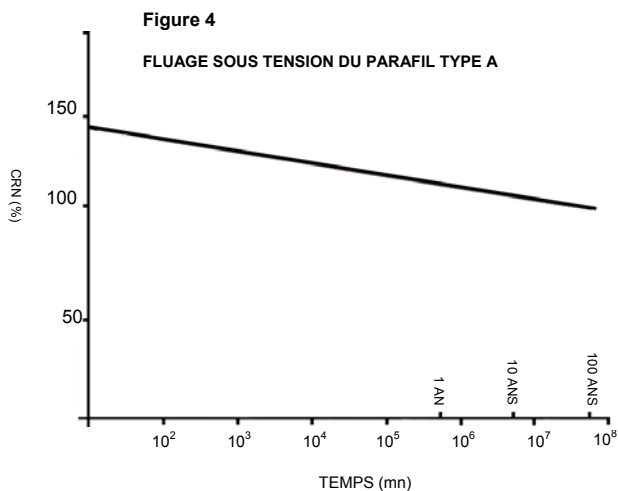
Réf. 1 : "comportement au fluage d'un câble aramide à fibres parallèles". C.J. BURGOYNE et G.B. GUIMARAES. Journal of Materials Science 27 (1992) 2473-2489.

3 ESSAI DE FLUAGE SOUS TENSION

3.1 PARAFIL Type A (polyester)

Les câbles PARAFIL Type A ont une teneur en fibres plus élevée que celle requise pour atteindre la charge de rupture nominale (CRN).

Avec des terminaisons efficaces actuelles, les charges de rupture actuelles sont bien supérieures aux charges de rupture nominales. La courbe de fluage sous tension du PARAFIL Type A est indiquée en Figure 4.



3.2 PARAFIL Type G (Aramide haut-module)

Le fluage sous tension du PARAFIL Type G a fait l'objet d'une manière approfondie à l'Imperial Collège et à l'Université de Cambridge au Royaume-Uni, en utilisant des câbles PARAFIL de 1,5, 3 et 60 tonnes. Un résumé des données à ce jour est indiqué en Figure 5. Ceci indique que si la contrainte initiale est limitée à moins de 50% de la résistance à la traction, il est possible d'obtenir une durée de vie de 100 ans.

4 RELAXATION DE CONTRAINTE

Des courbes typiques de relaxation de contrainte concernant PARAFIL Type A sur 500 heures sont indiquées en Figure 6 ; les deux courbes se rapportent à (a) avec et (b) sans cycle de précontrainte à 60% de CRN.

Figure 5

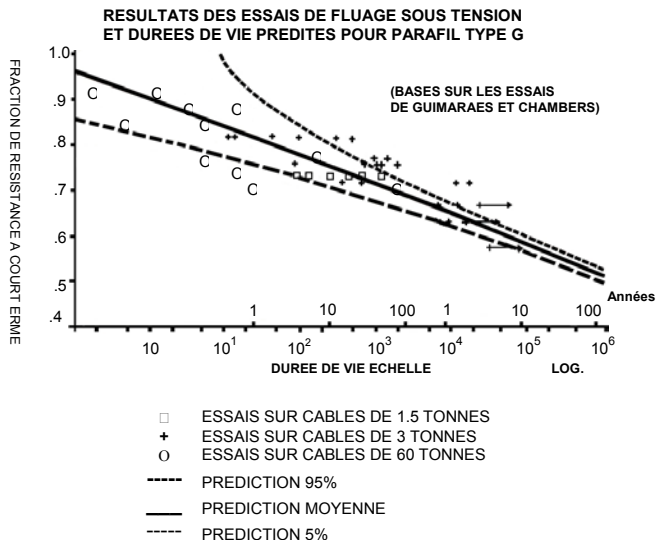
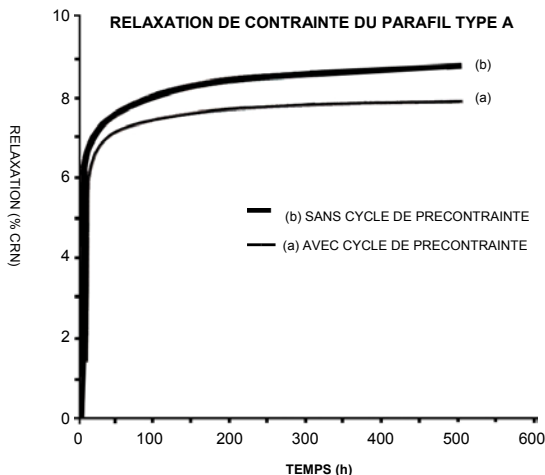


Figure 6



La relaxation actuelle, exprimée en pourcentage de CRN, à partir d'une contrainte initiale de 40% est de 7.86% pour l'échantillon avec cycle de contrainte et de 8.75% pour l'échantillon sans cycle de contrainte.

De la même manière, les chiffres de relaxation de contrainte du PARAFIL Type F sont respectivement de 6.29% et 8.82%.

Les câbles PARAFIL Type G de module plus élevé ont fait l'objet d'une étude approfondie à l'Imperial Collège. Ces câbles sont d'un intérêt particulier pour les applications de précontrainte (Réf :2). Les résultats de relaxation sont indiqués au Tableau 1.

TABEAU 1 RELAXATION DE CONTRAINTE DU PARAFIL TYPE G

Contrainte initiale (% CRN)	Relaxation à 100 heures (% CRN)	Relaxation à 100 ans (% CRN)
30	2.9	7.0
40	3.5	7.4
50	3.8	7.8
60	4.5	8.2
70	4.5	8.6

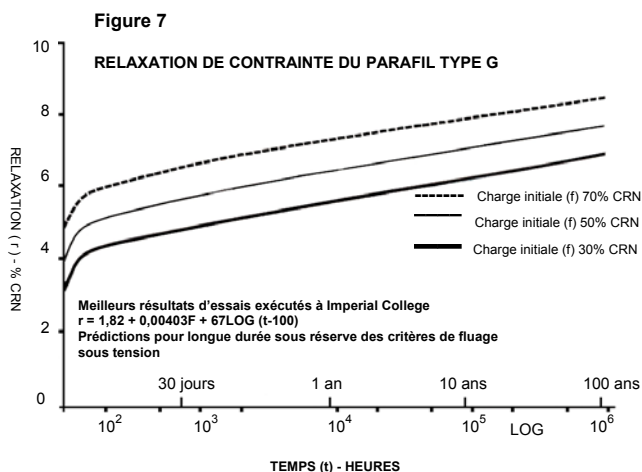
Ces résultats sont en conformité avec les relations indiquées en Figure 7 :

$$r = 1,82 + 0,0403 f + 0,67 \log_{10} (t-100)$$

où r = relaxation de contrainte exprimée en % CRN

f = contrainte initiale exprimée en % CRN

t = temps exprimé en heures



Les performances à la fatigue du PARAFIL Type A (10 tonnes CRN) et du PARAFIL Type F (6 tonnes) sont indiquées en Figure 8. Les courbes ont été tracées en enregistrant le nombre de cycles jusqu'à la défaillance cyclique, à partir d'une limite inférieure constante correspondant à 7,5% CRN jusqu'à la limite de charge supérieure décrite par la courbe.

Les essais sur PARAFIL Type G (6 tonnes CRN) ont été exécutés sous différentes amplitudes de charge. Les résultats typiques sont indiqués au Tableau 2.

TABLEAU 2 PERFORMANCE A LA FATIGUE DU PARAFIL TYPE G

Charge moyenne (% CRN)	Gamme de charges (% CRN)	Cycles à défaillance ($\times 10^6$)
30	+25	0,5
30	± 15	3,4
40	± 15	2,9
*40	± 5	>10

*La force résiduelle a été mesurée à 6.5 tonnes.

6 CONDITIONS ENVIRONNANTES

Les câbles PARAFIL sont constitués de deux composants – une âme de fibres qui détermine les propriétés mécaniques à la traction, et une gaine qui définit et maintient la forme du câble et sert de protection à l'âme de fibres.

La plupart des câbles PARAFIL sont prévus avec une gaine en polyéthylène. Les polyéthylènes sont considérés comme des matières inertes chimiquement, ils ne sont pas attaqués par l'eau, les acides inorganiques, les alcalis, les sels aqueux et autres substances trouvées dans le sol ou dans l'environnement. Les grades utilisés pour PARAFIL sont ceux qui ont été développés et utilisés pour les câbles électriques noyés dans le sol ou sous-marins.

Les polyéthylènes utilisés pour PARAFIL sont stabilisés avec du noir de carbone. Les essais exécutés sur une période de 20 ans dans des zones de grande activité aux U.V. sur des grades stabilisés n'ont indiqué aucun changement discernable dans les propriétés.

Les câbles PARAFIL ont été d'abord utilisés comme haubans de mâts sur les installations du Ministère de la Défense, au Royaume-Uni. Montés en 1966/67, ils sont toujours en usage. Examinés et testés après 20 ans de service, ils n'ont révélé aucun changement.

Les fibres polyester et aramide sont des fibres durables, résistant à la plupart des substances chimiques. La réaction des polyesters avec l'eau (hydrolyse) a fait l'objet d'étude approfondie au cours des dernières années. Les résultats indiquent que les polyesters sélectionnés ne subissent que 3% de perte de résistance après 100 ans d'immersion dans l'eau à 20°C. (Résultats publiés séparément par l'Imperial Collège).

Les essais exécutés par Du Pont ont indiqué que les fibres aramide ne sont pas attaquées par l'eau à des températures normales.

A noter que les relaxations sont exprimées en pourcentage de la charge de rupture nominale. Les chiffres de relaxation sont plus élevés lorsqu'ils sont exprimés en pourcentage de la contrainte initiale :

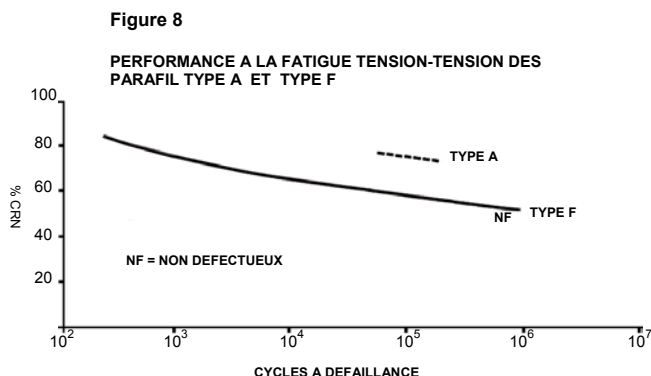
Ex : A une contrainte initiale de 60% CRN, la relaxation sur une période de 100 ans est de 8.2% CRN. Ce qui équivaut à une relaxation de 13,6% de contrainte initiale.

Bien que les relaxations soient plus élevées que celles associées à l'acier, la perte totale de force de précontrainte dans une poutre en béton précontraint avec du PARAFIL est très semblable à celle d'une poutre précontrainte avec de l'acier. Les pertes dues à la relaxation de l'élément de précontrainte sont plus élevées mais les pertes dues au raccourcissement élastique du béton sont plus faibles à cause du module d'élasticité plus faible du PARAFIL. La valeur est fonction de la conception détaillée, qui sera différente pour les structures conçues avec les éléments de précontrainte PARAFIL ou acier, mais dans la plupart des cas les deux effets s'annulent.

Réf. 2 Chambers J.J., "Câbles aramide en couches parallèles pour servir d'éléments de précontrainte dans le béton précontraint". Thèse de doctorat, Université de Londres 1986.

5 PERFORMANCE A LA FATIGUE

D'une manière générale, la performance à la fatigue tension-tension des câbles à fibres parallèles est excellente, elle est supérieure à celle de la plupart des autres formes de construction de câble. Ceci est essentiellement dû au non croisement des fibres qui cause 'l'érosion' des fibres dans les structures torsadées ou tressées.



PARAFIL est une marque déposée de LINEAR COMPOSITES LTD. Tous les renseignements sont donnés de bonne foi mais sans garantie. Les droits résultant de la législation des brevets demeurent intangibles.



Domaine du Jas Neuf – 22C Bld du Rigaou
 83120 SAINTE-MAXIME
 Tel : 06 09 13 12 11 ou 06 15 02 37 25
 Fax : 04 94 43 23 35