

EU contract number RII3-CT-2003-506395

CARE-Note-2006-005-SRF



SRF



**« Rapport d'essais de traction et de compression d'un système isolant pour le « tuning » motorisé des coupleurs TTF3 »**

*A. Gonnin, CNRS-IN2P3-LAL, Orsay, France*

We acknowledge the support of the European Community-Research Infrastructure Activity under the FP6 "Structuring the European Research Area" programme (CARE, contract number RII3-CT-2003-506395)

## SOMMAIRE

<b>Objet</b>	Page 4
<b>Objectifs</b>	Page 4
<b>Domaine d'application</b>	Page 4
<b>Introduction</b>	Page 5
<b>Données</b>	Page 5
<u>Les pièces</u>	
<u>L'effort subi</u>	
<u>Autres</u>	
<b>Les montages</b>	Page 6
<u>Pour le test de traction</u>	
<u>Pour le test de compression</u>	
<b>Hystérésis</b>	Page 7
<u>Définition</u>	
<u>Procédé</u>	
<u>Graphique</u>	
<u>Commentaires</u>	
<b>Fluage</b>	Page 9
<u>Procédé</u>	
<u>Graphique</u>	
<u>Commentaires</u>	

**Traction**

Page 10

Graphique

Commentaires

Photos

**Compression**

Page 12

Graphique

Commentaires

Photos

**Conclusion**

Page 14

**Annexes**

Page 15

## **Objet**

Ce document a pour objet de justifier l'utilisation d'une pièce en Delmat époxy 68660, en établissant les propriétés mécaniques de celui-ci à partir d'essais en traction et en compression.

## **Objectifs**

- Réaliser des essais de traction et de compression.
- Etablir la courbe d'hystérésis du matériau.
- Approuver l'utilisation du matériau en faisant un essai jusqu'à la rupture complète de la pièce.

## **Domaine d'application**

Ce document sera utilisé principalement par l'équipe projet « Coupleur X-FEL ».

Ce document est applicable jusqu'à la diffusion d'une nouvelle version. Le numéro de version le plus élevé faisant foi (voir page de garde).

Il est de la responsabilité de chaque destinataire de détruire les versions antérieures réputées obsolète.

## Introduction

Pour le déplacement de l'antenne des coupleurs, il été impératif d'isoler électriquement le kit de motorisation de l'ensemble du coupleur. Car le conducteur interne peut être porté à un potentiel de 3kV en fonctionnement.

Pour cela, il fallait que certaines pièces soient en matière non conductrice. Notre choix s'est porté sur les pièces de liaison pour des raisons de facilités. Elles ont été réalisées en matière isolante (voir : données).

Après des calculs de rdm, effectués par Julien Bonis (résultats en annexes), très concluant, l'utilisation de ce matériau devait être justifié par des essais de traction et de compression.

## Données

### Les pièces

Pièce 1 : Insulating adaptor réalisé en Delmat époxy 68660 (voir plan I65 3D 1411 en annexe). Propriétés du matériau en annexe.

Pièce 2 : Sleeve réalisé en Delamt époxy 68660 avec fibres orientées dans le sens longitudinal de la pièce (voir plan I65 4D 1412 en annexe).

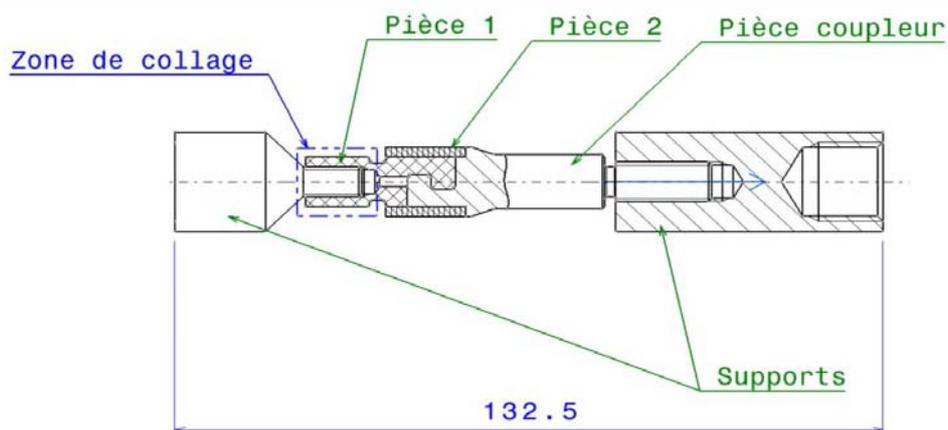
Ces pièces ont été réalisées par la société Laucoin basée à Thoiry (département 78).

### L'effort subi

Cet ensemble subit une force nominale de 500 N au maximum. Sachant que les pièces travaillent en traction, comme en compression, entre -500 à +500 N. Cet effort est transmis par les différents soufflets présents dans le coupleur. Il a été calculé à partir des raideurs de ceux-ci et vérifié par mesures.

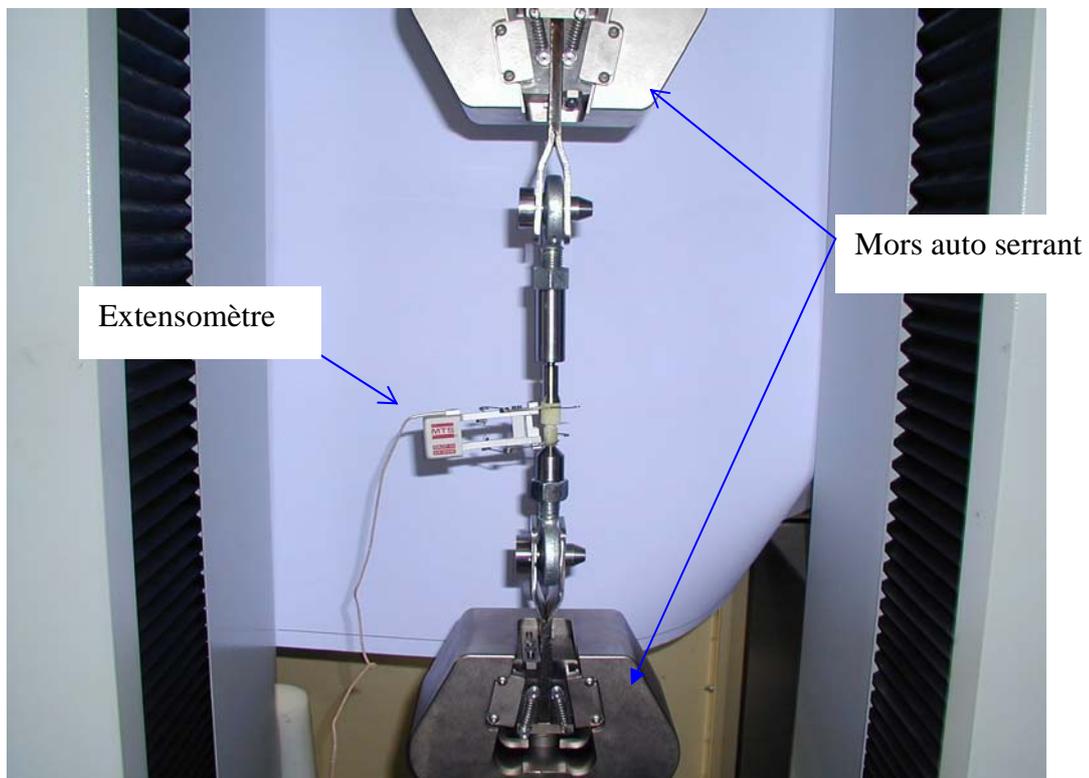
### Autres

Pour des raisons de tenue mécanique, nous avons choisi de coller la « pièce 1 » sur son support (ou pièce de liaison). La liaison des deux pièces est un filetage iso M6. La colle utilisée est de l'Araldite 2011.

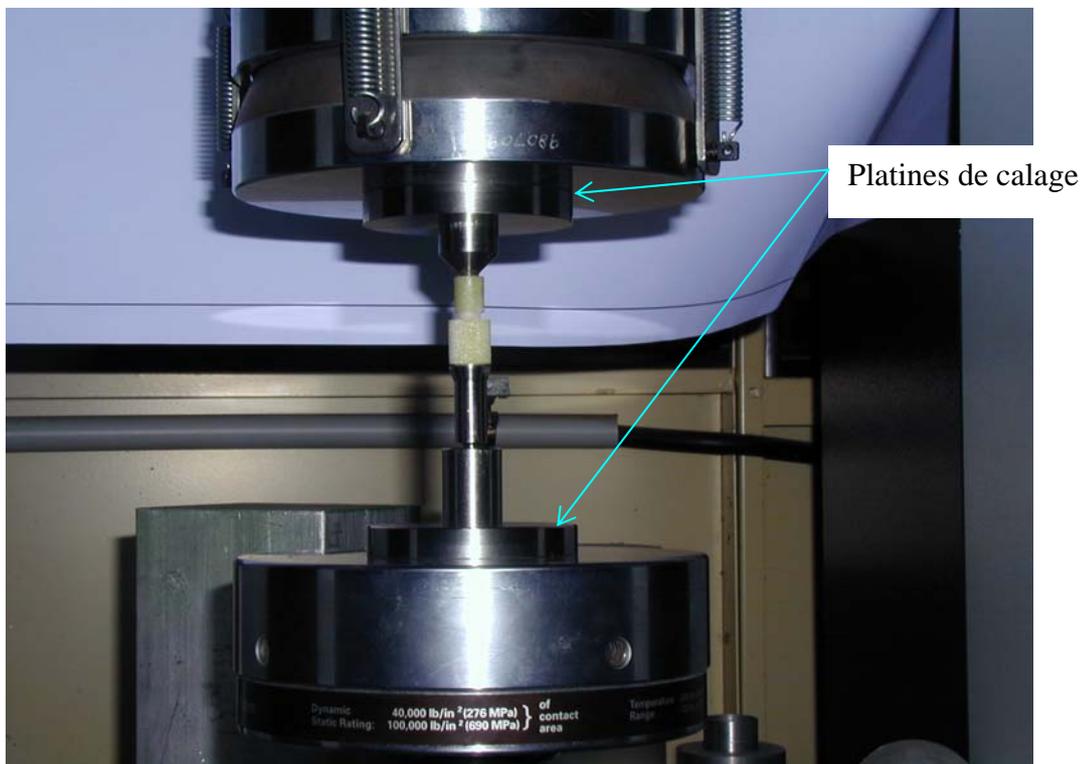


## Les montages

### Pour le test de traction



### Pour le test de compression



## Hystérésis

### Définition

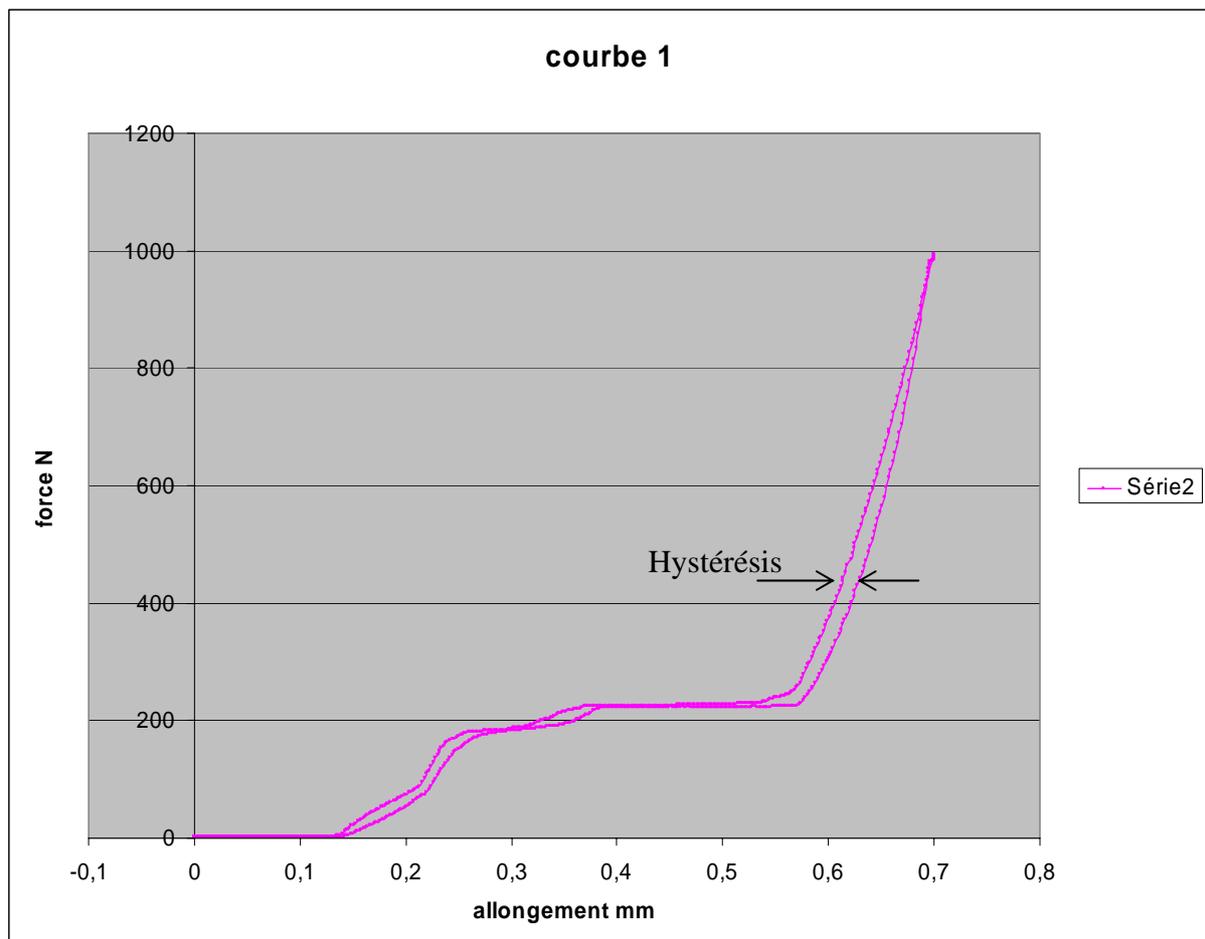
Apparition d'un retard dans l'évolution d'un phénomène physique par rapport à un autre. Dans notre cas, la tension durant l'étirement diffère de la tension durant le relâchement. Le décalage entre les deux définit le cycle d'hystérésis.

### Procédé

L'hystérésis a été réalisée en fin des essais de traction.

Pour obtenir le graphique suivant, on a effectué cinq cycles, aller-retour, de 0N à -1000N. C'est-à-dire que les pièces sont sollicitées en compression jusqu'à une valeur égale à 2 fois la force nominale.

### Graphique



**Commentaires**

Le graphique ci-dessus a été établi en fonction de la force (générée par la machine) et les valeurs d'allongement (données par la traverse de la machine).

Les cycles ont été effectués sans démonter les pièces.

Le premier cycle est identique aux autres. La valeur moyenne pour l'hystérésis est de 0,01 mm.

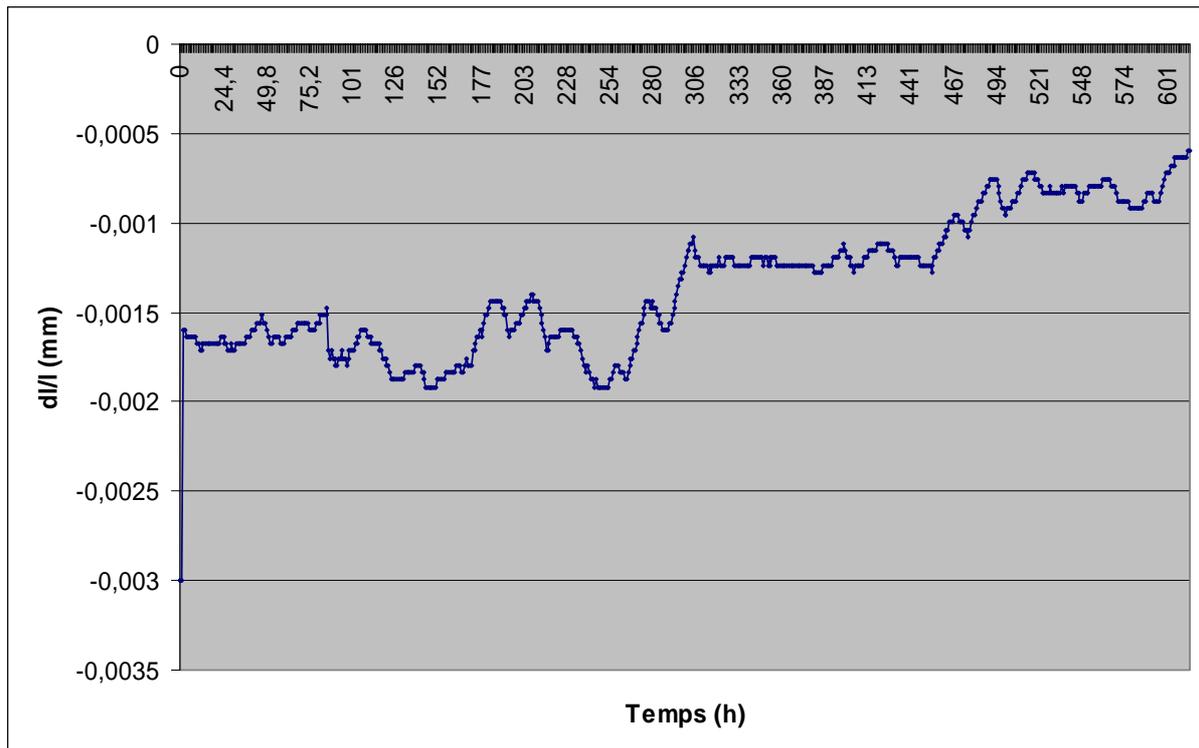
## Fluage

### Procédé

Le fluage est une déformation du matériau en fonction du temps et sous l'effet d'une charge constante. Dans notre cas, la charge introduite était de 800 N.

Mais attention, les variations de la température et de l'hydrométrie peuvent engendrer une variation de la déformée.

### Graphique



### Commentaire

Le test a été effectué de fin octobre à mi-novembre, pendant une durée de plus de 600 heures. Un relevé écrit a été réalisé (voir annexes).

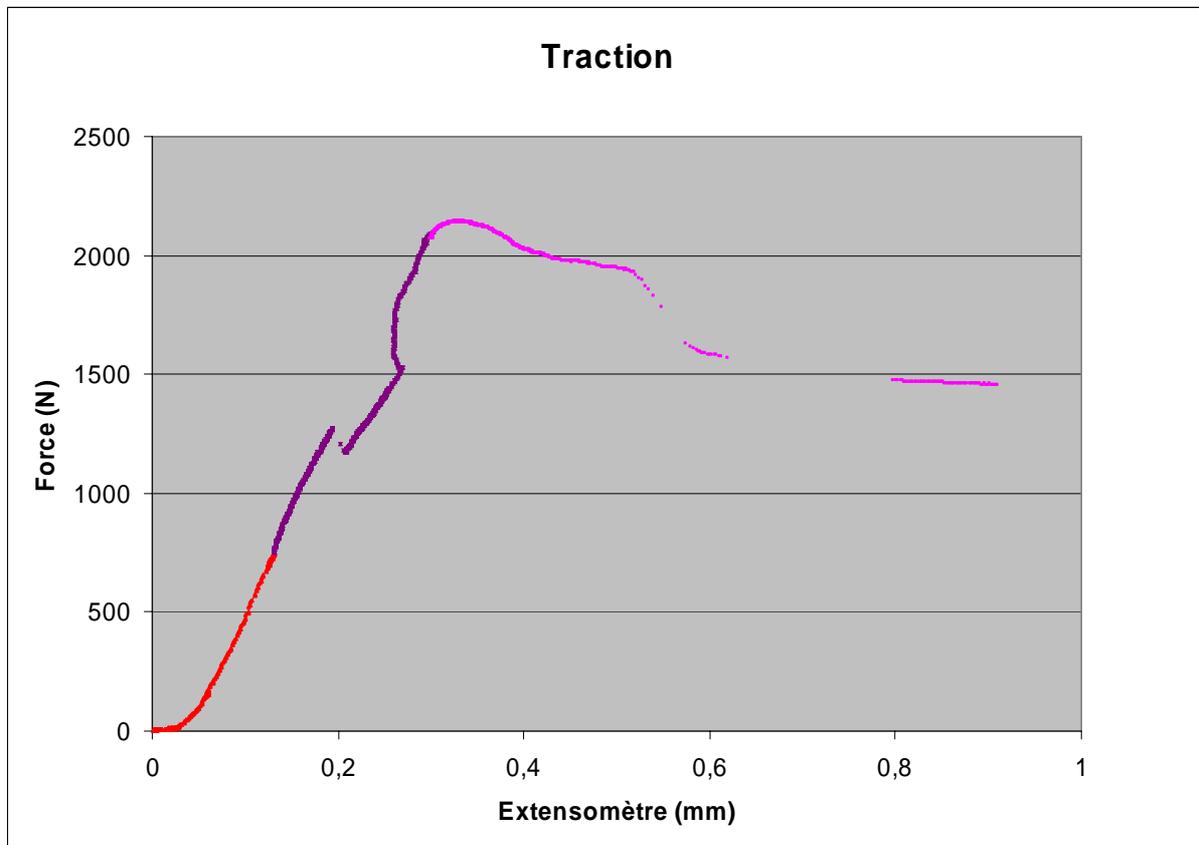
La courbe obtenue n'est pas très interprétable. Il y a trop de variations.

Ce test mérite d'être refait. Mais ne disposant pas de salle de mesure à température et hydrométrie constante, il ne sera pas évident d'obtenir de meilleurs résultats. Différents paramètres se sont enchaînés :

- variation de la température
- démarrage du chauffage dans le bâtiment
- variation du taux d'humidité.
- Etc ...

## Traction

### Graphique



### Commentaires

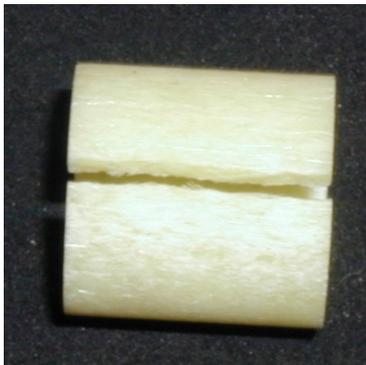
A environ 1300N : 1<sup>er</sup> bruit. Début de fissure de la pièce 2 (bague) dans le sens longitudinal. Flexion de la pièce 1.

A environ 1600N : rupture totale de la bague dans le sens longitudinal. Flexion plus importante de la pièce 1.

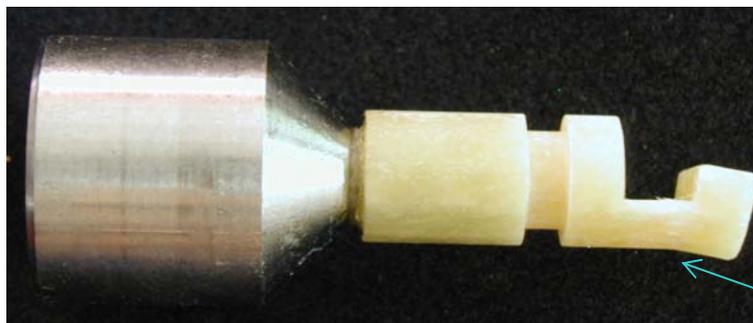
A environ 2100N : rupture totale de la pièce 1. La zone de rupture se situe au niveau de la section la plus faible.

**Photos**

Etat de la pièce 2 au stade de 1600 N.



Etat de la pièce 1 lors de la rupture de la pièce 2 à 1600 N.



Flexion



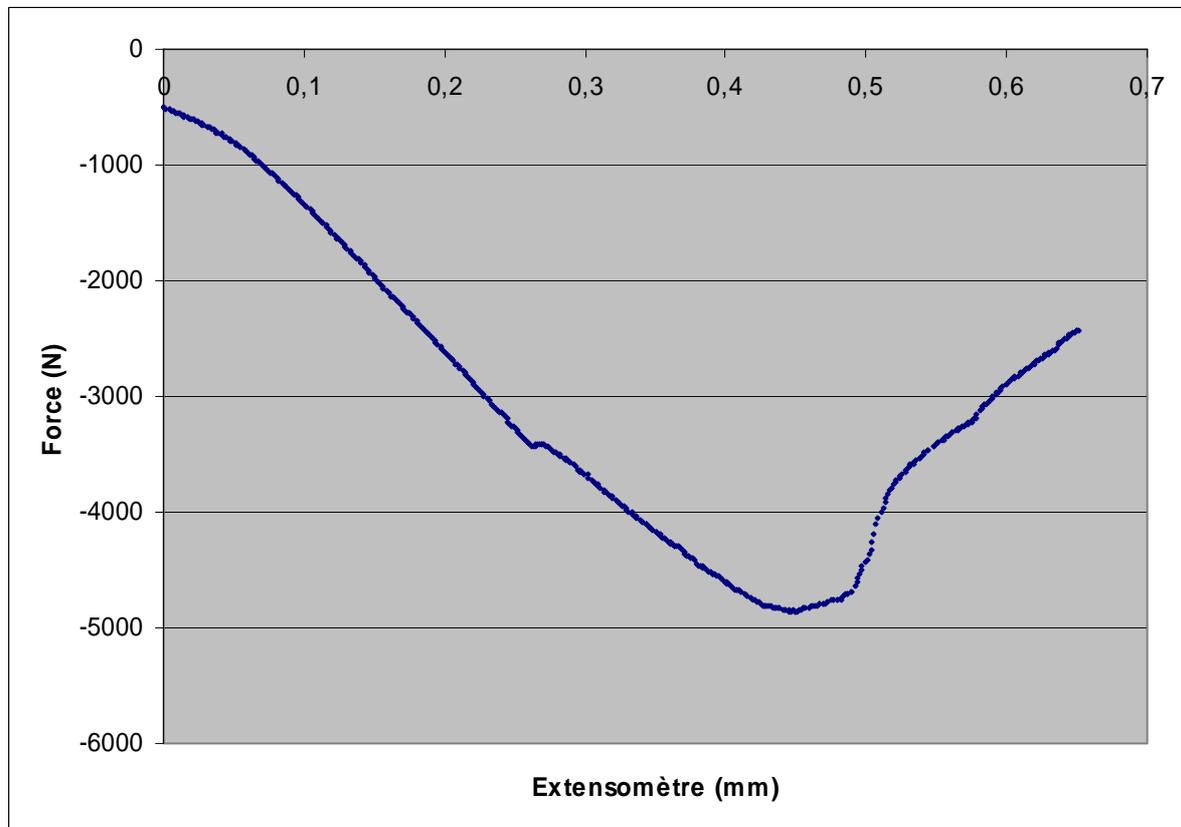
Flexion

Etat de la pièce 1 après rupture à 2100 N.



## Compression

### Graphique



### Commentaires

A environ -3500N : fissuration de la pièce 2 (bague) dans le sens longitudinale.

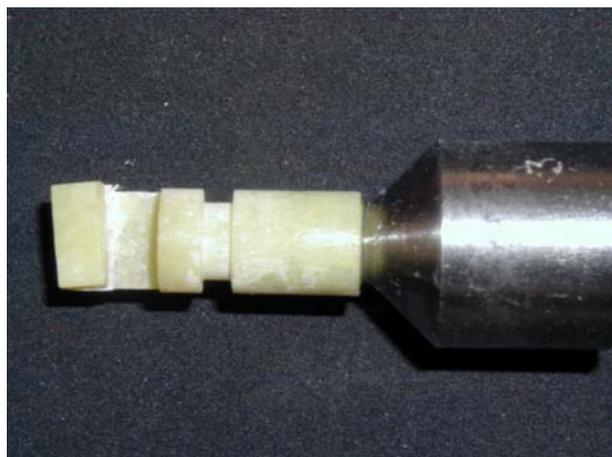
A environ -4900N : rupture de la pièce 1

Voir photos

Photos



Fissure dans la zone de collage



## Conclusion

Dans l'ensemble des essais, les résultats sont très satisfaisants. Les pièces réagissant très bien aux efforts, on estime que leurs propriétés correspondent parfaitement aux exigences :

- linéarité de la déformation élastique dans le domaine de fonctionnement
- rupture à 3,2 fois la charge nominal maximum.

L'absence de congé au changement de section contribue à une concentration de contrainte. D'après les photos, on remarque que la rupture des pièces se situe toujours dans cette zone.

Le Delmat époxy 68660 est un stratifié à base de mat de verre imprégné d'une résine époxyde. Les essais nous confirment que celui-ci présente une orientation privilégiée des fibres en compression.

Il sera important de vérifier le sens de ces fibres lors de l'usinage des pièces. Les bruts sont issus de plaque dont les faces sombres indiquent le sens de compression.

Pour la pièce 2 (bague), sa faible épaisseur présente un inconvénient majeure : trop fragile. Rappelons que cette pièce a été usinée de sorte que les fibres soient parallèles au sens longitudinal. Voir photos page 11 et 13. Les meilleures solutions, à envisager, seraient :

- d'épaissir la pièce
- de réaliser la pièce dans un matériau à fibres unidirectionnelles.

A noter : elle nous apporte un sérieux avantage. Elle joue le rôle d'indicateur : elle se fissure avant toutes ruptures de la pièce 1, quand cette dernière est soumise à la flexion.

La pièce 1 subit une flexion due à sa forme (extrémité en U qui s'emboîte dans la pièce coupleur). Voir photos page 11.

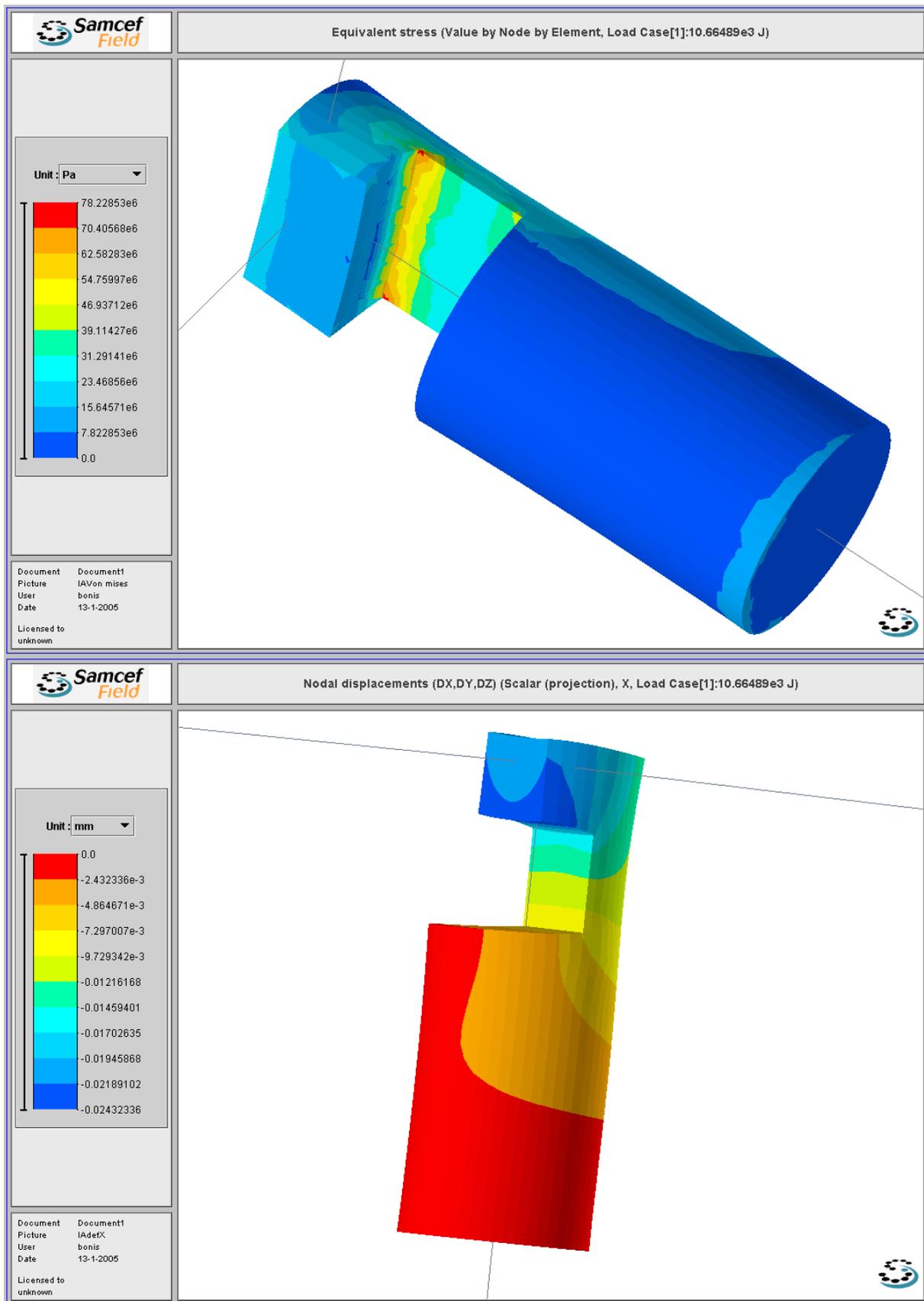
A noter : il est nécessaire de coller la pièce1 sur son support. Car celle-ci se fissure dans la zone de filetage lors d'un travail en compression. Le collage a été réalisé avec de la colle Araldite 2011. Voir 1<sup>ère</sup> photo page 13.

## Annexes

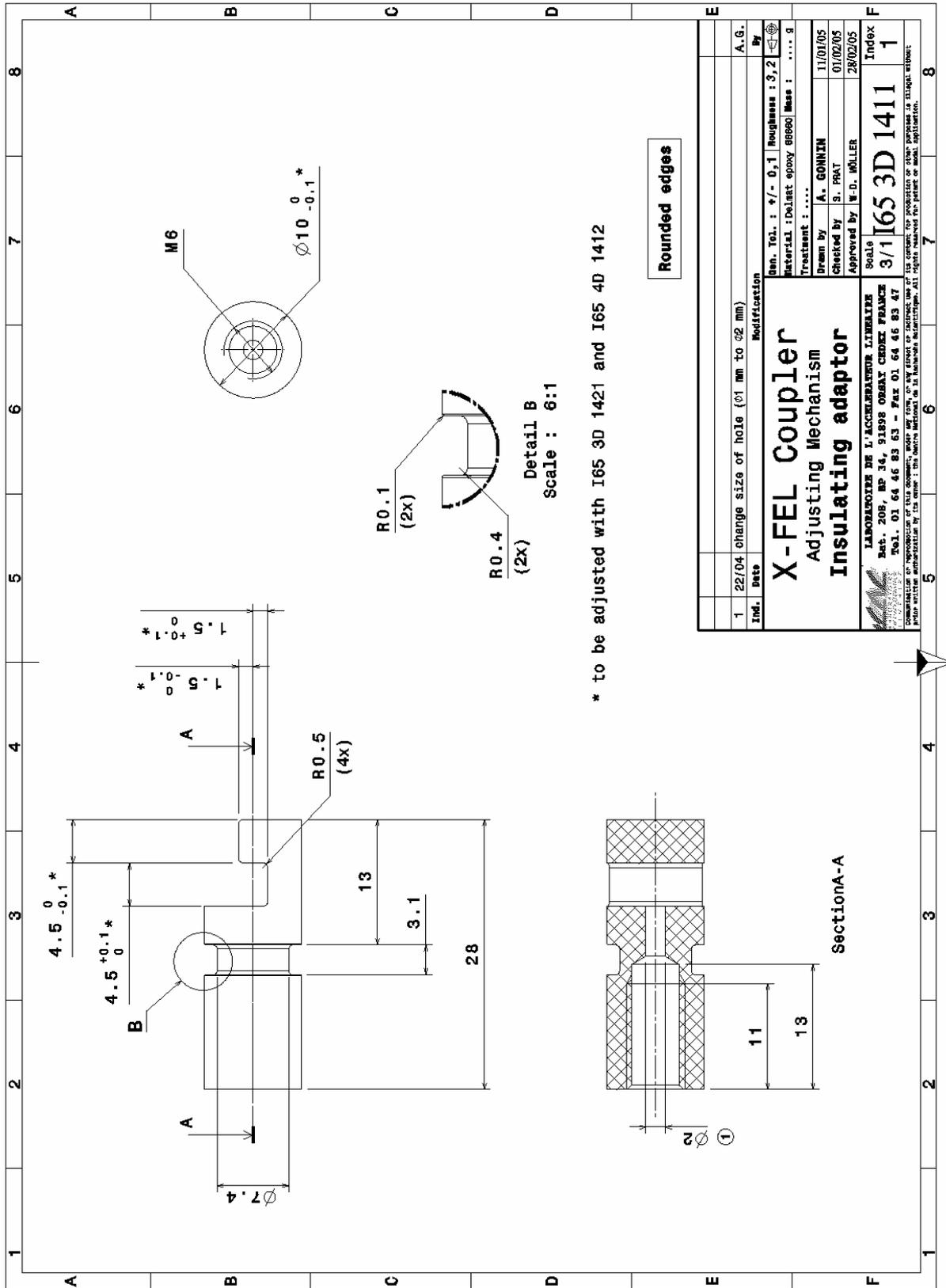
### Propriétés mécaniques et électriques du Delmat époxy 68660

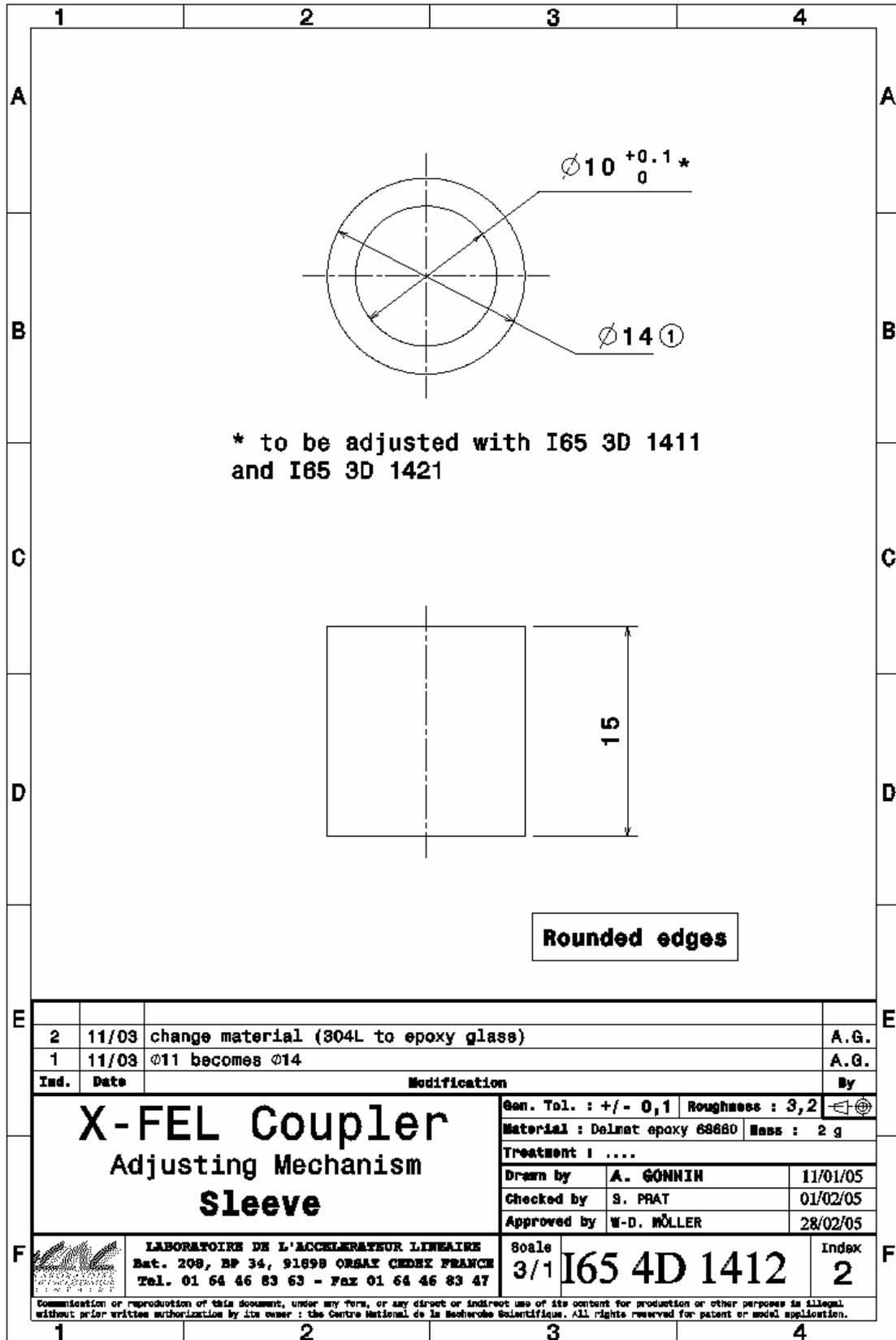
		Valeur	Norme
<b>Propriétés mécaniques</b>			
Contrainte de rupture à la traction // à 23°C	MPa	250	ISO 527
Contrainte de rupture à la flexion perpendiculaire à 23°C	MPa	400	ISO 178
Module d'élasticité en flexion perpendiculaire à 23°C	MPa	18000	ISO 178
Contrainte de rupture à la flexion perpendiculaire à 150°C	MPa	200	ISO 178
Contrainte de rupture à la compression //, à 23°C	MPa	300	ISO 604
Contrainte de rupture à la compression perpendiculaire à 23°C	MPa	450	ISO 604
Contrainte de rupture au cisaillement perpendiculaire	MPa	130	IEC 60893
Résistance au choc // éprouvettes entaillées - Méthode CHARPY ( e = 10mm)	kJ/m <sup>2</sup>	90	ISO 179
Module d'élasticité en flexion perpendiculaire à 150°C	MPa	12000	ISO 178
Fendillement moyen (e = 10mm)	N	6000	ASTM D 229
Résistance aux chocs // éprouvettes entaillées - Méthode IZOD (e=10mm)	kJ/m <sup>2</sup>	80	ISO 180
Contrainte de rupture au cisaillement //	MPa	25	IEC 60893
<b>Propriétés électriques</b>			
Résistance à l'arc	s	180	ASTM D 495
Résistance totale d'isolement, après 24h d'immersion dans l'eau à 23°C	Ohm	10 <sup>9</sup>	IEC 60167
Tension de claquage longitudinale par paliers, dans huile à 90°C, en l'état de réception	kV	65	IEC 60243-1
Indice de tenue au cheminement	V	600	IEC 60112
Rigidité diélectrique transversale dans l'huile à 90°C, montée de la tension par paliers	kV/mm	13	IEC 60243-1
Facteur de dissipation à 1 MHz		<0.02	IEC 60250
Permittivité relative à 1 MHz		<5	IEC 60250
Resistivité de surface	Ohm	10 <sup>12</sup>	IEC 60093
Tension de claquage longitudinale par paliers, dans huile à 23°C, après immersion 48h/50°C/eau	kV	50	IEC 60243-1
Résistivité transversale	Ohms.cm	10 <sup>13</sup>	IEC 60093
Résistance d'isolement	Ohm	10 <sup>12</sup>	IEC 60167
Résistivité superficielle après 24h d'immersion dans l'eau à 23°C	Ohm	10 <sup>10</sup>	IEC 60093
Résistivité transversale après 24h d'immersion dans l'eau à 23°C	Ohms.cm	10 <sup>11</sup>	IEC 60093
<b>Propriétés physiques</b>			
Masse volumique	g/cm <sup>3</sup>	1.9 ±0.1	ISO 1183

**Résultats de calculs** réalisés par **Julien Bonis** avec le logiciel **Samcef**



Les plans des pièces





**Le relevé des mesures pendant le test de fluage**

Date	Heure	Force (N)	Extensomètre (mm)	T (°C)	Taux d'humidité (%)
28/10/2005	11h20	797	-0,034	21°	relevé non effectué
	14h35	804	-0,034	22°	
	15h35	805	-0,034	22°	
	16h53	801	-0,034	22°	
	17h32	788	-0,034	22°	
31/10/2005	8h55	765	-0,036	21°	relevé non effectué
	9h15	762	-0,036	21°	
	10h42	765	-0,036	21°	
	11h15	766	-0,036	21°	
	14h00	773	-0,035	21°	
	14h35	775	-0,035	21°	
	15h55	782	-0,035	22°	
	16h45	781	-0,035	21°	
02/11/2005	8h10	752	-0,032	19°	relevé non effectué
	9h23	756	-0,032	20°	
	10h23	760	-0,032	20°	
	14h13	771	-0,029	20°	
	15h55	783	-0,028	20°	
	17h34	787	-0,028	20°	
03/11/2005	8h10	774	-0,03	20°	relevé non effectué
	11h07	800	-0,028	21°	
	14h45	826	-0,027	22°	
	15h44	823	-0,027	22°	
	17h00	825	-0,027	22°	
	17h42	824	-0,027	22°	
04/11/2005	8h45	790	-0,03	20°	relevé non effectué
	10h15	791	-0,029	20°	
	15h40	798	-0,03	21°	
	16h53	802	-0,03	21°	
07/11/2005	9h05	838	-0,034	18°	relevé non effectué
	10h00	845	-0,033	18°	
	11h10	851	-0,032	18°	
	14h28	895	-0,03	19°	
	15h15	893	-0,03	20°	53%
	16h25	906	-0,029	20°	53%

	17h55	937	-0,028	21°	51%
09/11/2005	8h30	990	-0,03	23°	42%
	10h16	995	-0,03	23°	42%
	15h47	1052	-0,029	26°	32%
	16h40	1062	-0,029	26°	32%
15/11/2005	15h00	891	-0,046	22°	32%
	17h00	897	-0,045	22°	33%
	17h45	898	-0,045	22°	33%
16/11/2005	9h00	890	-0,045	21°	37%
	10h35	896	-0,044	22°	36%
	15h10	907	-0,044	22°	35%
	16h35	915	-0,044	22°	35%
	17h05	913	-0,044	22°	35%
	17h50	910	-0,045	22°	34%
17/11/2005	9h35	875	-0,051	21°	27%
	11h05	880	-0,05	21°	27%
	12h15	869	-0,05	21°	29%
	14h15	875	-0,049	22°	30%
	16h15	891	-0,048	22°	29%
	17h40	871	-0,05	22°	30%
	18h45	855	-0,051	22°	30%
18/11/2005	8h43	800	-0,056	20°	26%
	10h42	818	-0,055	20°	26%
	11h25	827	-0,054	20°	27%
	15h25	867	-0,051	22°	28%
	16h25	864	-0,051	21°	29%