

# Impact des UV sur la durabilité des voiles de parapentes



Candidat n°17196

# Hypothèse d'étude

Etude réalisée sur  
une toile SKYTEX 27  
Porcher classic

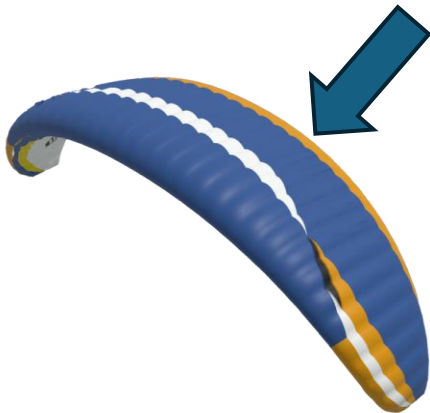




Image: <https://www.ridair.fr/>

Mesures sur  
l'extrados de  
la voile



Image: Porcher

# Plan

1. Mise en évidence de l'impact des UV ?
  - a. Protocole d'exposition
  - b. Résistance
  - c. Allongement
  - d. Problématique
2. Etude d'un traitement 
  - a. Protocole d'enduction
  - b. Validation de la solution d'enduction utilisée
  - c. Mesure de la masse surfacique
  - d. Perméabilité
  - e. Résistance à la traction
  - f. Allongement
3. Analyse 

# 1. Mise en évidence de l'impact des UV

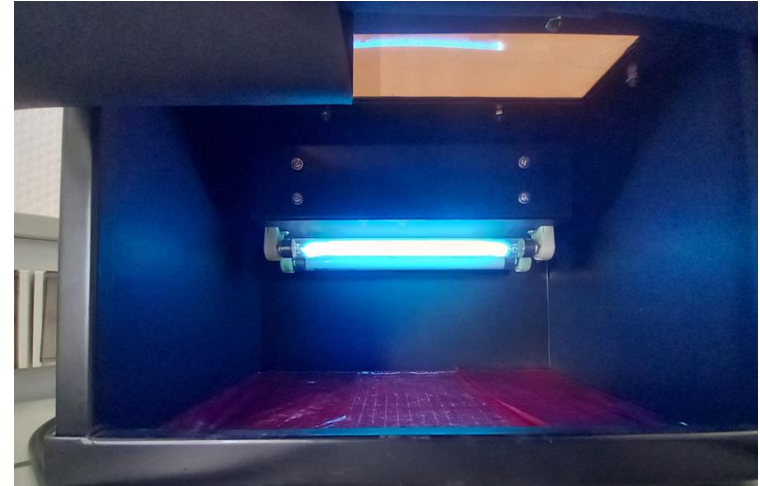


# 1. Mise en évidence de l'impact des UV



## a. Protocole d'exposition

- Exposition sous une lampe UV de 30 W



Lampe UV de l'étude

N°	Echantillon										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T (h)	0	6	12	24	48	72	96	144	192	240	288
Jours	0	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	2	3	4	6	8	10	12

# 1. Mise en évidence de l'impact des UV



## b. Résistance

- Echantillon 5\*10cm
- Capteur de force numérique relié au logiciel Latis pro.
- Mesure jusqu'à rupture de l'échantillon



Dispositif de mesure de la traction

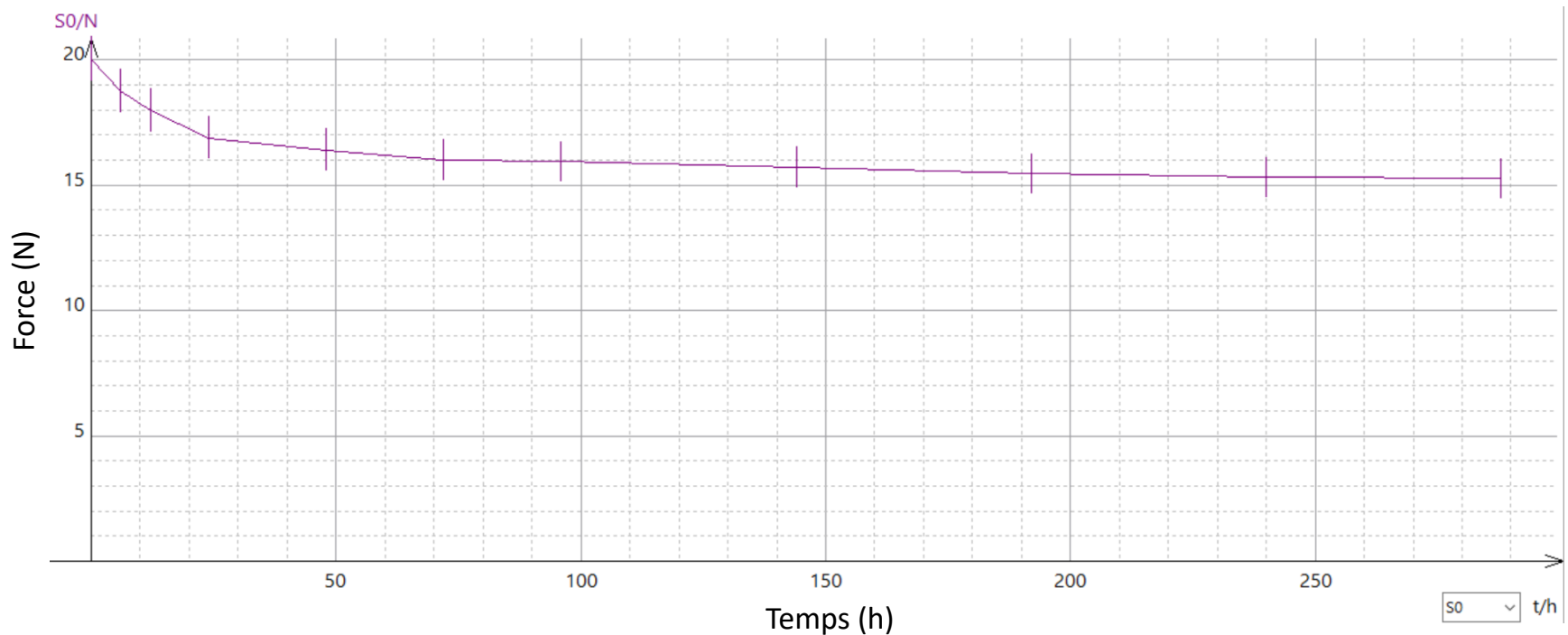


Graphe de rupture d'un échantillon

# 1. Mise en évidence de l'impact des UV



## b. Résistance



Courbe de la résistance jusqu'à rupture des échantillons selon leur exposition

# 1. Mise en évidence de l'impact des UV



## c. allongement

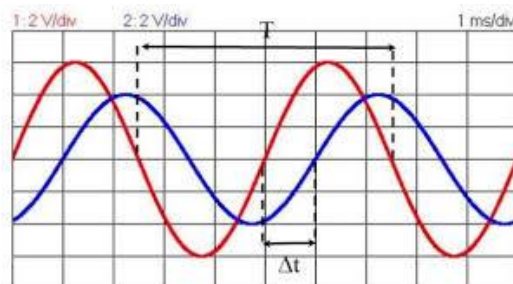
- Mesure de l'allongement de la voile sous la contrainte à l'aide d'un dispositif de mesure ultrasonique
- Toute les mesures ont été faites avec une masse de 200 g



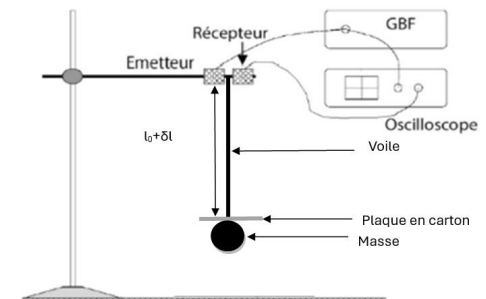
Dispositif expérimental

$$\Delta l = \Delta t * c$$

Equation de conversion du déphasage  
en déplacement spatial



Forme des courbes à l'oscilloscope



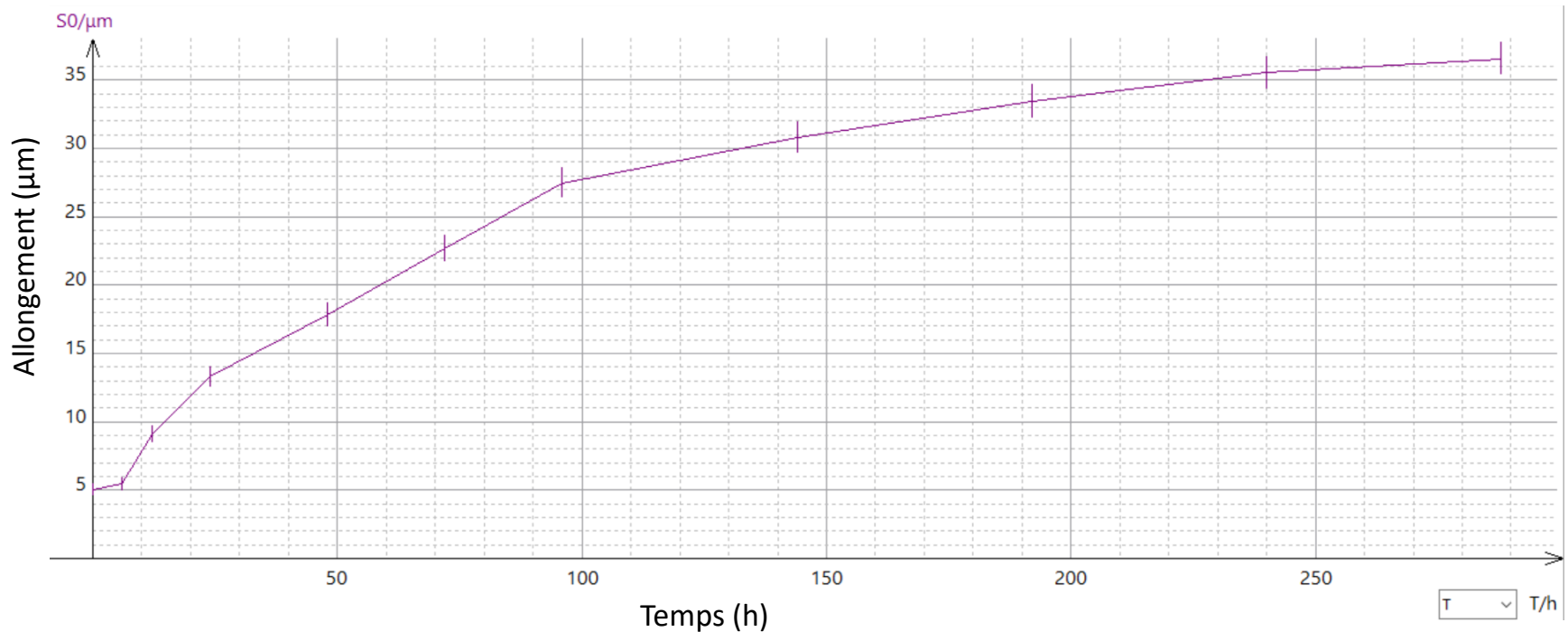
Dispositif théorique



# 1. Mise en évidence de l'impact des UV



## c. allongement



Courbe de l'allongement des échantillons selon leur exposition

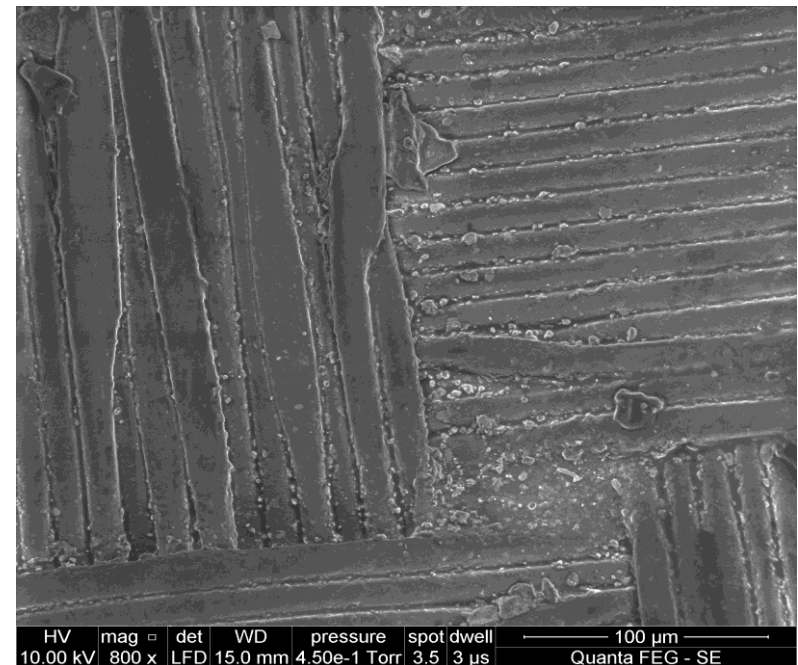
# 1. Mise en évidence de l'impact des UV



## d. Problématique

- L'impact des UV est clair

Dans quelle mesure peut-on par un traitement adapté, réduire l'impact des Ultra Violets sur les voiles de parapentes ?



Photographie de la toile après exposition au MEB

## 2. Etude d'un traitement



## 2. Etude d'un traitement



### a. Protocole d'enduction

- 4 échantillons différents selon le titre massique de la solution d'enduction
- Conditions d'enduction similaire
- Epaisseur négligée



Echantillon enduit

## 2. Etude d'un traitement

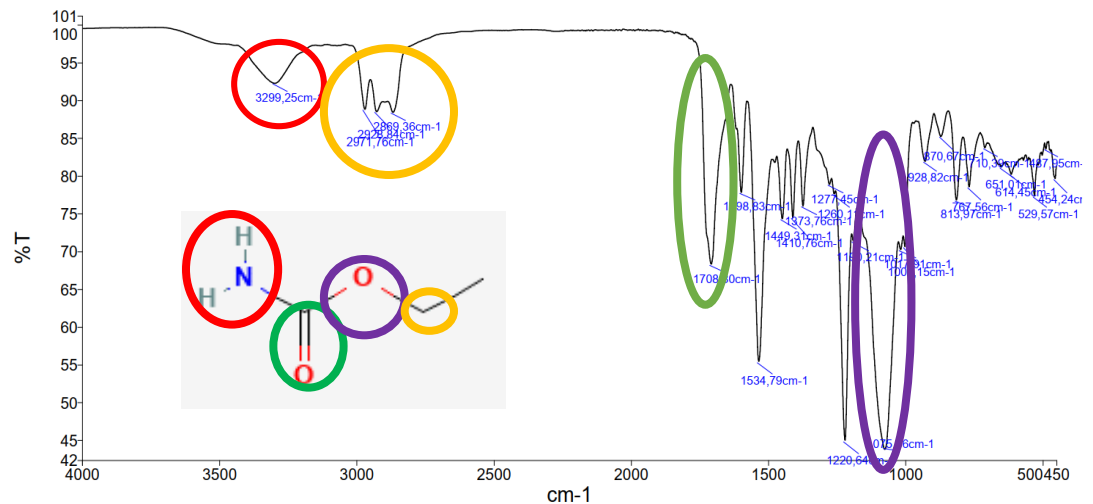


### b. Validation de la solution d'enduction utilisée

- La solution étudiée est un mélange d'acétone et de mousse polyuréthane

Fonction	f absorption( $\text{cm}^{-1}$ )
N-H amine	3100-3500
C=O ester	1700-1740
C-O-C	1200-1180
C-H tèt	2800

Table IR des fonctions présentes



Spectre IR de mesure de la solution

=> Les mesures confirment la validité de la solution choisie

## 2. Etude d'un traitement



### c. Mesure de la masse surfacique

- Expression de la masse surfacique
  - $\sigma = \frac{m}{s} \text{ kg/m}^2$
  - Echantillons de  $1 \text{ cm}^2$

Enduction				
Titre massique(%)	0	33	50	66
$\sigma \text{ (g/m}^2\text{)}$	24,99	39,81	52,96	57,71
Facteur multiplicatif du poids	1	1,59	2,12	2,31

$$u(\sigma) = \pm 0,01 \text{ g}$$

## 2. Etude d'un traitement



### d. Perméabilité

- Chronométrage du temps nécessaire pour faire passer un volume d'air au travers d'une portion de voile
- Mesures réalisées dans l'atelier d'un professionnel du parapente

=> toutes les voiles traitées avaient une perméabilité nulle



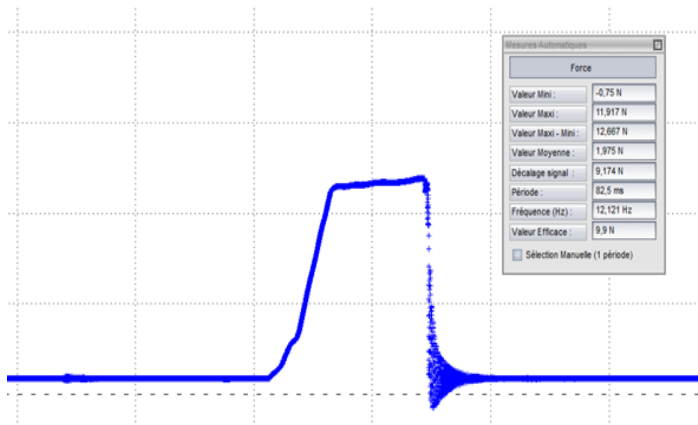
Dispositif de mesure de porosité

## 2. Etude d'un traitement



### e. Résistance à la traction

- Echantillon 5\*10cm
- Capteur de force numérique relié au logiciel Latis pro.
- Mesure jusqu'à rupture de l'échantillon



Graphique de rupture d'un échantillon



Dispositif de mesure de la traction



## 2. Etude d'un traitement



### e. Résistance à la traction

Les résultats des mesures (en N) avec leurs incertitudes sont les suivants

		Echantillon										
N°		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Enduction	0%	20,04	18,76	17,98	16,89	16,41	16,02	15,94	15,72	15,47	15,31	15,26
		0,91	0,88	0,87	0,84	0,83	0,82	0,81	0,81	0,80	0,80	0,80
	33%	20,08	20,06	19,94	20,01	19,88	19,72	19,57	19,43	19,02	18,83	18,69
		0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,90	0,90	0,89	0,89	0,88
	50%	19,97	20,02	19,98	19,69	19,53	19,67	19,32	19,26	19,18	19,09	18,94
		0,91	0,91	0,91	0,91	0,90	0,91	0,90	0,90	0,89	0,89	0,89
	66%	19,99	19,96	20,01	19,89	19,76	19,68	19,54	19,41	19,23	19,16	19,04
		0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,90	0,90	0,90	0,89	0,89

## 2. Etude d'un traitement

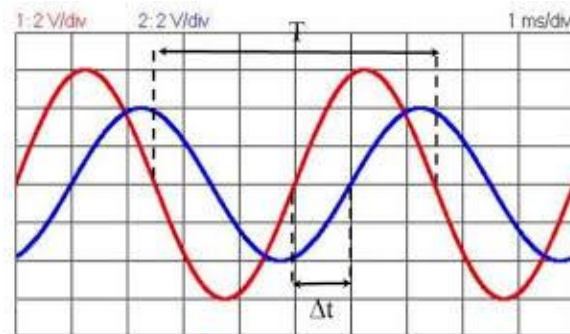


### f. Allongement

- Mesure de l'allongement de la voile sous la contrainte à l'aide d'un dispositif de mesure ultrasonique
- Toute les mesures ont été faites avec une masse de 200 g

$$\Delta l = \Delta t * c$$

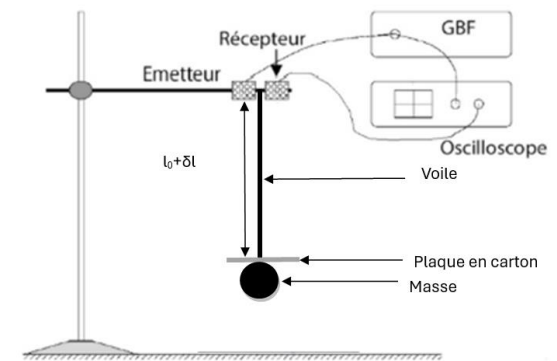
Equation de conversion du déphasage  
en déplacement spatial



Forme des courbes à l'oscilloscope



Dispositif expérimental



Dispositif théorique

## 2. Etude d'un traitement



### f. Allongement

Les résultats des mesures (en  $\mu\text{m}$ ) sont les suivants avec leurs incertitudes

	Echantillon											
	N°	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Enduction	0%	5,01	5,43	9,12	13,31	17,82	22,68	27,48	30,77	33,44	35,51	36,56
		0,45	0,47	0,61	0,74	0,86	0,97	1,07	1,13	1,18	1,21	1,23
	33%	4,03	4,12	4,15	4,21	4,01	4,11	4,02	4,11	4,23	4,07	4,11
		0,40	0,41	0,41	0,41	0,40	0,41	0,40	0,41	0,41	0,41	0,41
	50%	3,21	3,15	3,02	2,98	3,32	3,18	3,31	3,22	3,04	3,24	3,11
		0,36	0,36	0,35	0,35	0,37	0,36	0,37	0,36	0,35	0,36	0,35
	66%	1,57	1,72	1,43	1,59	1,49	1,62	1,55	1,58	1,64	1,72	1,31
		0,25	0,26	0,24	0,25	0,24	0,25	0,25	0,25	0,26	0,26	0,23

## 3. Analyse

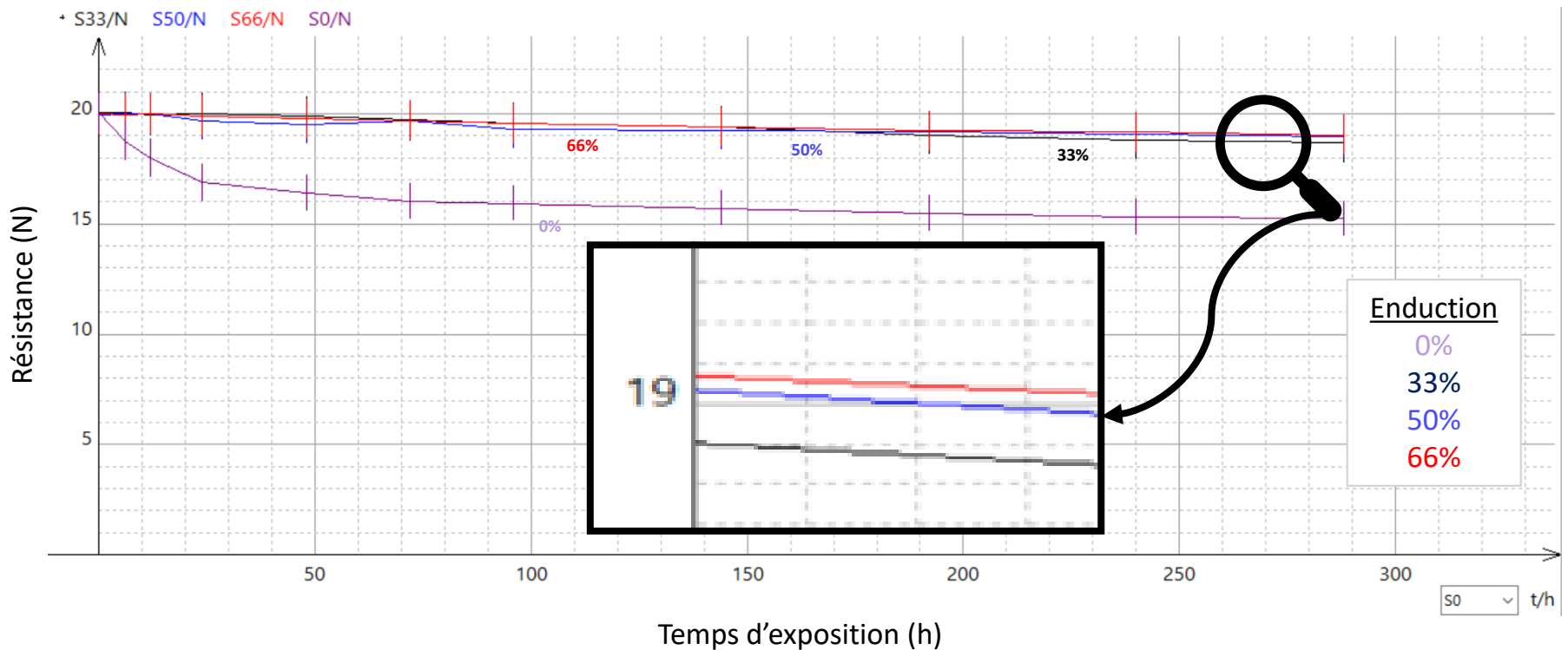


### 3. Analyse et conclusion



#### Résistance à la traction

Graphe représentatif de résistance de chaque voile par rapport au temps

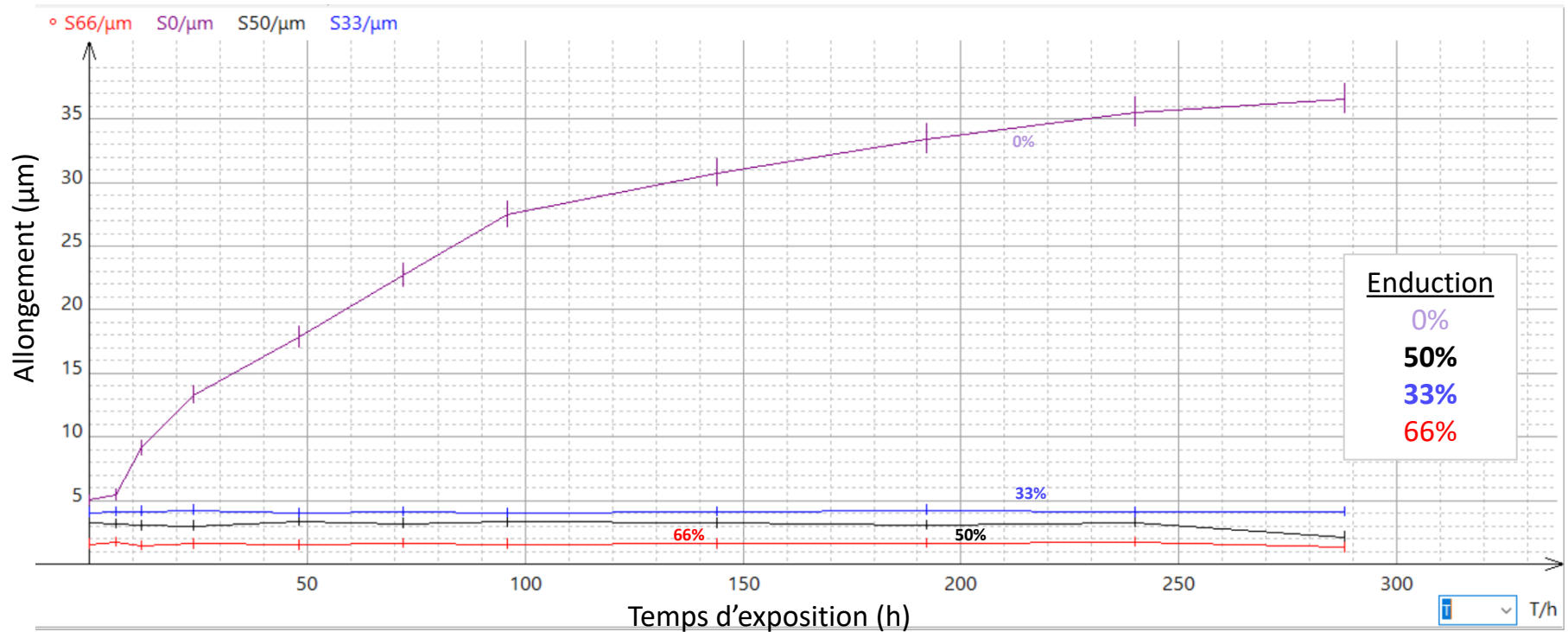


### 3. Analyse et conclusion



#### Allongement

Graphe représentatif des allongements de chaque voile par rapport au temps

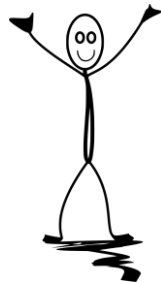


# 3. Analyse et conclusion



## Constat

- 1) Enduction 0% => courbes de références
  - 2) Enductions 33%; 50%, 66% => conservation des performances mesurées
  - 3) La densité d'enduction n'a pas d'impact majeur mesuré
- => L'enduction améliore la résistance et l'allongement des voiles



OUI MAIS :



# 3. Analyse et conclusion

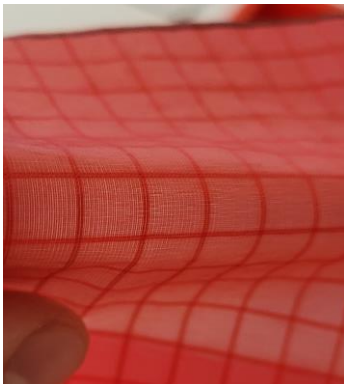


## Réflexion

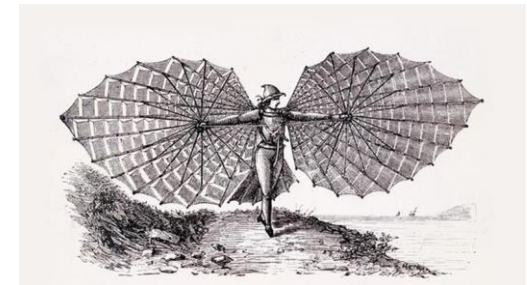
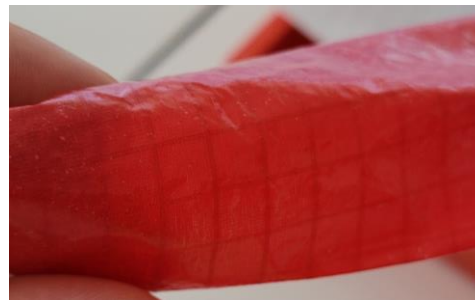
Mais l'enduction dans ces quantités implique :

Augmentation de la masse surfacique

Augmentation de la rigidité de la voile



Voile non  
enduite  
(gauche) et  
enduite  
(droite)





# 3. Analyse et conclusion



## Conclusion

- Solutions intéressantes sur le papier
- Application calibrée nécessaire
- Solution de protection et non d'amélioration de la résistance  
**On se retrouve contraint par la fibre elle-même.**
- Dans la pratique, **une voile enduite deviendrait extrêmement dangereuse empêchant toute pratique**

## 4. Annexes



# 5. Annexes



## a. Calculs d'incertitude

$$u(x)^2 = u_c^2 + u_{lec}^2 + u_{spé}^2$$

$u_{spé}$  : incertitude type spéciale, liée à la difficulté de faire la mesure

$u_c$  : incertitude type constructeur liée à la classe de l'appareil

$u_{lec}$  : incertitude type de lecture lié à la lecture sur l'instrument (graduations,...)

Résistance :  $u(x)^2 = u_c^2 + u_{spé}^2$

$$u_c = \pm 0,001 N$$

Elasticité :  $u(x)^2 = u_c^2 + u_{lec}^2 + u_{spé}^2$

$$u_c = \pm 100 \text{ ns}$$

$$u_{lec} = \pm \frac{\Delta t}{\sqrt{12}}$$

$$u(a) = \frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{\frac{1}{2} \sum_{i=1}^3 (x_i - X_m)^2}$$

# 5. Annexes



## b. Sources

- <https://www.mysciencework.com/patent/show/composites-leur-proce%CC%81de%CC%81-de-pre%CC%81paration-et-les-voiles-de-vol-les-comprenant-EP2572874A1>
- <https://notech.franceserv.com/ailles-parapentes.html>
- <https://www.latelierduparachutiste.com/produit/controle-calage-de-voile-principale/>
- [https://www.ffp.asso.fr/wp-content/uploads/2013/03/Manuel de formation parapente.pdf](https://www.ffp.asso.fr/wp-content/uploads/2013/03/Manuel_de_formation_parapente.pdf)
- <https://oatao.univ-toulouse.fr/13778/1/nohra.pdf>

## Remerciements



- Stephane Verane de Porcher Sports pour ses conseils
- Horizon parapente de nous avoir reçus
- Marc Lasalle pour la fourniture d'une voile