

# Conception d'un cadre de vélo à base de cheveux

BIGÉ Kélian

N°15 103



# Mise en contexte :

4 000 tonnes coupées/an\*



# Problématique :

Les caractéristiques mécaniques d'un matériau composite à base de cheveux, permettent-elles la fabrication d'un cadre de vélo ?

## Objectifs :

- Étude des différentes caractéristiques du matériau.
- Utiliser les machines de traction et de flexion.
- Étudier les différentes contraintes exercées sur un cadre
- Étudier les différentes formes envisageables.

# Plan du TIPE :

- I. Éprouvette
- II. Étude statique d'un cadre
- III. Expériences en flexion
- IV. Simulations
- V. Étude des formes de la tubulure

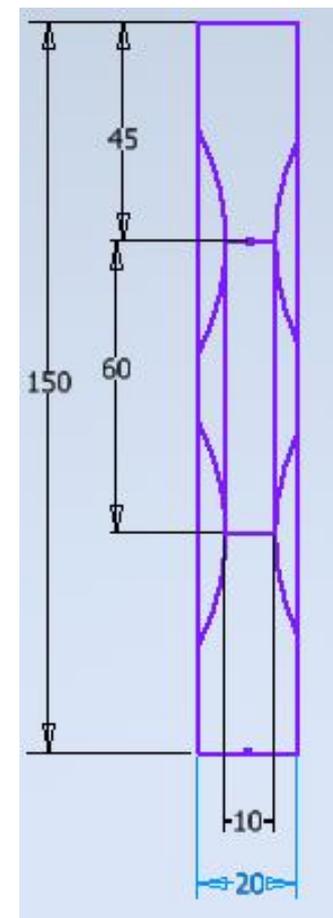
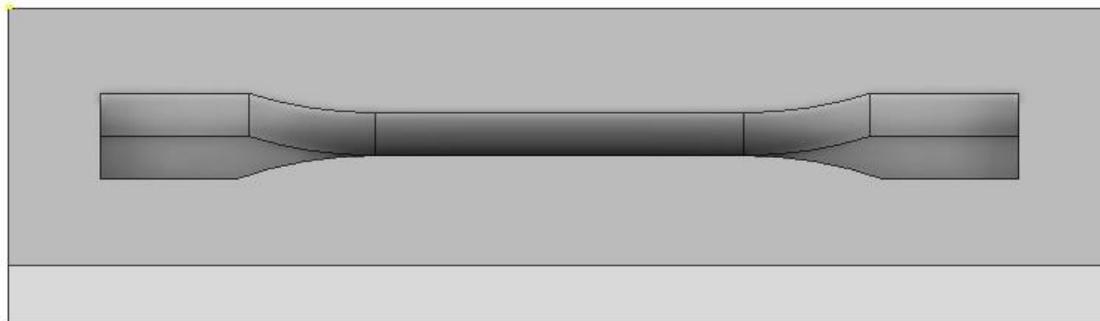
# Première approche : éprouvette

- Création d'un moule
- Moulage
- Tests afin d'évaluer les caractéristiques du matériau
- Décision de poursuite

# Création du moule :

Cotes standards : (norme D638 ASTM\*)

Impression 3D



\* MTS

# Moulage de l'éprouvette :

Mélange de la résine et des cheveux :

80% cheveux ( en masse )

20% résine



# Test n°1 : Traction

Utilisation d'une machine BED 100

Relevé du déplacement et de la force

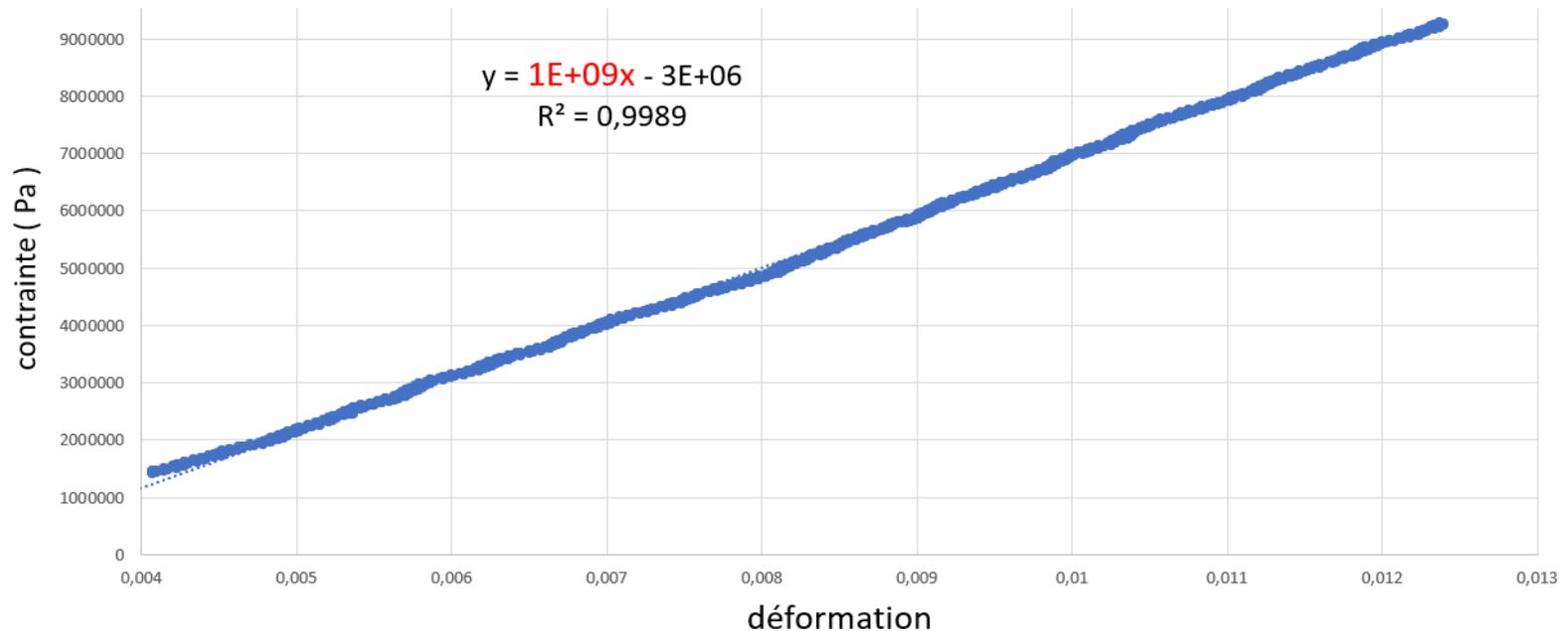
➔ Pas de cassure



# Traitement du test n°1 :

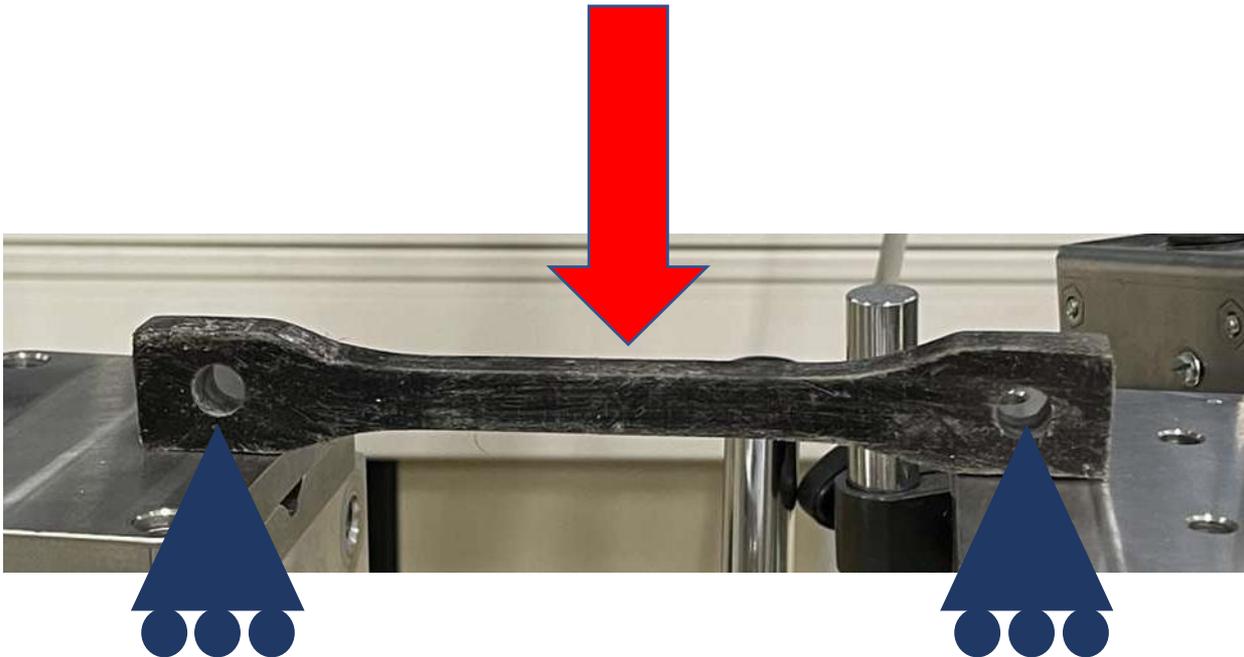
$$\sigma = E * \varepsilon$$

$$E = 1000 \text{ MPa}$$

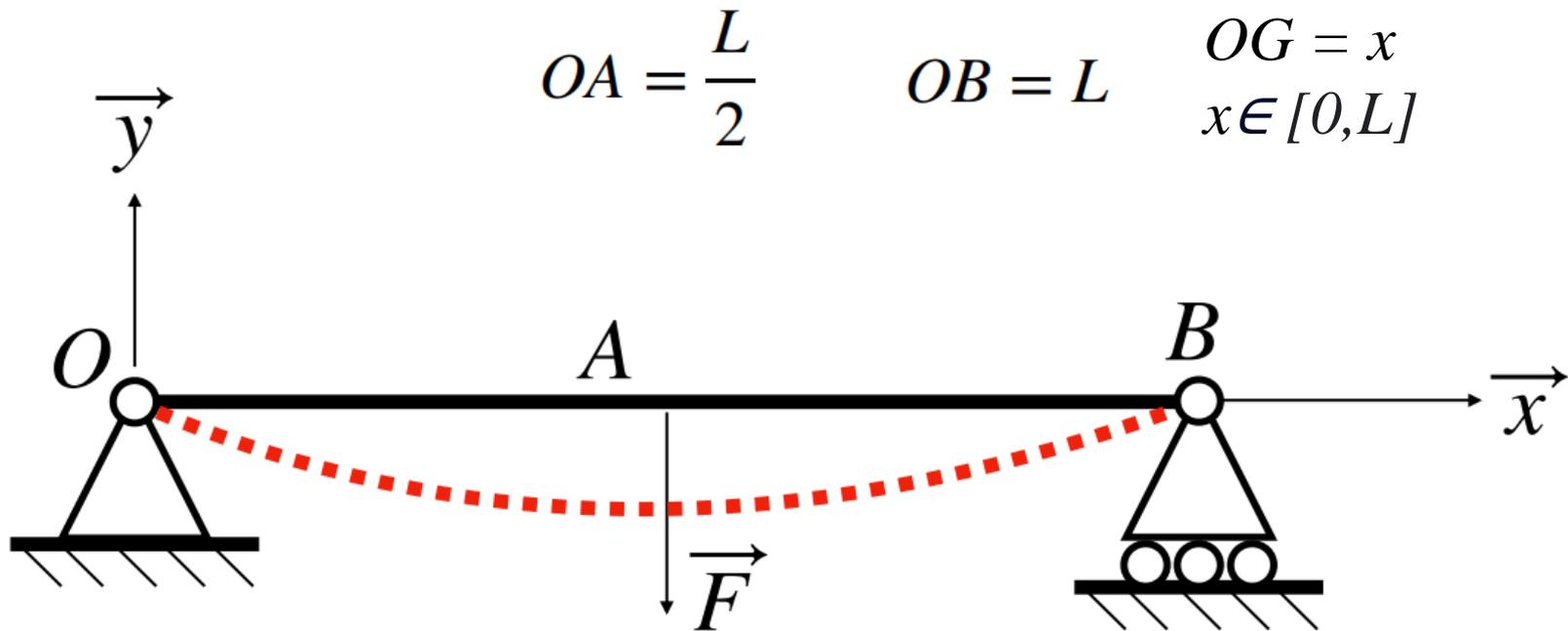


\*Loi de Hooke

# Test n°2 : Flexion

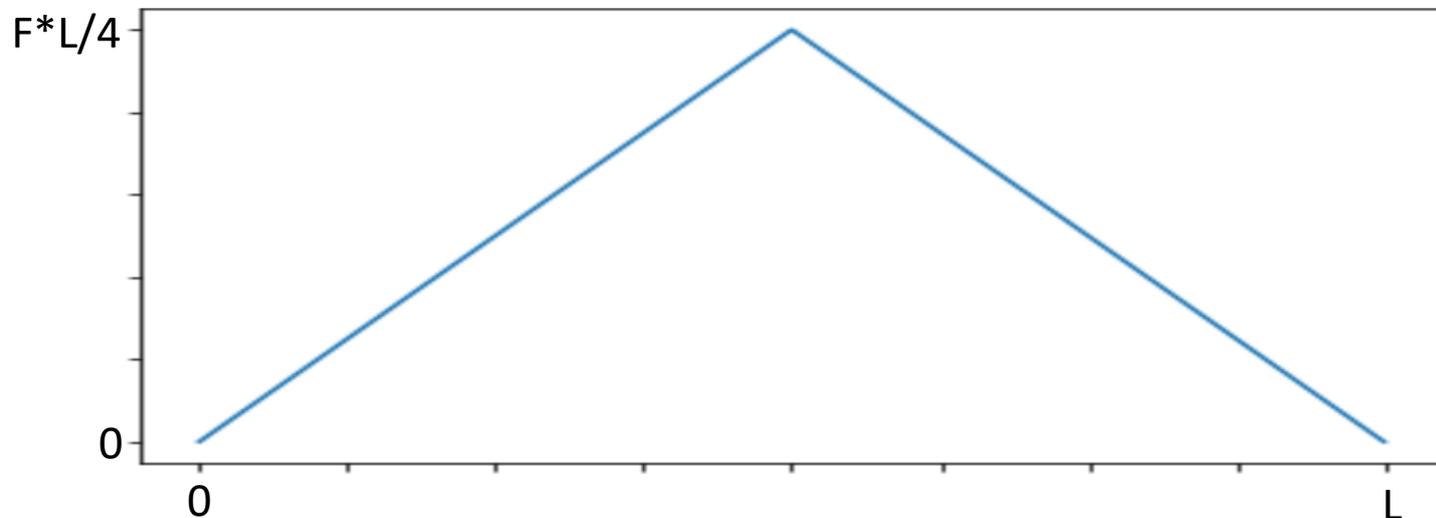


# Modélisation :



# Calculs :

$$\{T_{coh}\}_{OA} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ -\frac{F}{2} & 0 \\ 0 & \frac{F}{2} \cdot x \end{Bmatrix} \quad \{T_{coh}\}_{AB} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{F}{2} & 0 \\ 0 & \frac{F}{2} \cdot (L - x) \end{Bmatrix}$$



# Traitement test n°2 :



Première Cassure à 900N

$$\sigma = (Mf * y) / I_gz$$

$$\sigma_{\max} = 200 \text{ MPa}$$

# Comparaisons :

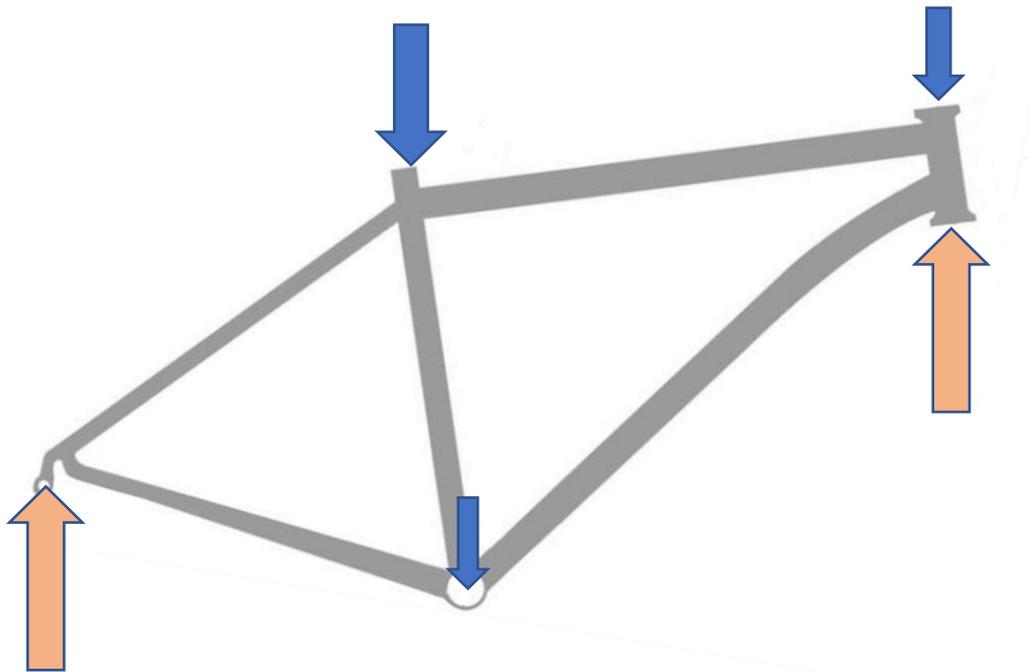
Matériau	Masse volumique (kg/m <sup>3</sup> )	Module d'Young (MPa)	Résistance à la rupture (MPa)
Acier*	7 800	210 000	1900-2300
Aluminium*	2 710	70 000	100-500
Fibre de carbone**	1740-1950	≈250 000	≈3 000
Cheveux + époxy	1 230	≈1 000	200

\*cours Mr Blascheck

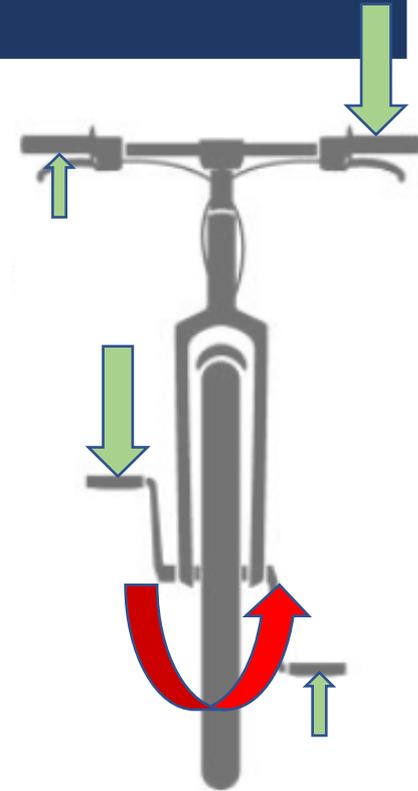
\*\*Epsilon composite

\*\*\*pastel.archives-ouvertes

# Étude statique :



-  Poids du cycliste
-  Réaction du sol

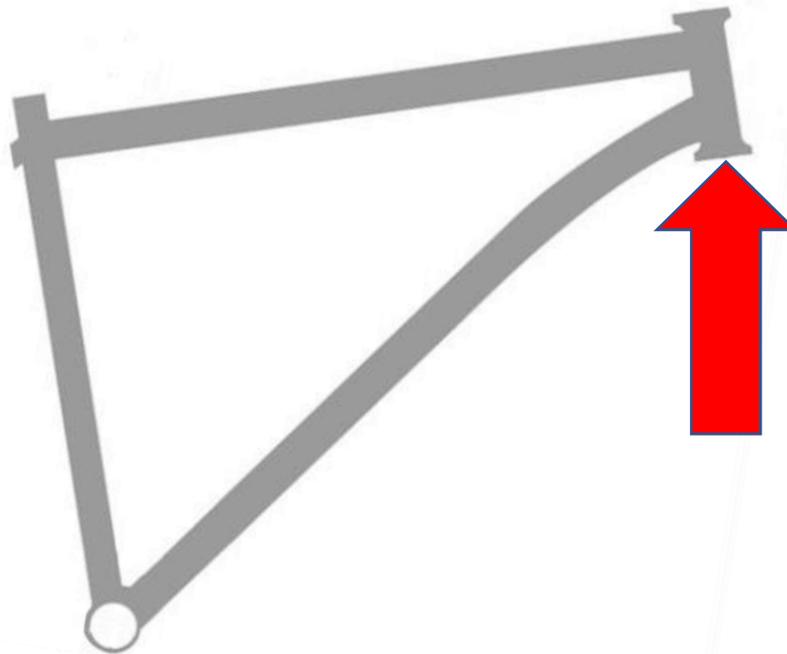


-  Forces de pédalage
-  Couple résultant

# Cadre d'étude :

Hypothèse : cas le plus défavorable  
répartition des masses 50/50

Ordre de grandeur :  
 $F = Mg/2 \simeq 500\text{N}$



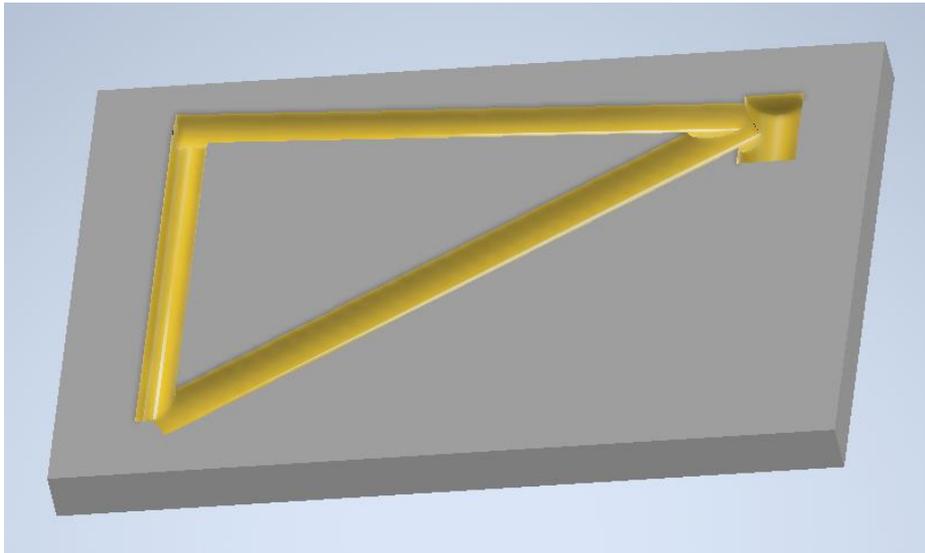
# Raisonnement par comparaison :

But : comparer deux cadres de même géométrie mais de matériaux différents

Étapes :

- Moulage d'un cadre
- Fabrication d'un cadre à base de cheveux
- Essais en flexion
- Comparaison des résultats

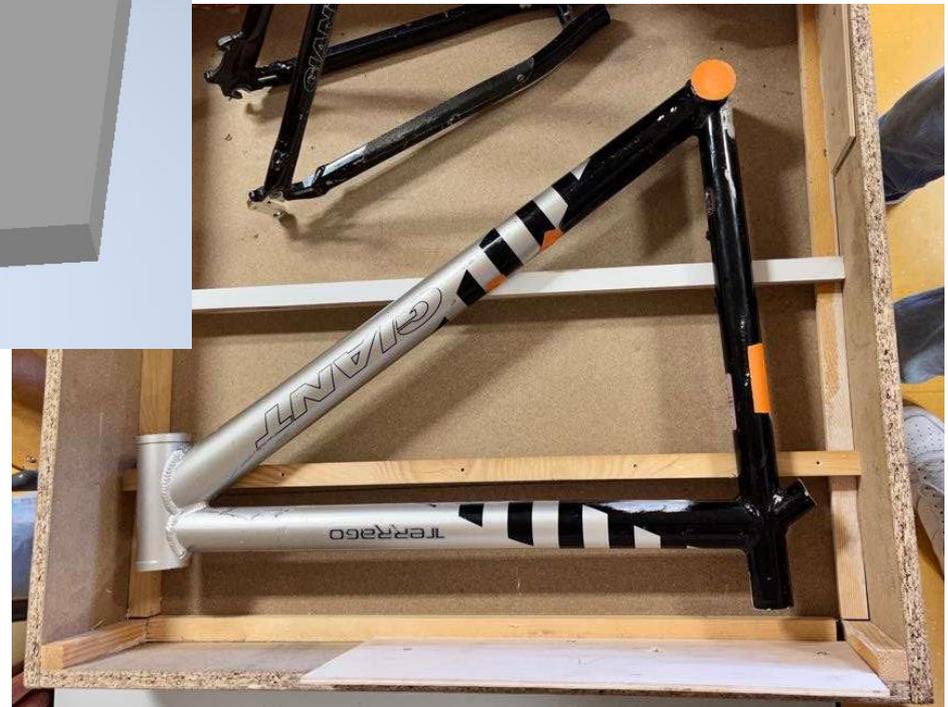
# Réalisation du moule :



Deux coquilles

Coulage de plâtre

Séparation des  
coquilles via une bâche



# Fabrication du cadre :



Remplissage des moules

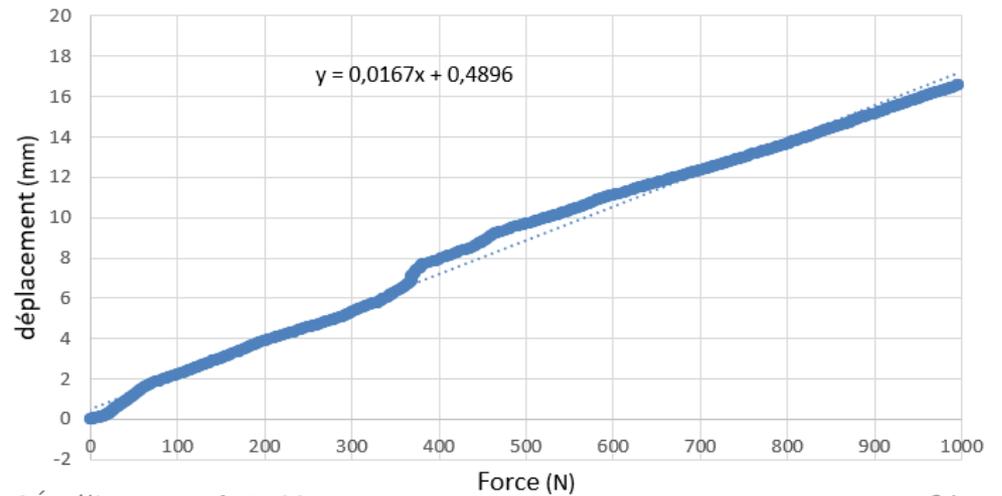
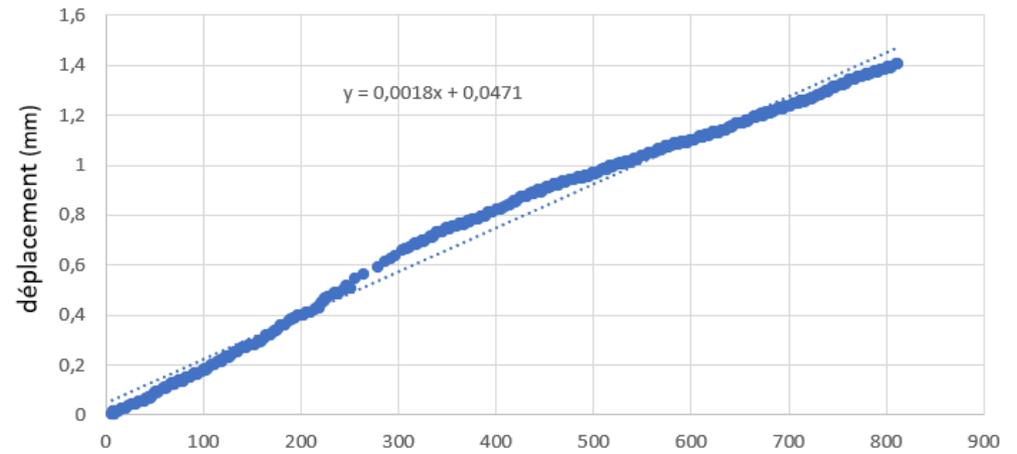
80% cheveux, 20% résine (masse)

# Démoulage et collage :

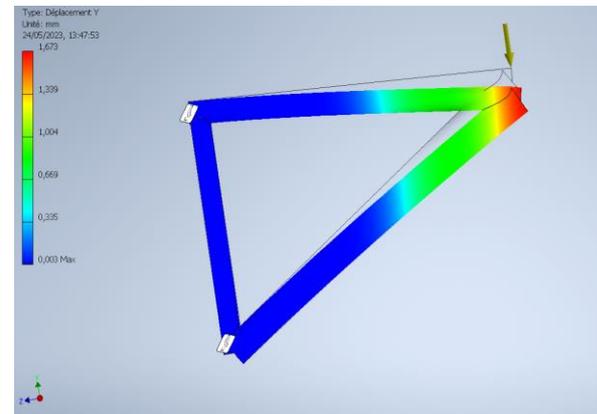
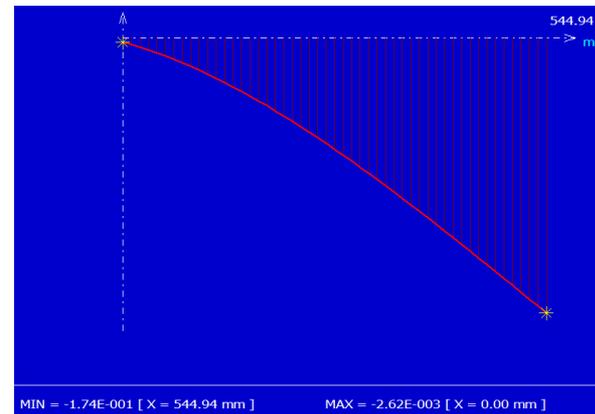
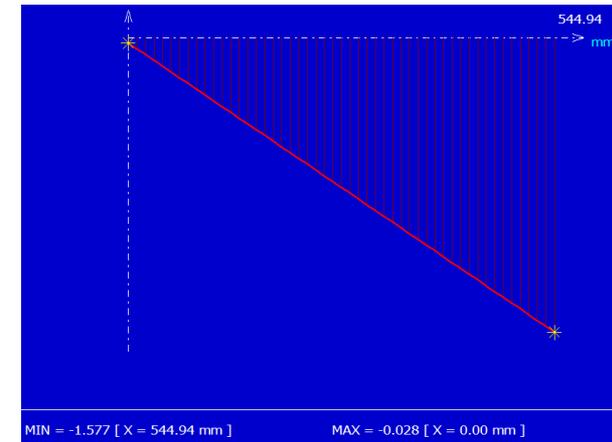
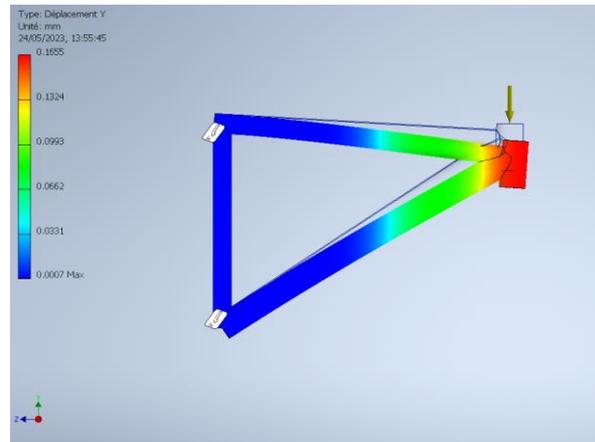


- Démoulage
- Collage (résine)
- 2,6 kg (contre 1,1kg)

# Essais en flexion :



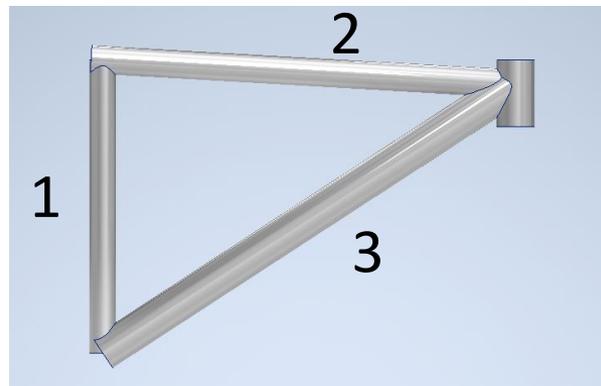
# Simulations de cette expérience



Déplacement maximum	aluminium	cheveux
Inventor	0,165 mm	1,673 mm
Rdm7 Le Mans	0,174 mm	1,577 mm

# Diamètre équivalent :

	Aluminium	cheveux
Diamètre 1	35 mm	105 mm
Diamètre 2	38 mm	116 mm
Diamètre 3	49 mm	147 mm
Épaisseur des tubes	1,8 mm	plein
Déplacement max	0,174 mm	0,172 mm
Masse	1,1 kg	45 kg

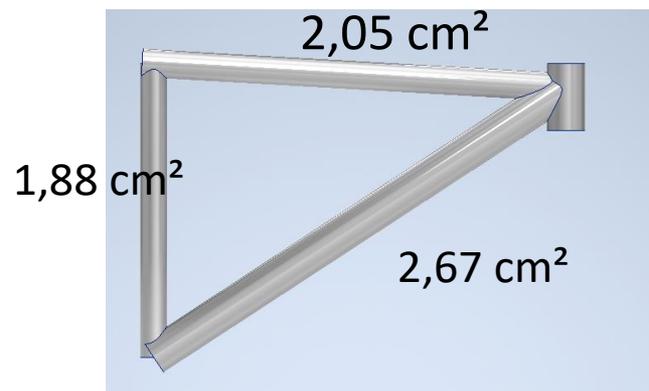


# Formes de tubulure :

Forme	Déplacement max ( $\mu\text{m}$ )
cercle	174
Rectangle 4/3 	174
Rectangle 3/4 	175
carré	174
triangle	174
IPN	171

Masse égale

Aire fixée :



Épaisseur fixée :  
1,8 mm

# Conclusion :

Pas optimal pour un vélo :

- trop lourd
- trop déformable

Plus adapté à une carrosserie :

- plus léger tôle (1250 kg/m<sup>3</sup> contre 7 800 kg/m<sup>3</sup>\*)
- résistance à la corrosion\*\*
- moins d'efforts

\* acianov.fr

\*\* Cité des sciences

# Annexe 1 : Module d'Young

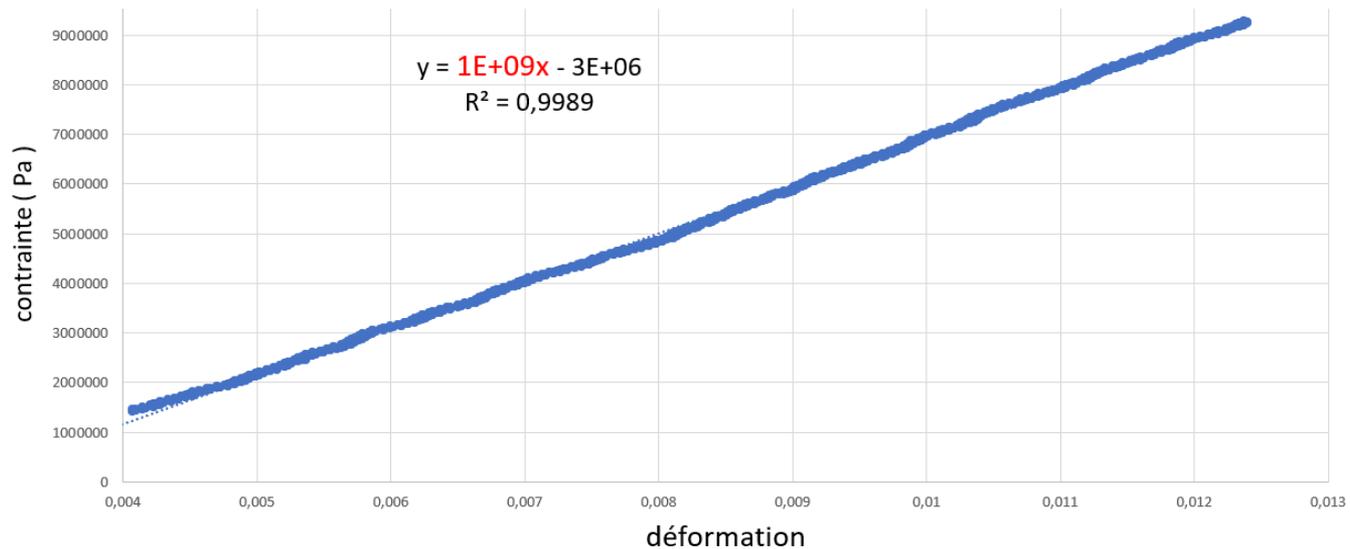
$$\sigma = E * \varepsilon$$

$$\sigma = F/S$$

F= force      S= 0,001m<sup>2</sup> (section)

$$E = \Delta L/L$$

L= 0,15m



# Annexe 2: Limite élastique

$$\sigma = (M_f * y) / I_{gz} = ( F_{max} * L/4 * h/2 ) / ( S^{**2}/12 )$$

Avec : L=longueur=0,15m

h=hauteur=0,01,

S=section=0,0001

# Annexe 3: Capillum

récupération de cheveux

- Travaux :
- paillage pour l'agriculture
  - recherches médicales (utilisation de kératine)
  - absorbants et dépolluant

# Source des images

Vélo Divia :

[https://www.divia.fr/fileadmin/Client/Bandeaux\\_images/Headers\\_page/IIIust-DiviaVelodi-VLS.jpg](https://www.divia.fr/fileadmin/Client/Bandeaux_images/Headers_page/IIIust-DiviaVelodi-VLS.jpg)

Cheveux marée noire :

<https://demarchesadministratives.fr/images/actualites/3024/lutter-contre-la-maree-noire-avec-nos-cheveux-1.jpg>

Engrais Capillum :

<https://boutique.capillum.fr/storage/upload/optimized/63c807b22cc40.webp>

Image cadre coté :

[https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSfL41dDDz\\_d1NfJjtGGi2J2lwi92SlTtNdpm6UY4QF-pioKeEe](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSfL41dDDz_d1NfJjtGGi2J2lwi92SlTtNdpm6UY4QF-pioKeEe)

Image carte face :

[https://encrypted-tbn1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSjr2tg\\_AO8vK\\_0JeA9sk\\_phRbP35GqRWCPSL-yjazZq8dU\\_z](https://encrypted-tbn1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSjr2tg_AO8vK_0JeA9sk_phRbP35GqRWCPSL-yjazZq8dU_z)