

# CONCEPTION D'UN CADRE DE VELO A BASE DE CHEVEUX

Matthieu GAUTHIER  
N° 15107



CPGE TSI  
TIPE 2023  
THEME – LA VILLE

# SOMMAIRE

01

## INTRODUCTION

- Contexte Historique
- Problématique
- Objectifs

02

## CONCEPTION DU CADRE

- Fabrication du matériau composite
- Fabrication d'une éprouvette de test
- Essai de traction sur l'éprouvette

03

## FABRICATION ET EXPERIMENTATION

- Réalisation du cadre en CAO
- Hypothèses
- Simulation et Comparaison
- Fabrication du cadre
- Installation de jauges de contraintes
- Analyse des résultats

04

## CONCLUSION

- Conclusion
- Annexes

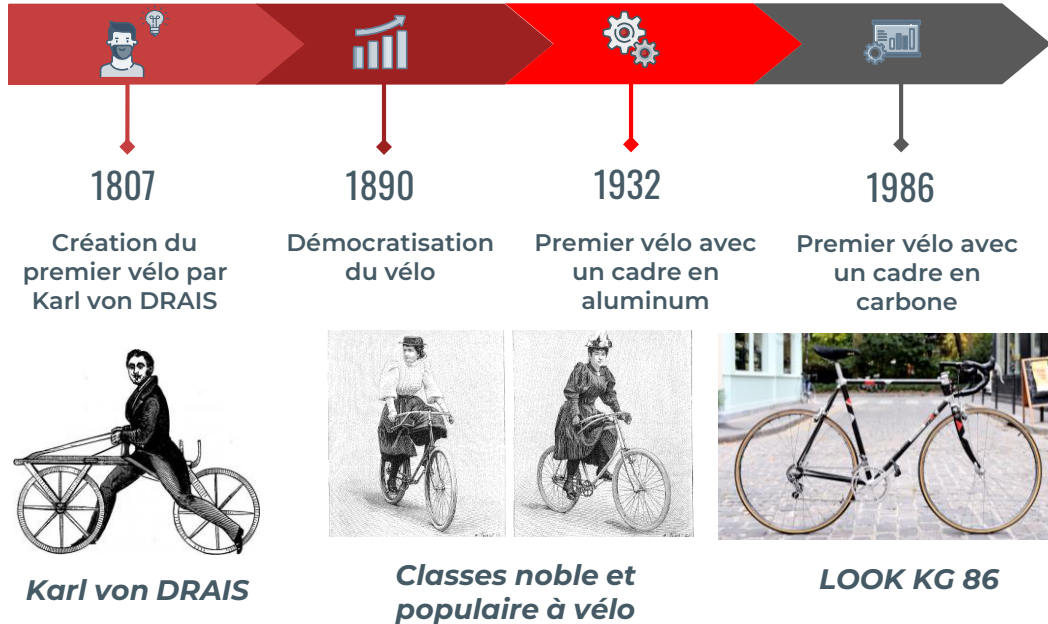


# 01 INTRODUCTION

- Contexte historique
- Problématique
- Objectifs

# 01 CONTEXTE HISTORIQUE

## 01



# 01 PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS

## Problématique

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

## Objectifs

- Comparaison du matériau composite à d'autres, tels que l'acier, l'aluminium ou le carbone
- Etude d'un modèle numérique du cadre
- Installer, étudier et exploiter les mesures d'un capteur à jauges de déformation



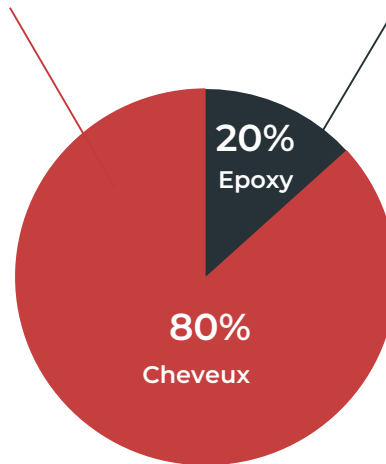
# 02

## ETUDE DU MATERIAU COMPOSITE

- Fabrication du matériau composite
- Fabrication d'une éprouvette de test
- Essai de traction sur l'éprouvette

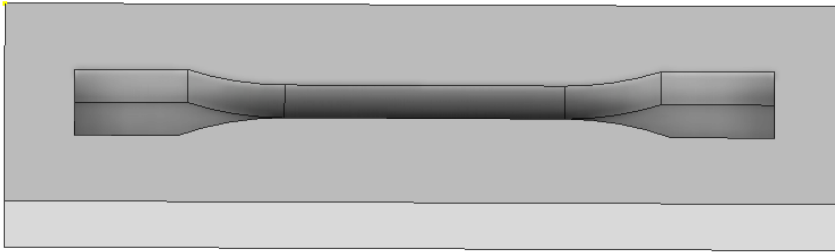
# 02 FABRICATION DU MATERIAU COMPOSITE

**Matériau composite = Base + Matrice**



Composition du matériau composite fabriqué (répartition en masse)

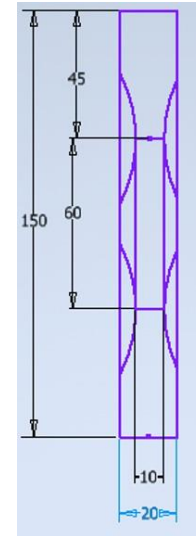
# 02 FABRICATION D'UNE EPROUVETTE DE TEST



Moule de l'éprouvette réalisé  
sur *Inventor*



Photo de l'éprouvette réalisée  
en cheveux et résine



Norme de  
l'éprouvette :  
**ASTM D638**  
Norme plastique  
et matériaux  
composites



# 02 ESSAI DE TRACTION

## Détermination du Module d'Young

Test de traction sur l'éprouvette à l'aide d'un BED 100



↑  
Traction  
↓

Loi de Hooke

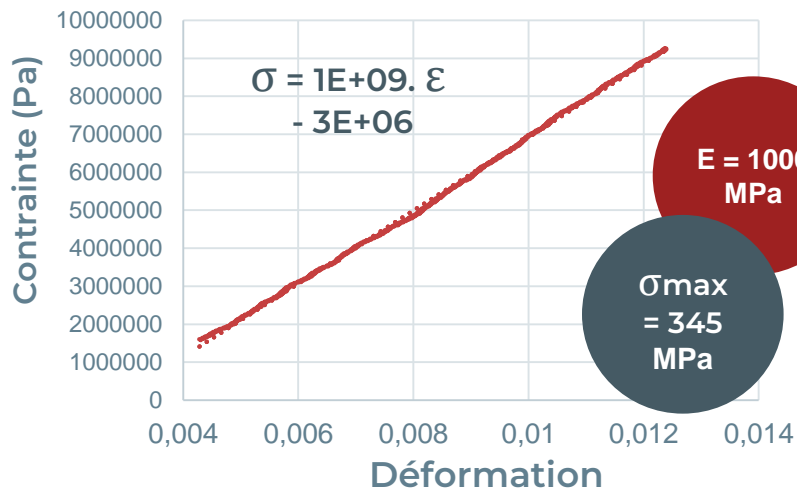
$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

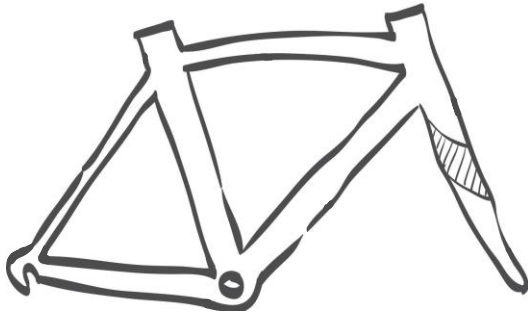
Contrainte  
(en Pa)

Module  
d'Young  
(en Pa)

L'allongement  
relatif

### Essai de traction





# 03

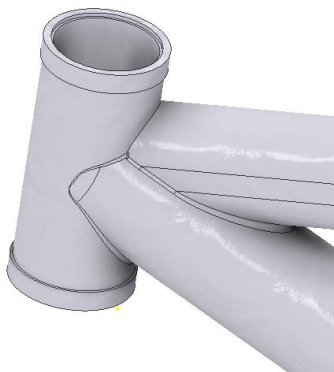
## FABRICATION ET EXPERIMENTATION

- Réalisation du cadre en CAO
- Hypothèses
- Simulation et Comparaison
- Fabrication du cadre
- Installation de jauges de contraintes
- Analyse des résultats

# 03 REALISATION CAO DU CADRE



Inventor



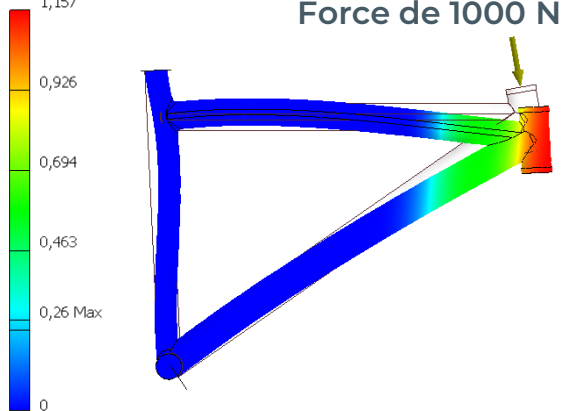
# 03 HYPOTHESES

- Cadre en matériau composite plein
- Matériau utilisé pour la simulation numérique Homogène\* et Isotrope\*
- Simulation et expérience avec un seul effort de 0 à 1000 N sur le tube de direction

# 03 SIMULATION ET COMPARAISON AVEC UN AUTRE MATERIAU

Cadre expérimental en matériau composite (cheveux – époxy)  
**Cadre plein**

Type: Déplacement Y  
Unité: mm  
02/06/2023, 09:21:04  
1,157



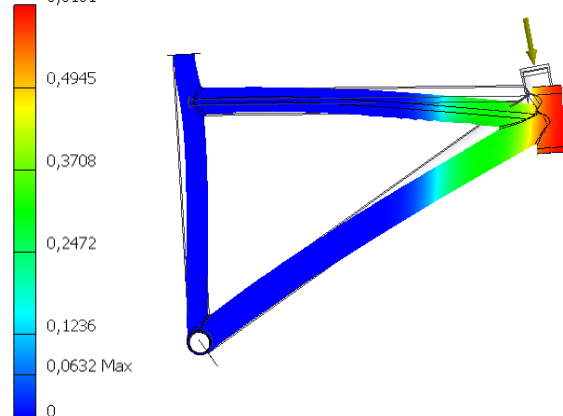
Déplacement max : 1,16 mm

Masse : 2,6 kg

Cadre en aluminium 6061  
Rétroconception du cadre de référence

**Cadre en tube d'épaisseur 3mm**

Type: Déplacement Y  
Unité: mm  
03/06/2023, 13:51:18  
0,6181



Déplacement max : 0,62 mm

Masse : 1,1 kg

# 03 FABRICATION DU CADRE



1) Fabrication du moule du cadre en plâtre



2) Confection du cadre à base d'un mélange de cheveux et de résine époxy



3) Démoulage des parties du cadre (pièces brutes)



4) Cadre obtenu en cheveux et résine

# 03 INSTALLATION ET EXPLOITATION DE CAPTEURS A JAUGES DE DEFORMATION



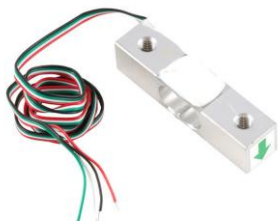
BED 100 (Banc d'essais didactique)

Capteurs d'efforts à jauges de déformation

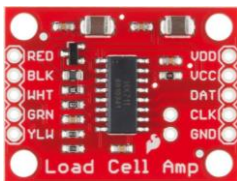
Conditionneur

Carte Arduino

# 03 INSTALLATION ET EXPLOITATION DE CAPTEURS A JAUGES DE DEFORMATION



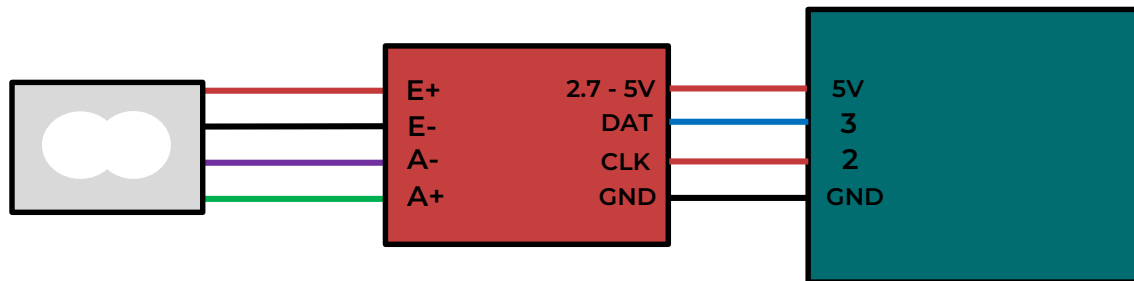
Capteur d'efforts à jauges de déformation  
CZL635-20



Conditionneur  
Sparkfun HX711



Arduino UNO





# 03 AQUISITION DES VALEURS

Code Arduino permettant  
d'afficher les valeurs du  
capteur à jauges de  
déformation

```
#define calibration_factor -7050.0
#define DOUT 3
#define CLK 2
HX711 scale;
float masse=0.0 ;
void setup() {

  Serial.begin(9600);
  Serial.println("HX711 scale demo");

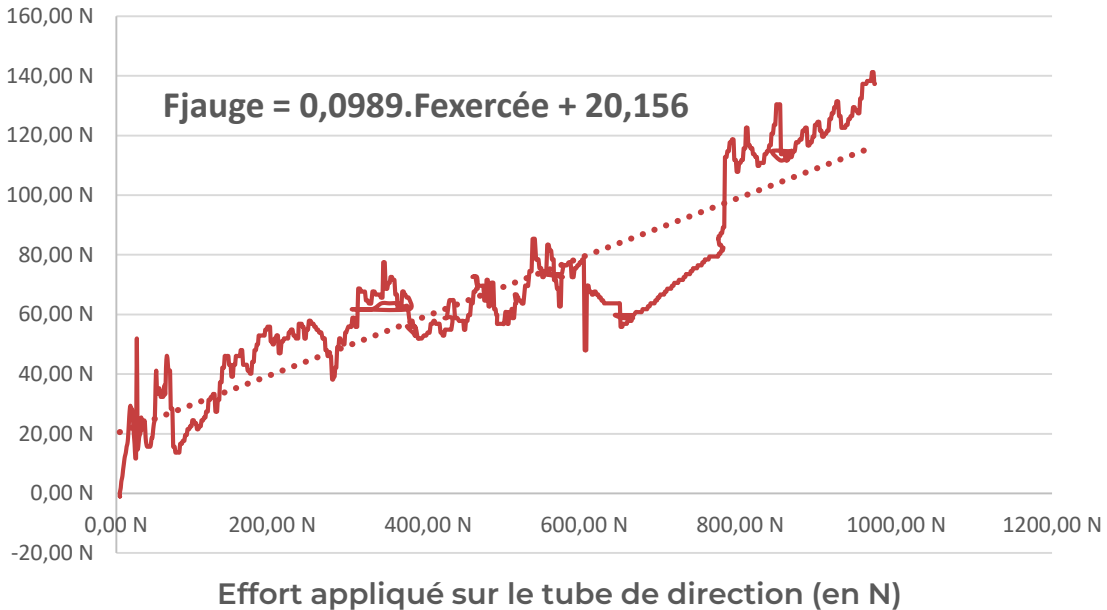
  scale.begin(DOUT, CLK);
  scale.set_scale(calibration_factor);
  scale.tare();

  Serial.println("Readings:");
}
void loop() {
  Serial.print("Reading: ");
  masse=scale.get_units()/2.20462;
  Serial.print(masse, 1);
  Serial.print(" kg");
  Serial.println();
}
```

# 03 ANALYSE DES RESULTATS DE LA DEFORMATION

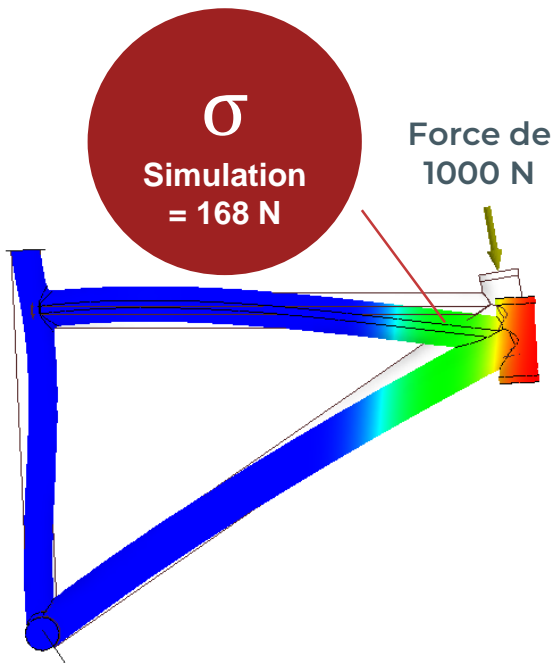
Effort mesuré dans la jauge de contrainte en fonction de l'effort appliqué sur le tube de direction

Effort mesuré au niveau de la jauge de contrainte (en N)



# 03 COMPARAISON ENTRE L'EXPERIMENTATION ET LA SIMULATION

## SIMULATION



## EXPERIMENTATION



# 03 COMPARAISON AVEC D'AUTRE MATERIAUX

Matériaux	Alliage d'aluminium 6061	Alliage d'acier 45SCD6	Fibre de carbone Résine époxy	Fibre de verre résine époxy	Cheveux résine époxy
Masse Volumique	2700 kg/m <sup>3</sup>	7800 kg/m <sup>3</sup>	1 950 kg/m <sup>3</sup>	2 550 kg/m <sup>3</sup>	1 250 kg/m <sup>3</sup>
Module de Young	70 000 Mpa	210 000 Mpa	5 400 Mpa	3 800 Mpa	1 000 Mpa
Fabrication	Fonderie simple	Fonderie simple	Tissage Difficile	Tissage difficile	Assez Facile
Prix au kg	1,70€ Modeste	0,25€ Modeste	19,00€ Très couteux	14,00€ Très couteux	1,00€ Seulement résine époxy
Recyclage	Facile	Facile	Difficile	Difficile	À discuter



# 04

## CONCLUSION

- Conclusion
- Annexes

# 04 CONCLUSION

## Problématique

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

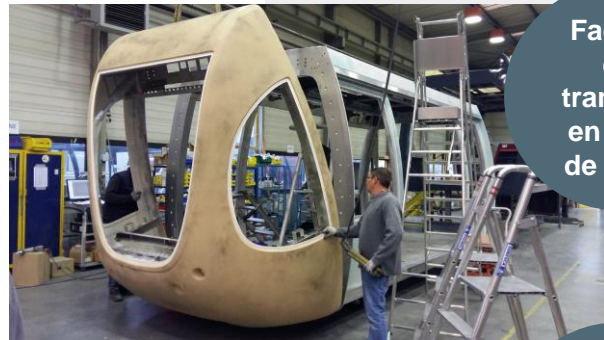
**4000 t**

de cheveux  
jetés/ an en  
France

Sources : [lesbicycleurs.fr](http://lesbicycleurs.fr), [alstom.com](http://alstom.com),  
<https://erh2-bretagne.mystrikingly.com/>



**25 kg**  
Masse  
moyenne  
VELIB



Façade  
de  
tramway  
en fibre  
de verre



Bonbonne  
Hydrogène  
en fibre de  
Carbone

# 04 ANNEXES

Zwick / Roell

FRANÇAIS   PORTAIL CLIENTS  RECHERCHER

Secteurs d'activité Produits testXpert Accessoires Services L'entreprise Jobs Actualités & Événements

 Secteurs d'activité **Plastique** Thermoplastiques et matières thermodurcissables Essai de traction, plastique

## ASTM D638 Propriétés de traction Plastique

L'essai de traction sur les plastiques selon la norme **ASTM D638** fournit des propriétés mécaniques essentielles telles que la contrainte de traction, l'allongement, le module de traction, la [résistance à la traction](#), la limite d'élasticité et le point de rupture. L'ASTM D638 n'est pas identique à ses équivalents, les normes [ISO 527-1](#) et [ISO 527-2](#). Les normes diffèrent sur de nombreux aspects, tels que la forme et les dimensions des éprouvettes, la définition des résultats, ainsi que le déroulement d'essais lui-même. Alors que l'ASTM D638 représente une caractérisation pragmatique des propriétés de traction, l'idée directrice de l'ISO 527 est la comparabilité des résultats d'essais entre laboratoires, entreprises et frontières nationales.

> OBJECTIF & VALEURS CARACTÉRISTIQUES

> ÉPROUVETTES & DIMENSIONS

> CONDITIONS AMBIANTES

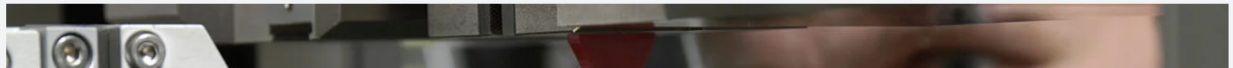
> EXIGENCES DE PRÉCISION

> VIDÉOS

> SYSTÈMES D'ESSAIS

> FAQ

> BROCHURE PLASTIQUE



<https://www.zwickroell.com/fr/secteurs-dactivite/plastique/thermoplastiques-et-matieres-thermodurcissables/proprietes-de-traction-astm-d638/#c77849>

# 04 ANNEXES

Homogène\* : les propriétés mécaniques sont les mêmes en tous les points (contreexemple : le béton, la mousse polyuréthane...)

Isotrope\* : les propriétés mécaniques sont indépendantes de la direction envisagée (contreexemple : le bois, la fibre de verre)

Sources des illustrations : Vecteezy

Merci à ART ET NUANCES  
Charentay pour la récolte de  
cheveux