

Le soudage du bois

I) Présentation

- 1) Introduction
- 2) Avantages et inconvénients
- 3) Les différentes techniques

II) Aspect chimique

- 1) Constituants du bois
- 2) Principe du soudage

III) Résistance de la liaison

- 1) Utilité du soudage
- 2) Paramètres influençant la qualité du soudage
- 3) Caractérisation de la liaison

IV) Fragilité à l'eau

- 1) Mise en évidence de la fragilité du joint en milieu extérieur
- 2) Causes possibles



1) Introduction

- Technique d'assemblage
- Découverte dans les années 90
- N'utilise que du bois

2) Avantages/ Inconvénients

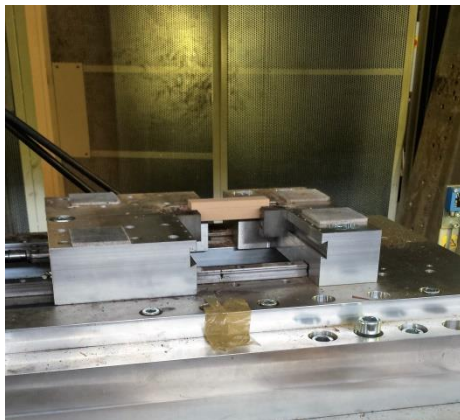
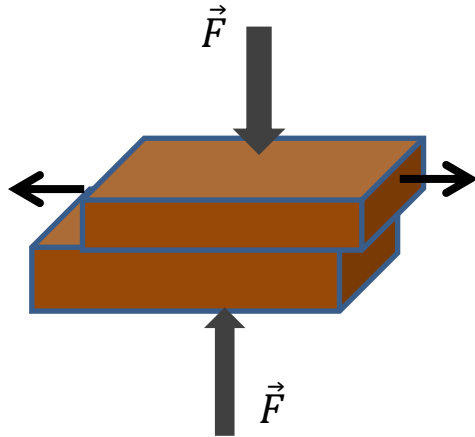
- Pas de colle
- Pas d'éléments métalliques
- Rapide (< 10s)
- Conditionnement du bois compliqué
- Dépend de beaucoup de paramètres différents



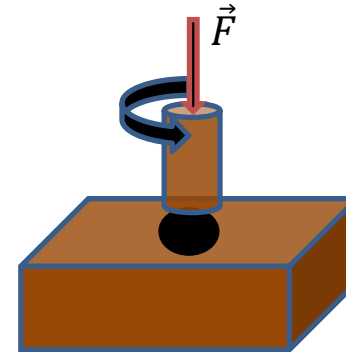
Illustration: Chaise assemblée
grâce au soudage

3) Les différentes techniques

Soudage par friction linéaire



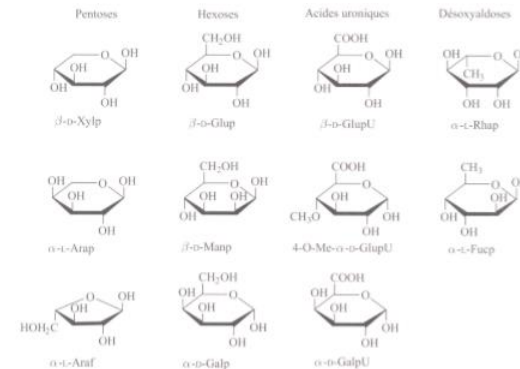
Soudage par friction rotative



1) Constituants du bois

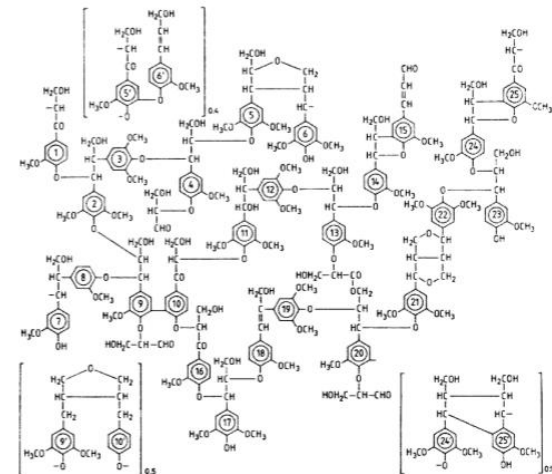
Les hémicelluloses

- Polymère



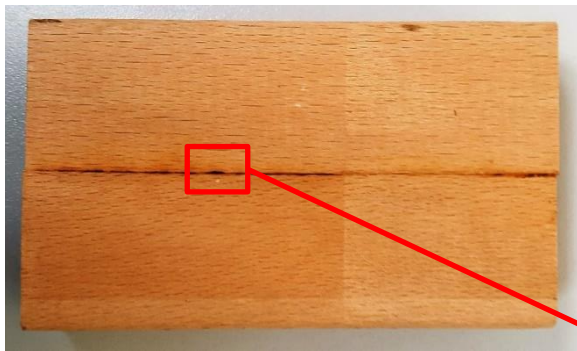
La lignine

- Polymère
- Température de transition vitreuse comprise entre 110°C et 200°C

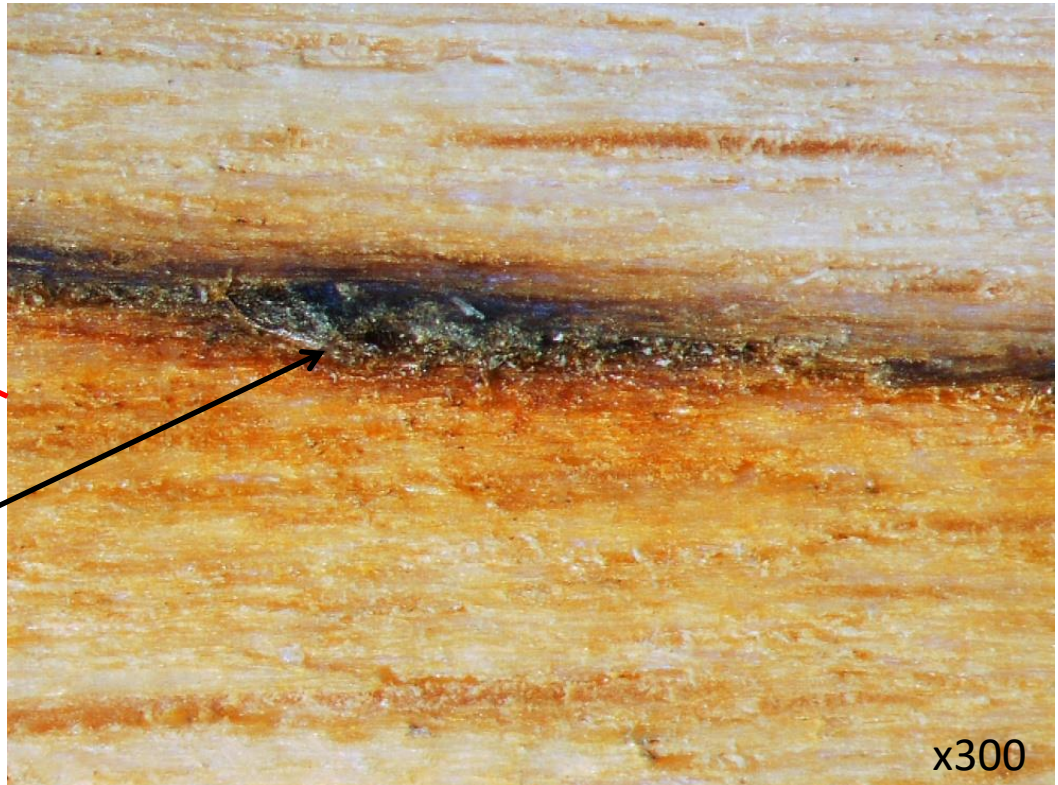


2) Principe du soudage

- La friction entraîne la fusion des hémicelluloses et de la lignine
- La friction permet l'enchevêtrement des fibres



Fibres enchevêtrées



x300

1) Utilité du soudage

Préparation des échantillons soudés



Création d'un chanfrein sur les tourillons



Ø 1 cm

Tourillons avec chanfrein

Préparation des échantillons soudés



Pré-perçage des trous
accueillant les tourillons



Insertion des tourillons



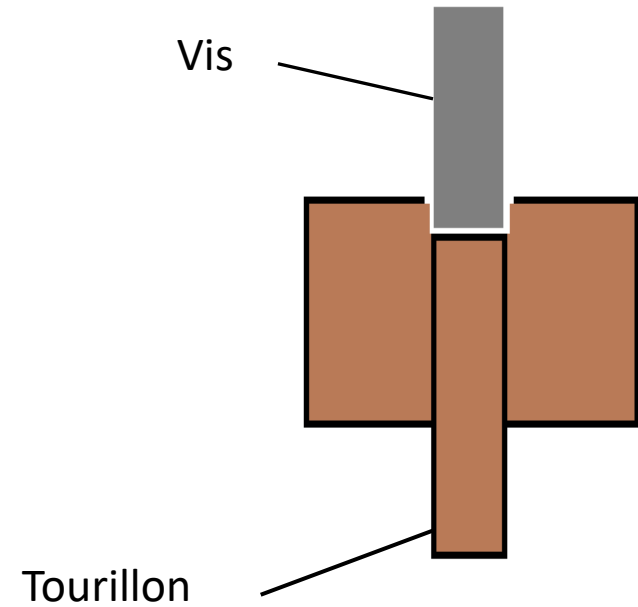
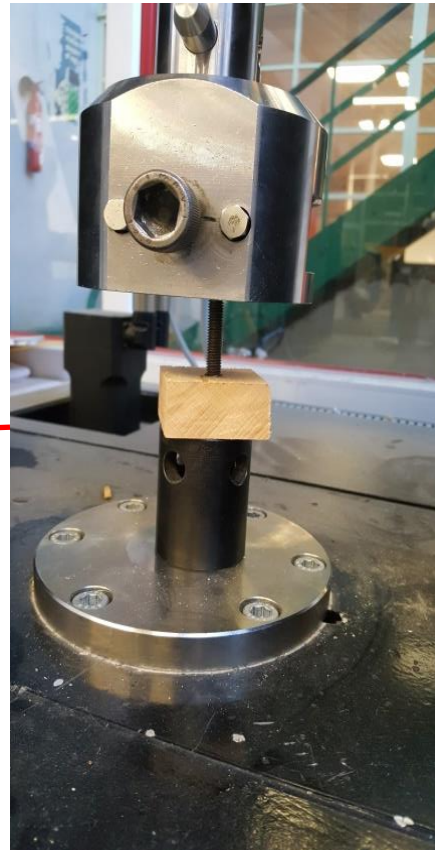
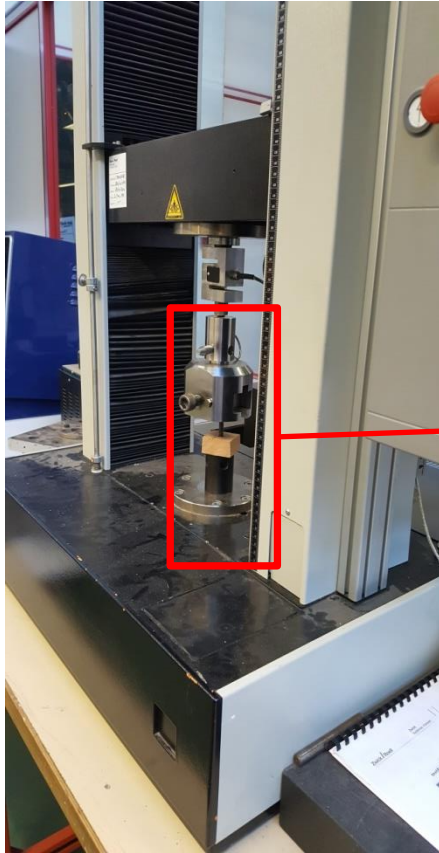
Echantillon

Diamètre du trou: 9mm

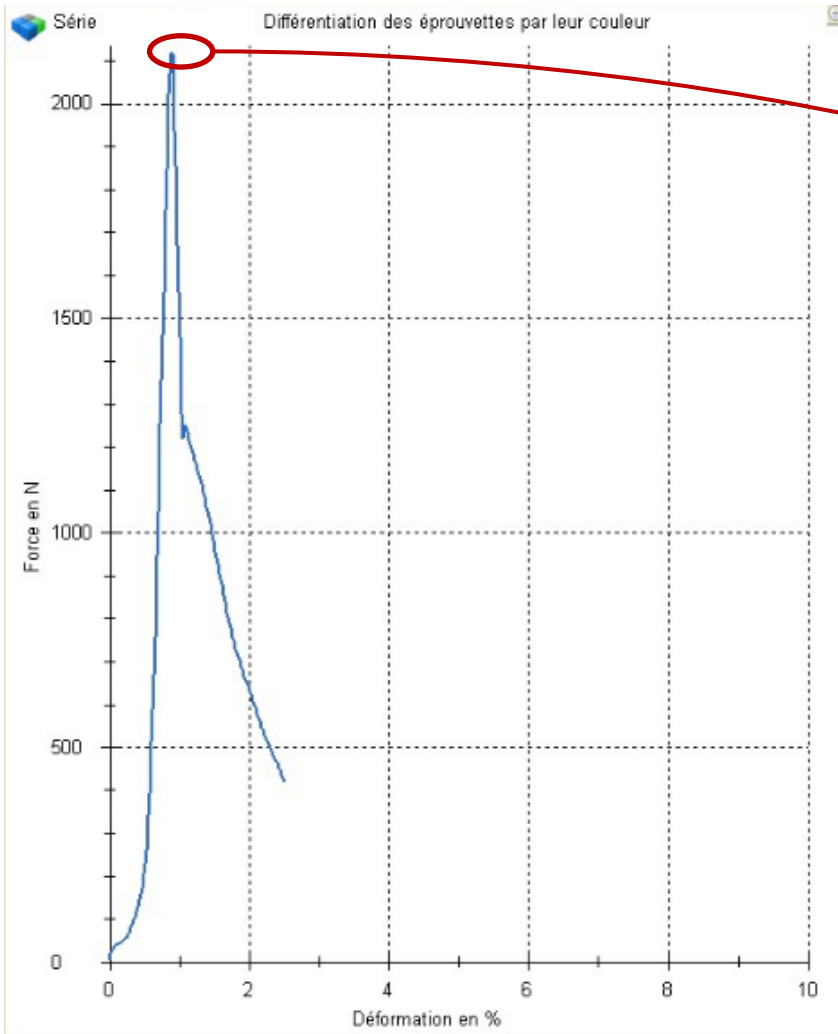
Préparation des échantillons non soudés



Essai de traction



Essai de traction



Echantillon	F_{max} (N)
27	2120

Résultat

Soudé	
Echantillon	Résistance (N)
1	1680
2	1640
3	3040
4	1370
5	2750
6	1640
7	2020
8	1420
9	2120
10	1640
11	2790
12	1610
13	1690

Résistance (bois soudé): 2000 ± 700 N

Non soudé	
Echantillon	Résistance (N)
1'	975
2'	874
3'	989
4'	1270
5'	730
6'	1310
7'	1240
8'	806
9'	848
10'	1290
11'	608
12'	1370
13'	771
14'	808

Résistance (bois non soudé): 1000 ± 300 N

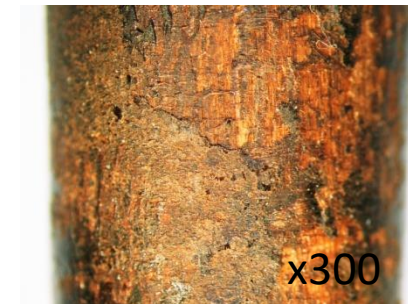
2) Paramètres influençant la qualité du soudage

Echantillon 3:



Résistance: 3040 N

Echantillon 4:

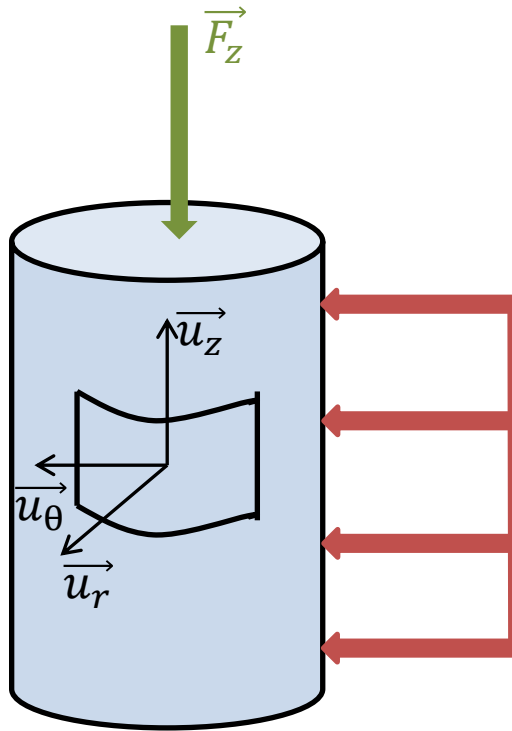


Résistance: 1370 N

- Temps de soudage
- Différence de diamètre entre le trou et le tourillon
- Vitesse de rotation de la perceuse
- Vitesse d'insertion

3) Caractérisation de la liaison

Modélisation de la liaison



Résistance du tourillon en traction:

$$F_z = p_e \cdot f \cdot R \cdot L \cdot 2 \cdot \pi$$

Pression s'exerçant sur les parois du tourillon:

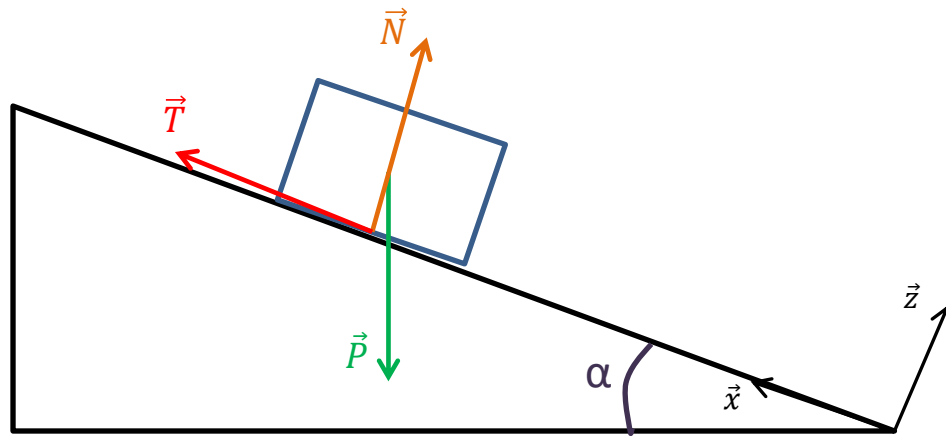
$$p_e = \frac{E \cdot \Delta}{2 \cdot d}$$

Application numérique:

$$F_z = 14\,419 \text{ N}$$

Le modèle ne fonctionne pas car le bois est un matériau **anisotrope**

Détermination du coefficient de frottement hêtre sur hêtre



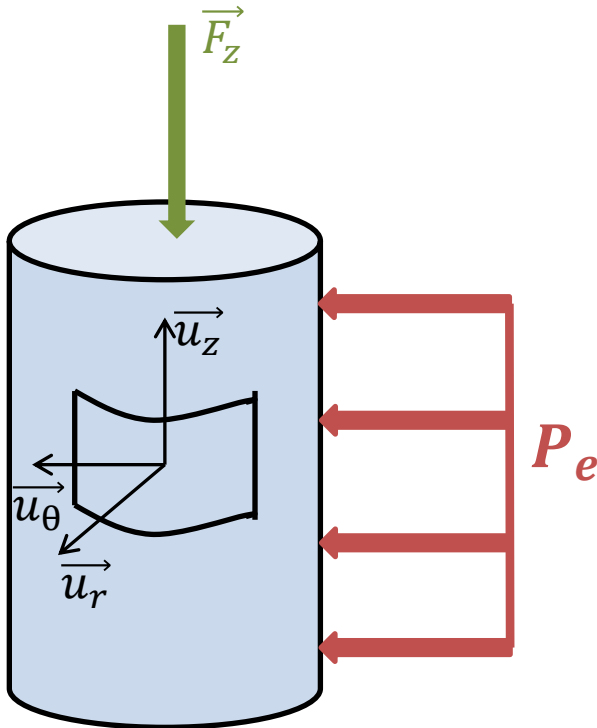
Avec le principe fondamental de la dynamique on trouve: $f = \tan(\alpha)$

On mesure $\alpha = 21^\circ$

Application numérique: $\tan(21) = f = \mathbf{0,38 \pm 0,03}$

3) Caractérisation de la liaison

Modélisation de la liaison



Résistance du tourillon en traction:

$$F_z = p_e \cdot f \cdot R \cdot L \cdot 2 \cdot \pi$$

Pression s'exerçant sur les parois du tourillon:

$$p_e = \frac{E \cdot \Delta}{2 \cdot d}$$

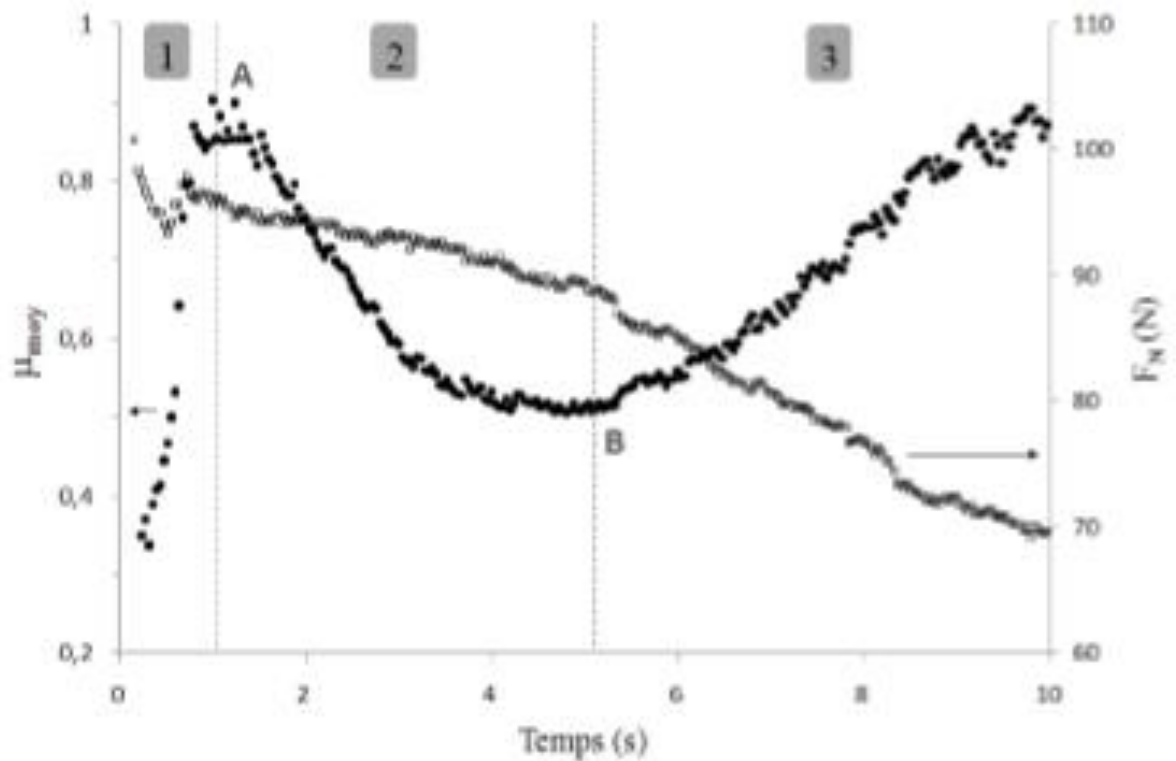
Application numérique:

$$F_z = 14 \text{ kN}$$

Le modèle ne fonctionne pas car le bois est un matériau **anisotrope**

Etude réalisée à l'institut Femto-ST à Besançon:

$$f_{max}=0,9$$



Les observations faites précédemment correspondent à celles faites lors de cette étude

1) Fragilité du joint en milieu extérieur

Essai avec des échantillons restés à l'extérieur pendant 2 mois

Extérieur

Echantillon	Résistance (N)
21	280
23	234
25	325
30	217
32	362
34	324
40	331
42	307
40	214

Résistance (bois extérieur): **280 +/- 20 N**

Intérieur

Echantillon	Résistance (N)
20	2810
22	2080
27	3430
28	2660
29	3190
35	2130
38	2050

Résistance (bois intérieur): **2600+/- 600 N**

2) Causes possibles de la sensibilité du bois soudé à l'eau

- Une partie du matériau composant le joint est soluble dans l'eau (17%)
- Le bois se déforme sous l'effet de l'humidité et casse le joint: hygro-expansion



- Le joint est poreux ce qui favorise l'infiltration de l'eau à l'intérieur du bois

Conclusion

Paramètres mis en évidence dans ce TIPE:

- Temps de soudage
- Différence de diamètre entre le trou et le tourillon
- Vitesse de rotation de la perceuse
- Vitesse d'insertion
- Sensibilité à l'humidité

Autre paramètres influençant la qualité du soudage:

- Essence du bois
- Zone de prélèvement de la pièce de bois dans l'arbre

Actuellement les principales études sur le soudage du bois portent sur la recherche d'une méthode qui rendrait l'assemblage insensible à l'humidité.

Annexe 1

Etude locale:

Force élémentaire:

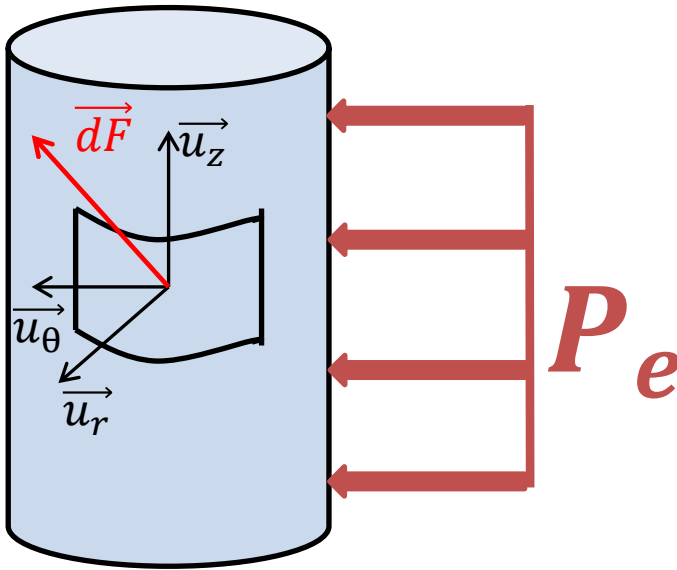
$$\vec{dF} = \vec{dN} + \vec{dT}$$

Lorsqu'il y a mouvement :

$$\begin{cases} dT = f dN \\ dN = p_e dS \\ dS = R d\theta dz \end{cases}$$

Etude globale:

$$\vec{dF} = p_e dS \vec{u}_r + f p_e dS \vec{u}_z$$



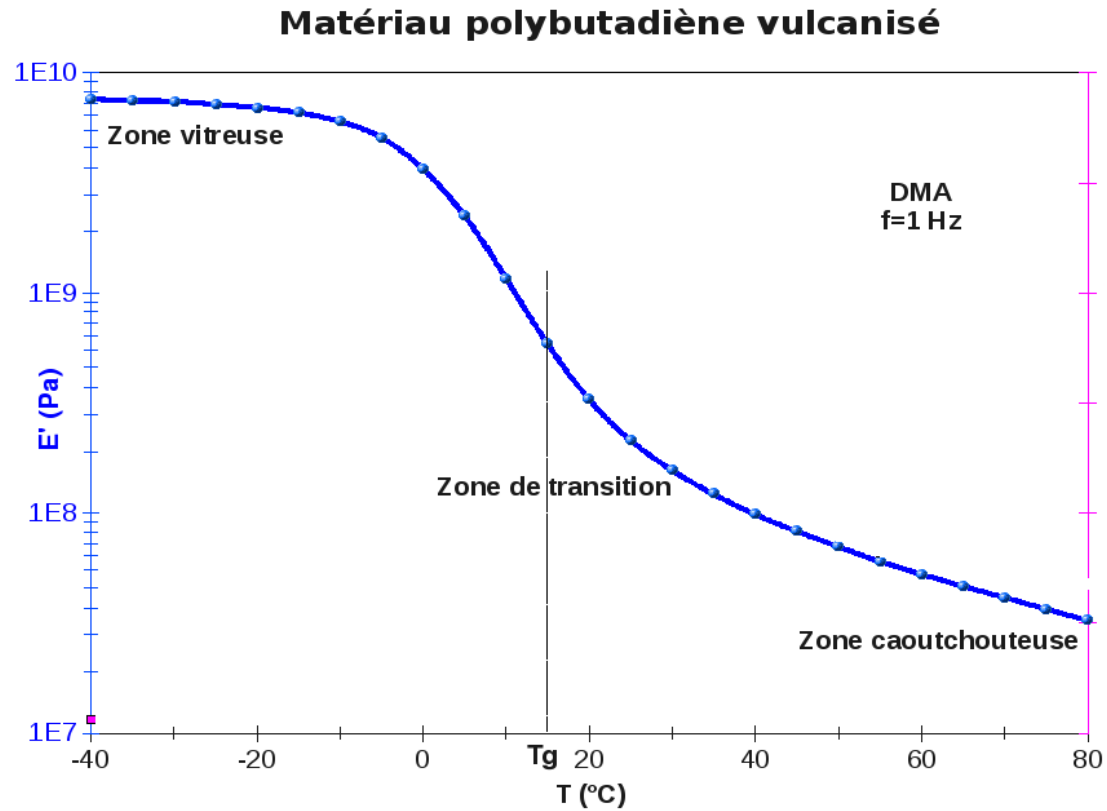
En projection sur \vec{u}_z :

$$F_z = \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} \int_0^{2\pi} p_e f R d\theta dz$$

$$F_z = p_e \cdot f \cdot R \cdot L \cdot 2 \cdot \pi$$

Annexe 2

Transition vitreuse



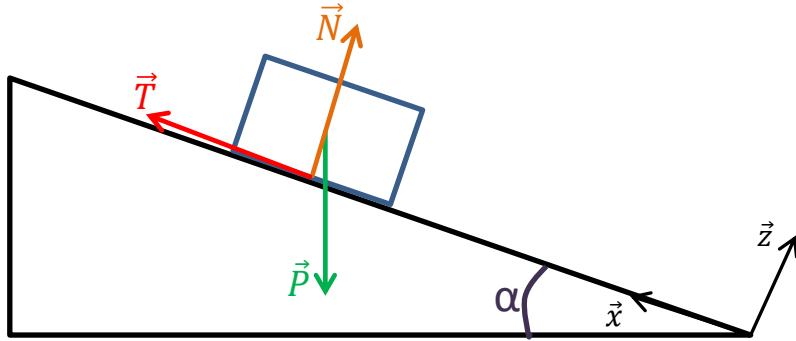
Annexe 3

Temps de soudage trop long: température trop élevée



Annexe 4

Coefficient de frottement hêtre sur hêtre:



BDF:

Poids: $\vec{P} = -m \cdot g \cdot \sin(\alpha) \cdot \vec{u}_x - m \cdot g \cdot \cos(\alpha) \cdot \vec{u}_z$

Réaction du support: $\vec{N} = N \cdot \vec{u}_z$

Frottements sec: $\vec{T} = T \cdot \vec{u}_x$

PFD: $\vec{0} = \vec{P} + \vec{N} + \vec{T}$

On a : $T = fN$

Sur \vec{u}_x : $T = m \cdot g \cdot \sin(\alpha)$
 $\Leftrightarrow f \cdot N = m \cdot g \cdot \sin(\alpha)$

Sur \vec{u}_z : $N = m \cdot g \cdot \cos(\alpha)$

Alors: $f \cdot m \cdot g \cdot \cos(\alpha) = m \cdot g \cdot \sin(\alpha)$
 $\Leftrightarrow \mathbf{f = \tan(\alpha)}$