

# COMPORTEMENT DE POUTRES EN LVL SOUS CHARGEMENT DE TORSION CYCLIQUE EXPÉRIENCE ET MODÉLISATION

Myriam Chaplain<sup>1</sup>, Zahreddine Nafa<sup>2</sup>, Fauzi Bouras<sup>2</sup>

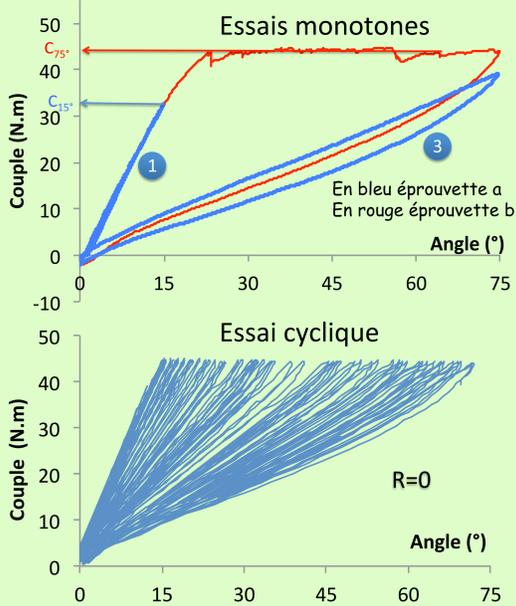
## Objectif - Démarche

Le travail présenté concerne l'étude du comportement d'éléments structuraux en LVL soumis à des chargements cycliques entraînant une rupture par torsion. Cette étude s'intègre dans une démarche permettant de mieux dimensionner les structures bois en zone sismique.

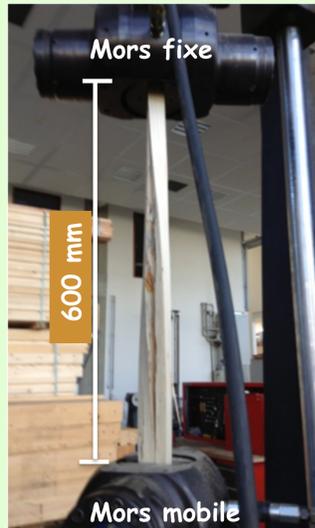
Nous avons établi un protocole d'essai et de dépouillement qui nous permet d'obtenir l'évolution du dommage et la durée de vie. Le dommage est caractérisé ici par un paramètre D qui varie entre la valeur 0, matériau sain, et la valeur  $D_{crit}$  à la fin de l'essai cyclique.

Ces essais permettent d'étudier l'influence du niveau et de l'amplitude du chargement sur l'endommagement et la durée de vie. Une modélisation basée sur la théorie de l'endommagement est proposée et comparée aux résultats expérimentaux.

## Résultats

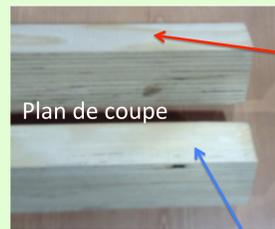


## Protocole expérimentale

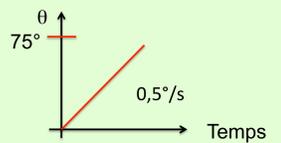


Les éprouvettes de section rectangulaire (40x28 mm<sup>2</sup>) sont encastrées en tête et en pied avec une possibilité de glissement en tête afin d'éviter le gauchissement. 4 séries de 10 éprouvettes ont été testées sous 4 amplitudes différentes.

Afin d'avoir une estimation des résistances ( $C_s$ ) des éprouvettes, des essais monotones jusqu'à 75°, limite de la presse, ont aussi été réalisés sur des éprouvettes « jumelles » (b) à des éprouvettes (a) d'une série cyclique.



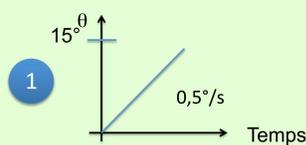
Éprouvette b : statique (jumelle)



Éprouvette a : cyclique

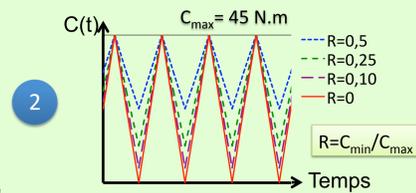
limite presse :  $\theta=75^\circ$

Le protocole d'essai cyclique est le suivant :

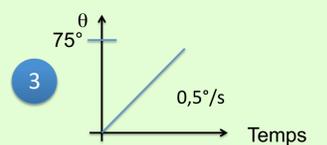


( $\theta$  : déformation angulaire, C : moment de torsion)

Cet essai préliminaire va servir à différencier chaque poutre par la définition d'un niveau de charge



Seules les éprouvettes testées avec R = 0 ont une jumelle



L'analyse de la perte de raideur entre les essais monotones avant et après les cycles donne un endommagement final  $D_{crit}$

Détermination des modules de cisaillement G:

$G_{ini}$  est obtenu lors de l'essai monotone initial 1 et  $G_{fin}$  est obtenu lors de l'essai monotone final 3

Définition d'un dommage final  $D_{crit} = 1 - G_{fin}/G_{ini}$

$C_{15^\circ}$ [N.m]	moy.	35,8	$G_{ini}$ [MPa]	moy.	532,2
	ecart.	14,0%		ecart.	11,7%
$C_{75^\circ}$ [N.m]	moy.	39,2	$G_{fin}$ [MPa]	moy.	99,8
	ecart.	7,7%		ecart.	9,8%
densité	moy.	0,52	Dommage $D_{crit}$	moy.	0,81
	ecart.	1,6%		ecart.	1,8%

## Définition d'un niveau de charge

Pour distinguer chacune des éprouvettes, nous définissons un niveau de charge :

✓ Éprouvettes avec jumelles

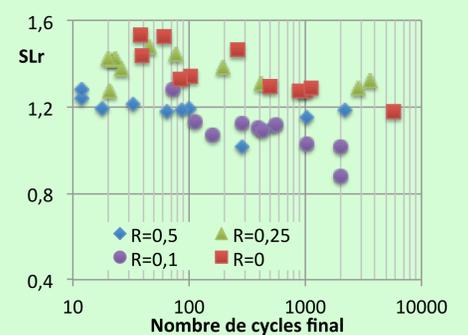
$C_{75^\circ}$  éprouvette « b »  $\rightarrow C_s$  de l'éprouvette « a »

$$SL = C_{max}/C_s$$

✓ Cas général: niveau de charge de référence  $SL_r$

$$SL_r = C_{max}/C_{15^\circ}$$

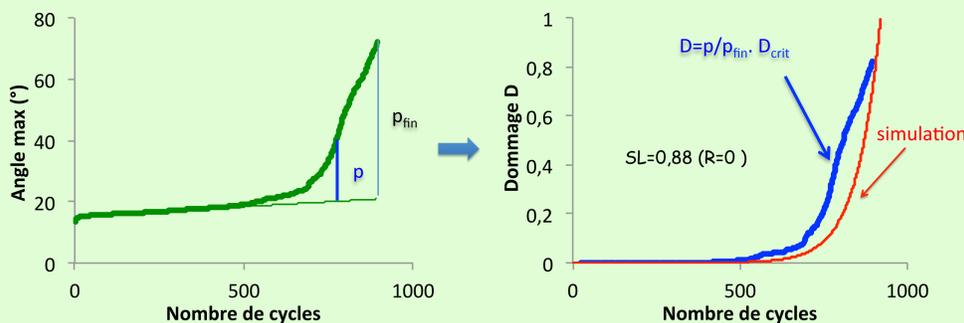
Durée de Vie



## Détermination du dommage

L'endommagement lors des cycles est analysé à partir de l'évolution de la déformation angulaire maximale. Après un premier écoulement (phase primaire), l'évolution de la déformation angulaire extrême en fonction du nombre de cycles devient quasi linéaire (phase secondaire). Ensuite, après un nombre de cycles plus ou moins élevé, un troisième écoulement (phase tertiaire) est observée dès la fissuration de l'éprouvette.

Le paramètre de dommage est défini comme étant la différence entre la phase tertiaire et la phase secondaire, différence que nous normalisons par la suite pour obtenir le paramètre de dommage D.



## Modélisation

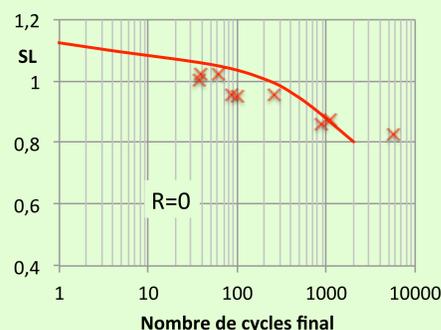
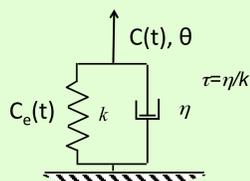
Le nombre de cycles final correspondant à un dommage  $D_{crit}$  est prédit en utilisant un modèle de dommage couplé au modèle de Kelvin Voigt. Ce modèle permet la prise en compte non seulement du niveau de charge SL mais aussi de la variation du couple moyen ainsi que du comportement visqueux du bois.

$$\begin{cases} \frac{dD}{dt} = a \cdot \left[ \frac{C_e(t)}{C_s} - \frac{C_o}{C_s} \right]^p + \lambda D & \text{si } |C_e| > C_o \\ \frac{dD}{dt} = 0 & \text{si } |C_e| \leq C_o \end{cases}$$

✓  $t=0$   $D=0 \Rightarrow t=t_c \rightarrow D_{crit}$

✓  $C_o = \bar{C} + C_o(1 - \alpha \frac{\bar{C}}{C_s})$

Avec  $\bar{C}$ : moment moyen  
et  $C_o/C_s=0,47$  et  $\alpha=1,26$



## Conclusion

Ces essais à fréquence constante ont montré la faible influence de l'amplitude du signal sur la durée de vie contrairement à ce qui avait été observé lors d'essais de torsion sous chargement triangulaire à vitesse constante (fréquence variable). Le temps à rupture semble plus conditionné par la cadence de retour de l'effort maximum (ici toutes les secondes) que par la vitesse du chargement triangulaire.

Le modèle de dommage développé donne des prévisions d'évolution du dommage ou du temps final en accord avec les observations. Il permet de prendre en compte l'effet des fréquences, de l'amplitude et du niveau de charge du signal.