

Caractérisation des éprouvettes de canne de Provence

Rapport d'essai de Compression

Auteurs : Ola Nashed, Robert Le Roy

Affiliation : Laboratoire GSA, ENSAPM, 14 rue Bonaparte, 75006 Paris

Contacts : robert.leroy@paris-malaquais.archi.fr, Ola.nashed@paris-malaquais.archi.fr

Rapport rédigé le 1^{er} avril 2025

1. Généralités

Dans le cadre du projet Pavillon Médicis de l'atelier MARE, des essais de compression ont été demandés sur des échantillons de cannes de Provence. Ce rapport présente les essais de compression réalisés, à titre gracieux, au laboratoire Géométrie Structures Architecture sur une vingtaine d'échantillons.

L'objectif de ces essais est de connaître la résistance en compression moyenne et l'écart type standard sur une population d'une vingtaine d'éprouvettes. S'ajoute à ces informations l'analyse des modes de ruptures en fonction de 2 configurations d'appui, la première en présence d'appui en polymère s'apparentant à du caoutchouc (nature et provenance non identifiées), la seconde par contact direct des échantillons sur les appuis métalliques de la presse.

2. Matériel et Matériaux

La machine d'essai du laboratoire utilisée est le modèle RP25ATF de la marque « 3R », de capacité 25 kN. Elle permet de réaliser des essais de traction, flexion et compression avec des rampes simples ou cycliques (*Figure 1*). Elle est équipée d'un logiciel d'acquisition de données pour l'enregistrement des essais en temps réel. Un transfert des fichiers sur xl permet le traitement des données. 20 éprouvettes en canne de Provence, de longueur 200 mm et de sections cylindriques variables, ont été fournies par l'atelier MARE.



FIGURE 1 VUE GENERALE DE LA MACHINE D'ESSAI

3. Procédure Expérimentale

La préparation des éprouvettes a été réalisée par l'atelier MARE.

Mesure des dimensions : Les diamètres inférieur et supérieur de chaque éprouvette, ainsi que leur épaisseur, ont été mesurés et fournis par l'atelier **MARE en considérant une section cylindrique**.

Chaque éprouvette a été positionnée sur l'appui inférieur de la machine de compression, la verticalité des échantillons sur le plan zx et zy est vérifié. Puis une charge progressive et lente a été appliquée selon une **rampe simple**, jusqu'à la rupture de l'éprouvette, avec une vitesse de chargement égale à **50 N/s**.

La charge appliquée ainsi que la déformation des éprouvettes ont été enregistrées en continu.

Configuration des conditions d'appui : Deux configurations ont été testées :

- **Avec joints en caoutchouc** entre les éprouvettes et les appuis. Cette configuration a été adoptée pour 2 éprouvettes et abandonnée ensuite. La raison est que le joint modifie le mode de rupture et affaiblit le comportement de l'éprouvette, probablement par un phénomène de gonflement par effet Poisson.
- **Sans joints**, les éprouvettes étant en contact direct avec les appuis. Cette configuration a été adoptée après l'observation des ruptures en présence de joints.

La détermination de la résistance à la compression est calculée par la formule :

$$\sigma = F/A$$

- σ : résistance à la compression [MPa]
- F : la charge maximale appliquée [N]
- A : l'aire de la section transversale moyenne de l'éprouvette [mm²]

À partir des calculs de la résistance moyenne et de l'écart-type standard, une estimation de la résistance caractéristique a été calculée, en supposant que la résistance suit une loi normale, selon la formule suivante :

$$\sigma_{ck} = \sigma_m - k \cdot s$$

Où :

- σ_{ck} : la résistance caractéristique à la compression (MPa).
- σ_m : a résistance moyenne obtenue (MPa).
- s : l'écart-type des résultats (MPa).
- k : coefficient permettant le calcul de la valeur de résistance au fractile de 5% pour une loi normale (k = 1,6449).

Cette valeur est indicative et n'engage pas le laboratoire, la responsabilité du calcul structural et des hypothèses sur les matériaux incombant au bureau d'études accompagnant le projet.

4. Résultats

L'analyse comparative des conditions d'appui a montré que l'utilisation des joints en caoutchouc a contribué à une réduction de la résistance. Cette variation est attribuée à l'expansion latérale de la membrane qui a un coefficient de Poisson autour 0,5. In fine, on observe que ce joint est cisailé par l'éprouvette de canne, mais préalablement à cette rupture, le joint sollicite l'éprouvette dans le sens d'une expansion latérale, incitant à la

formation de fissures verticales (*Figure 2*). En l'absence de joint d'about, les ruptures interviennent à des valeurs plus élevées. Le mode de rupture est également différent, car il intéresse l'ensemble de l'éprouvette. En général, l'atteinte du maximum s'accompagne d'un flambement local, à un endroit non circulaire de l'éprouvette, souvent au voisinage d'un « nœud », suivi d'un flambement général avec apparition de fissures verticales (voir photos en annexe).



FIGURE 2 LES ECHANTILLONS DE CANNES APRES LA RUPTURE, AVEC ET SANS LA MEMBRANE EN CAOUTCHOUC

Valeurs de résistance

Sur la *Figure 3* est affichée l'évolution de la résistance en fonction de la densité des éprouvettes. Celles-ci ayant été pesées et leur volume calculé en fonction des données fournies. On s'aperçoit qu'une corrélation est établie entre résistance et densité. Le coefficient r^2 est cependant assez faible. La résistance de la canne suit donc l'évolution courante qu'on observe pour le bois au sein d'une même essence.

La résistance moyenne des échantillons, en considérant une section circulaire de ceux-ci et en rejetant les échantillons avec support de caoutchouc, **est de 46,9 MPa, avec un écartype standard de 4,6 MPa**. Si on considère l'ensemble de la population testée, c'est-à-dire en intégrant les 2 échantillons avec support en

caoutchouc, la moyenne est de 45,2 MPa avec écartype standard de 6,8 MPa. Un test de valeurs aberrantes a été pratiquée sur l'ensemble de la population. Ce test conduit à rejeter la valeur la plus faible de l'ensemble des essais, mais conserve la seconde valeur avec support en caoutchouc (voir fichier xl joint). La *Figure 4* donne la répartition des résistances.

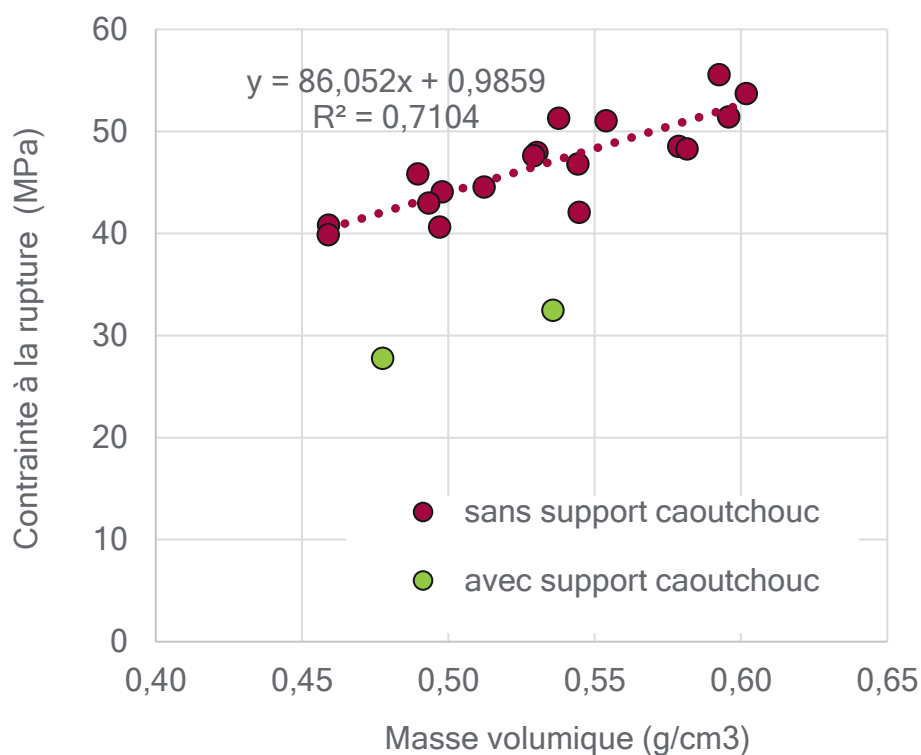


FIGURE 3 LA CONTRAINTE A LA RUPTURE EN FONCTION DE LA DEFORMATION (A GAUCHE), LA CONTRAINTE A LA RUPTURE EN FONCTION DE LA MASSE VOLUMIQUE

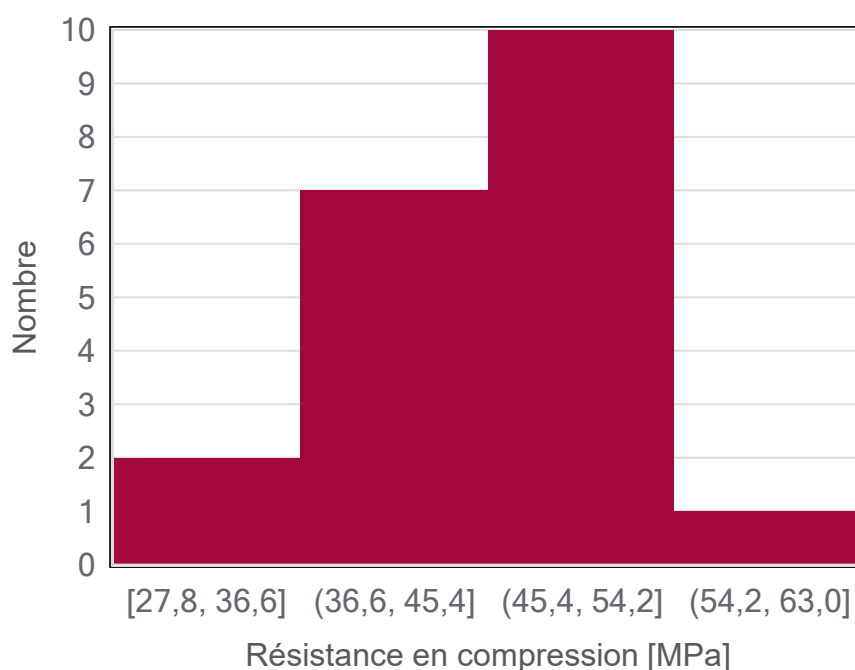


FIGURE 4 REPARTITION DES RESISTANCES. LES 2 VALEURS A GAUCHE SONT OBTENUES AVEC LES SUPPORTS EN CAOUTCHOUC

5. Conclusions

Les essais réalisés ont permis d'évaluer la résistance moyenne des échantillons de cannes de Provence. Les résultats montrent une bonne homogénéité des résultats, avec une assez faible dispersion des valeurs obtenues. Le coefficient de variation est de l'ordre de 10% sur la résistance en compression.

L'attention est attirée sur l'existence d'une certaine incertitude sur les valeurs de section. Sections obtenues par la moyenne des diamètres et sections hauts et bas des échantillons en supposant les échantillons circulaires. Cette procédure engendre inévitablement une dispersion, qu'il est conseillé d'intégrer dans le coefficient de sécurité, par exemple dans le coefficient γ du matériau.

L'influence néfaste des joints en caoutchouc sur la répartition des contraintes a également été soulignée. A l'issue de ces essais, les rédacteurs du présent rapport conseillent de ne pas interposer de matériaux caoutchouteux en pied de poteaux de la structure construite. Un dispositif non déformable apparaît préférable.

Annexe

Reportage photos des essais



