

Master 2 Recherche Maises

Module de méthodes expérimentales

K. ABAHRI - F. BENBOUDJEMA - A. BOURDOT - T. HONORIO

EXAMEN

Mardi 16/02/2020

Tous documents autorisés - durée 2h

Il est conseillé de traiter chacun des exercices (indépendants)
Chacun des exercices sera rédigé sur une copie séparée
Donner des réponses concises en les justifiant.

<u>1 ETUDE DU COMPORTEMENT MECANIQUE EN FLEXION ET COMPRESSION (F. BENBOUDJEMA - A.FAU)</u>	2
1.1 ESSAI DE COMPRESSION	2
1.2 EXPLOITATION DES RESULTATS D'UNE CAMPAGNE D'ESSAI.	3
<u>2 ESSAIS DE PERMEATION SUR UN MATERIAU A BASE CIMENTAIRE A L'AIDE D'UN DISPOSITIF CEMBUREAU (T.HONORIO)</u>	3
2.1 : QUESTIONS	3
2.2 : APPROCHE DE KLINKENBERG	4
<u>3 METHODE ULTRASONORE (A. BOURDOT)</u>	4
<u>4 CARACTERISATION MICROSTRUCTURALE 3D DE MATERIAUX POREUX STRUCTURES POUR LA THERMIQUE (K.ABAHRI)</u>	6
4.1 CARACTERISATION 2D :	6
4.2 CARACTERISATION 3D :	7

1 Etude du comportement mécanique en flexion et compression (F. BENBOUDJEMA – A.FAU)

1.1 Essai de compression

On décide de mesurer la résistance en compression d'un béton ordinaire en utilisant une presse hydraulique.

1.1.1. Type d'éprouvette

- Est-il préférable d'utiliser une éprouvette cylindrique ou cubique ? Justifiez votre réponse (5 lignes maximales)
- Est-ce que les dimensions de l'éprouvette ont un impact sur les résultats ? Justifiez votre réponse (5 lignes maximales)

1.1.2. Choix des plateaux, de la liaison plateaux/machine

Le schéma de principe du dispositif retenu est donné dans la Figure 1.

- Comment doit-on traiter l'état de surface du béton (en contact avec les plateaux) ? et pourquoi ? Justifiez votre réponse (5 lignes maximales)
- Le choix des plateaux s'est porté sur de l'acier. Expliquez pourquoi les contraintes ne sont pas homogènes. Cela conduit-il à sous-estimer ou à surestimer la valeur du coefficient de Poisson ? Justifiez votre réponse (5 lignes maximales)
- L'éprouvette doit-elle être centrée ? Pourquoi ? Justifiez votre réponse (5 lignes maximales)

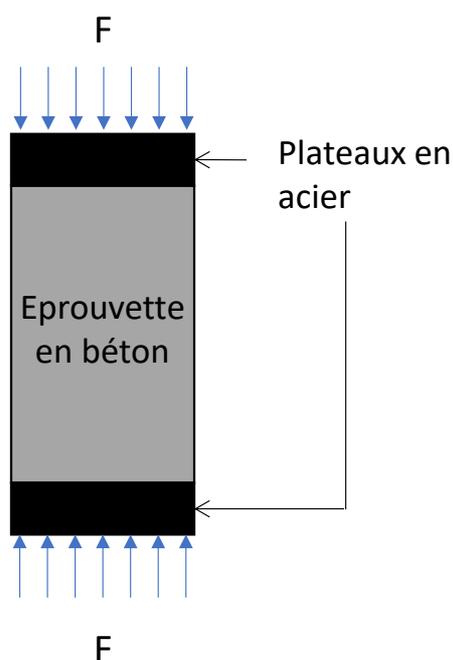


Figure 1 - Schéma de principe

1.2 Exploitation des résultats d'une campagne d'essai.

On décide d'étudier la variabilité de la résistance en compression. On mesure l'effort maximal pour en déduire la résistance en compression. Les essais ont été réalisés à 9 reprises sur des éprouvettes issues d'une même gâchée (et donc d'une même composition).

- 1.2.1. Quelles incertitudes allez-vous caractériser grâce à votre campagne expérimentale ? Quelles sont les sources de chaque type d'incertitude ? Quelles quantités proposez-vous de calculer pour quantifier chaque type d'incertitude ?

Les résultats sont donnés dans le Tableau 1.

Tableau 1 - Force à rupture

Spécimen	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Force [kN]	1144,5	1138,7	1142,3	1140,1	1137,0	1144,3	1139,7	1144,3	1141,2

Les éprouvettes sont cylindriques de diamètre 16 cm. Un pied à coulisse a été utilisé pour réaliser cette mesure, dont l'incertitude-type B associée u_L est de 0,5 mm. Le capteur de force utilisé a une incertitude-type B associée u_F de 50 kN.

- 1.2.2. Calculez la résistance en compression pour chacun des spécimens.
- 1.2.3. Calculez la valeur moyenne de la résistance en compression, le coefficient de variation et l'incertitude-type A.
- 1.2.4. Donnez l'intervalle de confiance de l'évaluation de la moyenne de la résistance en compression avec un seuil de confiance à 95 % puis à 99 %.
- 1.2.5. Commentez à partir de l'ensemble des évaluations précédentes, les résultats expérimentaux de résistances en compression obtenus à partir de la campagne expérimentale (5 lignes maximales).

2 Essais de perméation sur un matériau à base cimentaire à l'aide d'un dispositif CEMBUREAU (T.Honorio)

2.1 : Questions

- 2.1.1. Qu'est-ce que la perméabilité ? Quel est l'intérêt de la mesurer en génie civil ?
- 2.1.2. Quels sont les paramètres qui influencent la perméabilité ?
- 2.1.3. Quel est l'intérêt d'appliquer une surpression de confinement pendant la mesure de la perméabilité ?
- 2.1.4. Quelles sont les hypothèses considérées en TP pour la mesure de perméabilité ?

2.2 : Approche de Klinkenberg

En 1941, Klinkenberg publie un article permettant de déterminer la perméabilité intrinsèque k_{int} [m²] d'un matériau dont la dimension moyenne des pores est du même ordre de grandeur que le libre parcours moyen du gaz dans les conditions de pression de l'essai. Dans ce cas, l'hypothèse d'adhérence aux parois n'est plus valable. Il démontre alors analytiquement qu'en prenant une vitesse non nulle sur la paroi d'un pore assimilé à un cylindre de section constante, le débit s'écoulant dans ce pore est augmenté d'un facteur $(1+b/p_m)$. En assimilant le milieu poreux d'étude à un ensemble de capillaires parallèles au sens d'écoulement, il étend sa formule à la définition de la perméabilité d'un matériau poreux :

$$k_{app} = k_{int} (1 + b/p_m) \quad (2)$$

Où p_m [Pa] est la pression moyenne de l'essai ; k_{int} [m²] est la perméabilité intrinsèque et b [Pa] est une constante empirique.

2.2.1. À partir de la figure 2 présentée ci-dessous, donner la valeur de la perméabilité intrinsèque k_{int} [m²] d'après l'équation de la régression linéaire présentée sur le graphique en expliquant ce que caractérise ce paramètre.

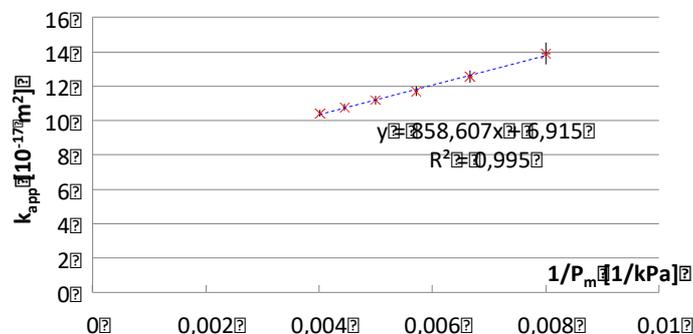


Figure. 2. Évolution de la perméabilité apparente en fonction de l'inverse de la pression moyenne

2.2.2. Toujours à partir de la figure 2, donner la valeur du coefficient b . Quelle serait son évolution suivant que la porosité d'un matériau est plus ou moins fine ?

3 Méthode Ultrasonore (A. BOURDOT)

3.1. Nous avons vu en cours et en TP une méthode ultrasonore.

- Quelles applications ont été faites ?
- Selon ces applications, quels capteurs doit-on utiliser ? Expliquer pourquoi.

3.2. Afin d'effectuer les mesures et le calcul de vitesses d'onde de différents matériaux, nous avons employé un couplant.

- Quel est l'intérêt du couplant ?
- Quel substitut au couplant est-il possible d'utiliser ? Ce substitut n'a pas de vitesse d'onde transversale V_T , pourquoi ?

3.3. Schématiser et expliquer le mode transmission.

3.4. Discuter de l'effet de la porosité et de la saturation en eau sur la vitesse de propagation d'une onde ultrasonore au moyen du graphique ci-dessous (figure 3).

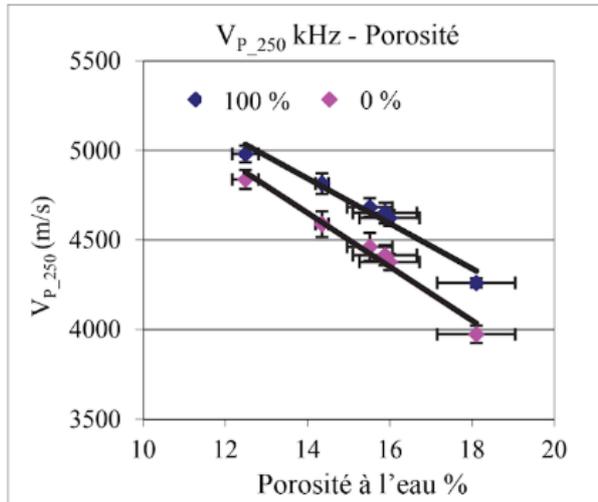


Figure 3: Sensibilité de la vitesse de propagation des ondes de compression V_p (fréquence centrale de 250 kHz) en fonction de la porosité pour deux degrés de saturation, 0% et 100% [GAR, 13]

3.5. Quel matériau du génie civil étudié en TP pourrait être impacté par le degré de saturation ? Pourquoi ?

Quelles mesures ultrasonores devrait-on faire pour caractériser les propriétés élastiques de ce matériau.

3.6. Nous nous intéressons à l'étude de défaut de porosité dans un matériau

a) Dans le cas d'un défaut de porosité dans un matériau, quels vont être les valeurs des coefficients de transmission et de réflexion ? Pourquoi ?

b) Les défauts d'un matériau peuvent être étudiés par réflexion d'onde ultrasonore. Un composite présentant un défaut a été analysé au moyen d'un transducteur. Identifier les différents signaux A, B, C et D du graphique ci-dessous.

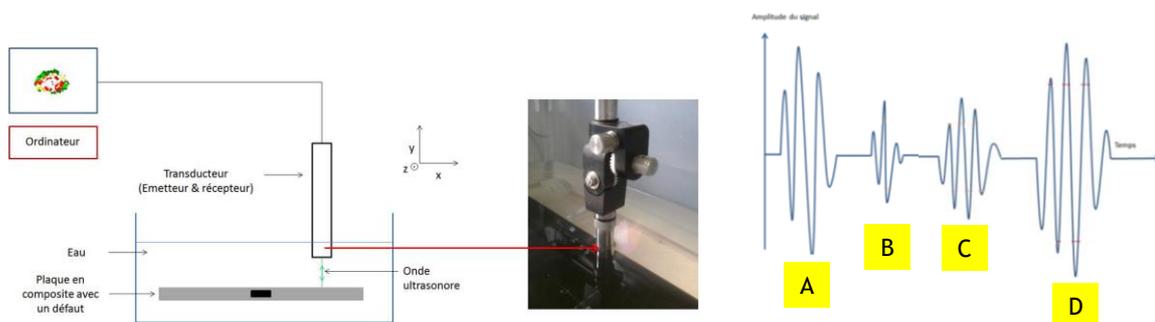


Figure 4. Etude d'un composite par méthode ultrasonore

4 Caractérisation microstructurale 3D de matériaux poreux structurés pour la thermique (K.ABAHRI)

4.1 Caractérisation 2D :

Le béton de chanvre est un matériau qui devient de plus en plus utilisé dans le domaine de la construction en raison de ses particules végétales renouvelable et non dégradables avec le temps. Il est principalement utilisé comme matériau de remplissage dans la construction d'enveloppes de bâtiment. Le béton de chanvre est un matériau hétérogène constitué de la chènevotte et du liant. Ces deux derniers présentent des comportements différents vis-à-vis des variations des conditions environnementales, susceptibles de causer des changements dimensionnels considérables au contact de l'humidité relative de l'air, notamment la fibre végétale qui est un matériau hygroscopique très sensible aux variations d'humidité relative.

Les propriétés macroscopiques de ce matériau dépendent directement de sa morphologie.

4.1.1. Expliquer en quelques mots pourquoi le comportement macroscopique du béton de chanvre dépend fortement de sa morphologie et de sa microstructure.

Dans un premier temps, l'analyse microstructurale 2D a été réalisée sur un échantillon de béton de chanvre, en utilisant le microscope optique Keyence. Le volume des granulats végétaux utilisés pour la confection du béton de chanvre étudié qui est de 55.6%.

L'observation microscopique réalisée est indiquée sur la figure 5.



Figure 5 : Observation du béton de chanvre obtenue par microscope Keyence

4.1.2. Identifier les phases 1, 2 et 3 indiquées sur la figure 5.

4.1.3. Que peut-on dire sur la porosité de ce matériau.

4.1.4. Citer les propriétés physiques qui peuvent être déterminées de manière qualitative et quantitative pour l'étude microstructurale 2D du béton de chanvre.

4.2 Caractérisation 3D :

Afin d'étudier la microstructure réelle 3D du béton de chanvre, des scans tomographiques aux rayons X ont été réalisés sur un volume de $40*45*50 \text{ mm}^3$. La taille physique du voxel est de $31.8 \mu\text{m}$. Cette résolution a été choisie pour pouvoir observer la macroporosité. Le VER étudié pour dans ce cas est de $15.9*159*15.9 \text{ mm}^3$.

La distribution du dosage en chènevotte et en liant dans les trois directions (x, y, z) et présentée sur la figure 6.

4.2.1. Après analyse de la figure 6, comparez les différents dosage (proportions volumiques) des deux phases, liant et chènevotte. Commenter.

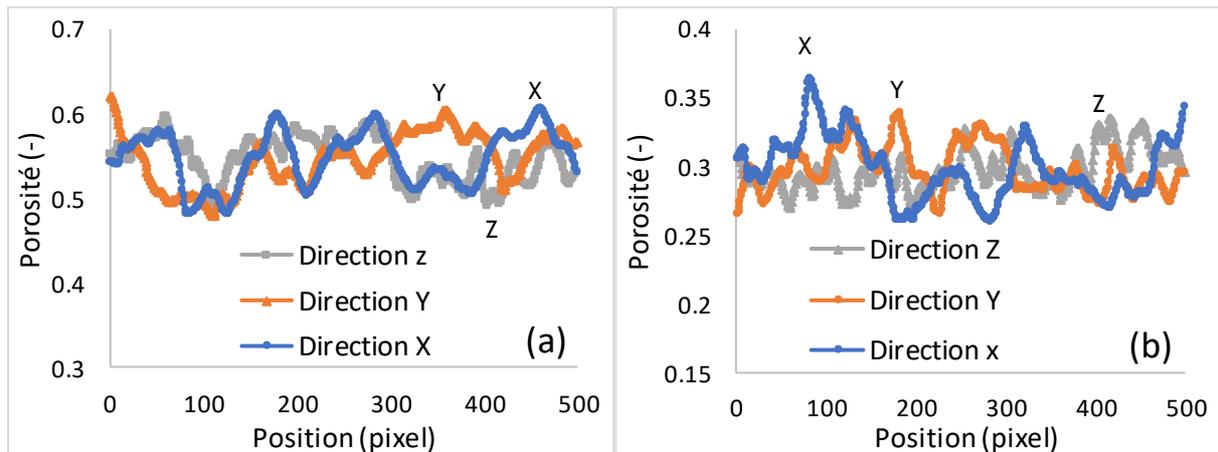


Figure 6 : Distribution du dosage (a) en chènevotte, (b) en liant dans les 3 directions

La distribution de la porosité à cette échelle dans les trois directions est aussi présentée dans ce cas dans la figure 7.

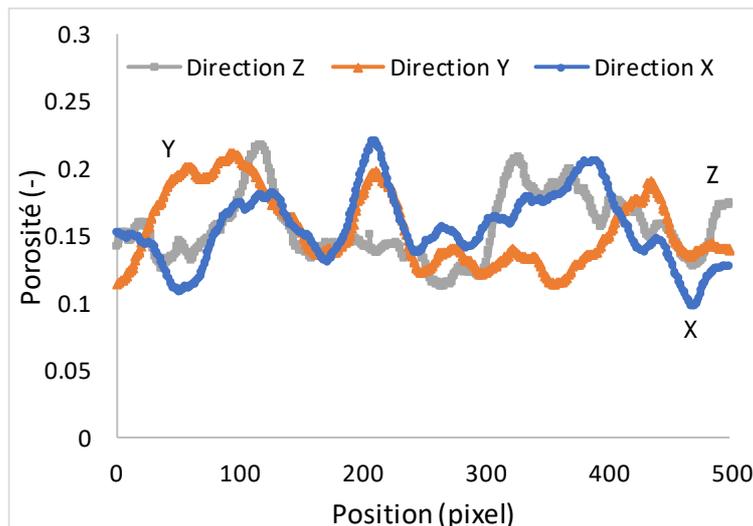


Figure 7 : Distribution du volume d'air dans le béton de chanvre dans les 3 directions (x, y, z)

4.2.2. Interpréter le résultat de la figure 7.

4.2.3. Si l'échantillon du béton de chanvre est humidifié à 89% d'humidité relative, est-ce la distribution de porosité obtenue sur la figure 7 sera la même. Argumentez votre réponse.