



HAL
open science

Evaluation du module d'élasticité à la compression à l'aide des techniques non destructives

Karima Gadri

► **To cite this version:**

Karima Gadri. Evaluation du module d'élasticité à la compression à l'aide des techniques non destructives. CFM 2015 - 22ème Congrès Français de Mécanique, Aug 2015, Lyon, France. hal-03446068

HAL Id: hal-03446068

<https://hal.science/hal-03446068>

Submitted on 24 Nov 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Evaluation du module d'élasticité à la compression à l'aide des techniques non destructives

K. GADRI ^a, A. GUETTALA ^b

a. Laboratoire " LRGC " Université de Biskra. Algérie, gadri_@yahoo.fr

b. Laboratoire " LRGC " Université de Biskra. Algérie, guettalas@yahoo.fr

Résumé :

Dans notre travail on s'intéresse à déterminer les caractéristiques mécaniques (résistance à la compression, module d'élasticité) d'un béton âgé, par les essais non-destructifs en utilisant le scléromètre et l'ultrason. Passant par plusieurs étapes, afin de pouvoir caractériser 10 éprouvettes cylindriques (16x32) cm en béton ordinaire préparées au chantier âgé de plus de 2 ans. La résistance à la compression est déterminée par une méthode combinée, en se basant sur 3 formules mathématiques différentes combinant les approches du scléromètre et US. Le module d'élasticité est calculé selon la vitesse du son, la masse volumique du béton et les règles BAEL 91. Après une analyse et une comparaison des résultats obtenus des différents valeurs de résistance à la compression, module d'élasticité et la masse volumique, on a remarqué une différence importante entre les valeurs de module d'élasticité obtenus en fonction de vitesse du son par rapport aux modules déterminés théoriquement(BAEL 91).

Mots clés : Béton, Module d'élasticité, scléromètre, ultra-sons, résistance à la compression,

Abstract :

In our work we are interested in determining the physical and mechanical characteristics (compressive strength, modulus of elasticity) of an old concrete, by non-destructive testing using the test rebound hammer and ultrasounds. Passing through several stages, to characterize 10 cylindrical specimens (16x32) cm plain concrete prepared the site over the age of 2 years. The compressive strength is determined by a combined method, based on 3 different mathematical formulas combining approaches rebound hammer and US. The modulus of elasticity is calculated using the speed of sound, the density of concrete and rules BAEL 91. After an analysis and comparison of results of different compression strength values, modulus of elasticity and density we noticed a significant difference between the modulus of elasticity values obtained according to speed of sound compared to modules theoretically (BAEL 91).

Key words: Concrete, Modulus of elasticity, rebound hammer, ultra-sounds, compressive strength

1 Introduction (16 gras)

Avant chaque réparation il faut mener un diagnostic détaillé avec des techniques non destructives des éléments en béton à réparer (le substrat) afin de pouvoir choisir un matériau de réparation compatible et avoir une réparation plus durable [1, 2]. Depuis une dizaine d'années se sont développées des actions de recherche pour mieux cerner les mécanismes d'altération du béton armé et les aptitudes des différentes techniques de contrôle non destructif (CND) pour identifier l'état du matériau [3]. Alors l'objectif principal des méthodes non destructives appliquées au béton est de fournir une évaluation correcte de la qualité du matériau dans sa structure même, quels que soient son âge et son état de dégradation, sans avoir à s'en rapporter uniquement aux résultats d'éprouvettes qui ne représentent pas forcément la structure exacte du béton d'ouvrage [4]. Cependant, il est généralement difficile de déduire directement la résistance mécanique des bétons à partir des mesures non destructives avec une précision acceptable [5]. En effet, le résultat est souvent affecté par des erreurs liées à la précision de la mesure, la variabilité du matériau et aux conditions in-situ.

Notre travail consiste à déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques (résistance à la compression, module d'élasticité et densité) d'un béton âgé, en le considérant comme support dans la réparation. Ces caractéristiques sont déterminées par les essais d'auscultation au scléromètre et les ultrasons. La résistance à la compression est déterminée par une méthode combinée des deux instruments scléromètre et l'ultra-son, en se basant sur 3 formules mathématiques différentes combinant les approches du scléromètre et US. Le module d'élasticité est calculé selon la vitesse du son, la densité et les règles BAEL 91.

2 Stratégie expérimentale

On dispose de 10 éprouvettes, sur les quelles on a procédé à un ensemble de mesures CND.

- Essais de dureté par rebondissement (scléromètre)
- Essai d'auscultation sonique : mesures de vitesse d'ultrasons.

Ces essais offrent également la possibilité d'évaluer la qualité d'un béton dans une structure existante âgée.

2.1 Estimation de la résistance à la compression

2.1.1 Essai de scléromètre (EN 12504-2)

La résistance R_c est calculée directement à partir de la valeur moyenne de vingt sept mesures de rebonds appliqués dans un quadrillage (3cm chaque cote), figure 01. On peut relier la résistance du béton testé R_c à l'indice sclérométrique de la manière suivante : $R_{c1} = \frac{I^2}{32}$ [6]. Les résultats obtenus sont présentés ci-dessous selon le tableau 01.

Tableau 1 : Valeurs d'indice sclérométrique et résistances correspondantes à la compression

Eprouvette	01 chantier	02 chantier	03 chantier	04 chantier	05 chantier	06 laboratoire	07 laboratoire	08 laboratoire	09 laboratoire	10 chantier
R_{C28} (MPa)	29,6	31,5	31	30,2	24	35	32	38	38,5	29
I_{moy}	29.7	30	30.5	30	26.6	32.83	31.10	34.05	38.31	29.4
$R_{c1} = \frac{I^2}{32}$	27.56	28.12	29.07	28.12	22.11	33.37	30.22	36.23	46.86	27.01

D'après la figure (2), on peut dire qu'on a obtenu des valeurs approximatives de la résistance caractéristique à la compression à 28 jours.

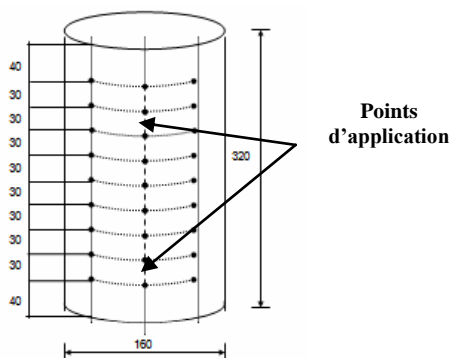


Figure 1: Quadrillage de l'éprouvette

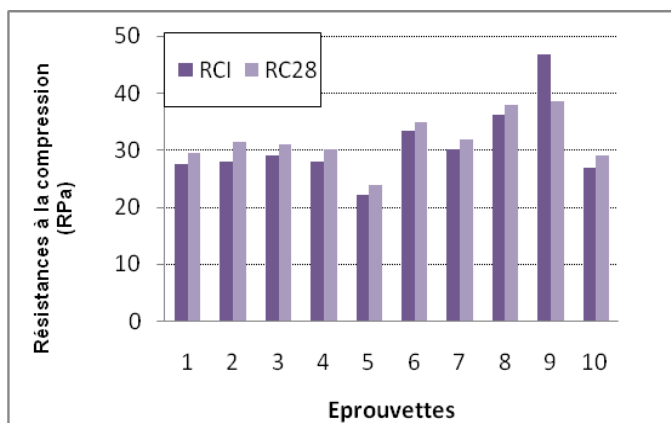


Figure 2 : Résistance à la compression en fonction de l'indice sclérométrique

2.1.2 Auscultation sonique (EN 12504-4)

Pour chaque éprouvette cylindrique on a effectué l'essai d'auscultation sonique, afin d'estimer la qualité du béton. La vitesse est calculée par la formule: $V \text{ (km/s)} = \frac{d}{t}$; les résultats sont présentés ci-dessous par le tableau 02 :

Tableau 2 : Qualité du béton des supports en fonction de la vitesse du son

Eprouvette	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
T (µs)	125	137	107.8	126.5	125.3	130.4	109.4	142	127	140.6
D (cm)	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
V (km/s)	2.56	2.33	2.968	2.529	2.553	2.453	2.934	2.253	2.519	2.275
Etat de résistance	Douteuse	mauvaise	Douteuse	Douteuse	Douteuse	mauvaise	Douteuse	mauvaise	Douteuse	mauvaise

On a remarqué une faible vitesse de propagation du son, qui implique une qualité soit douteuse ou mauvaise qui est contradictoire aux valeurs de résistances à la compression obtenues en fonction de l'indice sclérométrique.

2.1.3 Méthode Combiné

On a calculé la résistance à la compression à l'aide de la méthode combinée des deux instruments (scléromètre et ultrason), en utilisant les 3 formules mathématique différentes suivantes [7]:

$$Rsu1 = 0.00082N^3 + 11.03V - 32.7 \dots\dots\dots (1)$$

$$Rsu2 = \left[\frac{N}{3.64 + 0.023N - 0.56V} \right]^2 \dots\dots\dots (2)$$

$$Rsu3 = 0.028565V^{1.84593} S^{1.24632} \dots\dots\dots (3)$$

D'après les résultats présentés au tableau 03, on remarque que les valeurs obtenus par la formule (1) sont les plus proches aux celles de l'indice scléromètre, alors on a retenue les valeurs de résistances calculées selon la formule (1).

Tableau 3 : Résistances à la compression selon les formules combinées

Eprouvette	Rsu ₁ (MPa)	Rsu ₂ (MPa)	Rsu ₃ (MPa)	Résistance retenue (MPa)
01	17.019	47.22	11.41	17.019
02	15.139	48.03	9.141	15.139
03	23.302	49.39	15.061	23.302
04	17.334	48.03	10.980	17.334
05	10.892	39.166	9.617	10.892
06	23.371	55.83	11.956	23.371
07	24.327	51.027	14.58	24.327
08	24.522	59.295	10.38	24.522
09	41.189	70.940	14.22	41.189
10	13.231	46.424	8.806	13.231

2.1.4 Comparaison des résultats

On a des valeurs approximatives qui se rapprochent de 1, comme il est présenté par l'histogramme à la figure(3).

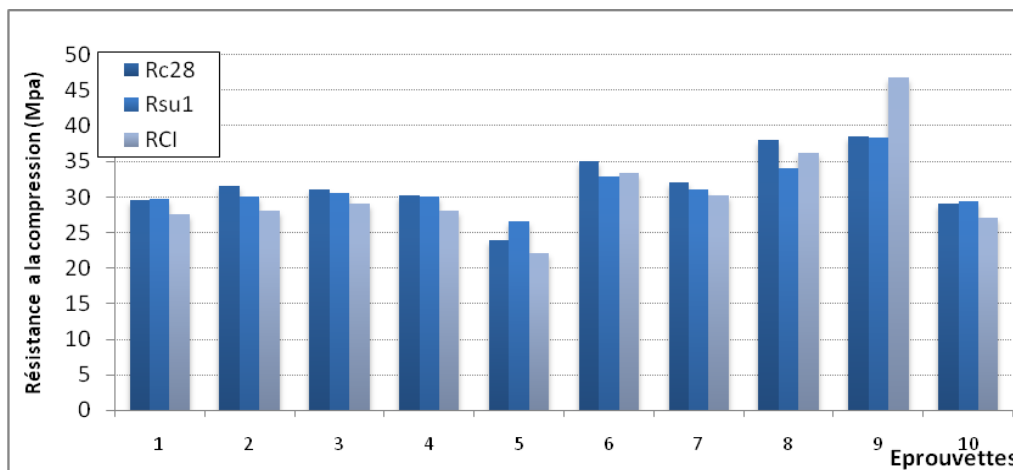


Figure 3 : Comparaison des résistances retenues par vitesse du son et scléromètre

2.1.5 Estimation du module d'élasticité :

2.2.1 Selon les règles BAEL91

Le module d'élasticité E_c est calculé selon la formule suivante donnée: $E_c = 3700 \sqrt[3]{R_c}$

$R_{c1} = R_{CI}$; $R_{c2} = R_{su1}$ (Résistance retenue)

Eprouvette	R _{c1} (MPa)	E _{c1} (GPa)	R _{c2}	E _{c2} (GPa)	E _{c1} / E _{c2}
1	17.5	9.606	27.56	11.176	0.86
2	15.5	9.225	28.12	11.251	0.82
3	23	10.522	29.07	11.376	0.92
4	17	9.514	28.12	11.251	0.84
5	11	8.229	22.11	10.384	0.79
6	23.5	10.598	33.37	11.912	0.89
7	24.5	10.746	30.22	11.524	0.93
8	24.5	10.746	36.26	12.246	0.87
9	41.5	12.810	46.86	13.339	0.96
10	13.5	8.810	27.01	11.101	0.79

Tableau 4 : Module d'élasticité selon BAEL 91**2.2.2. Selon la vitesse du son**

Pour estimer le module d'élasticité d'un ouvrage âgé en service, les mesures par ultrasons sont recommandées. La vitesse de propagation de l'onde ultrasonore dans un béton dépend du module d'élasticité du béton et de sa densité. Hassan Munzer (1994) [8] a déterminé le module d'élasticité selon la vitesse du son et la masse volumique.

-Le module d'élasticité dynamique peut être déterminé par l'équation :

$$E_d = \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{(1-\nu)} \gamma V^2$$

Où γ : masse volumique du béton (expérimentale); $\nu = 0,2$ (coefficient de Poisson),

V : vitesse du son [km/s]

-La masse volumique peut être estimée selon l'équation suivante : $\gamma_v = 1,67 + 0,155 V$; [8], γ_v (t/m^3)

Le module d'élasticité peut être donné en fonction de la constante (K) : $E_c = K V^2$

Où : $E_c = 1,68 V^2$

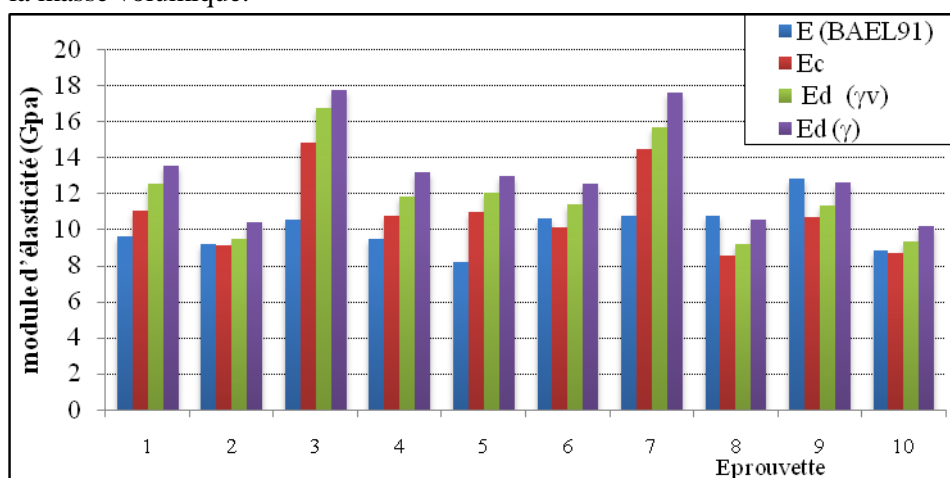
E_c [GPa] : module d'élasticité statique sécant selon la SIA 162/1

v [km/s] : vitesse du son dans le béton; et K :

$$k = 1.68 \quad \text{pour } t \geq 180 \text{ jours;}$$

$$k = t^{0.1} \quad \text{pour } t < 180 \text{ jours; } t : \text{âge du béton en jours}$$

On a essayé de calculer le module d'élasticité selon H. Manzur par les deux formules avec deux valeurs de la masse volumique.

**Figure 3 : Comparaison de différentes valeurs de module d'élasticité**

Les valeurs de module d'élasticité calculées en fonction de la vitesse du son qu'il y a une différence importante par rapport aux modules déterminés par BAEL.

3 Conclusion

On a pu conclure ce qui suit :

- L'évaluation du béton nécessite d'appréhender les paramètres qui influencent les procédures et mesures de contrôle.
- L'utilisation de la vitesse ultrasonore ou du rebond comme seule mesure de CND ne permet pas d'évaluer précisément la résistance des bétons.
- La combinaison des essais ultrason et rebond permet de réduire l'incertitude sur l'évaluation de la résistance mécanique.

Références

- [1] K.Gadri, A.Guettala, L.Zeghichi ;Effect of silica fume in concrete sand for repairin, 8th international conference: concrete in the low carbon Era, 9-11 july 2012, Dendee,UK.
- [2] K. Gadri, Contribution à l'étude d'un béton de sable avec fibres et résine destine pour la réparation mince des structures, Mémoire de Magister, Université de Biskra (Algérie), juillet 2007
- [3] Balaysac J.P. J.-P, Evaluation de la dégradation du béton d'enrobage et aide au diagnostic et à la réparation des ouvrages, Projet RGC&U, Final report, 2/2005.
- [4] J. Kouassi, Contribution à l'auscultation dynamique des superstructures par les mesures de la célérité et de l'atténuation des ondes planes élastiques-application au béton, Thèse de doctorat, Ecole Centrale de Paris, 1989.
- [5] N.T Nguyen, Z.M Sbartai, D Breysse, F Bos , Evaluation non destructive des bétons par combinaison des techniques de CND – apport des probabilités conditionnelles, XXe Rencontres Universitaires de Génie Civil. Chambéry, 6 au 8 juin 2012.
- [6] R.Dupain, J.C.Saint-Arroman, Granulats, Sols, Ciment et bétons, Edition CASTEILLA 2009
- [7] N.Djebri, Evaluation de la qualité du béton in-situ, Mémoire Magister, université de Biskra (Algérie), Mai 2006.
- [8] Munzer Hassan, Critères Découlant D'essais De Charge Pour L'évaluation Du Comportement Des Ponts En Béton Et Pour Le Choix De La Précontrainte, Thèse N° 1296 (1994) Ecole Polytechnique Fédérale De Lausanne