

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJE-BOUIRA



Faculté des Sciences et des sciences appliquées
Département Génie Civil

Projet de fin de Cycle

En vue de l'obtention du diplôme de **master 2** en :

Filière : **Génie Civil**

Option : **Structures**

Thème :

Etude d'un défaut de dosage en sable d'une éprouvette en béton par la méthode des ondelettes

Présenté par :

1- BOUCIF Brahim.

2- DRIF Mohamed Ali.

Devant le jury composé de :

- Aribi chouaib	MCA	UAMOB	Président.
- Arbaoui Ahcene	MCA	UAMOB	Encadreur.
- Kenouche salim	MCB	UAMOB	Examineur.

Année Universitaire 2021/2022



Remerciements

En premier lieu, nous tenons à remercier Dieu le tout puissant pour nous avoir donné la force et la patience pour mener à terminer ce modeste travail, et nous le prions toujours qu'il soit à nos côtés.

Nous tenons à remercier tout d'abord notre encadreur, Monsieur **Mr Arbaoui Ahcene**, pour sa patience, et surtout pour sa confiance, ses notes et sa bienveillance.

Nous tenons aussi à remercier tout particulièrement et à témoigner toute notre reconnaissance à notre chef de département **Meme mohamadi**, et tous nos professeurs de génie civil pour leur expérience enrichissante et pleine d'intérêts qu'ils nous ont fait partager durant ces 5 ans.

Nos remerciements vont aussi aux Mr Aribi chouaib

On voudrait également remercier les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail et pour toutes leurs remarques et critiques.

On tient aussi à remercier les ingénieurs responsables de laboratoire matériaux de notre faculté

Nos vifs remerciements à tous mes enseignant(e)s, en signe d'un grand respect et notre profond amour!!!

Merci à vous toutes et tous.



Dédicace

Je dédie cet ouvrage

*A ma maman qui m'a soutenu et Encouragé durant ces Années d'études
Qu'elle trouve ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.*

*A mes frères, mes grands-parents et ceux qui ont partagé avec moi tous les
moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail. Ils m'ont
chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours.*

*A ma famille, mes proches et à ceux qui me donnent de l'amour et de la
vivacité.*

*A tous mes amis qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de
succès.*

A tous ceux que j'aime.



Brahim



Dédicace

Tous d'abord, nous tenons à remercier Dieu clément et miséricordieux de nous avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Nous tenons à remercier et à exprimer nos profondes reconnaissances à nous promoteur Mr arbaoui qui nous a précieusement aidés et si judicieusement suivi durant la réalisation de ce modeste travail.

Je tiens aussi à remercier tout particulièrement et à témoigner toute notre reconnaissance à notre chef de département Meme mohamadi, et tous nos professeurs de génie civil pour leur expérience enrichissante et pleine d'intérêts qu'ils nous ont fait partager durant ces 5 ans.

Mes remercie vont aussi aux Mr Aribi chouaib qui nous a précieusement aidés

Qui n'a jamais hésité de nous faire en profiter de leurs grandes expériences.

Je remercie aussi les membres du jury qui ont bien voulu nous faire l'honneur d'examiner et de juger notre travail.

Que tous ceux qui ont contribué de prêt ou de loin à la réalisation de ce travail, trouvent ici nos sincères reconnaissances.



Mohamed Ali

Résumé

La méthode d'auscultation des éléments de structures de construction avec la méthode non-destructive a fait ses preuves et la technologie opère des mutations continue dans ce domaine avec l'apparition de l'intelligence artificielle où l'intervention de l'être humain se réduit de plus en plus.

Le control non-destructif du béton est un meilleur moyen utilisé pour diagnostiquer et contrôler la qualité du béton et ce par rapport au prélèvement d'échantillons par carottage ou contrôle par scléromètre, car il s'agit d'une méthode efficace et peu coûteuse.

Il n'est pas limité à l'évaluation de la vitesse de propagation des ondes émises, mais les signaux recueillis à l'aide de l'ultrason peuvent être analysés au moyen de programmes appropriés et d'extraire des informations sur l'état du béton (fissure, ségrégation, mauvais dosage) et peut être même évalué le défaut de dosage comparativement à une base de données contenant les défauts. Cette méthode nous permettra de diagnostiquer les bâtiments ou d'autres ouvrages de manière efficace et peu coûteuse et en peu de temps sans l'intervention du facteur humain. Pour cela une base de données contenant des signaux générés par un appareil ultrasonique s'enrichit de plus en plus pour atteindre une exactitude de 98%. L'intelligence artificielle est au cœur du but à atteindre pour ce travail continu.

Mots Clés : auscultation des structures, ultrason, contrôle non-destructif, défauts construction.

المخلص

أثبتت طريقة التشخيص غير المدمرة أنها طريقة حديثة لرصد المباني الخرسانية المسلحة وتم استخدامها على نطاق واسع في السنوات الأخيرة

بعد التحكم غير المدمر في الخرسانة طريقة أفضل للتشخيص المستخدم في التحكم في الخرسانة مقارنة بأخذ العينات عن طريق التحكم في الحفر أو مقياس التصلب، لأنها طريقة فعالة وغير مكلفة. ال يقتصر على قياسات سرعة انتشار.

الموجات المنبعثة، ولكن يمكن معالجتها باستخدام البرامج المناسبة واستخراج المعلومات من حالة الخرسانة (الشق، الفصل، الجرعة السيئة). ستسمح لنا هذه الطريقة بتشخيص المباني أو الهياكل الأخرى بكفاءة وبتكلفة زهيدة في وقت قصير.

الكلمات المفتاحية: التسمع الإنشائي، الموجات فوق الصوتية، الاختبارات غير المدمرة، عيوب البناء.

Abstract

The method of auscultation of the elements of construction structures with the non-destructive method has proven itself and the technology operates continuous changes in this field with the appearance of artificial intelligence where the intervention of the human being is increasingly reduced. Non-destructive testing of concrete is a better means used to diagnose and control the quality of concrete compared to taking samples by coring or testing by sclerometer, because it is an effective and inexpensive method. It is not limited to the evaluation of the speed of propagation of the waves emitted, but the signals collected using ultrasound can be analyzed by means of appropriate programs and to extract information on the state of the concrete (crack, segregation, incorrect proportioning) and perhaps even evaluate the proportioning defect compared to a database containing the defects. This method will allow us to diagnose buildings or other works efficiently and inexpensively and in a short time without the intervention of the human factor. For this, a database containing signals generated by an ultrasound device is enriched more and more to reach an accuracy of 98%. Artificial intelligence is central to the goal for this ongoing work

Key words : Structural auscultation, ultrasound, non destructive, tests, construction defects.

Table des matières

Résumé.

Introduction générale1

CHAPITRE I : Types de béton dans

I.1. Introduction2

I.2. Historique sur béton2

I.3. Le qualité de béton2

I.4. Problèmes de construction après l'achèvement.....3

I.5. Les type des bétons3

I.5.1. Le béton commun3

I.5.2. Les bétons spéciaux4

I.5.2.1. Bétons à hautes performances4

I.5.2.2 Le béton projeté5

I.5.2.3. Le béton léger5

I.5.2.4. Le béton sablé.....6

I.5.2.5. Le béton désactivé.....7

I.5.2.6. Le béton lavé8

I.5.2.7. Le béton bitumineux.....8

I.6. Les domaines d'emploi du béton9

I.6.1. Le bâtiment9

I.6.2 Les travaux publics :.....10

I.6.2.1. Les ponts	10
I.6.2.2. Les route	10
I.6.2.3. Les barrages.....	11
I.6.2.4. Autres ouvrages	11
I.7. Conclusion	11

CHAPITRE II : Les méthodes de mise en forme et les méthodes d'auscultation

II.1. Méthode de mise en forme	12
II.1.1. Malaxage eu centrale à béton	12
II.1.1.1. Les avantages.....	12
II.1.1.2. Les inconvénients	13
II.1.2.1. Malaxage de béton manuel (pompe à béton)	14
II.1.2.2 Les avantage :	14
II.1.2.3 Les inconvénients	14
II.2. Conclusion	15
II.3. méthodes d'auscultation de la qualité de béton	15
II.3.1. Différences entre les techniques d'auscultation	15
II.3.1.1. Méthode destructive	16
a.1 - PRELEVEMENT DE CAROTTES IN SITU EN 12504-1.....	16
II.3.1.2. Méthode non destructive	16
b.1-Essai au scléromètre.....	17
b.2- Essai aux ultrasons	18
II.3.1.3. METHODE COMBINEE.....	19

CHAPITRE III : Méthode expérimentale du contrôle de qualité

III.1.Méthode expérimentale du contrôle de qualité	21
III.1.1.Essai d'auscultation sous chargement	21
III.1.2. Principe	21
III.1.3.Mesures avec le PUNDIT PL-200	22
III.1.4.Transducteurs	22
III.2.ESSAI DE CONVENANCE	27
III.3.Les matériaux utilisés	27
III.4. Conclusion	29

CHAPITRE IV : Etude expérimentale et résultats

IV.1. Introduction	30
IV.2. Ultrason (Pundit PL-200)	30
IV.2.1. Étalonnage de l'appareil.....	31
IV.3. L'essai de compression	32
IV.4. Analyse des modèles exponentiels	35
IV.4.1. Résistance d'après les valeurs de a & b de (Tableau IV. 3).....	37
IV.4.2. La dégradation de la résistance	46
IV.5. Loi de puissance	48
IV.5.1. Résistance d'après les valeurs de a & b de (Tableau IV.4)	48
IV.5.2. La dégradation de la résistance	57
IV.6. Résistance d'après les valeurs de a & b de (Tableau IV.5)	59

IV.7. La différence des courbes entre la méthode exponentielle et la puissance	68
IV.8. Les Etudes signaux ultrason.....	69
IV.9. Méthode ondelette duabetchis	72
Conclusion générale	75
Les Références.	

List de figure

CHAPITRE I : Les Types de béton

<i>Figure I.1</i> : ouvrages endommagées	3
<i>Figure I.2</i> : Béton haut performance BHP	4
<i>Figure I.3</i> : Béton projeté	5
<i>Figure I.4</i> : Béton léger	6
<i>Figure I.5</i> : Coulage de béton sablé	7
Figure I.6 : Terrasse en béton désactive.....	7
<i>Figure I.7</i> : Voie en béton lavé	8
<i>Figure I.8</i> : Sol en béton bitumineux	9
Figure I.9 : Bâtiment en béton	9
Figure I.10 : Pont-Mathilde (France) 584,7 (m) en béton	10
Figure I.11 : Route en béton.....	10
Figure I.12 : Barrage en béton	11

CHAPITRE II : Les méthodes de mise en forme et les méthodes d'auscultation

<i>Figure II.1</i> : Central à béton TAMRAF.....	12
<i>Figure II.2</i> : Pompe à béton	13
<i>Figure II.3</i> : Méthode destructive (Carottage de béton)	16
Figure II.4 : Méthode no destructive (Scléromètre)	18

CHAPITRE III : Méthode expérimentale du contrôle de qualité

Figure III.1 : Appareille de mesure (Pundit PL 200)	21
Figure III.2 : Méthode directe dite.....	22
Figure III.3 : Méthode indirecte	23
Figure III.4 : Transmission semi-directe	23
Figure III.5 : Mesures ultrasons d'un bloc béton avec les transducteurs plats 54 kHz (avec gel couplant).....	24
Figure III.6 : Ondes acoustiques	25
Figure III.7 : Courbes de calibrages	26
Figure III.8 : Ciment GICA sour el ghozlane.....	27

CHAPITRE IV : Etude expérimentale et résultats

Figure IV.1 : Appareille pundit L200.....	30
Figure IV.2: Etalonnage de l'appareille	31
Figure IV.3 : Mesure longitudinale à vide	31
Figure IV.4 : Signal longitudinal à vide	32
Figure IV.5 : Mesure transversale à vide	32
Figure IV.6 : Signale transversale à vide.....	33
Figure IV.7 : Essai compression avec ultrason	34
Figure IV.8 : Courbe de contrainte fonction de temps.....	35
Figure IV.9 : Le corps de résistance à partir la contrainte	46
Figure IV.10 : Le corps de résistance à partir la vitesse ultrason	47
Figure IV.11 : Le corps de résistance à partir la contrainte	57

Figure IV.12 : Le corps de résistance à partir la vitesse ultrason	58
Figure IV.13 : Corps contrainte & résistance coefficient (a,b) de (tableau IV.3) et (tableau IV.4).....	68
Figure IV.14 : Signal vide, 10 MPA et 11 MPA	69
Figure IV.15 : Signale à point de changement	70
Figure IV.16 : Signal à 11 MPa, 10 MPa et 11 MPa	71
Figure IV.17 : Signal à vide, 12 MPa et 13 MPa	71
Figure IV.18: Signaux de l'éprouvette à augmentation (10%,20%,30) de sable à vide	72
Figure IV.19 : Zoom sur les signaux de l'éprouvette à augmentation (10%,20%,30) de sable à vide	72
Figure IV.20 : Transformée en ondelette de signale à vide	73
Figure IV.21 : Transformée en ondelette de signale à 10 MPa.....	73
Figure IV.22 : Transformée en ondelette de signale à 11 MPa.....	74

Liste des tableaux

CHAPITRE II : Les méthodes de mise en forme et les méthodes d'auscultation

<i>Tableau II.1</i> : Equations pour déterminer la relation entre la résistance à la compression du béton (l'indice de rebondissement R et la vitesse ultrasonique V)	20
--	----

CHAPITRE III : Méthode expérimentale du contrôle de qualité

Tableau III.1 : Composition de béton.....	27
--	----

CHAPITRE IV : Etude expérimentale et résultats

Tableau IV.1 : Modèles de résistance au VPU tirés de la recension des écrits	36
Tableau IV.2 : La vitesse des ondes ultrason par rapport la contrainte	36
<i>Tableau IV.3</i> : Caractéristiques de certains modèles exponentiels	37
<i>Tableau IV.4</i> : La résistance par rapport à la vitesse (vide)	37
<i>Tableau IV.5</i> : La résistance par rapport à la vitesse (10MPa)	38
<i>Tableau IV.6</i> : La résistance par rapport à la vitesse (11MPa)	39
<i>Tableau IV.7</i> : La résistance par rapport à la vitesse (12MPa)	40
<i>Tableau IV.8</i> : La résistance par rapport à la vitesse (13MPa)	41
<i>Tableau IV.9</i> : La résistance par rapport à la vitesse (14MPa)	42
<i>Tableau IV.10</i> : La résistance par rapport à la vitesse (15MPa)	43
<i>Tableau IV.11</i> : La résistance par rapport à la vitesse (16MPa)	44
<i>Tableau IV.12</i> : La résistance par rapport à la vitesse (17MPa)	45
<i>Tableau IV.13</i> : La résistance a partir la contrainte.....	46
<i>Tableau IV.14</i> : Résistance à partir la vitesse ultrason	47
<i>Tableau IV.15</i> : Caractéristiques de certains modèles de loi sur le pouvoir.....	47

Tableau IV.16 : La résistance par rapport à la vitesse (vide)	48
Tableau IV.17 : La résistance par rapport à la vitesse (10MPa)	49
Tableau IV.18 : La résistance par rapport à la vitesse (11MPa)	50
Tableau IV.19 : La résistance par rapport à la vitesse (12MPa)	51
Tableau IV.20 : La résistance par rapport à la vitesse (13MPa)	52
Tableau IV.21 : La résistance par rapport à la vitesse (14MPa)	53
Tableau IV.22 : La résistance par rapport à la vitesse (15MPa)	54
Tableau IV.23 : La résistance par rapport à la vitesse (16MPa)	55
Tableau IV.24 : La résistance par rapport à la vitesse (17MPa)	56
Tableau IV.25 : La résistance a partir la contrainte	57
Tableau IV.26 : Résistance à partir la vitesse ultrason	58
Tableau IV.27 : Caractéristiques de certains modèles de lois de puissance fc(V).....	59
Tableau IV.28 : La résistance par rapport à la vitesse (vide)	59
Tableau IV.28 : La résistance par rapport à la vitesse (10MPa)	60
Tableau IV.29 : La résistance par rapport à la vitesse (11MPa)	61
Tableau IV.30 : La résistance par rapport à la vitesse (12MPa)	62
Tableau IV.31 : La résistance par rapport à la vitesse (13MPa)	63
Tableau IV.32 : La résistance par rapport à la vitesse (14MPa)	64
Tableau IV.33 : La résistance par rapport à la vitesse (15MPa)	65
Tableau IV.34 : La résistance par rapport à la vitesse (16MPa)	66
Tableau IV.35 : La résistance par rapport à la vitesse (17MPa)	67

Introduction

Générale

Introduction Générale

Le béton est le matériau le plus utilisé dans tous les domaines de la construction et du bâtiment, malgré sa complexité. Il contient habituellement un mélange de ciment, d'eau et des granulats, mais il est considéré comme homogène.

Autant le béton est solide et durable, autant il est fragile avant sa mise en place.

Le béton est le fruit d'une technologie très simple, mais en même temps d'une science très complexe.

Le béton est un matériau qu'on formule et donc parfois des erreurs de formulation qui peuvent altérer ses qualités.

Les conditions d'exploitation peuvent engendrer des problèmes de fissuration et de concentration de contraintes et par là des défauts qui peuvent à la longue diminuer sa durée de vie.

Les méthodes d'auscultation sont les méthodes destructives et les contrôles non-destructifs, dans ce travail, on s'intéresse à l'utilisation de l'ultrason qui génère des signaux le long de l'échantillon et au travers et avec l'étude des signaux on s'informe sur l'état physique du matériau à n'importe quel moment.

Dans ce travail, nous présentons dans le premier chapitre les différents types de bétons utilisées dans les constructions et dans le deuxième chapitre, nous expliquons les méthodes de coulage du béton avec les inconvénients et les avantages de chaque méthode. Dans le troisième chapitre, nous abordons les différentes méthodes de diagnostic utilisées dans le contrôle de qualité de béton et Dans le quatrième chapitre, nous présentons les résultats obtenus et développons une conclusion générale de travail.

CHAPITRE I

Les Types de béton

I.1. Introduction

Le béton est un mélange de plusieurs composants (ciment, sable, gravier, eau et les adjuvants) très différents dont les uns sont actifs et les autres inertes [Georges Dreux, Jean Festa, 1998]. Ce matériau présente des caractéristiques qui sont fonction de celles de ces composants. [1]

I.2. Historique sur béton

L'histoire du béton montre que sa technique, bien fixée empiriquement par les Romains, avec la chaux grasse et la pouzzolane, a évolué seulement au 19ème, après l'apparition des chaux hydrauliques et des ciments.

L'ingénieur Bélidor, auteur de l'architecture hydraulique (1737) étudia la composition du béton et introduisit le mot béton dans son sens actuel. L'invention de la chaux hydraulique par Louis Vicat en 1817, celle du ciment Portland par Aspdin en Ecosse en 1824 et l'installation des premiers fours par Pavin de Lafarge au Teilen France en 1830 préparent l'avènement du béton. [2]

I.3. Les qualités de béton :

La qualité du béton joue un rôle important dans la construction, car le béton est l'élément excédentaire dans toute construction.

Les normes de résistance comme la durabilité, la tolérance à la charge et la résistance aux facteurs environnementaux comme le vent, la neige et l'eau dépendent de la qualité du béton. La qualité du béton devrait donc être considérée comme un facteur important dans la construction de tout bâtiment ou de toute autre structure.

En général, la qualité du béton est vérifiée dans les différentes étapes du processus de moulage du béton.

-contrôles de qualité tangibles.

-Contrôles de qualité pendant le coulage du béton.

-Contrôle de la qualité après coulage.

I.4. Problèmes de construction après l'achèvement

On peut constater quand certains projets sont adarvés, l'apparition de quelques fissures ou ruines. (Figure I .1)

On utilise différentes méthodes d'auscultation pour déterminer la résistance de l'élément et la cause de cette ruine et cela est valable pour pratiquement la majorité des bétons.



Figure I.1 : ouvrages endommagés

I.5. Les types des bétons

I.5.1. Le béton commun

Le béton est composé d'un mélange de matières : parmi eux, nous retrouvons le ciment, les granulats, le sable et l'eau. L'utilisation plus ou moins importante de chaque matériau permet de créer un béton spécifique et répondant à un besoin précis sur les chantiers. À titre indicatif, il faut approximativement 350 kg de ciment, 1 000 kg de granulat, 800 kg de sable et 175 litres d'eau pour réaliser 1m³ de béton traditionnelle. [3]

I.5.2. Les bétons spéciaux

I.5.2.1. Bétons à hautes performances

L'additif au fascicule 65 A définit les « bétons à hautes performances » BHP comme présentant une résistance caractéristique à la compression à 28 jours (f_{c28}) supérieure à 50 MPa et un rapport pondéral E/C inférieur à 0,40.

Lorsque les résistances sont supérieures à 80 MPa, les bétons sont dits à « très hautes performances », ou « très résistants » BTR.

Leurs principales propriétés sont :

- sur béton frais, une maniabilité accrue;
- sur béton durci :
 - une augmentation des caractéristiques mécaniques (compression, traction, module d'élasticité) tant aux jeunes âges qu'à terme;
 - une plus grande imperméabilité à l'air et à l'eau, due à une compacité plus élevée;
 - une plus grande résistance aux agents agressifs d'où une meilleure durabilité;
 - une plus grande résistance à l'abrasion;
 - une meilleure tenue aux cycles de gel/dégel. [6]



Figure I.2 : Béton haut performance BHP

I.5.2.2 Le béton projeté

Le béton projeté est mis en œuvre par refoulement dans une conduite et projeté sur une paroi à l'aide d'une lance sous l'impulsion d'un jet d'air comprimé.

Les dosages courants sont compris entre 350 et 450 kg/m³. [4]



Figure I.3 : Béton projeté

I.5.2.3. Le béton léger

Le béton léger est un type de matériau qui vous facilitera grandement la tâche.

Ce béton est composé en majorité de constituants l'allégeant, ce qui le rend bien moins lourd qu'un béton ordinaire et par conséquent, bien plus pratique d'utilisation.

Les matériaux lourds qu'on retrouve chez les bétons classiques tels que les granulats sont remplacés.

A la place, il est possible d'ajouter des billes de polystyrène par exemple.

Cette caractéristique rend ce béton très utile dans la réalisation de certains types d'ouvrages tels que pour les fondations ou dans l'isolation. [8]

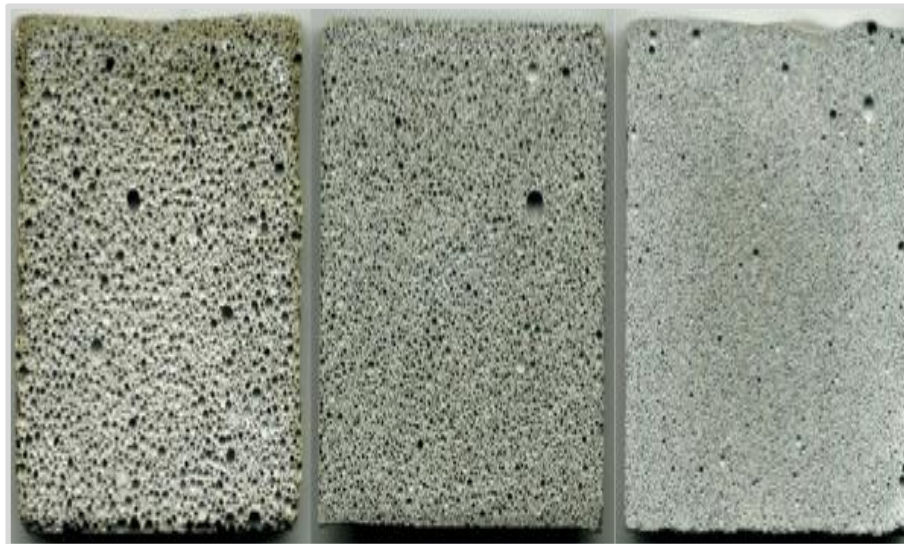


Figure I.4: Béton léger

I.5.2.4. Le béton sablé

Le béton sablé est un béton de ciment classique, qui a la même formulation de base que le béton coulé traditionnel mais dont les proportions et couleurs des granulats changent.

Concrètement, le béton fraîchement coulé est décapé en surface au moyen de jets de sable haute pression.

Cette opération permet de mettre en valeur les granulats en les blanchissant pour un effet esthétique plus fin et soigné que pour le béton traditionnel. En revanche, et à l'inverse du béton désactivé, les granulats ne sortent pas de la surface du béton.

Finalement, on obtient un matériau un peu plus rugueux que le béton poncé, mais tout de même moins que le désactivé ou encore le matricé.

Le béton sablé est plus agréable au toucher et dispose d'une meilleure adhérence.

Toutes ces caractéristiques font de lui un revêtement particulièrement apprécié des particuliers

Pour leurs chantiers de rénovation ion. [8]



Figure 1.5 : Coulage de béton sablé

I.5.2.5. Le béton désactivé

Le béton désactivé est l'un des bétons décoratifs les plus appréciés aujourd'hui.

Très esthétique, il est régulièrement utilisé, que ce soit par des particuliers ou des professionnels.

Vous pourrez retrouver du béton désactivé dans les jardins, en tant qu'allée ou terrasse. Mais il est de même possible de rencontrer du béton désactivé en plein centre-ville, comme les nombreux trottoirs ou rues piétonnes peuvent le montrer.

La technique de mise en œuvre du béton désactivé lui est spécifique. [8]



Figure 1.6 : Terrasse en béton désactive

I.5.2.6. Le béton lavé

Le béton lavé est un autre type de béton décoratif, très proche du béton désactivé.

Très esthétique, on le retrouve régulièrement au sein du jardin sa fin de constituer des terrasses ou bien dans la voirie.

Le béton lavé se caractérise par son aspect granuleux et son toucher rugueux.

Si vous voulez obtenir du béton lavé, il y a une technique de mise en œuvre spécifique. Cette méthode, comme dans le cas du béton désactivé, permet d'obtenir un aspect granuleux et un toucher rugueux, ce qui fait tout le charme du béton lavé.

Ce dernier donne l'impression d'avoir une allée en gravier sans les inconvénients ! Et oui, avec le béton lavé, fini les graviers qui s'éparpillent sans arrêt. [8]

C'est donc un béton qui a tout pour plaire, à la fois esthétique et facile d'entretien.



Figure I.7 : Voie en béton lavé

I.5.2.7. Le béton bitumineux

Egalement appelé enrobé ou enrobé bitumineux, le béton bitumineux est composé de sable, de gravillons, de filer et de bitume comme liant.

Ce type de béton est principalement utilisé pour les routes, mais il peut être idéal

pour une allée de jardin ou de garage on l'utilise comme parement des barrages en terre. [8]



Figure I.8 : Sol en béton bitumineux

I.6. Les domaines d'emploi du béton :

Le béton, qu'il soit armé ou non, est présent partout où l'on construit, et il doit cette présence à ses nombreuses qualités.

I.6.1. Le bâtiment

Le béton tient une place essentielle dans l'urbanisme moderne. Cela semble normal lorsqu'on considère sa participation dans la construction de logements : pour les murs, 80 % des techniques en individuel, plus de 90 % en collectif pour les structures ; pour les planchers le béton est pratiquement le matériau exclusif. Le béton s'est également largement imposé dans les autres secteurs de la construction : bureaux, hôpitaux, locaux scolaires, ainsi que dans les grands édifices publics et les bâtiments industriels.

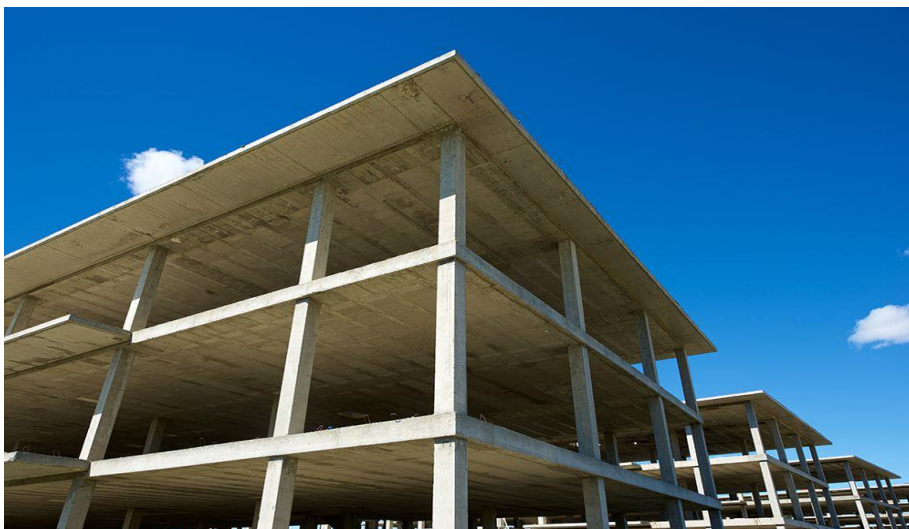


Figure I.9 : bâtiment en béton

I.6.2 Les travaux publics :

I.6.2.1. Les ponts

Les progrès techniques, et en particulier l'évolution des caractéristiques du béton, permettent de réaliser des portées atteignant 500 m pour les ponts haubanés.



Figure I.10 : Pont-Mathilde (France) 584,7 (m) en béton.

I.6.2.2. Les routes

La chaussée béton prend une part de plus en plus importante dans les grandes voiries routières et autoroutières, grâce au développement de techniques modernes : béton armé continu, dalle épaisse, traitement de surface.

Les voiries à faible trafic montrent un regain d'intérêt pour les solutions béton, qui leur assurent durabilité et faible coût d'entretien.



Figure I.11 : Route en béton

I.6.2.3. Les barrages

Les grands barrages sont le plus souvent en béton permettant des implantations dans les sites les plus difficiles.

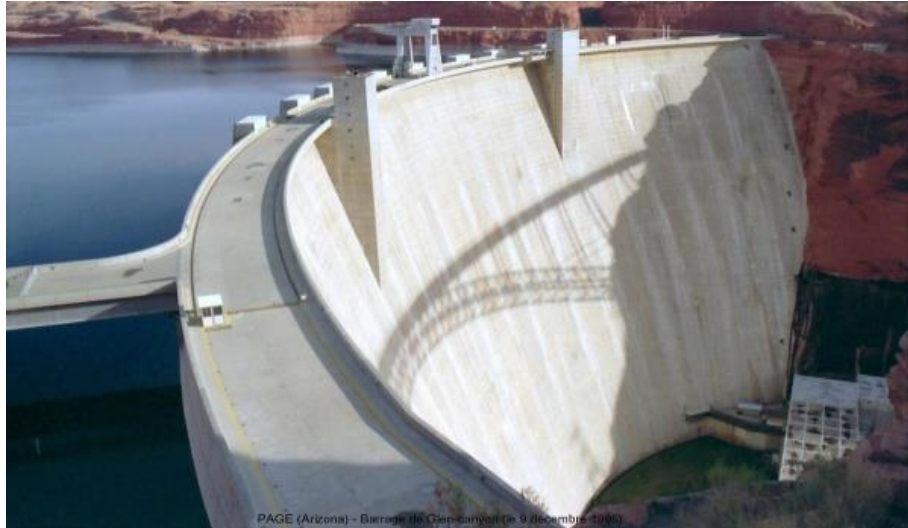


Figure I.12 : Barrage en béton

I.6.2.4. Autres ouvrages

Il faut également citer les ouvrages hors du commun : structures offshore ou centrales nucléaires, dont les exigences requièrent des bétons aux caractéristiques mécaniques et à la durabilité élevées.

I.7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les types des bétons qu'utiliser dans les constructions avec quelques domaines d'emploi du béton.

CHAPITRE II

**Les méthodes de mise en forme et les
méthodes d'auscultation**

II.1. méthode de mise en forme

II.1.1. malaxage eu centrale à béton

La centrale à béton stocke les différents éléments constitutifs du béton (eau, ciment, granulats et adjuvants) au sein de cuves adaptées et fabrique ensuite un béton sur-mesure à la demande de chaque client.

Application recommandée : immeubles de grande hauteur.



Figure II.1 : Central à béton TAMRAF

II.1.1.1. Les avantage :

1-les bétons les mieux adaptés, dont les caractéristiques font l'objet d'un suivi grâce à des contrôles de laboratoire.

2- Le béton prêt à l'emploi permet une construction rapide grâce à une livraison programmée sur le site, un fonctionnement mécanisé avec une économie conséquente.

3-Le béton prêt à l'emploi réduit le coût de la main-d'œuvre et le coût de la supervision du site.

4-La production de béton prêt à l'emploi aide à minimiser le gaspillage de ciment dû à la manutention en vrac.

5-Réduction du temps de projet entraînant des économies dans tous les aspects.

6-La production de béton prêt à l'emploi est relativement sans pollution.

7-Contrôle approprié et économie dans l'utilisation de la matière première résultant en une économie de ressources naturelles.

8- Plus facile à transporter.

9-Installation, démontage et transfert plus rapides et plus faciles. La flexibilité.

10- moins d'espace d'installation dans la zone du projet.

II.1.1.2. Les inconvénients :

1- Seuls des travailleurs qualifiés sont nécessaires pour compacter et couler le béton.

2- Les matériaux sont mis en lot dans une usine centrale et le mélange commence dans cette même usine. Ainsi, le temps de trajet entre l'usine et le site est critique sur de plus longues distances. Certains sites sont tout simplement trop éloignés, ce qui peut entraîner le risque que le béton prêt à l'emploi devienne inutilisable en raison de la prise.

3- Il générera un trafic routier supplémentaire. En règle générale, les camions mélange prêt sont de grande taille et peuvent couvrir une grande partie de la route, bloquant ainsi le reste de la circulation. De plus, les routes d'accès et l'accès au site doivent pouvoir supporter le plus grand poids du camion prêt à l'emploi plus la charge. (Le béton vert pèse environ 2,5 tonnes par m³.) Ce problème peut être surmonté en faisant appel à des sociétés dites de « mini mélange » qui utilisent des mélangeurs plus petits d'une capacité de 4 m³ capables d'atteindre des sites plus restreints.

4- La durée limitée du béton entre le malaxage et le durcissement signifie que le prêt à l'emploi doit être placé dans les 210 minutes suivant le dosage à l'usine. Les adjuvants modernes peuvent modifier précisément ce laps de temps, cependant, la quantité et le type d'adjuvant ajouté au mélange sont très importants.

II.1.2.1. malaxage de béton manuel (pompe à béton) :

Utiliser la pompe à béton sur le chantier pour mélanger le béton (les agrégats, ciment, eau). Les matériaux sont estimés séparément, l'achat est planifié individuellement

Application recommandée : Structures et bâtiments de faible hauteur



Figure II.2 : Pompe à béton

II.1.2.2 Les avantages :

- 1- Il n'y a pas de limite sur la quantité de commande.
- 2- Il n'est pas nécessaire de s'appuyer sur des stations extérieures pour terminer les travaux de bétonnage.
- 3- Pas besoin de gros matériel.
- 4- simple à réaliser.

II.1.2.3 Les inconvénients :

- 1-La logistique du site doit être prise en considération.
- 2- des quantités non examinées conduisent à un peut entrainer une diminution de la résistance.
- 3- Plus d'espace est nécessaire pour stocker les matériaux.
- 4- nécessité un grand nombre de main d'œuvre.

5- Le processus est plus lent en raison des différentes étapes, du réglage de l'heure et des formules impliquées.

II.2. Conclusion :

Malgré le coût supplémentaire, le béton prêt à l'emploi est généralement meilleur pour la plupart des projets de construction. Ils offrent une excellente qualité, y compris la variabilité des lots, lors de la préparation du béton en usine. L'un des facteurs clés était l'emplacement actuel du projet, car les exigences de transport ont initialement déterminé le type de béton préféré pour le projet.

De plus, le béton prêt à l'emploi est souvent recommandé pour les grands projets nécessitant de gros volumes. De plus, le malaxage sur site est une meilleure option pour les petits projets de construction avec de plus petits volumes de béton.

II.3. méthodes d'auscultation de la qualité de béton :

«La surveillance a pour but de déceler à temps les défauts, les dégradations ou les modifications dans l'ouvrage ou dans son environnement pouvant provoquer des dommages aux personnes ou aux choses. La surveillance doit également permettre d'établir toutes les données nécessaires à l'entretien.»[5].

II.3.1. Différences entre les techniques d'auscultation :

Sur l'ouvrage on peut appliquer des techniques d'auscultation non destructives (qui ne causent aucune dégradation) ou destructives. Parmi ces dernières il y a toutes les recherches qui exigent le prélèvement d'échantillons (par exemple par carottage), l'ouverture de fenêtres d'observation appropriées ou des sondages. Les essais de laboratoire exigent le prélèvement d'échantillons. Ils fournissent en général des données relativement précises sur les caractéristiques recherchées. Ces résultats ne sont cependant valables que pour l'échantillon testé. Pour une extension de ces résultats à l'ensemble de l'ouvrage ou à une partie de celui-ci, le nombre et la disposition des prélèvements doivent être adaptés à la dispersion prévisible des caractéristiques du matériau mis en place, en respectant si possible les règles de la statistique.[6]

II.3.1.1. Méthode destructive :

Les techniques d'auscultation destructives sont souvent la seule possibilité permettant d'acquérir des données fiables sur les caractéristiques des matériaux et sur l'état à l'intérieur de l'ouvrage, soit en profondeur dans les éléments de la construction. Mais ici également se pose le problème de l'extension des informations obtenues à l'ensemble de l'ouvrage.

a.1 - PRELEVEMENT DE CAROTTES IN SITU EN12504-1

Certains essais destinés à analyser les modifications des propriétés du béton, ne peuvent être réalisés in situ. En conséquence, il convient de prélever des échantillons et de les apporter dans un laboratoire.

Le carottage ne doit pas porter atteinte à la stabilité ou à la résistance structurelle de l'ouvrage ; les armatures devront être repérées avant le carottage, pour éviter autant que faire se peut de récupérer des éprouvettes de béton avec des armatures.

Le stockage des carottes est conforme à la norme EN12504-1 (les carottes doivent être protégées et mises dans un sac plastique fermé à chacune des extrémités).

Pour des essais mécaniques, le diamètre doit être égal au moins à 3D (D=dimension du plus gros granulat), un élancement de l'éprouvette de 2 est souhaitable [13].



Figure II.3 : Méthode destructive (Carottage de béton)

II.3.1.2. Méthode non destructive :

Les méthodes de mesure non destructives saisissent, en principe, des mesures ponctuelles effectuées sur un réseau déterminé, ou le long d'une ligne choisie (profil de mesure). Des méthodes d'auscultation de type particulier (examen visuel, thermographie, etc.) saisissent en une opération des surfaces partielles d'un ouvrage, avec de fortes variations possibles dans

l'importance des surfaces examinées. Selon le type de méthode non destructive choisi, les résultats suivants peuvent être obtenus:

- mesures ponctuelles dans un réseau à grandes mailles.
- mesures de profils.
- mesures ponctuelles dans un réseau à mailles serrées, couvrant bien la surface.
- mesures couvrant des surfaces complètes.

Avec des méthodes non destructives on peut ainsi obtenir facilement des informations sur la surface d'un ouvrage (longueur, largeur). Par contre l'acquisition de données sur l'intérieur de l'ouvrage (profondeur) est, en comparaison avec les méthodes destructives, en général limitée.

Les résultats des mesures effectuées sur l'ouvrage avec des méthodes non destructives ne sont, souvent, pas directement utilisables pour déterminer les valeurs recherchées.

Le recoupement avec ces valeurs doit être fait avec une méthode d'interprétation éprouvée. De plus les résultats mesurés ou saisis sont, la plupart du temps, influencés par des conditions marginales. La prise en compte de ces facteurs, ajoutée au flou technique relatif des méthodes non destructives, demande une grande expérience. Pour des méthodes d'auscultation complexes, l'engagement de spécialistes est né.

b.1-Essai au scléromètre

L'essai au scléromètre est destiné à mesurer la dureté superficielle du béton, et il existe une corrélation empirique entre la résistance et l'indice sclérométrique. Il convient aux essais au laboratoire comme aux essais sur chantier. Une masse commandée par un ressort se déplace sur un plongeur dans un tube de protection. La masse est projetée contre la surface du béton par le ressort, et l'indice sclérométrique est mesuré sur une échelle. La surface sur laquelle l'essai est effectué peut être horizontale, verticale ou à tout autre angle, mais la corrélation devra prendre en compte l'inclinaison de l'appareil par rapport à cette surface [9].



Figure II.4: Méthode no destructive (Scléromètre)

Limites et avantages :

Le scléromètre est une méthode peu couteuse, simple et rapide pour connaitre la résistance du béton, mais une précision entre ± 15 et $\pm 20\%$ n'est possible qu'avec des éprouvettes qui ont été coulées et soumises à un traitement de cure et à des essais ou les conditions d'étalonnage ont été établies. Les résultats sont influencés par des facteurs tels que la régularité de la surface, la grosseur et la forme de l'éprouvette, le degré d'humidité du béton, le type du ciment, la taille du plus gros granulat et le degré de carbonatation de la surface [10].

b.2- Essai aux ultrasons

La méthode consiste à mesurer la vitesse de propagation des ultrasons traversant le béton à l'aide d'un générateur et d'un récepteur. Les essais peuvent être effectués sur des éprouvettes au laboratoire ou sur des ouvrages. De nombreux facteurs influent sur les résultats ; la surface et la maturité du béton, la distance de parcours de l'onde, la présence d'armatures [11].

Limites et avantages :

Les ultrasons sont une méthode simple et relativement peu coûteuse pour déterminer l'homogénéité d'un béton. Elle peut être utilisée dans le cadre d'un suivi de contrôle de qualité de la production qu'en auscultation d'ouvrage altéré. Cependant elle nécessite un étalonnage rigoureux, les corrélations sont souvent délicates [12].

II.3.1.3. METHODE COMBINEE

La combinaison du scléromètre (Schmidt reboundhammer) et des ultrasons (ultrasonic pulse velocity) résulte dans l'amélioration de la précision de l'estimation de la résistance à la compression du béton, particulièrement la méthode Son Reb qui a été développée par la RILEM

[9] , [13] et [14], après avoir été largement adoptée et diffusée avec l'objectif de déterminer une résistance à la compression du béton potentiellement fiable [15].

L'intérêt dans l'utilisation de la technique Son Reb est que la variabilité de certaines propriétés du béton produit des effets opposés pour chacun de ses composants (scléromètre et upv). Par exemple une augmentation dans l'humidité augmente la valeur des ultrasons mais diminue la valeur de l'indice sclérométrique et donc l'utilisation de la Son Reb réduit

-les effets des :

-Dimension des agrégats

-Type et dosage du ciment

-Rapport eau /ciment

-Pourcentage de l'humidité

-Dans la littérature scientifique [16], plusieurs expressions pour déterminer la résistance à la compression par la méthode combinée sont disponibles (tableau 3).

N°	Equations	Explications	Reference	RMSE
Single-variable equations				
1	$f_c = 21.575 \times L - 72.276$	f_c [MPa], L[cm]	NDT Windsor Sys. Inc.(1994)	3.7813
2	$F_c = 1.2 \times 10^{-5} \times V^{1.7447}$	f_c [MPa], V[km/s]	Kheder 1 (1998)	6.0974
3	$f_c = 0.4030 \times R^{1.2083}$	f_c [MPa]	Kheder 2 (1998)	2.1651
4	$f_c = 36.72 \times V - 129.077$	f_c [MPa], V[km/s]	Quasrawi 1 (2000)	3.6981
5	$f_c = 1.353 \times R - 17.393$	f_c [MPa]	Quasrawi 1 (2000)	2.8152
6	$f_c = -5333 + 5385 \times L f_c$ [MPa], L[in]		Malhotra et al.	2.2128
Multi-variable equations				
7	$f_c = -568 + 0.000635 \times R^3 + 8.397V$	f_c [MPa], V[km/s]	Bellander (1979)	2.212825
8	$f_c = -24.668 + 1.427 \times R + 0.0294V^4$	f_c [MPa], V[km/s]	Meyninket al. (1979)	7.0654
9	$f_c = 0.745 \times R + 0.951 \times V - 0.544$	f_c [MPa], V[m/s]	Tanigawa et al.	2.1000
10	$f_c = [R / (18.6 + 0.019 \times R + 0.515 \times V)]$	f_c [kg/cm ²], V[km/s]	Postacioglu (1985)	3.7617
11	$f_c = 18.6 \times e^{0.019 \times R + 0.515V}$	f_c kg/cm ² , V[km/s]	Arioglu et al. (1991)	[2.9205
12	$f_c = 10^{3.119 \sqrt{\log R^3 \times V^4} - 5.890}$	f_c [kg/cm ²], V[km/s]	Arioglu et al. (1994)	4.2305
13	$f_c = -39.570 + 1.532 \times R + 5.0.614 \times V$	f_c [kg/cm ²], V[km/s]	Raymar et al. (1996)	7.5910
14	$f_c = 0.00153 \times (R^3 \times V^4)^{0.611}$	f_c [kg/cm ²], V[km/s]	Arioglu et al. (1996)	11.1623
15	$f_c = 0.0158 \times V^{0.4224} \times R^{1.1171}$	f_c [kg/cm ²], V[km/s]	Kheder 3 (1998)	2.1375

Tableau II.1 : Equations pour déterminer la relation entre la résistance à la compression du béton (l'indice de rebondissement R et la vitesse ultrasonique V). [16]

CHAPITRE III

**Méthode expérimentale du contrôle de
qualité**

III.1.Méthode expérimentale du contrôle de qualité :

III.1.1.Essai d'auscultation sous chargement :

Connu sous le nom d'essai aux ultrasons, cet essai permet de déterminer la vitesse de propagation d'ondes longitudinales (de compression) à travers un élément en béton. Le principe de la méthode consiste à mesurer le temps mis par une onde à parcourir une distance donnée. [8]

III.1.2. Principe :

Le principe de la méthode consiste à mesurer le temps mis par une onde, d'où le nom de la méthode (essai de vitesse de propagation d'ondes sonores) à parcourir une distance connue. D'après LESLIE et CHEESMAN, l'état du béton totalement inconnu peut se déterminer approximativement selon la vitesse mesurée. Les impulsions sont produites par des cristaux piézo-électriques à excitation par choc des cristaux semblables sont utilisées dans le récepteur JONS.R ET FACAOARU (1969). La fréquence de générateur d'ondes est comprise entre 10 et 150 HZ, le temps de propagation des ondes dans le béton est mesuré par des circuits de mesure électroniques. [8]



Figure III.1 : appareil de mesure (Pundit PL 200)

III.1.3. Mesures avec le PUNDIT PL-200 :

Les mesures par ultrasons sont réalisées selon l'une des méthodes décrites dans la norme NF EN 12504-4 :

- méthode directe dite « par transparence »,
- méthode indirecte dite « de surface », ou
- méthode semi-directe dite « en semi-transparence ». [18]

-Transmission directe :

Il s'agit de la configuration optimale avec une amplitude du signal maximale. C'est la méthode la plus précise pour déterminer la vitesse d'impulsion.

La longueur du trajet est mesurée entre chaque centre des transducteurs.

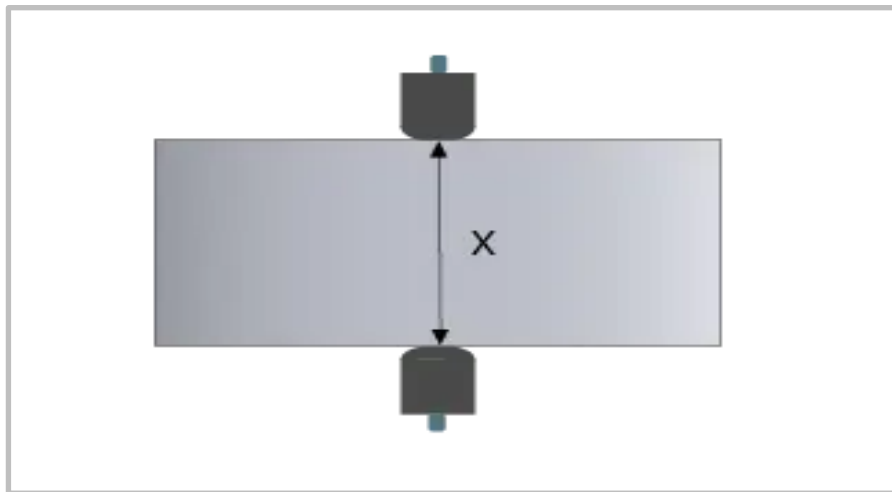


Figure III.2 : méthode directe dite [18]

-Transmission indirecte :

L'amplitude du signal représente environ 3 % de l'amplitude du signal par rapport à la transmission directe.

La vitesse d'impulsion sera influencée par la zone de surface du béton.

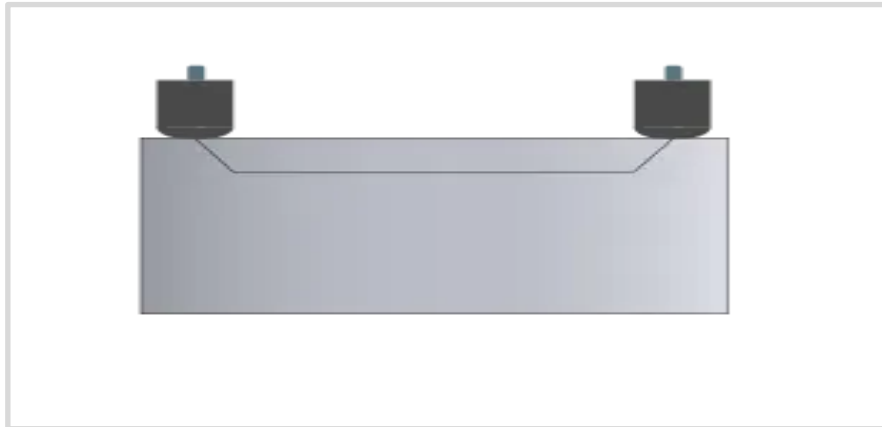


Figure III.3 : méthode indirecte [18]

-Transmission semi-directe :

La sensibilité se situe entre les deux autres méthodes.

La longueur du trajet est mesurée entre chaque centre des transducteurs.

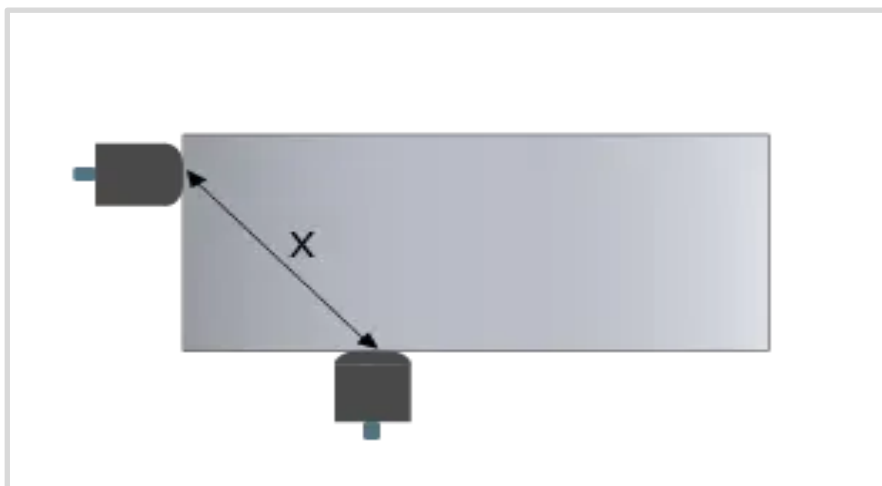


Figure III.4 : Transmission semi-directe [18]

III.1.4. Transducteurs :

- **Transducteurs standard 54 kHz** : un nouveau design avec des performances améliorées pour augmenter la portée et la stabilité.
- **Transducteurs Exponentiels 54 kHz** : pour une utilisation sur des surfaces rugueuses, sans couplant.
- **Transducteurs 150 kHz** : ces capteurs ont une résolution plus élevée mais une gamme diminuée. Pour une utilisation sur des échantillons à grains fins.
- **Transducteurs 250 kHz** : résolution plus élevée mais une gamme diminuée. Pour une utilisation sur des échantillons à grains fins.
- **Transducteurs 500 kHz** : pour une utilisation avec des matériaux à grains fins, comme les roches et la céramique.
- **Transducteurs à ondes de cisaillement 250 kHz** : pour une utilisation en combinaison avec le transducteur de l'onde P pour mesurer le module dynamique d'élasticité du matériau à l'essai. [18]



Figure III.5 : Mesures ultrasons d'un bloc béton avec les transducteurs plats 54 kHz (avec gel couplant) [18]

Définitions :

Une onde ultrasonore est une vibration mécanique se propageant dans un milieu élastique (solide, liquide ou gaz) et dont la fréquence se trouve au-delà des fréquences audibles. [8]

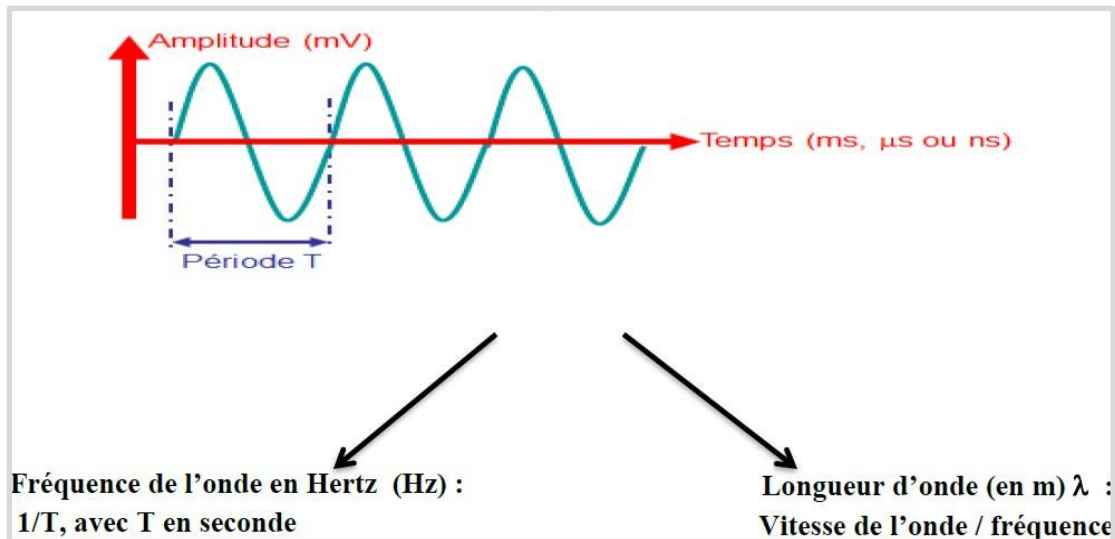


Figure III.6 : Ondes acoustiques [8]

Paramètres influents la vitesse des ultrasons :

La vitesse des ondes ultrasoniques à travers le béton résulte du temps mis par les ondes pour traverser la pâte de ciment durci et les granulats. Elle dépend énormément du module d'élasticité des granulats et de leur quantité dans le béton. Par ailleurs, la résistance du béton ne dépend pas nécessairement du dosage en gros granulats ou de leur module d'élasticité. Cependant pour un granulat donné et une composition donnée, la vitesse de propagation des ondes dépend des modifications de la pâte de ciment durci, telles qu'un changement du rapport Eau/Ciment qui influe le module d'élasticité de la pâte. De plus d'autres facteurs influencent la propagation des ondes sonores à savoir :

- Le type de ciment ;
- Le dosage en ciment ;
- La nature des granulats;
- La granulométrie ;
- L'humidité du béton ;
- La maturité du béton ;

- Les adjuvants.

Les résistances des autres bétons qui diffèrent du béton standard pour lequel une courbe de calibrage a été établie, doivent être corrigés en affectant la résistance du béton de référence par des coefficients partiels d'influence correspondants. Exemple de tracés de courbes de calibrage. [8]

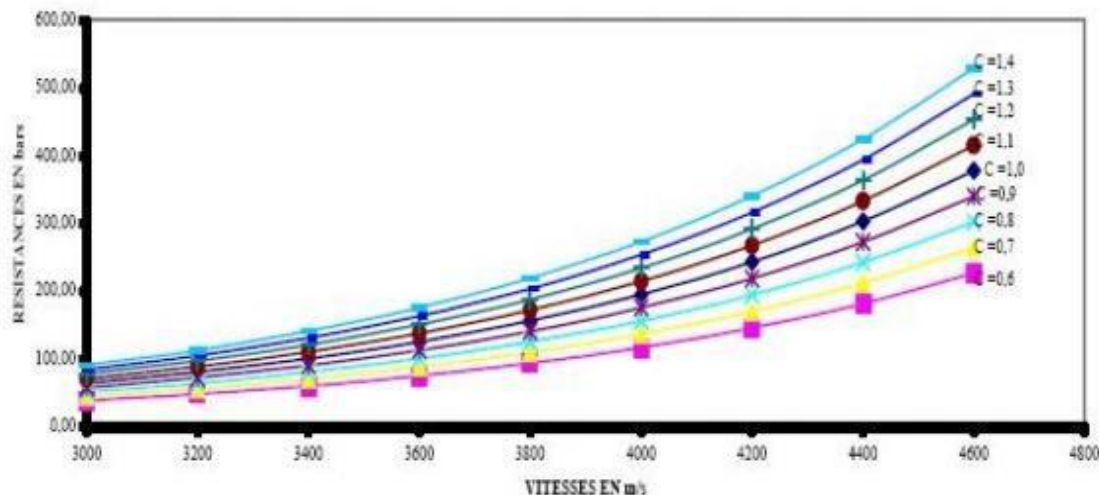


Figure III.7 : courbes de calibrages [8]

Excepté le cas on l'on dispose de courbes de calibrage telles que rappelées ci avant, des cas peuvent se présenter tels que :

- Composition du béton connue, absence d'éprouvettes ou de carottes,
- Composition du béton connue et existence d'un petit nombre d'éprouvettes ou de carottes,
- Méconnaissance de la composition du béton et existence d'éprouvettes ou de carottes,
- Méconnaissance de la composition du béton et inexistence d'éprouvettes et de carottes.

La détermination de la résistance béton in situ sera étudiée au cas par cas. [19]

III.2.ESSAI DE CONVENANCE : PESEES POUR 1M³ DU BETON

Composition	Pesées pour 1m³ du béton Dosage en kg /m ³	Pesées pour gachee d'essai ou laboratoire dosage en kg/m ³	Pesées en (L) calculées Pour un sac de ciment De 50 kg Dosage en litre
Sable lavé sabig	705	35	65
Sable fin boussaada	130	6	12
Gravie 3/8	110	6	11
Gravie 8/15	440	22	43
Gravie 15/25	405	20	39
Ciment	350	17.5	50 (un sac de ciment)
Acc	185	9	26
Eau			
Poids de 1m ³ de béton	2325	115.5	246

Tableau III.1 : composition de béton

Rapport E/C = 0.5

Types d'éprouvette : cylindrique 16 X 32 cm

Serrage de béton : énergétique

Conservation des éprouvettes : dans l'eau

III.3.Les matériaux utilisés :

Le ciment : Le ciment utilisé est le ciment portland au calcaire CEM II/B-L 42.5 (GICA)

Sour El Ghozlane, conforme à la norme NA 442.



Figure III.8: Ciment GICA sour el ghozlane

Les granulats :

Sable lavé sabig : →



Sable fin Boussaâda : →



Gravie 3/8 : →



Gravier 8/15 : →



Gravier 15/25 : →



III.4. Conclusion :

Dans son état actuel, l'habitude d'évaluer la qualité du béton dans le domaine de la construction implique des essais destructifs en compression ou en traction d'éprouvettes (cubes ou cylindres). D'autres méthodes dites de contrôle non destructif sont également utilisées. Comme son nom l'indique, ces mesures n'endommagent pas la structure, comme les d'romètres, l'auscultation et le carottage. Par conséquent, il existe un grand besoin d'outils de méthode CND efficaces pour évaluer les éléments en béton dans les structures. À ce point technique, on s'attend généralement à ce que l'ingénieur soit capable de prendre des mesures rapides sur le terrain et de diagnostiquer l'état de la structure. Cela pourrait devenir une réalité dans un futur proche.

CHAPITRE IV

Etude expérimentale et résultats

IV.1. Introduction

Ce chapitre présente les travaux expérimentaux effectués dans le cadre de ce projet. Des essais de ultrason et compression été réalisés pour déterminer la résistance à la compression de béton fabriqué par différents dosage de sable fine (épreuve normalisé et des éprouvette contient une augmentation de 5%, 10% ,15% ,20%, 25%, et 30% de sable fine).

Le chapitre commence par la présentation des les moyens et la procédure d'essai sont présentés et la fin du chapitre on a présenté les résultats obtenus.

IV.2. ultrason (Pundit PL-200)

Le Pundit PL-200 est un appareil haut de gamme pour mesurer la vitesse d'impulsion ultrasonique (UPV) afin d'évaluer la qualité du béton et d'autres matériaux tels que la roche, le bois et la céramique.



Figure IV.1 : Appareille pundit L200

On utilisé l'appareil ultra-son de marque PUNDITE modèle L200 existant au niveau du laboratoire de Génie-Civil au sein de la faculté des sciences et sciences appliquées sur une éprouvette cylindrique Selon la norme **NF-EN-12390-3** de diamètre de 16 cm et hauteur de 32 cm.

IV.2.1. Étalonnage de l'appareil

Les vérifications d'étalonnage doivent toujours être effectuées sur l'échographie avant chaque utilisation. L'étalonnage consiste à vérifier le temps de propagation à travers la tige standard, dont le temps est connu à l'avance.



Figure IV.2: étalonnage de l'appareille

On à mesurer le temps de propagation des ondes ultrasonores à vide (longitudinale et transversale). Avec fréquence 54 Hz

Eprouvette normalisé longitudinale à vide :

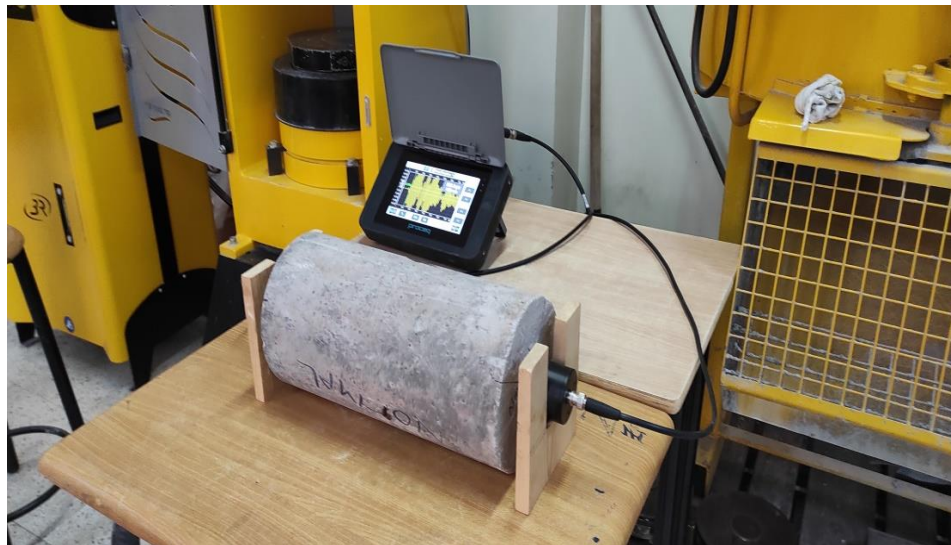


Figure IV.3 : mesure longitudinale à vide

Eprouvette normalisé longitudinale n'est pas chargée, tel que le signal est montré sur la figure ci-dessous :

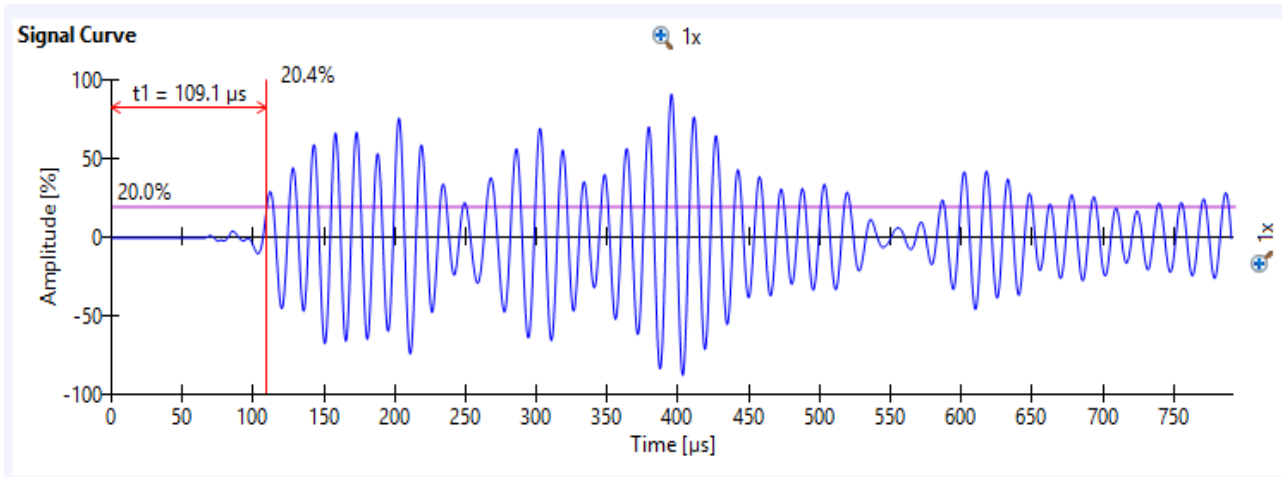


Figure IV.4 : Signal longitudinal à vide

Eprouvette normalisé transversale à vide :



Figure IV.5 : mesure transversale à vide

Eprouvette normalisé transversale n'est pas chargée, tel que le signal est montré sur la figure ci-dessous :

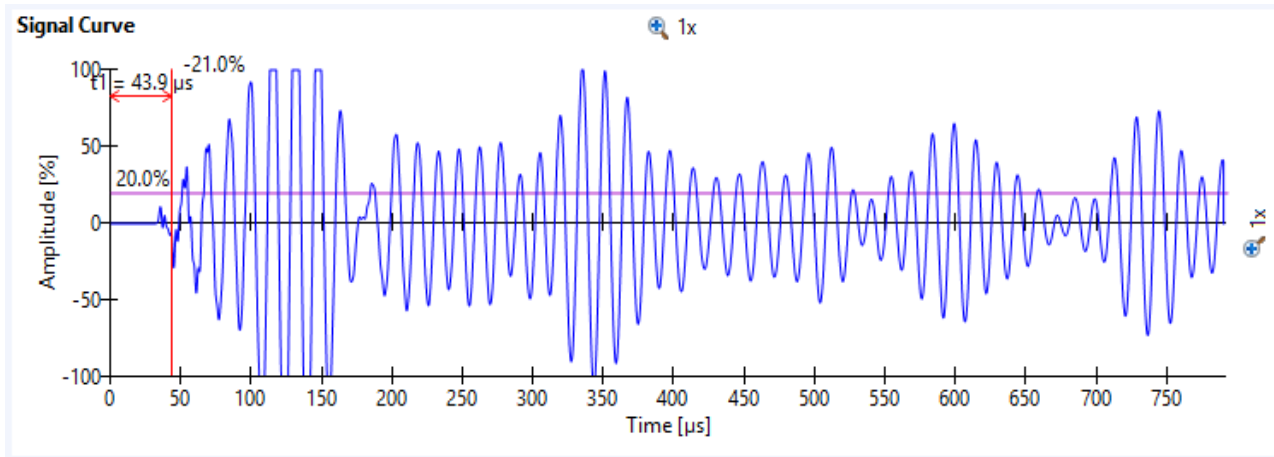


Figure IV.6 : Signale transversale à vide

IV.3. L'essai de compression

Selon la norme NF-EN-12390-3, la presse de notre laboratoire de faculté a été équipée d'une éprouvette cylindrique d'un diamètre de 16 cm et d'une hauteur de 32 cm, la masse de l'éprouvette P1 était de 15,660 kg avec une vitesse de chargement de 0,02 MPA/s, et l'essai a été lancé jusqu'à la rupture pour voir la force de contrainte à la fonction de temps :

Après la mensurations à vide, on à met les éprouvettes dans la machine de compression avec une vitesse de montée en charge 0.02 MPA/s .

Ensuite, nous enregistrons à chaque augmentation de contrainte de 1MPA les signaux à partir la contraint 10 MPA.



Figure IV.7 : essai compression avec ultrason

Essai de compression à l'éprouvette de dosage 30% de sable fin.

La contrainte maximale 19.45 MPa

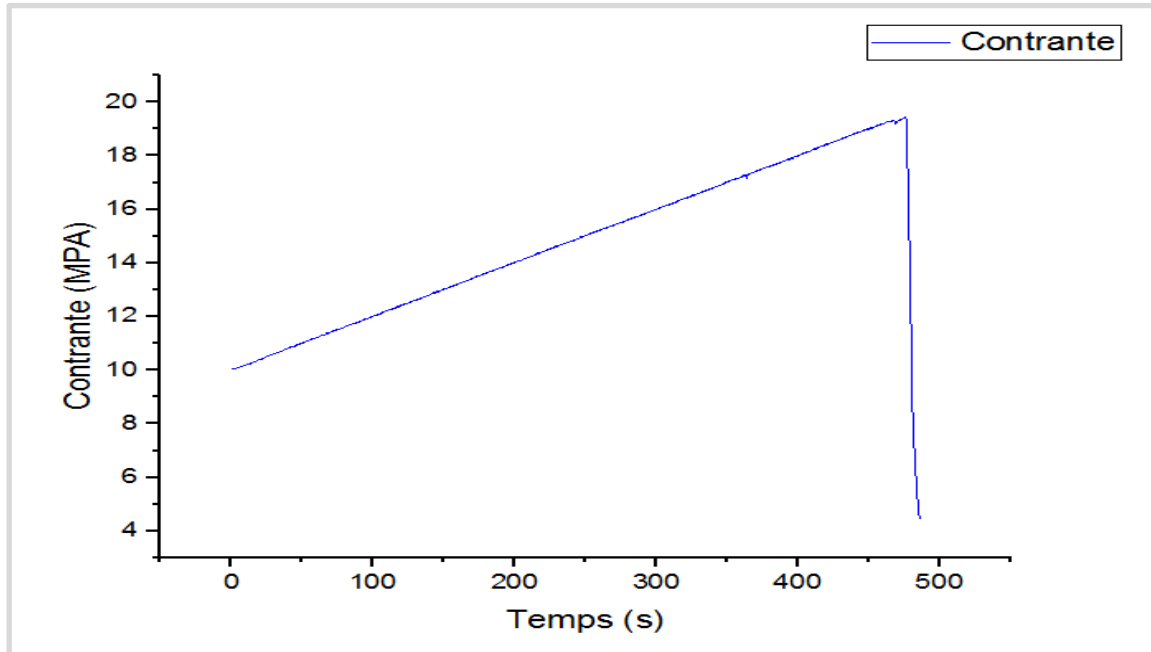


Figure IV.8 : Courbe de contrainte fonction de temps.

IV.4. Analyse des modèles exponentiels

Vingt-six modèles sont pris en considération pour l'analyse. Ils sont tous du type $f_c = a \exp(bV)$ et ont été publiés entre 1957 et 2010. Ils couvrent une grande variété de mélanges de béton (avec une résistance moyenne variant entre 14 et 45 MPa et des valeurs individuelles allant de 5 MPa à plus de 80 MPa), combinant des études en laboratoire et des mesures sur des structures existantes. Les coefficients a et b varient dans une très large gamme, avec les valeurs extrêmes suivantes (tous les modèles ont été harmonisés en considérant que V est exprimé en m/s et b en s/m): [19].

– $a = 0,0012$, $b = 0,00227$ [20].

– $a = 2,901$, $b = 0,0006$ [21].

Renseignements sur les modèles de résistance au VPU tirés de la recension des écrits.

Type of model	Expression	Number of parameters	Original references
Exponential	$a \exp (bV)$	2	[22,23]
Power	$a V^b$	2	[24]
Linear	$a V + b$	2	[25]
Polynomial (2)	$a V^2 + b V + c$	3	[26]
Miscellaneous		2 or 3	

Tableau IV.1 : Modèles de résistance au VPU tirés de la recension des écrits

On prend dans les calcule la contrainte égale 17 MPa, par lequel les mesures ultrasonores sont interrompues

La vitesse des ondes ultrason à chaque changement de la contrainte

Contraint (MPA)	0	10	11	12	13	14	15	16	17
La vitesse (m/s)	3030	3030	3019	3008	2996	2985	2662	2658	2315

Tableau IV.2 : La vitesse des ondes ultrason par rapport la contrainte

Analyse des modèles exponentiels :

Loi d'exponentiel

$$f_c = a \exp (bV)$$

Author	[40]	[41]	[42]	[43]	[44]	[45]
<i>a</i>	0.0012	0.0141	0.06	2.901	0.0316	0.15833
<i>b</i>	0.00227	0.0017	0.00144	0.0006	0.0013	0.0014

Tableau IV 3 : Caractéristiques de certains modèles exponentiels.

IV.4.1. Résistance d'après les valeurs de a & b de (Tableau IV. 3)

Tableau de résistance de l'Eprouvette 30% vide :

	a	b	Vitesse ultrason (m/s)	résistance (MPa)
1	0,0012	0,00227	3030	1,16
2	0,0141	0,0017	3030	2,43
3	0,06	0,00144	3030	4,71
4	2,901	0,0006	3030	17,87
5	0,0316	0,0013	3030	1,62
6	0,15833	0,0014	3030	11,01

Tableau IV.4 : La résistance par rapport à la vitesse (vide)

Tableau de résistance de l'Eprouvette 30% par excès de sable à **10 MPA** :

	a	b	Vitesse ultrason (m/s)	résistance (MPa)
1	0,0012	0,00227	3030	1,16
2	0,0141	0,0017	3030	2,43
3	0,06	0,00144	3030	4,71
4	2,901	0,0006	3030	17,87
5	0,0316	0,0013	3030	1,62
6	0,15833	0,0014	3030	11,01

Tableau IV.5 : La résistance par rapport à la vitesse (10MPa)

Tableau de résistance de l'Eprouvette 30% par excès de sable à **11 MPA** :

	a	b	Vitesse ultrason (m/s)	résistance (MPa)
1	0,0012	0,00227	3019	1,14
2	0,0141	0,0017	3019	2,39
3	0,06	0,00144	3019	4,64
4	2,901	0,0006	3019	17,75
5	0,0316	0,0013	3019	1,60
6	0,15833	0,0014	3019	10,84

Tableau IV.6 : La résistance par rapport à la vitesse (11MPa)

Tableau de résistance de l'Eprouvette 30% par excès de sable à **12 MPA** :

	a	b	Vitesse ultrason (m/s)	résistance (MPa)
1	0,0012	0,00227	3008	1,11
2	0,0141	0,0017	3008	2,34
3	0,06	0,00144	3008	4,56
4	2,901	0,0006	3008	17,63
5	0,0316	0,0013	3008	1,58
6	0,15833	0,0014	3008	10,68

Tableau IV.7 : La résistance par rapport à la vitesse (12MPa)

Tableau de résistance de l'Eprouvette 30% par excès de sable à **13 MPA** :

	a	b	Vitesse ultrason (m/s)	résistance (MPa)
1	0,0012	0,00227	2996	1,08
2	0,0141	0,0017	2996	2,30
3	0,06	0,00144	2996	4,49
4	2,901	0,0006	2996	17,51
5	0,0316	0,0013	2996	1,55
6	0,15833	0,0014	2996	10,50

Tableau IV.8 : La résistance par rapport à la vitesse (13MPa)

Tableau de résistance de l'Eprouvette 30% par excès de sable à **14 MPA** :

	a	b	Vitesse ultrason (m/s)	résistance (MPa)
1	0,0012	0,00227	2985	1,05
2	0,0141	0,0017	2985	2,25
3	0,06	0,00144	2985	4,41
4	2,901	0,0006	2985	17,39
5	0,0316	0,0013	2985	1,53
6	0,15833	0,0014	2985	10,34

Tableau IV.9 : La résistance par rapport à la vitesse (14MPa)

Tableau de résistance de l'Eprouvette 30% par excès de sable à **15 MPA** :

	a	b	Vitesse ultrason (m/s)	résistance (MPa)
1	0,0012	0,00227	2662	0,51
2	0,0141	0,0017	2662	1,30
3	0,06	0,00144	2662	2,77
4	2,901	0,0006	2662	14,33
5	0,0316	0,0013	2662	1,01
6	0,15833	0,0014	2662	6,58

Tableau IV.10 : La résistance par rapport à la vitesse (15MPa)

Tableau de résistance de l'Eprouvette 30% par excès de sable à **16 MPA** :

	a	b	Vitesse ultrason (m/s)	résistance (MPa)
1	0,0012	0,00227	2658	0,50
2	0,0141	0,0017	2658	1,29
3	0,06	0,00144	2658	2,76
4	2,901	0,0006	2658	14,29
5	0,0316	0,0013	2658	1,00
6	0,15833	0,0014	2658	6,54

Tableau IV.11 : La résistance par rapport à la vitesse (16MPa)

Tableau de résistance de l'Eprouvette 30% par excès de sable à 17 MPA :

	a	b	Vitesse ultrason (m/s)	résistance (MPa)
1	0,0012	0,00227	2315	0,23
2	0,0141	0,0017	2315	0,72
3	0,06	0,00144	2315	1,68
4	2,901	0,0006	2315	11,64
5	0,0316	0,0013	2315	0,64
6	0,15833	0,0014	2315	4,05

Tableau IV.12 : La résistance par rapport à la vitesse (17MPa)

Après les résultats obtenus à partir les tableaux, on constate que les valeurs des contraintes les plus proches aux résultats réels sont les valeurs des coefficients (a,b) correspondant à la colonne 4.

a = 2,901 et b = 0,0006

IV.4.2. La dégradation de la résistance

Tableau de résistance à partir la contrainte

Contrainte (MPa)	0	10	11	12	13	14	15	16	17
Résistance (MPa)	17.87	17.87	17.75	17.63	17.51	17.39	14.33	14.29	11.64

Tableau IV.13 : la résistance a partir la contrainte

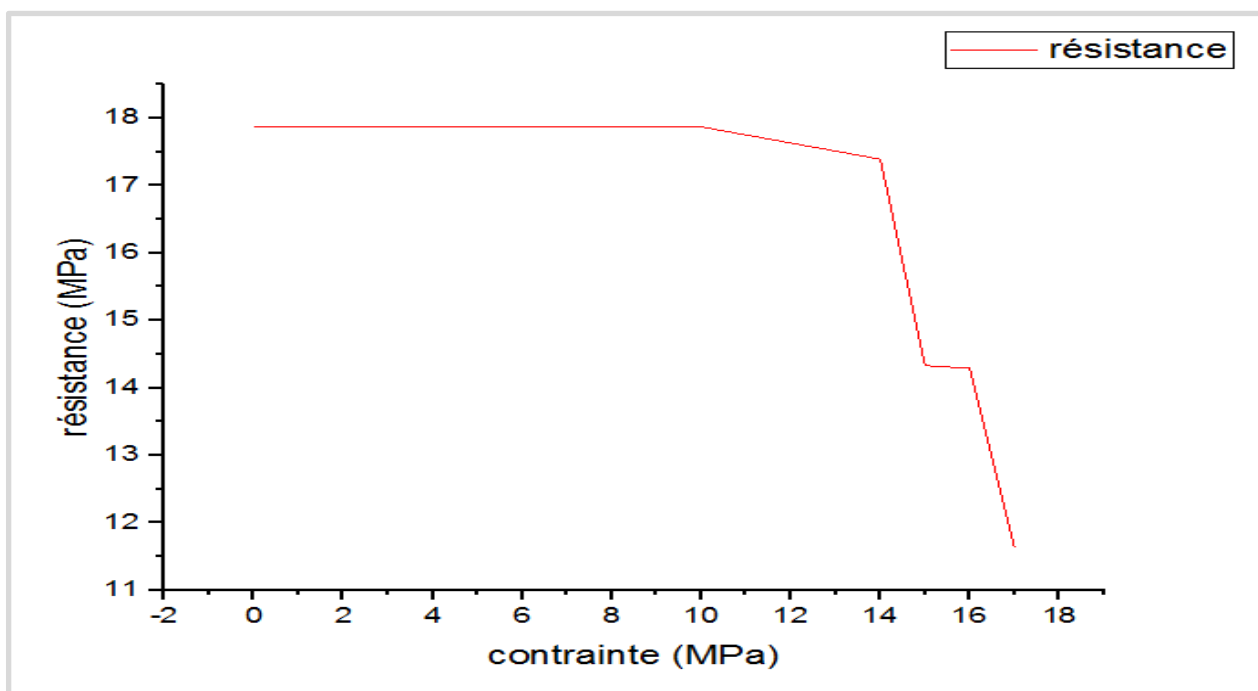


Figure IV.9 : Le corps de résistance à partir la contrainte

On constate que la résistance est stable jusque la contrainte égale 10 MPa

L'éprouvette amorce une perte de résistance à partir de la contrainte de compression appliquée dont la valeur est de 14 MPa et on remarque une chute brutale et rapide dans la valeur de résistance jusqu'à la valeur 15 MPa elle est devenue presque constante jusqu'à la valeur 16 MPa ensuite on remarque une chute intéressante et rapide dans la valeur de résistance jusqu'à la valeur 17 MPa.

On note que lorsque la contrainte augmente la résistance et la résistance inversement diminue et cela est dû à une diminution de cohésion du béton qui est n'est pas visible

à l'œil nu (apparition de microfissures et fissures)

Tableau de résistance à partir la vitesse ultrason

La vitesse ultrason (m/s)	3030	3030	3019	3008	2996	2985	2662	2658	2315
Résistance (MPa)	17.87	17.87	17.75	17.63	17.51	17.39	14.33	14.29	11.64

Tableau IV.14 : Résistance à partir la vitesse ultrason

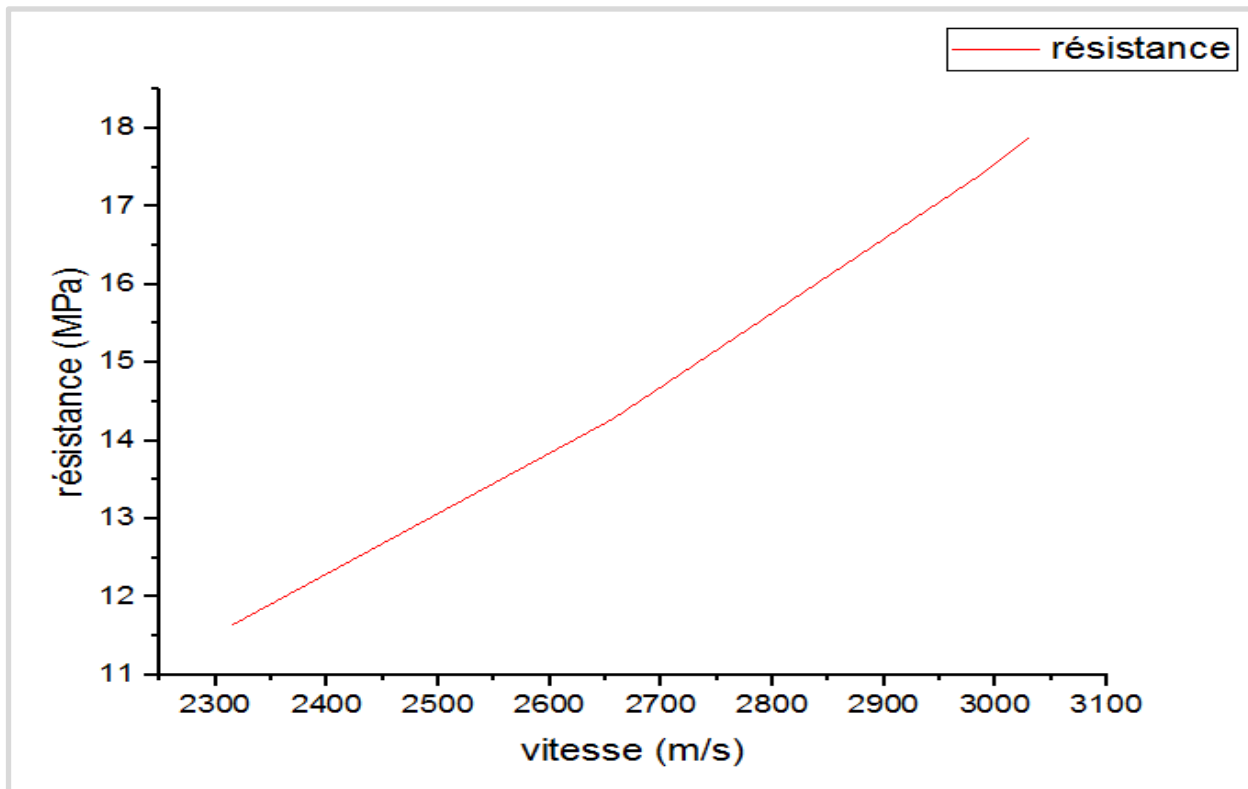


Figure IV.10 : Le corps de résistance à partir la vitesse ultrason

On note que lorsque la vitesse augmente, la résistance augmente dans une relation directe et pratiquement linéaire

Author	[27]	[28]	[29]	[30]	[31]	[32]	[33]
a (V in km/s)	1.304	0.171	0.036	0.000241	0.00834	0.00220	1.745
km/s) b	2.222	3.593	4.696	8.1272	6.074	6.289	2.057

Tableau IV.15 : Caractéristiques de certains modèles de loi sur le pouvoir

IV.5. Loi de puissance

$$F = a V^b$$

IV.5.1. Résistance d'après les valeurs de a & b de (Tableau IV.4)

Tableau de résistance de l'Eprouvette 30% par excès de sable à vide

	a	b	v	Résultat (MPa)
1	1,304	2,222	3,030	15,31
2	0,171	3,593	3,030	9,18
3	0,036	4,696	3,030	6,56
4	0,000241	8,1272	3,030	1,97
5	0,00834	6,074	3,030	7,01
6	0,0022	6,289	3,030	2,35
7	1,745	2,057	3,030	C

Tableau IV.16 : La résistance par rapport à la vitesse (vide)

Tableau de résistance de l'Eprouvette 30% par excès de sable à 10 MPa

	a	b	v	Résultat (MPa)
1	1,304	2,222	3,030	15,31
2	0,171	3,593	3,030	9,18
3	0,036	4,696	3,030	6,56
4	0,000241	8,1272	3,030	1,97
5	0,00834	6,074	3,030	7,01
6	0,0022	6,289	3,030	2,35
7	1,745	2,057	3,030	17,07

Tableau IV.17 : La résistance par rapport à la vitesse (10MPa)

Tableau de résistance de l'Eprouvette 30% par excès de sable à 11 MPa

	a	b	v	Résultat (MPa)
1	1,304	2,222	3,019	15,19
2	0,171	3,593	3,019	9,06
3	0,036	4,696	3,019	6,45
4	0,000241	8,1272	3,019	1,91
5	0,00834	6,074	3,019	6,85
6	0,0022	6,289	3,019	2,29
7	1,745	2,057	3,019	16,94

Tableau IV.18 : La résistance par rapport à la vitesse (11MPa)

Tableau de résistance de l'Eprouvette 30% par excès de sable à 12 MPa

	a	b	v	Résultat (MPa)
1	1,304	2,222	3,008	15,07
2	0,171	3,593	3,008	8,94
3	0,036	4,696	3,008	6,34
4	0,000241	8,1272	3,008	1,86
5	0,00834	6,074	3,008	6,70
6	0,0022	6,289	3,008	2,24
7	1,745	2,057	3,008	16,81

Tableau IV.19 : La résistance par rapport à la vitesse (12MPa)

Tableau de résistance de l'Eprouvette 30% par excès de sable à 13 MPa

	a	b	v	Résultat (MPa)
1	1,304	2,222	2,996	14,93
2	0,171	3,593	2,996	8,81
3	0,036	4,696	2,996	6,23
4	0,000241	8,1272	2,996	1,80
5	0,00834	6,074	2,996	6,54
6	0,0022	6,289	2,996	2,18
7	1,745	2,057	2,996	16,67

Tableau IV.20 : La résistance par rapport à la vitesse (13MPa)

Tableau de résistance de l'Eprouvette 30% par excès de sable à 14 MPa

	a	b	v	Résultat (MPa)
1	1,304	2,222	2,985	14,81
2	0,171	3,593	2,985	8,70
3	0,036	4,696	2,985	6,12
4	0,000241	8,1272	2,985	1,75
5	0,00834	6,074	2,985	6,40
6	0,0022	6,289	2,985	2,13
7	1,745	2,057	2,985	16,55

Tableau IV.21 : La résistance par rapport à la vitesse (14MPa)

Tableau de résistance de l'Eprouvette 30% par excès de sable à 15 MPa

	a	b	v	Résultat (MPa)
1	1,304	2,222	2,662	11,48
2	0,171	3,593	2,662	5,76
3	0,036	4,696	2,662	3,57
4	0,000241	8,1272	2,662	0,69
5	0,00834	6,074	2,662	3,19
6	0,0022	6,289	2,662	1,04
7	1,745	2,057	2,662	13,08

Tableau IV.22 : La résistance par rapport à la vitesse (15MPa)

Tableau de résistance de l'Eprouvette 30% par excès de sable à 16 MPa

	a	b	v	Résultat (MPa)
1	1,304	2,222	2,658	11,45
2	0,171	3,593	2,658	5,73
3	0,036	4,696	2,658	3,55
4	0,000241	8,1272	2,658	0,68
5	0,00834	6,074	2,658	3,16
6	0,0022	6,289	2,658	1,03
7	1,745	2,057	2,658	13,03

Tableau IV.23 : La résistance par rapport à la vitesse (16MPa)

Tableau de résistance de l'Eprouvette 30% par excès de sable à 17 MPa

	a	b	v	Résultat (MPa)
1	1,304	2,222	2,315	8,42
2	0,171	3,593	2,315	3,49
3	0,036	4,696	2,315	1,85
4	0,000241	8,1272	2,315	0,22
5	0,00834	6,074	2,315	1,37
6	0,0022	6,289	2,315	0,43
7	1,745	2,057	2,315	9,81

Tableau IV.24 : La résistance par rapport à la vitesse (17MPa)

Après les résultats obtenus à partir les tableaux, on constate que les valeurs des contraintes les plus proches aux résultats réels sont les valeurs des coefficients (a,b) correspondant à la colonne 7.

$$a = 1,745 \quad \text{et} \quad b = 2,057$$

IV.5.2. La dégradation de la résistance

Tableau de résistance à partir la contrainte

Contrainte (MPa)	0	10	11	12	13	14	15	16	17
Résistance (MPa)	17.07	17.07	16.94	16.81	16.67	16.55	13.08	13.03	9.81

Tableau IV.25 : La résistance à partir la contrainte

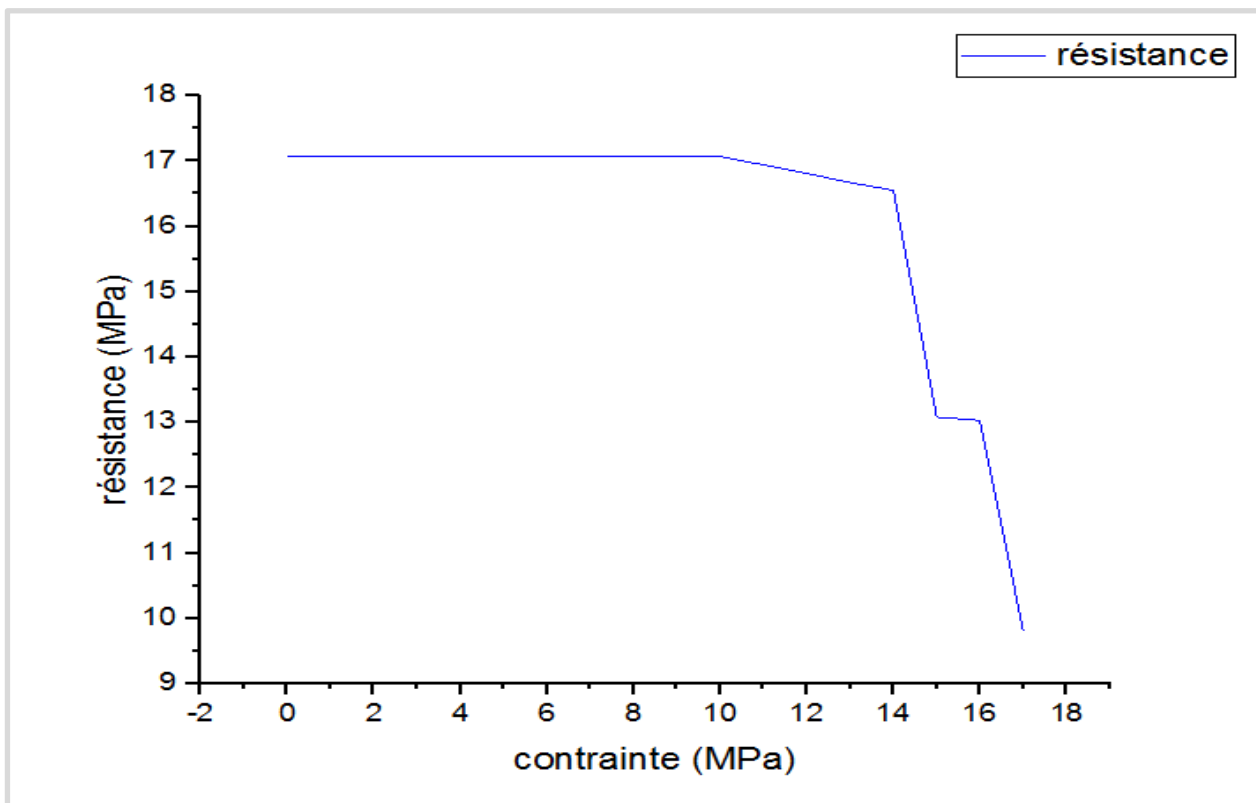


Figure IV.11 : Le corps de résistance à partir la contrainte

On constate que la résistance est stable jusqu'à la contrainte égale 10 MPa

L'éprouvette commence la perte de résistance depuis qu'on attend la valeur 14 MPa on remarque une chute intéressante et rapide dans la valeur de résistance jusqu'à la valeur 15 MPa elle devient presque constante jusqu'à la valeur 16 MPa remarque une chute intéressante et rapide dans la valeur de résistance jusqu'à la valeur 17 MPa

On note que lorsque la contrainte augmente la résistance diminue à une relation inverse

Tableau de résistance à partir la vitesse ultrason

La vitesse ultrason (m/s)	3030	3030	3019	3008	2996	2985	2662	2658	2315
Résistance (MPa)	17,07	17,07	16.94	16.81	16.67	16.55	13.08	13.03	9.81

Tableau IV.26 : Résistance à partir la vitesse ultrason

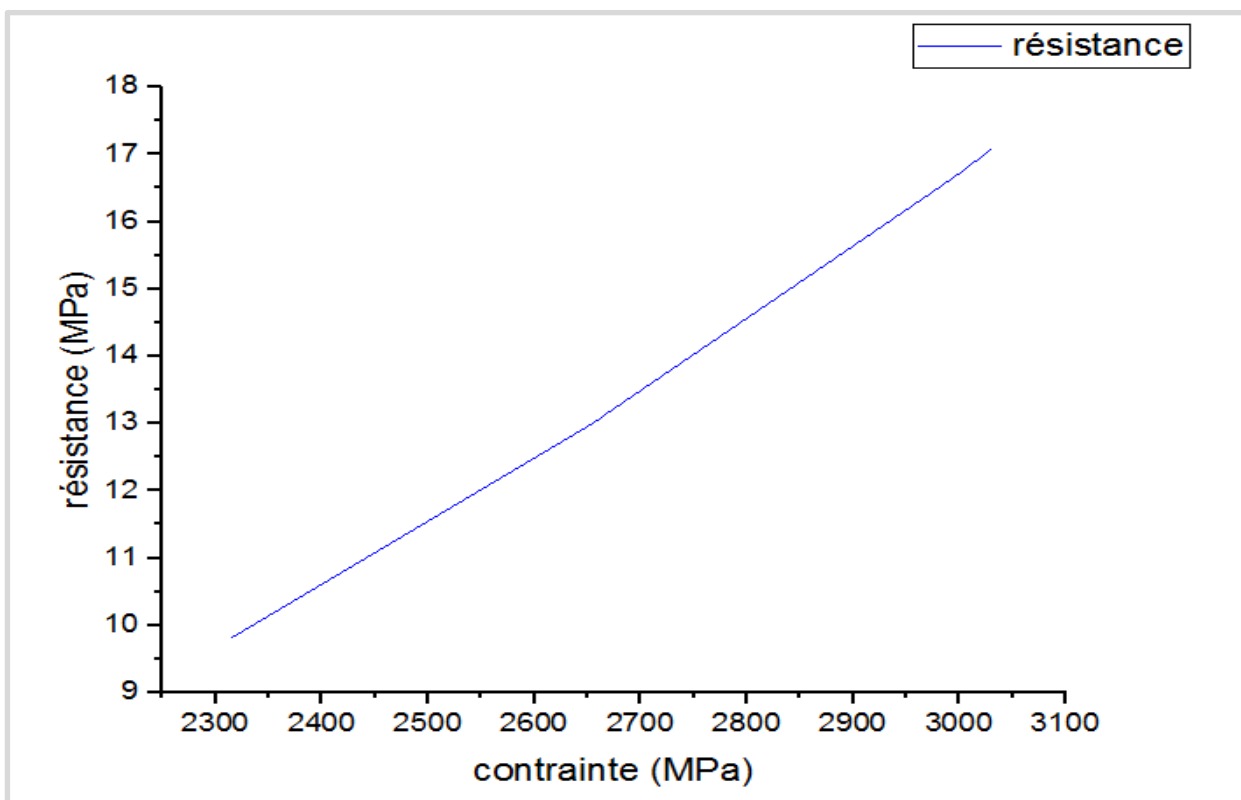


Figure IV.12 : Le corps de résistance à partir la vitesse ultrason

On note que lorsque la vitesse augmente la résistance et augmente à une relation directe

Author	[34]	[35]	[36]	[37]	[38]	[39]
a (V in km/s)	0.0051	0.024	0.167	0.008	1.040 7	0.007
b	2.3956	1.9898	1.4664	2.466	1.155	2.012

Tableau IV.27 : Caractéristiques de certains modèles de lois de puissance $f_c(V)$.

IV.6. Résistance d'après les valeurs de a & b de (Tableau IV.5)

Tableau de résistance de l'Eprouvette 30% par excès de sable **vide** :

	a	b	Vitesse ultrason (m/s)	résistance (MPa)
1	0,0051	2,3956	3,030	0,07259624
2	0,024	1,9898	3,030	0,21786416
3	0,167	1,4664	3,030	0,84860179
4	0,008	2,466	3,030	0,12311969
5	1,0407	1,155	3,030	3,74448237
6	0,007	2,012	3,030	3,74448237

Tableau IV.28 : La résistance par rapport à la vitesse (vide)

Tableau de résistance de l'Eprouvette 30% par excès de sable à **10MPa**

	a	b	Vitesse ultrason (m/s)	résistance (MPa)
1	0,0051	2,3956	3,030	0,07259624
2	0,024	1,9898	3,030	0,21786416
3	0,167	1,4664	3,030	0,84860179
4	0,008	2,466	3,030	0,12311969
5	1,0407	1,155	3,030	3,74448237
6	0,007	2,012	3,030	3,74448237

Tableau IV.28 : La résistance par rapport à la vitesse (10MPa)

Tableau de résistance de l'Eprouvette 30% par excès de sable à **11MPa**

	a	b	Vitesse ultrason (m/s)	résistance (MPa)
1	0,0051	2,3956	3,019	0,07196648
2	0,024	1,9898	3,019	0,2162932
3	0,167	1,4664	3,019	0,84408803
4	0,008	2,466	3,019	0,12202039
5	1,0407	1,155	3,019	3,72878592
6	0,007	2,012	3,019	0,0646521

Tableau IV.29 : La résistance par rapport à la vitesse (11MPa)

Tableau de résistance de l'Eprouvette 30% par excès de sable à **12MPa**

	a	b	Vitesse ultrason (m/s)	résistance (MPa)
1	0,0051	2,3956	3,008	0,07133991
2	0,024	1,9898	3,008	0,2147279
3	0,167	1,4664	3,008	0,83958193
4	0,008	2,466	3,008	0,12092696
5	1,0407	1,155	3,008	3,71309833
6	0,007	2,012	3,008	0,06417901

Tableau IV.30 : La résistance par rapport à la vitesse (12MPa)

Tableau de résistance de l'Eprouvette 30% par excès de sable à **13MPa**

	a	b	Vitesse ultrason (m/s)	résistance (MPa)
1	0,0051	2,3956	2,996	0,07066002
2	0,024	1,9898	2,996	0,21302675
3	0,167	1,4664	2,996	0,83467495
4	0,008	2,466	2,996	0,11974078
5	1,0407	1,155	2,996	3,69599474
6	0,007	2,012	2,996	0,06366491

Tableau IV.31 : La résistance par rapport à la vitesse (13MPa)

Tableau de résistance de l'Eprouvette 30% par excès de sable à **14MPa**

	a	b	Vitesse ultrason (Km/s)	résistance (MPa)
1	0,0051	2,3956	2,985	0,07004011
2	0,024	1,9898	2,985	0,21147327
3	0,167	1,4664	2,985	0,83018493
4	0,008	2,466	2,985	0,11865956
5	1,0407	1,155	2,985	3,68032576
6	0,007	2,012	2,985	0,06319548

Tableau IV.32 : La résistance par rapport à la vitesse (14MPa)

Tableau de résistance de l'Eprouvette 30% par excès de sable à **15MPa**

	a	b	Vitesse ultrason (m/s)	résistance (MPa)
1	0,0051	2,3956	2,662	0,05323516
2	0,024	1,9898	2,662	0,16837989
3	0,167	1,4664	2,662	0,70184556
4	0,008	2,466	2,662	0,08946497
5	1,0407	1,155	2,662	3,22434017
6	0,007	2,012	2,662	0,05018994

Tableau IV.33 : La résistance par rapport à la vitesse (15MPa)

Tableau de résistance de l'Eprouvette 30% par excès de sable à **16MPa**

	a	b	Vitesse ultrason (m/s)	résistance (MPa)
1	0,0051	2,3956	2,658	0,05304373
2	0,024	1,9898	2,658	0,16787682
3	0,167	1,4664	2,658	0,70029962
4	0,008	2,466	2,658	0,08913383
5	1,0407	1,155	2,658	3,21874486
6	0,007	2,012	2,658	0,05003831

Tableau IV.34 : La résistance par rapport à la vitesse (16MPa)

Tableau de résistance de l'Eprouvette 30% par excès de sable à 17MPa

	a	b	Vitesse ultrason (m/s)	résistance (MPa)
1	0,0051	2,3956	2,315	0,0380968
2	0,024	1,9898	2,315	0,12752485
3	0,167	1,4664	2,315	0,5718657
4	0,008	2,466	2,315	0,06339759
5	1,0407	1,155	2,315	2,7439864
6	0,007	2,012	2,315	0,03789437

Tableau IV.35 : La résistance par rapport à la vitesse (17MPa)

Après les résultats obtenus à partir les tableaux, on constate que les valeurs de contrainte obtenues sont loin des valeurs réelles.

IV.7. La différence des courbes entre la méthode exponentielle et la puissance

La corps de résistance à partir du coefficient (a,b) de (tableau 3) et(tableau 15)

Résistance 1: les coefficient de a & b de tableau IV.3.

Résistance 2: la résistance réelle de l'éprouvette.

Résistance: les coefficient de a & b de tableau IV.15.

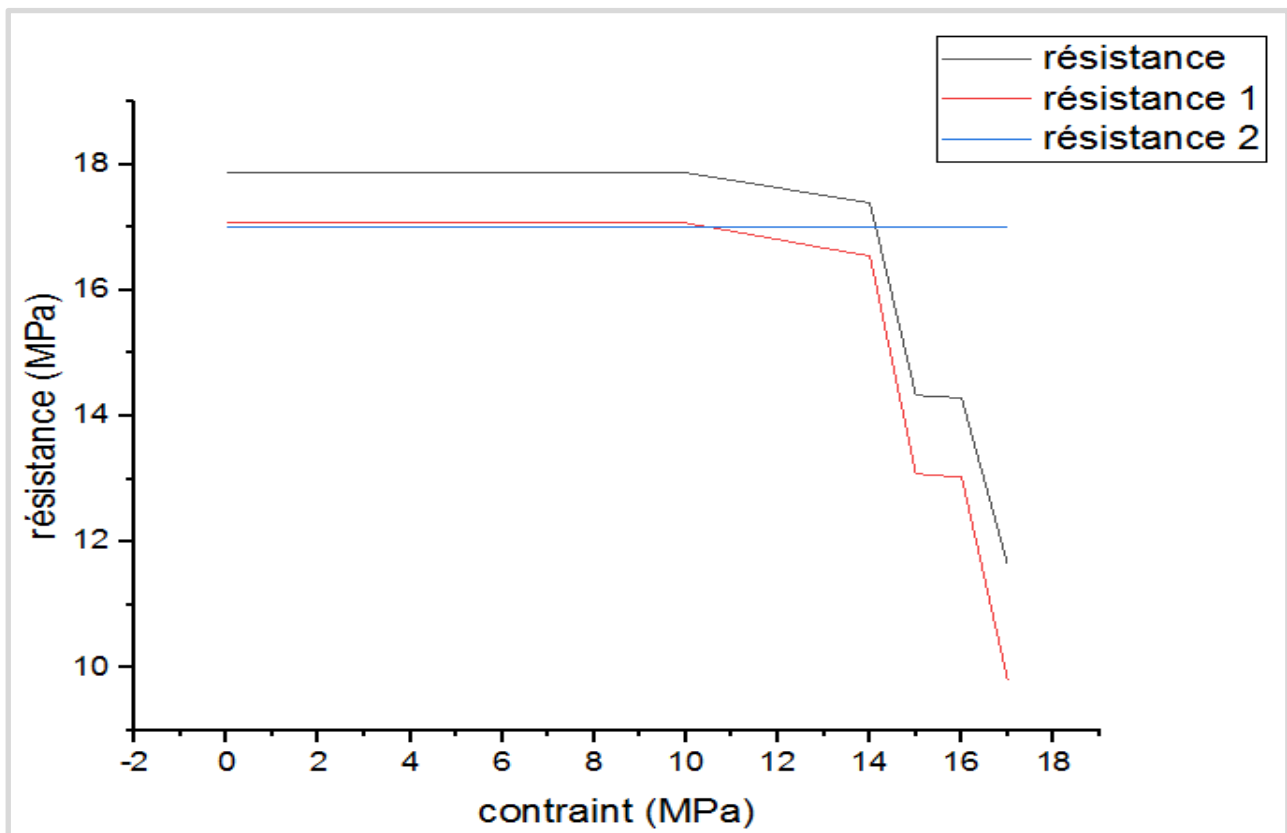


Figure IV.13 : Corps contrainte & résistance coefficient (a,b) de (tableau IV.3) et (tableau IV.15)

On constate que les courbes ont des valeurs différentes, mais elles ont le même changement.

IV.8. Les Etudes signaux ultrason

On redessine les courbes à l'aide du programme Matlab

Le 1 er cas : les courbes du signal de l'éprouvette vide est charger à 10 MPA et 11 MPA .

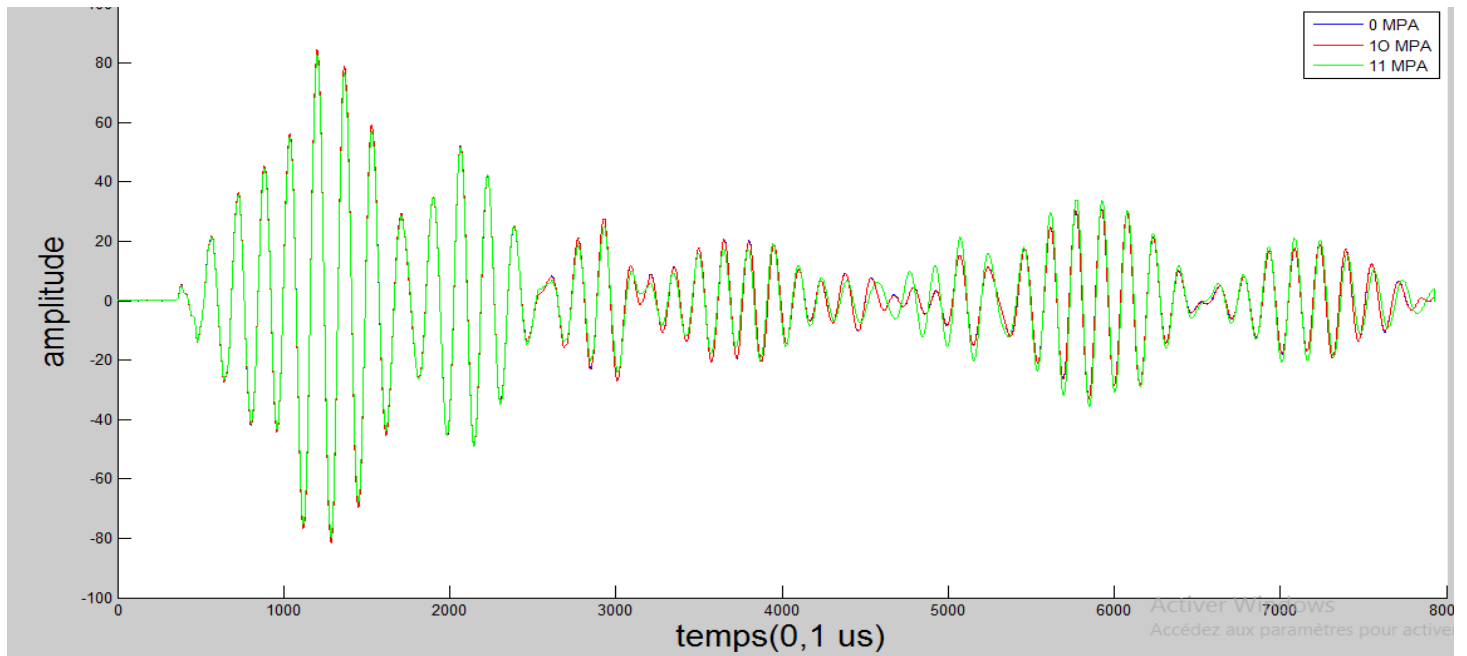


Figure IV.14 : Signal vide, 10 MPA et 11 MPA

On constate qu'on a le même signal à l'éprouvette vide et l'éprouvette chargé à 10 MPA

Donc il n'y pas des fissurations au changement de l'état dans l'éprouvette

Dans les signale de l'éprouvette à la charger 11 MPA on à problem dans le signal

A point 466 micro secondes.

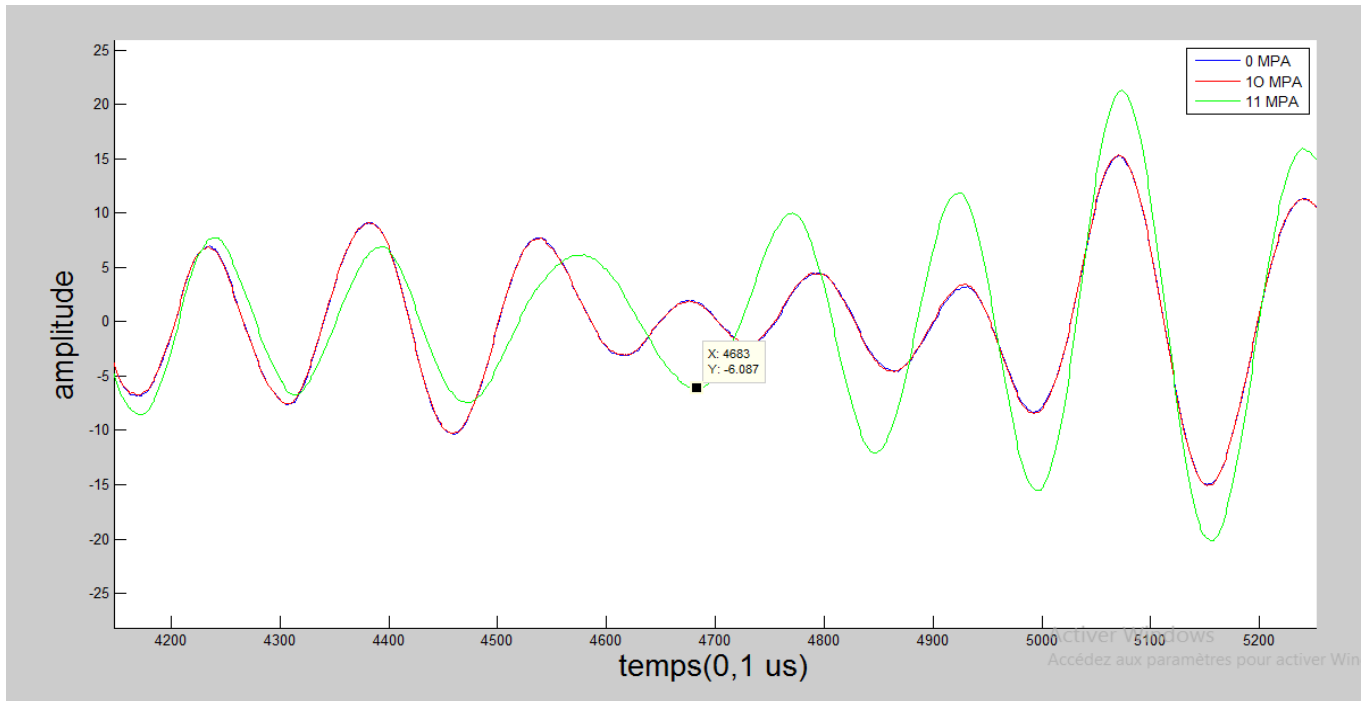


Figure IV.15 : Signale à point de changement

Donc il y un changement de l'état dans ce point.

Le 2^{ém} cas : les courbes du signale de l'éprouvette charger à 11 MPA, 12 MPA et 13 MPA

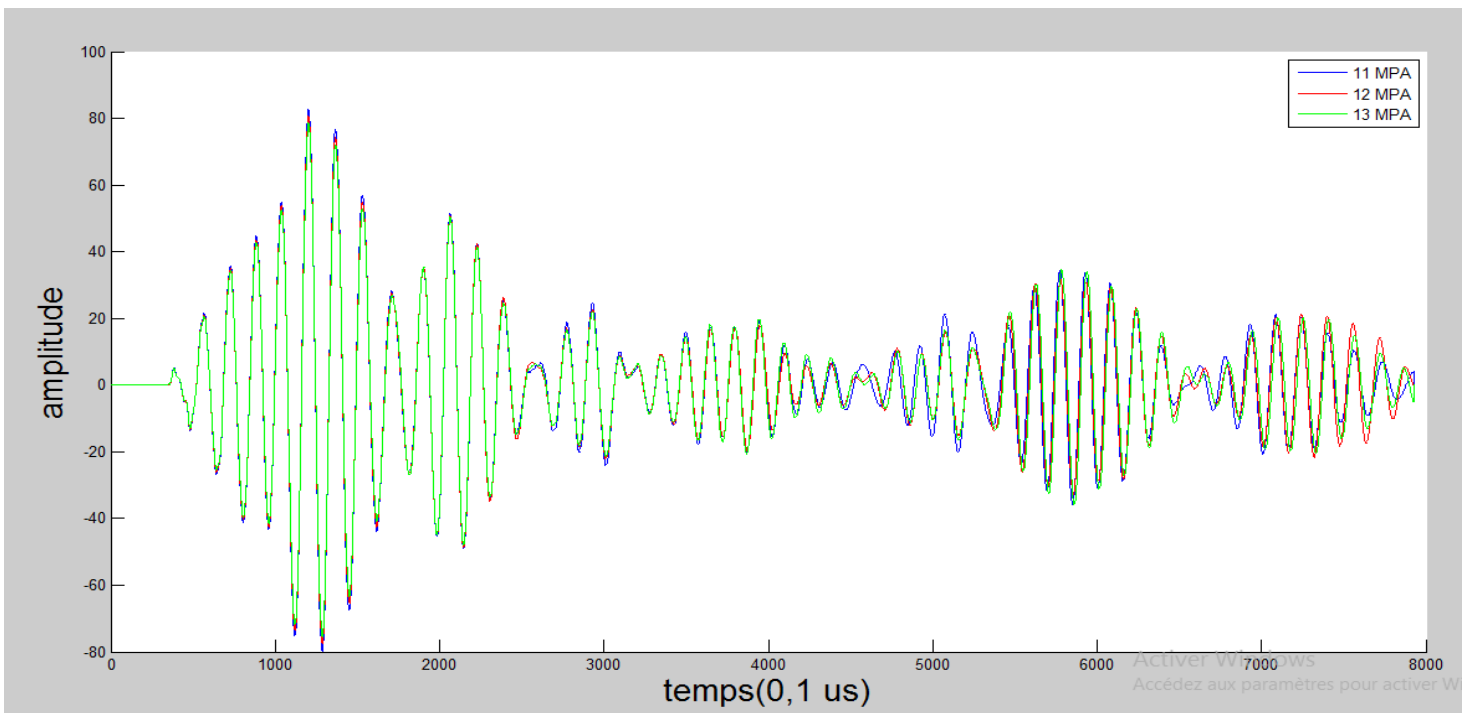


Figure IV.16 : Signal à 11 MPA, 10 MPA et 11 MPA

Le 3^{ém} cas : les courbes du signale de l'éprouvette charger à vide, 12 MPA et 13 MPA

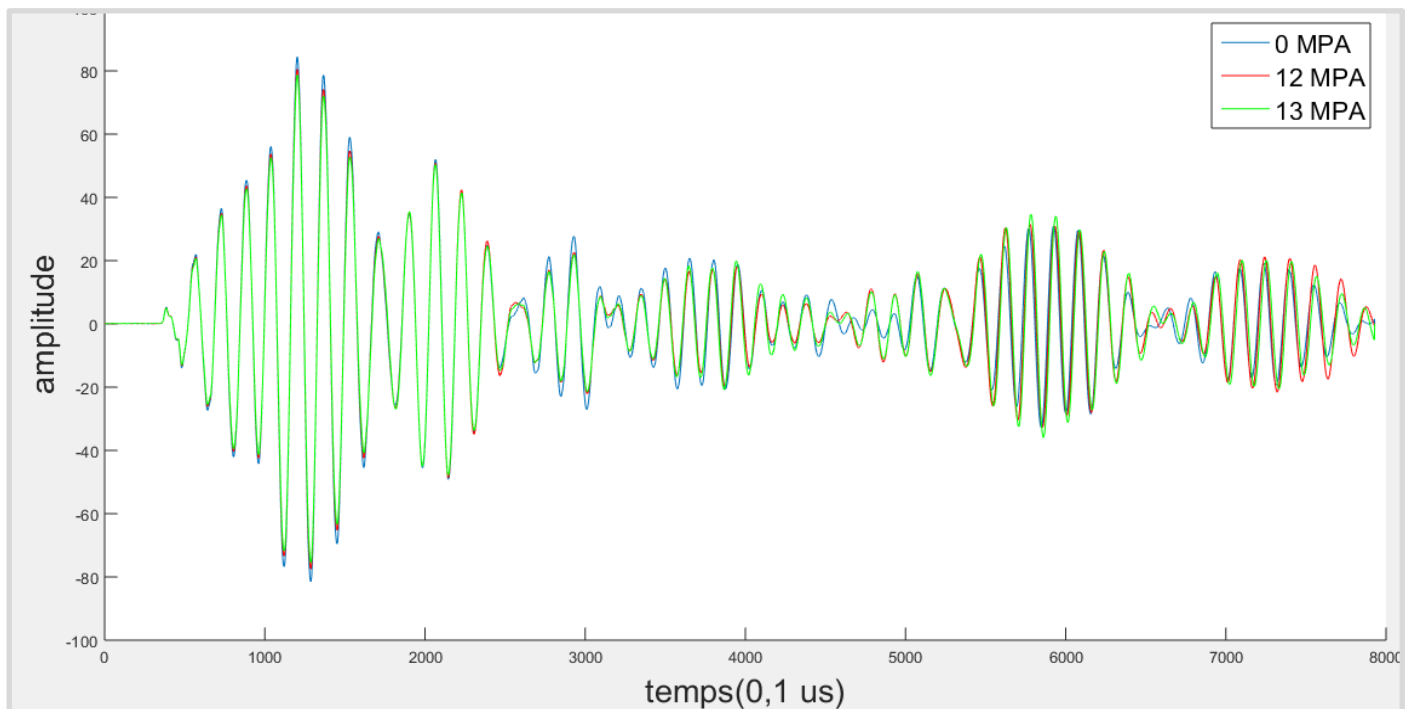


Figure IV.17 : Signal à vide, 12 MPa et 13 MPa

On dessine les signaux de l'éprouvette à vide de plusieurs pourcentages de sable augmente 10% 20% et 30%.

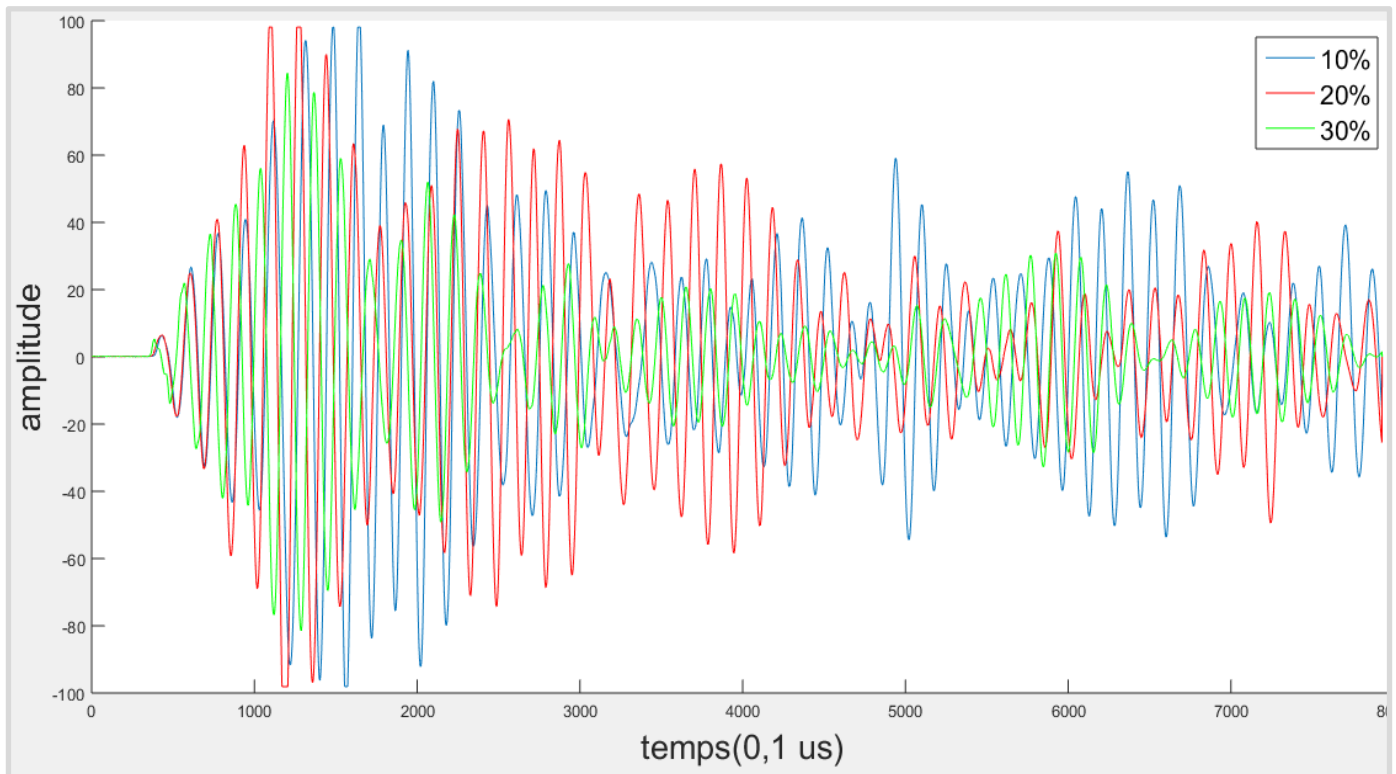


Figure IV.18 : Signaux de l'éprouvette à augmentation (10%,20%,30) de sable à vide

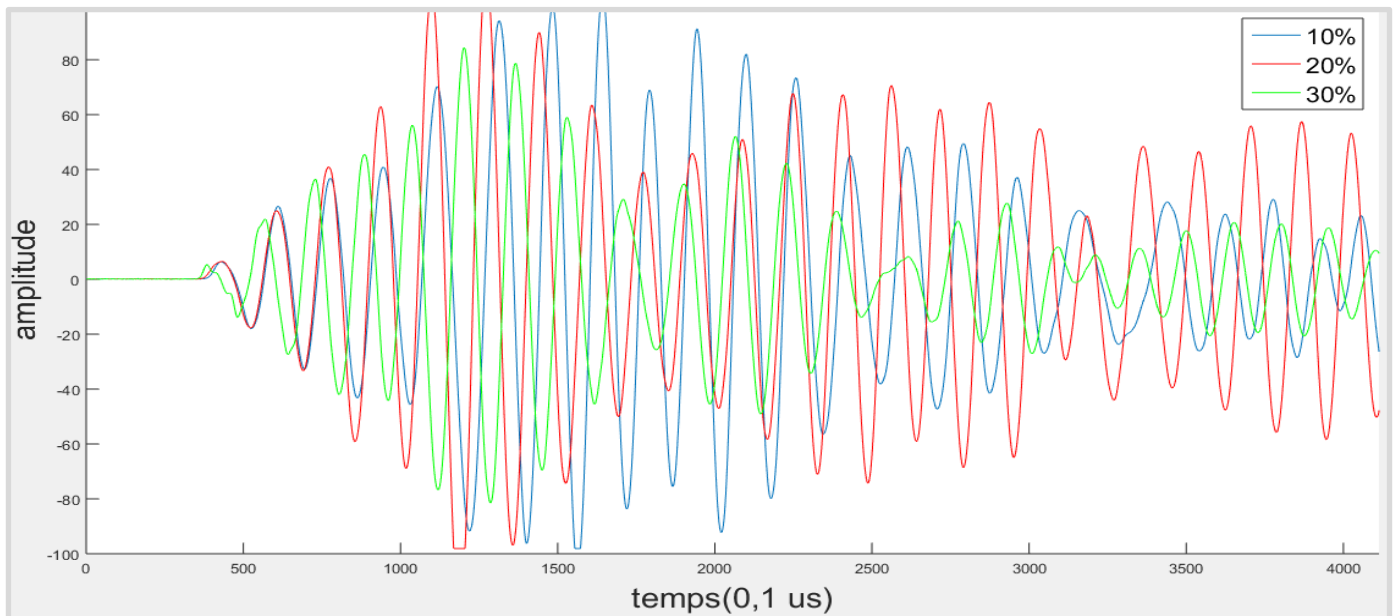


Figure IV.19 : Zoom sur les signaux de l'éprouvette à augmentation (10%,20%,30) de sable à vide

IV.9. Méthode ondelette duabetchis

En attaché la transformée en ondelette (de Duabechies) de signal.

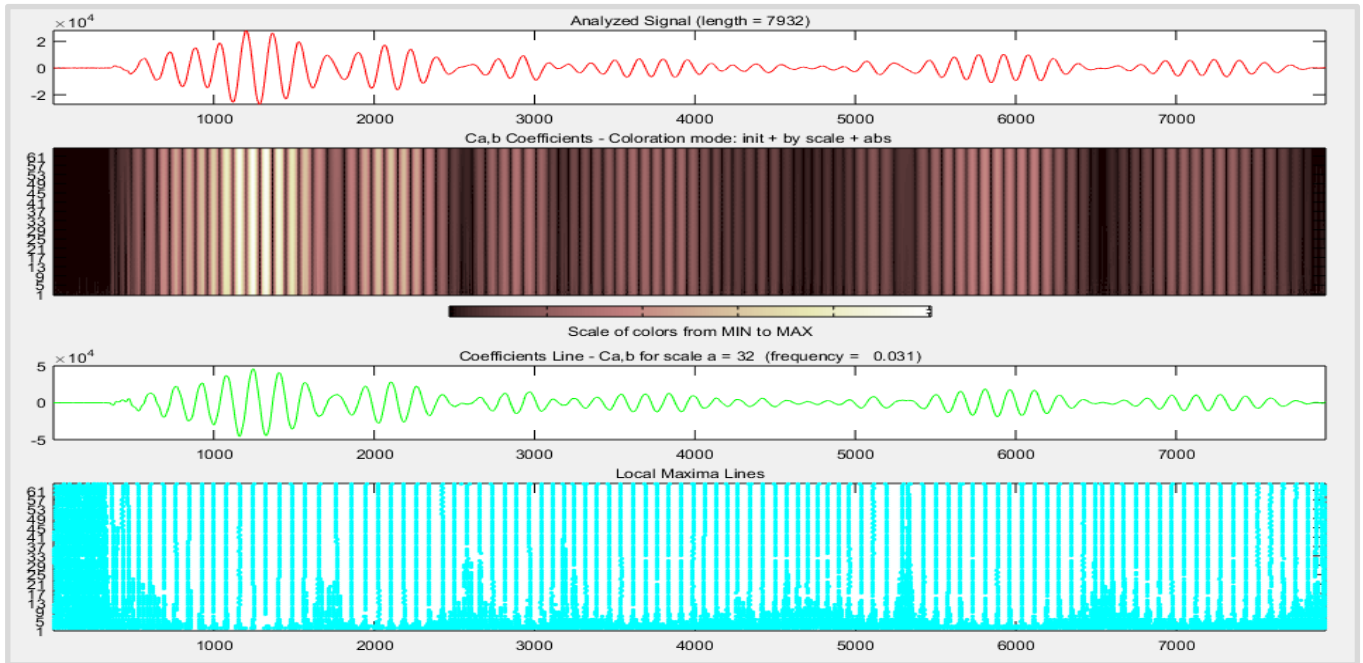


Figure IV.20 : Transformée en ondelette de signale à vide

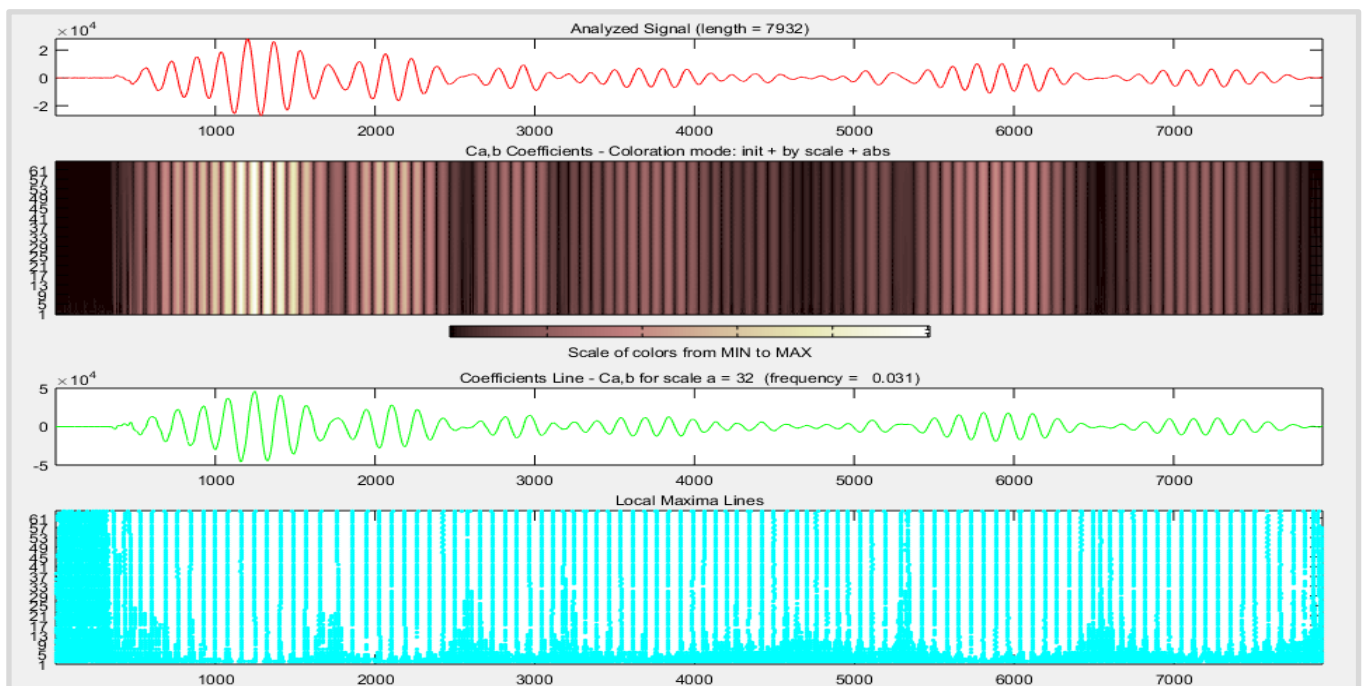


Figure IV.21: Transformée en ondelette de signale à 10 MPa

Après la transformée en ondelette (de Daubechies) On constate qu'on a la même allure de signal donc il y a même forme de béton aucun changement dans l'état intérieur de l'éprouvette

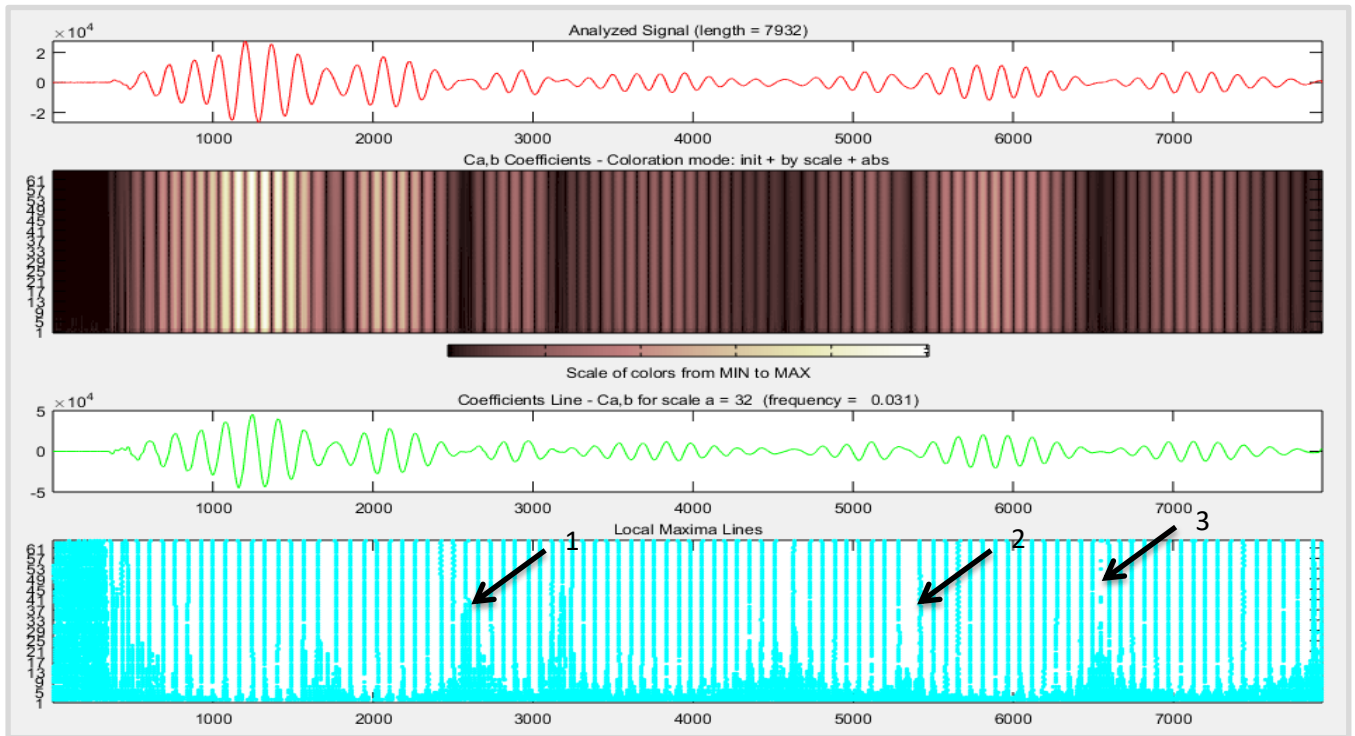


Figure IV.22: Transformée en ondelette de signal à 11 MPa

On constate que on a 3 point de changement sur la forme de signal,

Donc on des changements de l'état dans l'inferieur de l'éprouvette

$$T = 53 \text{ micro second} \quad V = 3019 \text{ m/s}$$

Position du point dans l'éprouvette

$$t_1 = 255 \text{ micro second} \quad X_1 = 12 \text{ cm}$$

$$t_2 = 536 \text{ micro second} \quad X_2 = 1.8 \text{ cm}$$

$$t_3 = 655 \text{ micro second} \quad X_3 = 5.7 \text{ cm}$$

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Dans cette étude de l'éprouvette normaliser (16X32) au laboratoire par la méthode

Non-destructive nous à permit de découvrir une nouvelle méthode de l'utilisation de l'appareil ultrason et fonctionnalités ainsi l'étalonnage au préalable.

On a assemblé tous les signaux mesuré dans laboratoire (chaque signal et la valeur de contrainte à correspondant) et on a enregistré les résultats tels qu'on a prévu, généralement utilisée la méthode de contrôle non-destructive pour déterminer l'homogénéité des matériaux par la vitesse de la propagation de l'onde émise par l'ultrason. Avec cette méthode il est nécessaire d'étudier plusieurs point pour fiabiliser les résultats mesurés.

Dans cette étude on considère que le signal contient une profusion d'informations on a analysé les signaux pour obtenir des informations et les caractéristiques des matériaux, comparer le signal obtenu à vide et les signaux à plusieurs chargement pour déterminer les point de changement sur les signaux, ces changements correspondants à la fissuration ou un changement de l'état, l'étude menée se base sur la méthode des ondelettes.

Dans ce travail on a étudié des signaux de la section transversale à mi-hauteur de l'éprouvette émis par l'ultrason et va constituer une base de données à intégrer pour une analyse automatique et du dosage du béton et de l'état physique du béton. Le travail a été effectué pour différents défauts de dosages simulés.

Les références

Les références

- [1]- influence des différentes granulométrie des agrégats sur le comportement mécaniques de béton ordinaire RACHI LEILA DENDANI MOHAMED AMINE boumerdas 2016/2017.
- [2]- CIMBETON (2006); Les bétons: formulation, fabrication et mise en oeuvre, Paris.
- [3]- **COFFRAGES COSMOS** Alphonse Michel SAS https://www.coffrages-cosmos.com/les-differents-types-de-beton-et-leurs-specificites/?fbclid=IwAR3nc4yk5RrK_bPwVbu7GPtX9dvdPSVB1RiCaqG-33lWjEi0-Z-Pd9ZZXI
- [4]- INFOCIMENT <https://www.infociments.fr/betons/betons-projetes>
- [5]- Recommandation SIA 169, Maintenance des ouvrages de génie civil; SIA, 1987, Zurich.
- [6]- Nouveau guide du béton et de ses constituants. JEAN FESTA
- [7]- Techniques d'auscultation des ouvrages de génie civil ,1991 Form. 724.453 f 7.91 2000 56.492
- [8]- contrôle non – destructif d'éprouvettes en compression par ondeleates , Mr .DAOUADJI hacene Mr CHECILE kouceIla bouira 2018/2019 .
- [9]- S. HANNACHI, M.N. GUETTACHE . Département de Génie Civil, Faculté des Sciences de l'Ingénieur Université Mentouri Constantine – Algérie
- [10]- Rilem report TC43- CND Draft recommendation for in situ concrete strength determination by combined non-destructive methods.
- [11]- Lin, Y., Lai, C., Yen, T., 'Prediction of Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) in Concrete', *ACI Materials Journal*, **100**[1], 21- 28. 2003.
- [12]- Malhotra, V.M. &Carino N.J. (Eds.), *Handbook on Nondestructive Testing of Concrete*, CRC Press. 1991.
- [13]- Komlos, K., Popovics, S., Nurnbergerova, T. ,Babal, B., Popovics, J.S., 'Ultrasonic Pulse Velocity test of concrete properties as specified in various standard', *Cement and Concrete Composites*, **18**, 357-364. 1996

Les références

[14]- Loic Divet, techniques for diagnosing the condition of concrete LCPC

Presentation 2005

[15]- Facaoaru, I., 'Non-destructive testing of concrete in Romania, Symposium on NDT of concrete and timber, London: Institute of Civil Engineers, pp. 39-49. 1970.

[16]- Mürsel Erdal, Prediction of the compressive strength of vacuum processed concretes using artificial neural network and regression techniques; scientific Research and Essay Vol.4 (10), pp. 1057- 1065, October 2009.

[18]- MDS - Le Matériel de Sondage 255 avenue de Galilée La Ferme Entreprises
13100 Aix en Provence info@mds-paris.com

[19]- Construction and Building Materials 33 (2012) 139–163

[20]- Elvery RH, Ibrahim LAM. Ultrasonic assessment of concrete strength at early ages. Mag Concr Res 1976:181–90.

[21]- D'Ambrisi A, Cristofaro MT, De Stefano M. Predictive models for evaluating concrete compressive strength in existing buildings. In: 14th World conf on earthquake eng. Beijing, China; 12–17/10/2008.

[22]- Facaoaru I. Contribution à l'étude de la relation entre la résistance du béton à la compression et la vitesse de propagation longitudinale des ultra-sons. RILEM Bull 1961;12:125–54.

[23]- Klieger P. Long time study of cement performance in concrete: chapter 10, Progress report on strength and elastic properties of concrete. In: ACI J Proc, vol. 54; December 1957. p. 481–504.

[24]- Pessiki SP, Carino NJ. Setting time and strength of concrete using the impact- echo method. ACI Mater J 1988;85(5):389–99.

[25]- MacLeod G. An assessment of two non-destructive techniques as a means of examining the quality and variability of concrete in structures, Rep. C1/sfB/Eg/(A7q)UDC 666.972.017.620 179.142.454, Cement and Concrete Association, London;

Les références

- [26]- Knaze P, Beno P. The use of combined non-destructive testing methods to determine the compressive strength of concrete. *Mater Struct* 1985;17(3):207–10.
- [27]- Ferreira AP, Castro PF. Application of NDT to concrete strength estimation, NDTISS'99, Torres; 1999.
- [28]- Biondi S, Candigliota E. In situ tests for seismic assessment of RC structures. In: 14th world conf on earthquake engineering. Beijing; 12–17/10/2008
- [29]- Machado MD, Shehata LCD, Shehata IAEM. Correlation curves to characterize concretes used in Rio de Janeiro by means of nondestructive tests. *Ibracon Struct Mater J* 2009;2(2):100–23.
- [30]- Pascale G, Di Leo A, Carli R. Evaluation of actual compressive strength concrete by NDT. In: 15th World conference on non-destructive testing, Roma; 2000. 10p.
- [31]- Pessiki SP, Carino NJ. Setting time and strength of concrete using the impact-echo method. *ACI Mater J* 1988;85(5):389–99.
- [32]- Yoo JK, Ryu DW. A study of the evaluation of strength development property of concrete at early ages. In: 3rd ACF International conference-ACF/VCA; 2008.
- [33]- Kheder GF. A two stage procedure for assessment of in situ concrete strength using combined non-destructive testing. *Mater Struct* 1999;32(6):410–7.
- [34]- MSZ 4715. Testing of hardened concrete. Nondestructive testing, Hungariuan Standard; 1972. 13p. [in hungarian].
- [35]- CPWD. Handbook on repair and rehabilitation of RCC buildings. Mayapuri, New Delhi: Central Public Works Dep., Gov. of India, India Press; 2002. 498p.

Les références

- [36]- Domingo R, Hirose S. Correlation between concrete strength and combined nondestructive tests for concrete using high-early strength cement. In: 3rd JSPS symp. Diliman: Univ. Philippines; 9–10 March 2009.
- [37]- Bellander U. Concrete strength in finished structures: Part 3. Nondestructive testing methods. Investigation in laboratory in situ research. Swed Cem Concr Res Inst 1977;3:77.
- [38]- De Almeida IR. Nondestructive testing of high strength concretes: rebound (Schmidt hammer and ultrasonic pulse velocity), quality control of concrete structures. In: Taerwe L, Lambotte H, editors. Proc int RILEM symposium on *D. Breyse / Construction and Building Materials 33 (2012) 139–163* quality control of concrete structures. Belgium, E&FN Spon, UK; 1991. p. 387– 97.
- [39]- Nucera F, Pucinotti R. Destructive and non-destructive testing on reinforced concrete structure: the case study of the museum of Magna Graecia in Reggio Calabria; Mai 2010.
<[http://www.ndt.net/article/defektoskopie2009/papers/ Nucera-and-Pucinotti-8.pdf](http://www.ndt.net/article/defektoskopie2009/papers/Nucera-and-Pucinotti-8.pdf)>.
- [40]- Elvery RH, Ibrahim LAM. Ultrasonic assessment of concrete strength at early ages. Mag Concr Res 1976:181–90.
- [41]- Klieger P. Long time study of cement performance in concrete: chapter 10, Progress report on strength and elastic properties of concrete. In: ACI J Proc, vol. 54; December 1957. p. 481–504
- [42]- Ravindrajah SR, Loo YH, Tam CT. Strength evaluation of recycled-aggregate concrete by in situ tests. Mater Struct 1988;21:289–95.
- [43]- D’Ambrisi A, Cristofaro MT, De Stefano M. Predictive models for evaluating concrete compressive strength in existing buildings. In: 14th World conf on earthquake eng. Beijing, China; 12–17/10/2008.
- [44]- Atici U. Prediction of the strength of mineral admixture concrete using multivariable regression analysis and an artificial neural network. Expert Syst Appl 2011;38:9609–18.
- [45]- Chang CW, Lien HS. Nondestructive measurement of concrete strength at early ages; 2008.