



0011
Ministère de l'enseignement supérieure
et de la recherche scientifique

UNIVERSITE DE M'SILA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

Département de génie civil et d'hydraulique

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme
MASTER

FILIERE : GENIE CIVIL

Option : Structures

THEME

ÉTUDE DYNAMIQUE (CND) DE LA VÉLOCITÉ
ULTRASONIQUE DANS DES ÉCHANTILLONS DE
MATÉRIAUX À POROSITÉ PROVOQUÉE

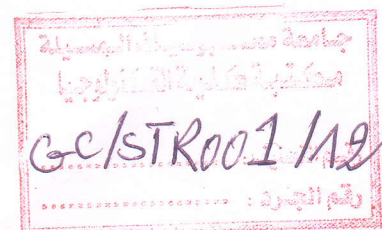
Dirigé par :

Mr. Amour Ahmed

Présenté par :

SAADI BOUBAKR

Promotion : 2011/2012.



Sommaire

Introduction générale	1
-----------------------------	---

Chapitre 1

Partie 1

Introduction sur CND

1-1-1-Introduction.....	3
1-1-2-état de l'art des méthodes de CND des ouvrages en génie civil.....	4
1-1-2-1 Auscultation dynamique.....	4
1-1-2-2 Essais de résistance à la pénétration	6
1-1-2-3 Essais de rebondissement	7
1-1-2-4 Essais d'arrachement.....	9
1-1- 2-5 Méthodes radioactives par les rayons X et γ	9
1-1- 2-6 La technologie Radar	10
1-1-2-7 La méthode de mesure par résistivité électrique	10
1-1-3-les apports des méthodes thermiques au CND des structures de bâtiment.....	11
1-1-3-1 thermographies passives	12
1-1-3-1-1 Principe	12
1-1-3-1-2 application	13
1-1-3-2 Thermographie active	13
1-1-3-2-1 La thermographie du Lock-in	15
1-1- 3-2-1-1 Principe.....	15
1-1-3-2-1-2 applications : méthode de T sakagami et s.kubo.....	17
1-1-3-2-2 Méthode de Maierhofer et al	19
1-1-3-2-3 Méthode de CND par mesure de réflexion de sources lumineuses	23

Partie 2

Introduction sur l'acoustique

1-2-1-Introduction.....	26
1-2-2-Propagation du son.....	26
1-2-3-Les ondes sonores	27
1-2-4-Les ondes mécaniques.....	28
1-2-5-La vitesse de propagation de son.....	28
1-2-5-1-Histoire.....	28
1-2-5-2-Définition	29
1-2-5-3-La vitesse de propagation du son dans un corps solide	30
1-2-5-4-La vitesse de propagation du son dans un liquide	30

1-2-5-5-La vitesse de propagation du son dans gaz parfait	30
1-2-5-6-La vitesse de propagation du son dans polystyrène expansé	31
1-2-6-Paramètres influençant la vitesse ultrasons	31
1-2-6-1-Influence de type de ciment	32
1-2-6-2-Influence du dosage en ciment	32
1-2-6-3-Influence de la nature des agrégats	33
1-2-6-4-Influence de la granulométrie.....	34
1-2-6-5-Influence de maturité du béton.....	35
1-2-6-6-Influence des adjuvants	36
1-2-7-Exemple de vitesse du son pour différents matériaux	37

Partie 3

Contrôle des matériaux par ultrasons

1-3-1-Généralités.....	38
1-3-2-Ultrasons	38
1-3-3-Propagation, absorption, réflexion et réfraction des ultrasons	39
1-3-4- Émission et détection d'ultrasons.....	41
1-3-5- Les palpeurs pour le contrôle aux ultrasons	42
1-3-6-Le champ de rayonnement d'un palpeur.....	44
1-3-7-Caractéristiques des palpeurs	44
1-3-8-Principe du sondage par ultrasons	45
1-3-9-Mesure des constants élastiques	46
1-3-10-Détection des défauts	47

Partie 4

Propagation ultrasonore

1-4-1-Propagation ultrasonore	48
1-4-1-a-Principes théoriques	48
1-4-1-b- Ondes guidées	49
Onde de Rayleigh	50
Formalisation	50
Autres types d'ondes	51
1-4-1-c- Amortissement	51
Amortissement géométrique	51
Absorption	52
1-4-1-d- Milieu hétérogènes	53
Diffraction par les hétérogénéités	53
Champ cohérent et incohérent	55

1-4-1-e- Atténuation due aux hétérogénéités	56
1-4-2- Potentialité des méthodes ultrasonores pour l'évaluation des bétons.....	56
1-4-3- Mesures expérimentales : revue	57
1-4-3-1- Présentation	57
1-4-3-2- Génération et réception	58
1-4-3-2-a- Génération par choc	58
1-4-3-2-b- Utilisation de transducteurs	58
1-4-3-2-c- Mesures sans contact	59
1-4-3-3- Auscultation sonique	60
1-4-3-4-Influence de la porosité.....	60
1-4-3-4-a- Porosité artificielle.....	61
1-4-3-4-b- Rapport E/C	61
1-4-3-4-c- Micro fissures.....	62
1-4-3-4-d- Taux de saturation.....	62
1-4-3-5- Influence des inclusions rocheuses	62
1-4-3-5-a- sables	62
1-4-3-5-b- Gros granulats	63
1-4-3-6- Autres types d'études	64
Intensité incohérente	64
Paramètres de non linéarité	64
Émission acoustique.....	64

Chapitre 2

Partie 1

La porosité

2-1-1-Introduction	66
2-1-2-caractéristiques des milieux poreux et grandeurs associées	67
2-1-2-1 : définition	67
2-1-2-2-caractérisation d'un milieu poreux	68
2-1-3-Structure poreuse du béton	68
2-1-3-1-Structure initiale	68
2-1-3-1-1-Structure de la pâte de ciment hydraté et du béton	68
2-1-3-1-1-1-Principaux hydrates de la pâte de ciment	68
2-1-3-1-1-2-Interface pâte de ciment-granat du béton	69
2-1-3-1-1-3-L'eau dans la pâte de ciment hydraté et le béton	69
2-1-3-4-Caractéristiques de la structure poreuse	70
2-1-3-4-1-La porosité	70

2-1-3-4-2-Distribution de la taille des pores.....	71
2-1-3-4-3-Teneur en eau	72
2-1-3-4-4-Connectivité	73
2-1-3-4-5-Tortuosité	73
2-1-3-4-6-La perméabilité	74
2-1-3-4-7-La surface spécifique	75
2-1-4-Géométrie de la structure du béton.....	75
2-1-4-1-Géométrie des pores dans le béton	76
2-1-5-Localisation des défauts dans le béton	77
2-1-5-1-Détection des vides de grandes dimensions	78
2-1-5-2-Estimation de la profondeur d'une fissure superficielle	78
2-1-6-Effets de la température sur la structure poreuse initiale	79
2-1-6-1-Évolution structurelle avec la température	79
2-1-6-1-1-Modifications physico-chimiques	79
2-1-6-1-2 Fissuration thermique	80
2-1-6-2-Évolution des caractéristiques de la structure poreuse avec la température	85
2-1-7-Perméabilité du béton	87

Chapitre 2

Partie 2

Densité

2-2-1-Densité	89
2-2-2-Histoire et terminologie	89
2-2-3-Expression de la densité	90
2-2-4-Densité des gaz	90
2-2-5-Densité pour les solides et les liquides.....	91
2-2-6-Densité et flottabilité	92
2-2-7-Cas particulier de l'eau liquide.....	92
2-2-8-Densité des principaux métaux utilisés	93
2-2-9-Densité et flottation des minerais métalliques	94

Chapitre 2

Partie 3

La compacité

2-3-1- définition	95
2-3-2 -Modèle d'empilement compressible	95
2-3-2-1 -Compacité virtuelle	95
2-3-2-2 -Compacité réelle	96

Chapitre3

Confection des éprouvettes

3-1-Introduction	98
3-2-Caractéristiques du béton des échantillons	98
3-2-1-Constituants	98
3-2-2-Formulation	99
3-3-Expérimentation	100
3-4-Détermination de la composition du béton	100
3-5-Préparation du béton	103
3-5-1-Matériaux	103
3-5-2-Malaxage	104
3-5-3-La gâchée.....	104
3-5-4-La confection des éprouvettes	104
3-5-5-Moule	105
3-6-Mise en place du béton et conservation	105
Serrage du béton	105
Arasement des éprouvettes	105
3-7-Conservation des éprouvettes	106
3-8-Essai sur le béton durci.....	106
3-9- Appareil : auscultation sonique	107
3-10--Distance minimale de parcours	109
3- 11-Vitesse de propagation du son (ultrasonic pulse vel)	109
3-12-Mode opératoire.....	112
3-13-Description générale des essais	113
A : Principe de fonctionnement.....	113
B : Contrôle de la calibration	113
C : Type de mesure (mesure en transparence)	113
D : Nombre nécessaire de point d'essai	113
E : Choix des zones de points d'essais	114
F : Préparation de la surface des points d'essai.....	114

Chapitre 4

Résultats et discussions

4-1-introduction	115
4-2-Les résultats des poids des échantillons	115
4-3-les essais non destructives	116
4-3-1-essais ultrasonique	116

Chapitre 5

Conclusion général

Conclusion121

Références bibliographiques

Annexe

Annexe

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des équations

Chapitre 2

Tableau 2-1 : paramètres d'états 68

Tableau 2-2 : Densité des principaux rochers utilisés 83

Chapitre 3

Tableau 3-1 : composition de chaque volume de béton 103

Chapitre 4

Tableau 4-1 : les poids des éprouvettes après 28 jours 115

Tableau 4-2 : les valeurs de temps et la vitesse de propagation de son 119

Liste de figures

Chapitre 1

Figure 1-1 : type de matricau proceq N de béton 07