

Dossier N°: 2008.970.09.439

Rapport N° : RE.08.970.003

ESSAIS DE COMPARAISON INTERLABORATOIRES

CAMPAGNE 2008

ESSAIS SUR BETON DURCI

RAPPORT D'ÉVALUATION

Mesure du temps de propagation du son

Résistance à la compression

Résistance à la traction par fendage

M. BERRADA

Directeur du LPEE/LNM

SOMMAIRE

I – Références bibliographiques

II – Introduction

III Organisation et préparation

IV Liste des laboratoires participants

V Mesure par transparence du temps de propagation du son

V-1 Présentation des résultats

V-2 Représentations graphiques

V-3 Test de Cochran

V-4 Test de Grubbs

V-5 Calcul de S_r et S_R

VI Essais mécaniques sur éprouvettes de béton (compression et traction par fendage)

VI-1 Présentation des résultats

VI-1a Résistance à la compression

VI-1b Résistance à la traction par fendage

VI-2 Représentations graphiques

VI-2a Résistance à la compression

VI-2b Résistance à la traction par fendage

VI-3 Test de Cochran

VI-3a Résistance à la compression

VI-3b Résistance à la traction par fendage

VI-4 Test de Grubbs

VI-4a Résistance à la compression

VI-4b Résistance à la traction par fendage

VI-5 Calcul de S_r et S_R

VI-5a Résistance à la compression

VI-5b Résistance à la traction par fendage

Annexe : Illustration photographiques

I – Références bibliographiques

Les méthodes et les tables statistiques utilisées sont décrites dans la norme ISO 5725-2(1994)

Procédure **PRG.970.4** indice 01 du 20/09/2006, Essais inter (intra) laboratoires. Traitement et validation des résultats d'essais.

Les normes utilisées dans le présent rapport sont :

- Normes de qualité et de statistique :

- **ISO/CEI 17025(2005)**, Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais.

- **ISO/CEI 17011(2005)**, Evaluation de la conformité – Exigences générales pour les organismes d'accréditation procédant à l'accréditation d'organismes d'évaluation de la conformité.

- **ISO/CEI 5725-1(1994)**, Application de la statistique. Exactitude (justesse et fidélité) des résultats et méthodes de mesures. Partie1 : Principes généraux et définitions.

- **ISO/CEI 5725-2(1994)**, Application de la statistique. Exactitude (justesse et fidélité) des résultats et méthodes de mesures. Partie2 : Méthode de base pour la détermination de la répétabilité et de la reproductibilité d'une méthode de mesure normalisée.

- **ISO/CEI 5725-3(1994)**, Application de la statistique. Exactitude (justesse et fidélité) des résultats et méthodes de mesures. Partie3 : Mesure intermédiaire de la fidélité d'une méthode de mesure normalisée.

- **ISO/CEI 5725-4(1994)**, Application de la statistique. Exactitude (justesse et fidélité) des résultats et méthodes de mesures. Partie4 : Méthodes de base pour la détermination de la justesse d'une méthode de mesure normalisée.

- **ISO/CEI 5725-5(1998)**, Application de la statistique. Exactitude (justesse et fidélité) des résultats et méthodes de mesures. Partie5 : Méthodes alternatives pour la détermination de la fidélité d'une méthode de mesure normalisée.

- **ISO/CEI 5725-6(1994)**, Application de la statistique. Exactitude (justesse et fidélité) des résultats et méthodes de mesures. Partie6 : Utilisation dans la pratique des valeurs d'exactitude.

ISO/TR 22971(2005), Exactitude (justesse et fidélité) des résultats et méthodes de mesure. Lignes directrices pratiques pour l'utilisation de l'ISO 5725-2:1994 pour la conception, la mise en œuvre et l'analyse statistique des résultats de répétabilité et de reproductibilité interlaboratoires.

ISO/TS 21748(2004), Lignes directrices relatives à l'utilisation d'estimation de la répétabilité, de la reproductibilité et de la justesse dans l'évaluation de l'incertitude de mesure.

ISO/CEI Guide 43-1(1996), Essais d'aptitude des laboratoires. Partie1 : Développement et mise en œuvre de systèmes d'essais d'aptitude.

ISO/CEI Guide 43-2(1996) Essais d'aptitude des laboratoires. Partie2 : Sélection et utilisation de système d'essais d'aptitude par des organismes d'accréditation de laboratoires.

- Normes sur le béton durci :

EN 12350-2(1999), Essais pour béton frais. Partie2 : Essai d'affaissement.

EN 12390-1(2001), Essais pour béton durci. Partie1 : Formes, dimensions et autres exigences relatives aux éprouvettes et aux moules.

EN 12390-2(2001), Essais pour béton durci. Partie2 : Confection et conservation des éprouvettes pour essais de résistances.

EN 12504-4(2005), Essais pour béton dans les structures. Partie4 : Détermination de la vitesse de propagation du son.

EN 12390-3(2001), Essais pour béton durci. Partie3 : Résistance à la compression des éprouvettes.

EN 12390-6(2001), Essais pour béton durci. Partie6 : Résistance en traction par fendage d'éprouvettes.

II – Introduction

La fonction d'un laboratoire, d'essais ou d'analyse, est de produire des résultats d'essais. Ceux-ci peuvent aussi servir à la conception de nouveaux produits qu'à la vérification de la conformité d'un produit à des spécifications données.

Dans ces deux cas, il est nécessaire que les résultats produits soient fiables, c'est-à-dire répétables (le laboratoire répète l'essai trouve le même résultat) et reproductible (un autre laboratoire de même niveau de qualité trouve un résultat comparable).

Pour apporter la preuve de cette fiabilité, un laboratoire peut entreprendre une démarche à plusieurs niveaux.

Une première étape consiste à faire évaluer l'activité du laboratoire par un organisme extérieur en vue de vérifier la conformité de la conduite de l'activité par rapport à un référentiel (ISO/CEI 17025).

L'accréditation du laboratoire représente le niveau supérieur de qualité.

Un laboratoire accrédité conforme à la norme ISO/CEI 17025 **doit disposer de procédures de maîtrise de la qualité pour surveiller la validité des essais et des étalonnages entrepris..... Cette surveillance doit être planifiée et revue et peut inclure, sans s'y limiter, les éléments suivants :**

- a)
- b) **Participation à des programmes de comparaisons entre laboratoires ou d'essais d'aptitude;**
- c) (extrait de l'ISO/CEI 17025)

L'organisme d'accréditation doit établir des procédures afin de prendre en compte, durant les évaluations et le processus de prise de décision, la participation du laboratoire à des essais d'aptitude et les résultats de ceux-ci (extrait de l'ISO/CEI 17011).

En résumé nous pouvons dire que :

1- L'accréditation a pour but d'attester de la compétence des organismes à réaliser des activités spécifiques d'évaluation de la conformité.

2- Les comparaisons inter laboratoires sont des moyens fiables et performants pour attester de cette compétence.

Inter-comparaison :

Organisation, exécution et évaluation d'essais sur des objets d'essai identiques ou semblables par au moins deux laboratoires différents dans des conditions prédéterminées (extrait du guide ISO/CEI 43 qui va devenir ISO/CEI 17043).

Le comité qualité du LPEE a confié au LPEE/LNM la préparation, l'organisation et l'exploitation des essais d'inter-comparaison. Le LPEE/LNM peut, le cas échéant, s'appuyer sur la logistique qui lui est offerte par les laboratoires d'essai du LPEE pour mener à bien cette tâche.

Le présent rapport est un compte rendu de l'organisation, par le LPEE/LNM, de la première campagne d'essai d'aptitude sur béton durci et des résultats obtenus à cette occasion.

Il n'entre pas dans les attributions du LPEE/LNM de distribuer de bons ou mauvais points, mais de fournir un moyen objectif pour l'évaluation de la performance des laboratoires au sens de l'ISO/CEI 5725-6.

Pour assurer l'anonymat des laboratoires participants, ni les références des participants, ni le détail des valeurs numériques (individuelles ou moyennes) obtenues par chacun d'eux ne sont fournis dans ce rapport.

Le processus suivi dans le traitement des résultats et l'ordre dans l'application des tests statistiques sont donnés dans le logigramme présenté ci après.

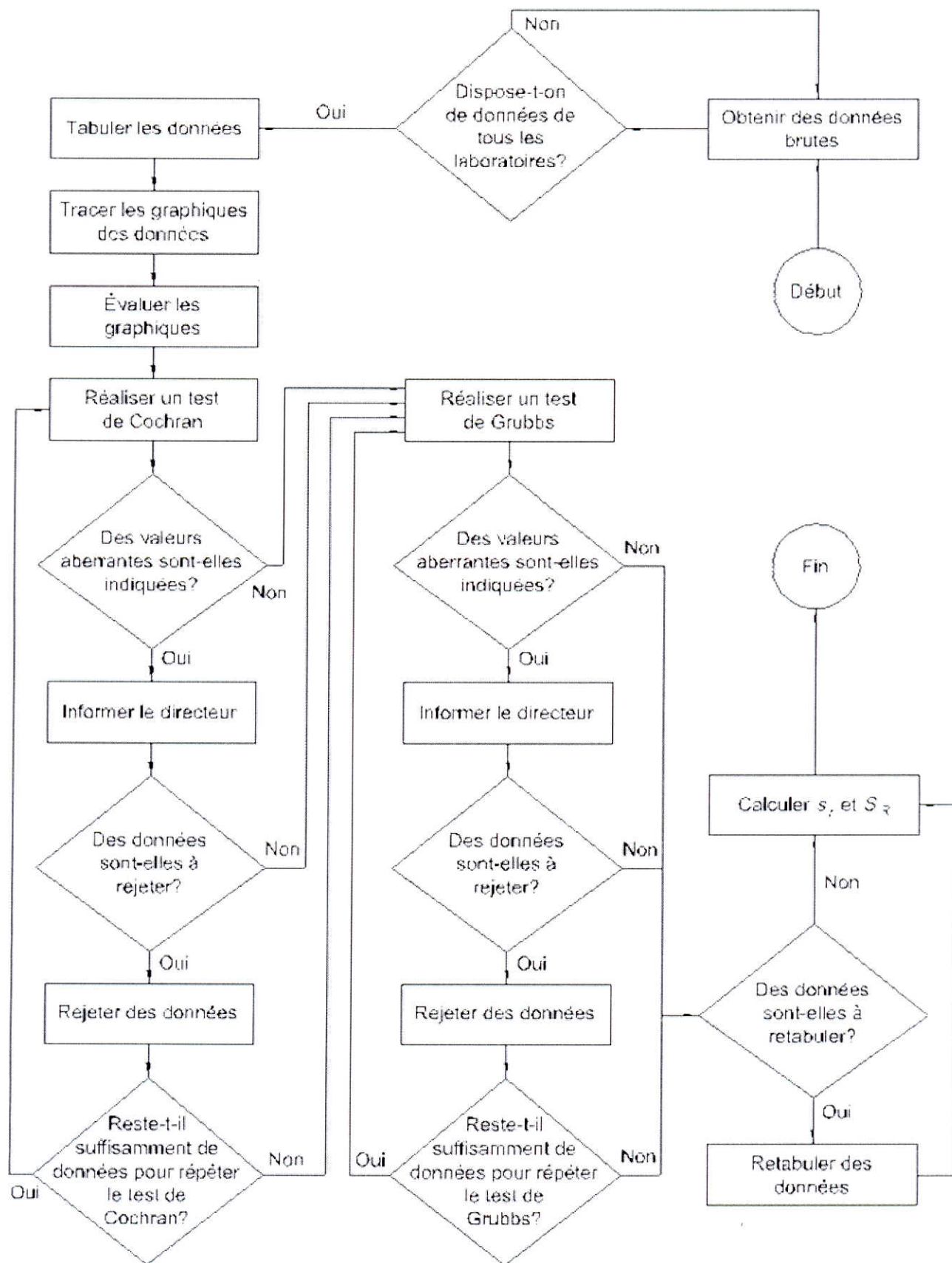
Les résultats sont d'abord présentés sous forme d'histogramme ce qui permet de constituer une image instantanée des résultats.

LA STRUCTURE GENERALE DES TESTS EST :

- Si la statistique du test est inférieure ou égale à la valeur critique à 5%, la valeur testée est acceptée comme valeur correcte

- Si la statistique du test est supérieure à la valeur critique à 5% et inférieure ou égale à la valeur critique à 1%, la valeur testée est appelée valeur isolée et est signalée par *

- Si la statistique du test est supérieure à la valeur critique à 1%, la valeur testée est appelée valeur statistique aberrante et est signalée par **



Logigramme du traitement statistique des données

III Organisation et préparation :

- 1- Le béton a été confectionné et délivré par une centrale de BPE. Pour une première campagne, nous n'avons pas jugé utile l'utilisation de deux types de béton ou plus. La classe du béton n'a pas été communiquée aux laboratoires participants.
- 2- La distance séparant le lieu de la centrale à béton et le lieu de la confection des éprouvettes est de 500 mètres environ.
- 3- La fabrication des éprouvettes a été confiée au laboratoire de chantier (SONADAC-Lissassfa) dépendant du CMTC et sous la supervision du LPEE/LNM
- 4- Les moules utilisés pour la confection des éprouvettes sont en métal, neufs et conformes aux spécifications de la norme EN 12390-1
- 5- Il a été confectionné (08 Juillet 2008) 86 cylindres du béton de forme 16/32 cm
- 6- Le béton utilisé présente un affaissement (EN 12350-2(1999) de 7,5 cm
- 7- Le serrage du béton est réalisé à l'aide d'un ensemble moteur électrique-aiguille vibrante vérifié par le LPEE/LNM et déclaré conforme aux spécifications de la norme EN 12390-2.
- 8- La confection des 86 cylindres (hors temps de finition des faces supérieures des éprouvettes) a duré deux heures environs
 - Une personne chargée du déversement du béton de la toupie dans la brouette.
 - Une personne pour l'acheminement à l'aide d'une brouette du béton au lieu de la confection des éprouvettes
 - Une personne pour le remplissage des moules
 - Une personne pour le serrage du béton
- 9- Les 86 éprouvettes n'ont été démoulées qu'après 24 heures (la norme EN 12390-2 préconise une durée entre 16 heures et 3 jours) de la date de leur confection après avoir subi une cure initiale (24 heures) en moules dans la zone de coulage du laboratoire (température d'environ 25 °C).
- 10- Chaque laboratoire avait six éprouvettes, trois sont destinées à l'essai de compression et trois à l'essai de traction par fendage. Il est réalisé par les laboratoires l'essai de mesure par transparence du temps de propagation du son sur les six éprouvettes avant les essais mécaniques.
- 11- L'acheminement des éprouvettes aux laboratoires a été assuré par le LPEE/LNM à l'exception de celles destinées au CMTC et BETOMAR qui ont récupéré par leurs propres moyens les éprouvettes qui leurs sont destinées (ces deux laboratoires sont situés à Casablanca).
- 12- Afin que les éprouvettes soient acheminées aux laboratoires participants dans un laps temps sans qu'elles subissent des dégradations 4 véhicules ont été utilisés. Les éprouvettes après démoulage ont été entreposées sur un lit de sable, humidifiée au préalable, dans des caisses en bois. Durant tout le chemin elles sont mouillées par de l'eau courante.
- 13- Les directions prises par les véhicules sont :
 - Tanger avec escale à Kenitra et Tétouan
 - Oujda avec escale à Meknès et Fès
 - Marrakech avec escales à El Jadida, Safi et Agadir
 - Béni Mellal

Les éprouvettes du CTR-TENSIFT (Marrakech) ont passé une nuit dans la salle de conservation du CTR-SUD (Agadir) et celles du CTR-NORD (Tanger) dans la salle de conservation du LR-TETOUAN.

- 14- Les laboratoires ont conservés les éprouvettes dans leurs salles de conservation soit dans des bacs d'eau (température $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$) pour 11 laboratoires ou en salle humide (température $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ – hygrométrie relative = 95 %) pour 2 laboratoires
- 15- Les éprouvettes sont restées conservées dans les salles de conservation des laboratoires jusqu'à la date prévue par les essais (05 Août 2008 ce qui correspond à 28 jours d'âge pour le béton)
- 16- Les surfaces des éprouvettes destinées à l'essai de compression ont été rectifiées au lapidaire pour 6 laboratoires ou surfacées au soufre pour 7 laboratoires.
- 17- Les machines d'essai (Presses) utilisées par les laboratoires sont de classe 1 pour 10 laboratoires et de classe 2 pour 3 laboratoires (norme EN 12390-4).
- 18- Les essais sont réalisés selon les normes EN 12504-4 pour la mesure par transparence du temps de propagation du son, EN 12390-3 pour l'essai de compression et EN 12390-6 pour l'essai de traction par fendage.

IV Liste des laboratoires participants

LABORATOIRES LPEE

Désignation	Type d'essai		
	AD	RC	RF
LPEE/CMTC (Casablanca)		X	X
LPEE/CSTC (Casablanca)	X		
LPEE/CTR-Sud (Agadir)	X	X	X
LPEE/CTR-Centre (Fès)	X	X	X
LPEE/CTR-Nord (Tanger)	X	X	X
LPEE/CTR-Gharb (Kenitra)	X	X	X
LPEE/CTR-Tensift (Marrakech)	X	X	X
LPEE/CTR-Oriental (Oujda)	X	X	X
LPEE/CTR-Centre nord (Meknès)	X	X	X
LPEE/LR-Béni Mellal		X	X
LPEE/LR-Tétouan	X	X	X
LPEE/LR-EI Jadida		X	X
LPEE/LR-Safi	X	X	X

LABORATOIRES EXTERNES

Désignation	Type d'essai		
	AD	RC	RF
BETOMAR (Laboratoire de Lissassfa – Casablanca)		X	X

Au total 14 laboratoires dont 1 Externe au LPEE ont participé à cette campagne sur le béton. 10 laboratoires ont participé à l'essai de mesure du temps de propagation du son et 13 laboratoires ont participé aux essais mécaniques.

V Mesure par transparence du temps de propagation du son

A la restitution des résultats, il a été constaté que les mesures de longueur des éprouvettes ont été réalisées soit à l'aide d'un pied à coulisse au 1/100, soit à l'aide du réglet pour ES ou tout simplement à l'aide d'un mètre à ruban (le protocole d'essai n'était pas explicite sur ce point, il l'a même ignoré).

Pour ces raisons et afin de ne pas introduire de dispersions dans les résultats nous avons pris en compte pour cette campagne les résultats de mesure du temps de propagation du son et non la vitesse de propagation du son obtenue à partir du temps et la longueur.

V-1 Présentation des résultats

Les valeurs individuelles en μs des temps de propagation sont présentés dans le tableau dit A

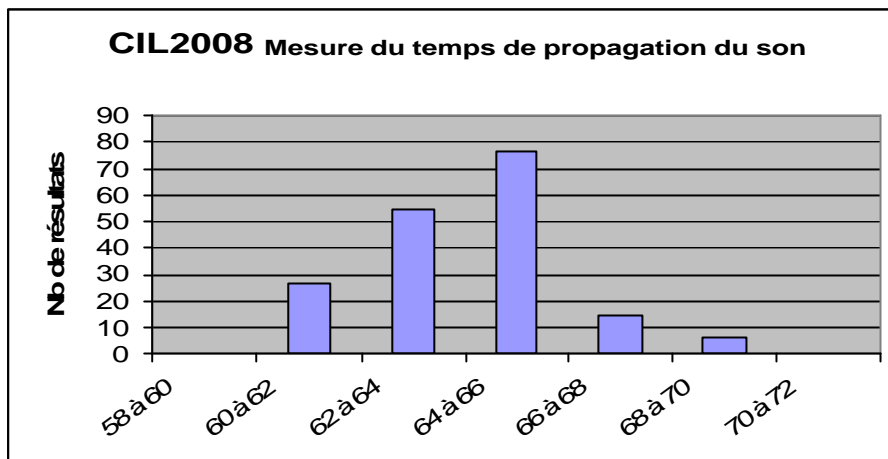
L'examen des résultats bruts a révélé une erreur dans la transcription pour 2 laboratoires et pour une seule mesure du temps parmi les trois sur une éprouvette (63,4 au lieu de 64,3 pour l'un et 64,2 au lieu de 65,2 pour l'autre)

LAB n°	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4	Niveau 5	Niveau 6
LAB1	64,8	64,5	64,8	64,7	64,2	63,9
	64,5	64,5	64,6	64,6	64,3	64,1
	64,7	64,5	64,6	64,4	64,4	63,9
LAB2	62,7	62,7	62,7	62,7	62,7	61,5
	62,6	62,6	62,6	62,5	62,5	61,4
	62,7	62,6	62,6	62,6	62,6	61,5
LAB3	67,0	67,0	67,0	67,0	67,0	63,3
	67,0	67,0	67,0	67,0	67,0	63,2
	67,0	67,0	67,0	67,0	67,0	63,4
LAB4	60,9	60,9	60,9	60,9	60,9	60,9
	60,9	60,9	60,9	60,9	60,9	60,9
	60,9	60,9	60,9	60,9	60,9	60,7
LAB5	63,2	63,2	63,2	63,2	63,2	63,2
	63,2	63,2	63,2	63,2	63,2	63,2
	63,2	63,2	63,2	63,2	63,2	63,0
LAB6	63,2	63,2	63,2	63,2	63,2	63,2
	63,2	63,2	63,2	63,2	63,2	63,2
	63,2	63,2	63,2	63,2	63,2	63,0
LAB7	63,5	63,5	63,5	63,5	63,5	63,5
	64,5	64,5	64,5	64,5	64,5	63,5
	64,3	64,3	64,3	64,3	64,3	63,3
LAB8	63,8	63,8	63,8	63,8	63,8	63,2
	63,7	63,7	63,7	63,7	63,7	63,6
	63,9	63,9	63,9	63,9	63,9	64,7
LAB9	64,2	64,2	64,2	64,2	64,2	62,7
	64,3	64,3	64,3	64,3	64,3	62,5
	64,2	64,3	64,3	64,3	64,3	62,5
LAB10	64,9	65,0	65,0	65,0	65,0	65,1
	65,2	65,2	65,2	65,2	65,2	65,2
	65,0	65,4	66,9	66,9	65,7	65,2

Résultats
confidentiels

Tableau A : Résultats bruts

Les résultats bruts après correction des erreurs de transcription sont présentés dans l'histogramme suivant :



Histogramme des résultats bruts

LABO N°	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4	Niveau 5	Niveau 6
	mi1	mi2	mi3	mi4	mi5	mi6
LAB1	64,67	64,53	64,77	64,60	64,30	63,97
LAB2	62,63					61,47
LAB3	63,87					62,30
LAB4						
LAB5						
LAB6						
LAB7						
LAB8						
LAB9	64,23					62,57
LAB10	65,03	63,28			63,80	65,17

Tableau B : Moyenne des temps par éprouvette et par laboratoire (µs)

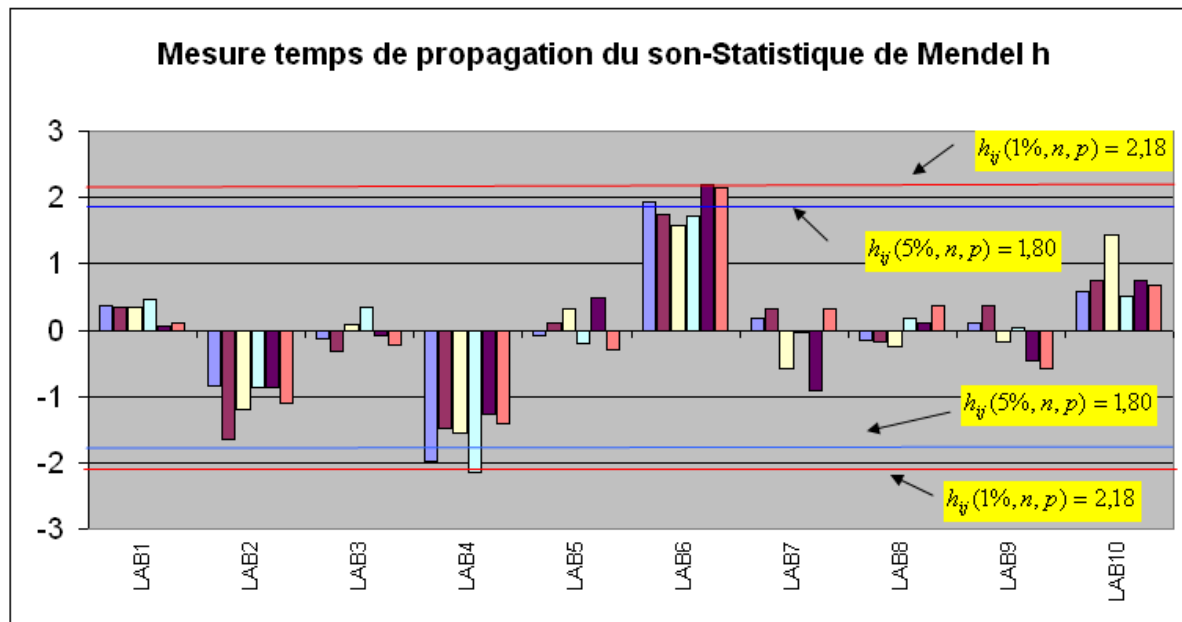
Les variances de chaque laboratoire et par niveau sont présentées dans le tableau dit C

LABO N°	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4	Niveau 5	Niveau 6
	S ² i1	S ² i2	S ² i3	S ² i4	S ² i5	S ² i6
LAB1	0,023	0,002		0,010	0,010	0,013
LAB2	0,002					0,003
LAB3						0,010
LAB4						0,013
LAB5						
LAB6						
LAB7						0,013
LAB8						0,070
LAB9	0,003					0,013
LAB10	0,023	0,040		0,003	0,010	0,003

Tableau C : Variance (µs²)

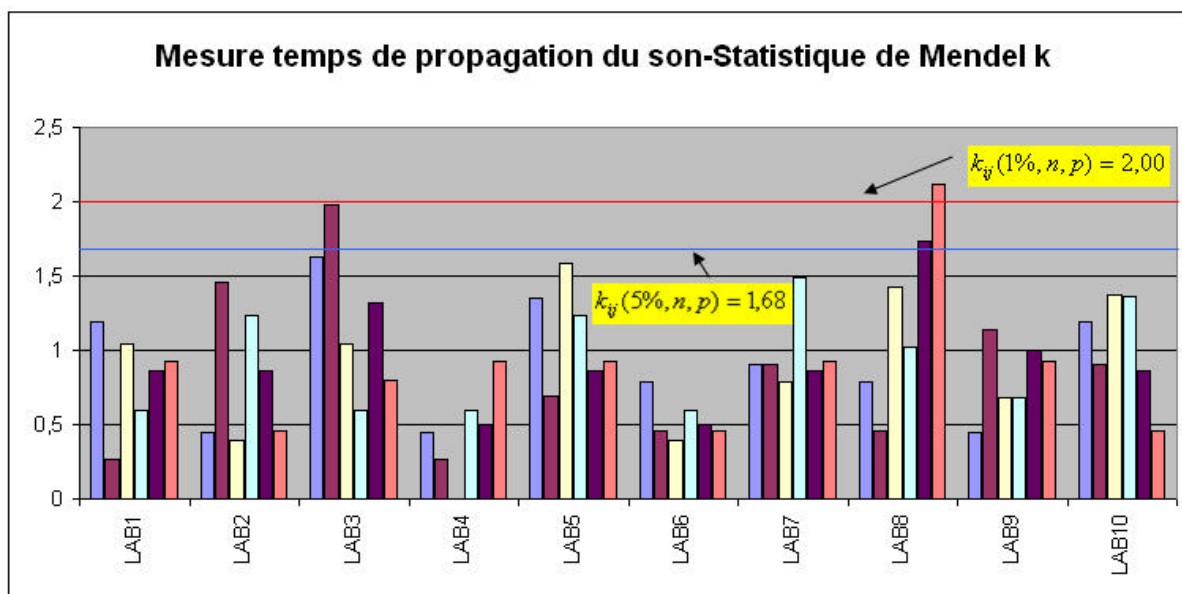
V-2 Représentations graphiques

Le graphe h de Mendel montre que les laboratoires 4 et 6 ont obtenu des résultats moyens (2 sur 6 pour le laboratoire 4 et 3 sur 6 pour le laboratoire 6)) bien supérieur à ceux de tous les laboratoires.



Mesure du temps de propagation du son sur éprouvettes de béton durci – Statistique de cohérence interlaboratoire de Mendel, h, groupée par laboratoires.

Le graphe k de Mendel montre plutôt une grande variabilité pour les laboratoires 3 et 8.



Mesure du temps de propagation du son sur éprouvettes de béton durci – Statistique de cohérence intralaboratoire de Mendel, k, groupée par laboratoires.

Nous n'avons pas jugé utile, dans la suite de traitement des résultats, d'éliminer les valeurs dites suspectes selon les graphiques h et k de Mendel.

V-3 Test de Cochran

L'application du test de Cochran donne les résultats suivants :

- Pour $n=3$ (nb de résultat par niveau) et $p=10$ (nb de laboratoires) les valeurs critiques de Cochran sont 0,445 pour 95 % et 0,536 pour 1%.

	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4	Niveau 5	Niveau 6
C Cochran	0,265	0,390	0,250	0,221	0,300	0,447
Résultat test =	Correct	Correct	Correct	Correct	Correct	Valeur isolée

Valeurs de la statistique du test de Cochran.

- Au niveau 1 l'écart type maximal a donnée une valeur statistique du test égale à 0,265 ce qui correspond à une valeur correcte.

- Au niveau 6, la plus grande valeur de l'écart type S est pour le laboratoire 8. Elle a donné une valeur statistique du test égale à 0,447 ce qui correspond bien à une valeur isolée.

L'élimination des résultats obtenus sur l'éprouvette n° 6 du laboratoire n° 8 nous a permis d'obtenir des résultats correct pour le test de Cochran et ce pour tous les niveaux. Nous pouvons, après l'élimination des résultats obtenus sur l'éprouvette n° 6 du laboratoire 8 et qui a permis d'obtenir un résultat correct pour le test de Cochran, effectuer le test de Grubbs sur les résultats restants.

V-4 Test de Grubbs

A $p=10$ Les valeurs critiques de Grubbs sont, pour le Grubbs simple 2,290 pour 95 % et 2,482 pour 99 % et pour le Grubbs double 0,184 pour 95 % et 0,115 pour 99%.

L'application du test de Grubbs aux moyennes donne les résultats suivants :

Niveau	Simple inférieur	Simple supérieur	Type du test
1	1,983	1,943	Statistique du test de Grubbs
2	1,644	1,752	
3	1,550	1,566	
4	2,150	1,721	
5	1,263	2,184	
6	-0,156	0,484	
Valeurs isolées	2,290		Valeurs critiques de Grubbs
Valeurs aberrantes	2,482		

Application du test de Grubbs aux moyennes.

Les résultats pour les tests simples de Grubbs, inférieur et supérieur, sont tous corrects Ce qui veut dire que pour chaque niveau aucune des moyennes inférieures ou supérieures n'est suspecte.

V-5 Calcul de S_r et S_R

Les écarts types de répétabilité et de reproductibilité obtenue pour chaque niveau sont donnés dans le tableau ci-dessous.

Niveau	P_j	m_j	S_{rj}	S_{Rj}
1	10	64,05	0,128	1,676
2	10	64,00	0,221	1,610
3	10	64,07	0,146	2,111
4	10	63,81	0,169	1,685
5	10	64,20	0,115	1,849
6	10	57,31	0,098	7,100

Valeurs calculées de m_j , S_{rj} et S_{Rj} pour la mesure du temps de propagation du son sur éprouvettes de béton durci.

L'examen du précédent tableau ne révèle aucune relation apparente entre d'une part l'écart types de répétabilité S_{rj} , et d'autre part l'écart types de reproductibilité S_{Rj} , avec la moyenne m_j

En conclusion, les valeurs de fidélité pour la méthode de mesure peuvent être considérées comme indépendantes du niveau du matériau et sont :

Méthode d'essai	Condition de répétabilité (%)		Condition de reproductibilité (%)	
	Ecart type de répétabilité S_r	limite de répétabilité r	Ecart type de reproductibilité S_R	limite de reproductibilité R
Cylindres (160 mm de diamètre et 320 mm de hauteur)	0,2	0,7	4,2	11,9

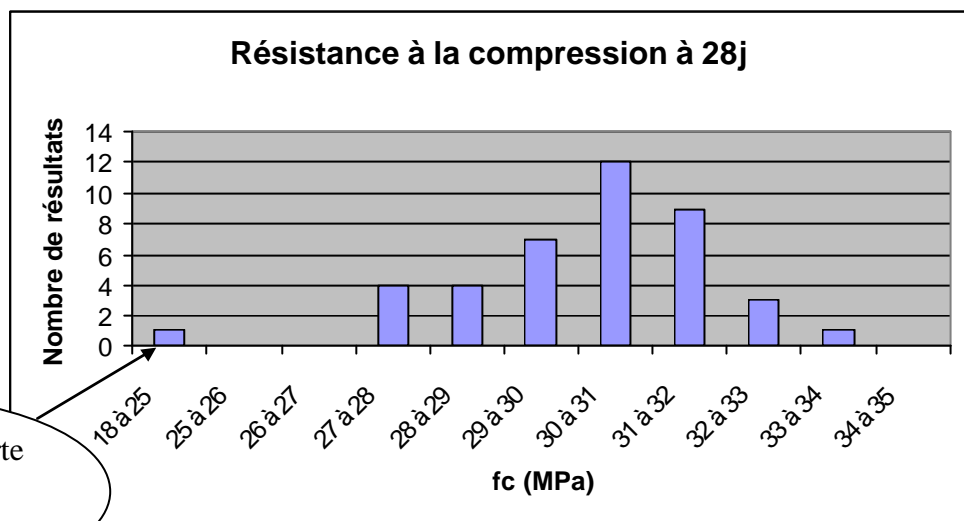
A ce jour il n'y a pas de données de fidélité publiées par la norme (EN 12504-4).

VI Essais mécaniques sur éprouvettes de béton (compression et traction par fendage)

VI-1 Présentation des résultats

VI-1a Résistance à la compression

L'examen des résultats bruts a montré (voir l'histogramme suivant) la présence pour le labo 9 d'un résultat suspect sur les trois. Il ne s'agit pas d'une erreur de transcription mais plutôt d'un résultat suspect. Nous avons préféré d'éliminer ce résultat et garder le laboratoire avec seulement deux résultats plutôt d'éliminer complètement le laboratoire lui-même.



Le résultat qui s'écarte trop des valeurs comparables

Fc, Résultats bruts

Les Résultats bruts en MPa de la résistance à la compression, après élimination du résultat suspect sont présentés dans le tableau A suivant.

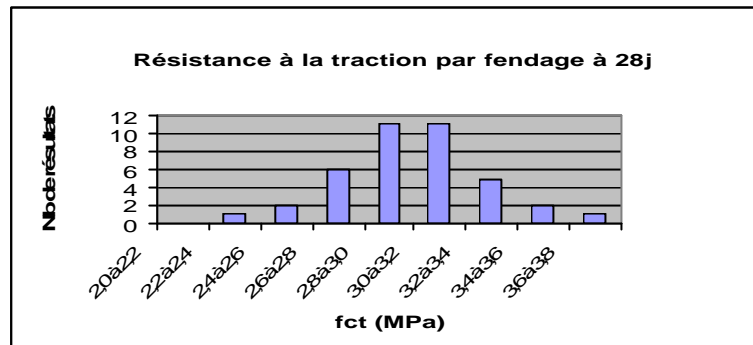
LAB1	30,0	30,0	30,5
LAB2	31,5		
LAB3	32,5		
LAB4	27,5		
LAB5			
LAB6			
LAB7			
LAB8			30,0
LAB9			-
LAB10			31,5
LAB11			29,5
LAB12		29,5	28,5
LAB13		28,3	28,4

Tableau A : fc, Résultats bruts, après élimination de la valeur suspecte

Les résultats obtenues se répartissent comme suit :

- Résistance moyenne : 29,9 MPa
- Résistance maximale : 33,0 MPa
- Résistance minimale : 19,5 MPa
- Ecart type : 2,2 MPa
- Etendue : 13,5 MPa

VI-1b Résistance à la traction par fendage



Fct, Résultats bruts

Les Résultats bruts en MPa des résistances à la traction par fendage sont présentés dans le tableau A suivant.

LAB1	3,3		
LAB2	3,2		
LAB3	3,1		
LAB4	2,9		
LAB5	2,7		
LAB6	3,0		
LAB7	3,0		
LAB8	3,0		
LAB9	2,9		
LAB10	2,7		
LAB11	3,0		
LAB12	3,0		
LAB13	2,4		

**Résultats
confidentiels**

Tableau A : fct, Résultats bruts en MPa des résistances à la traction par fendage

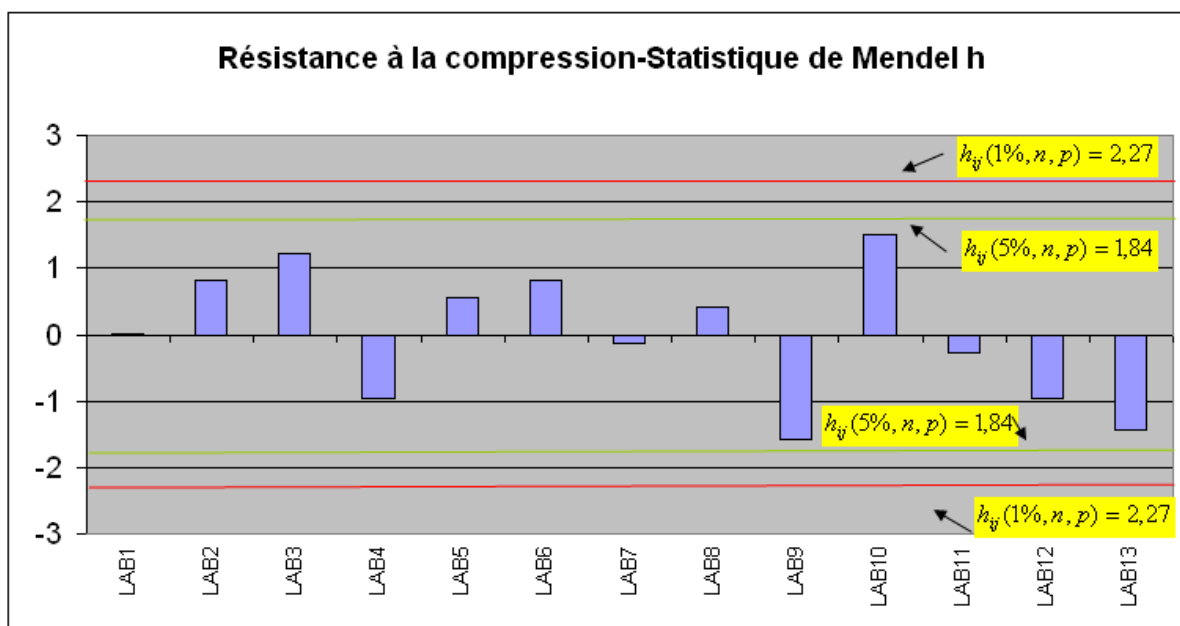
Les résultats obtenues se répartissent comme suit :

- Résistance moyenne : 3,0 MPa
- Résistance maximale : 3,6 MPa
- Résistance minimale : 2,4 MPa
- Ecart type : 0,3 MPa
- Etendue : 1,3 MPa

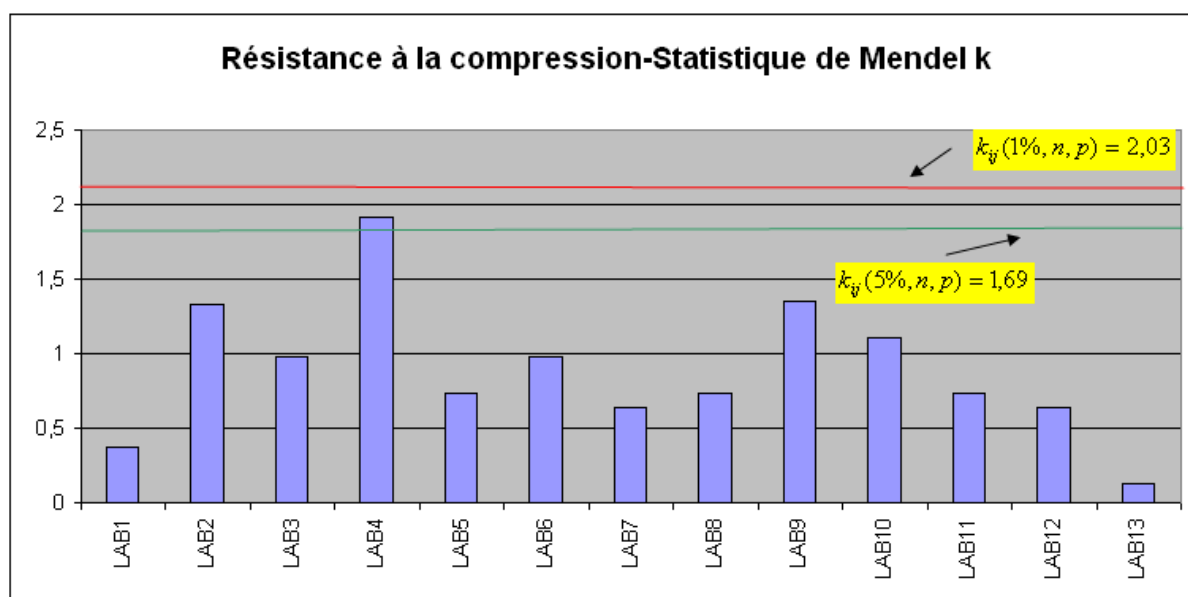
VI-2 Représentations graphiques

VI-2a Résistance à la compression

Le graphe h de Mendel ne montre aucun résultat suspect, alors que la statistique k de Mendel présente un résultat isolé pour le laboratoire 4 (grande dispersion dans ses résultats)



Résistance à la compression sur éprouvettes de béton durci – Statistique de cohérence interlaboratoire de Mendel, h, groupée par laboratoires.

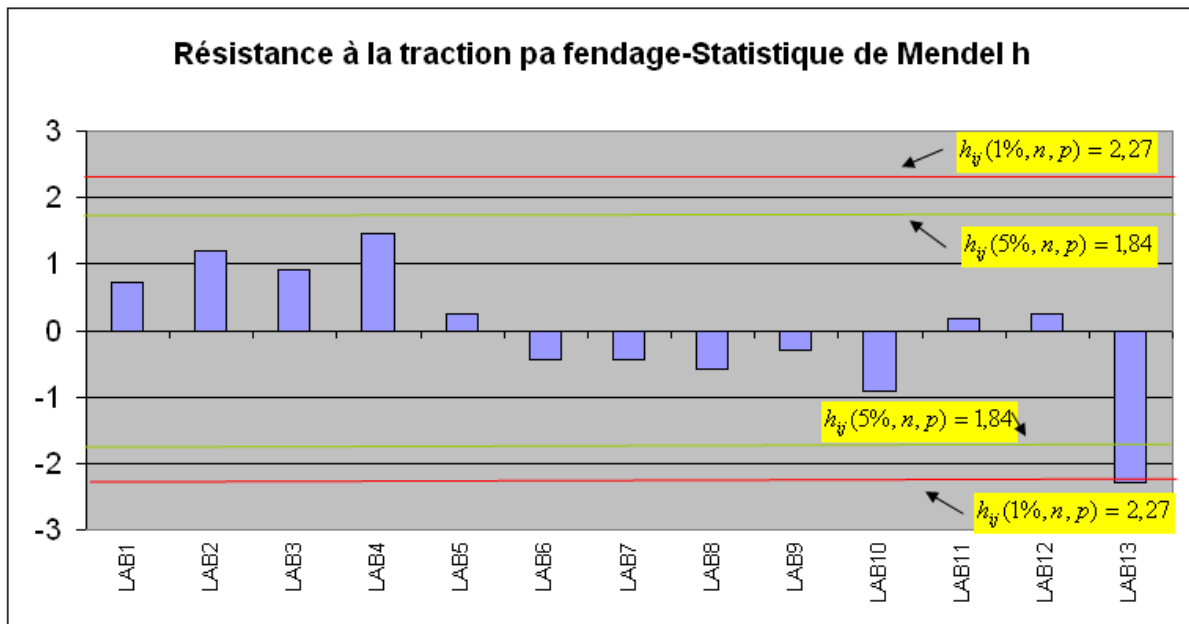


Résistance à la compression sur éprouvettes de béton durci – Statistique de cohérence intralaboratoire de Mendel, k, groupée par laboratoires.

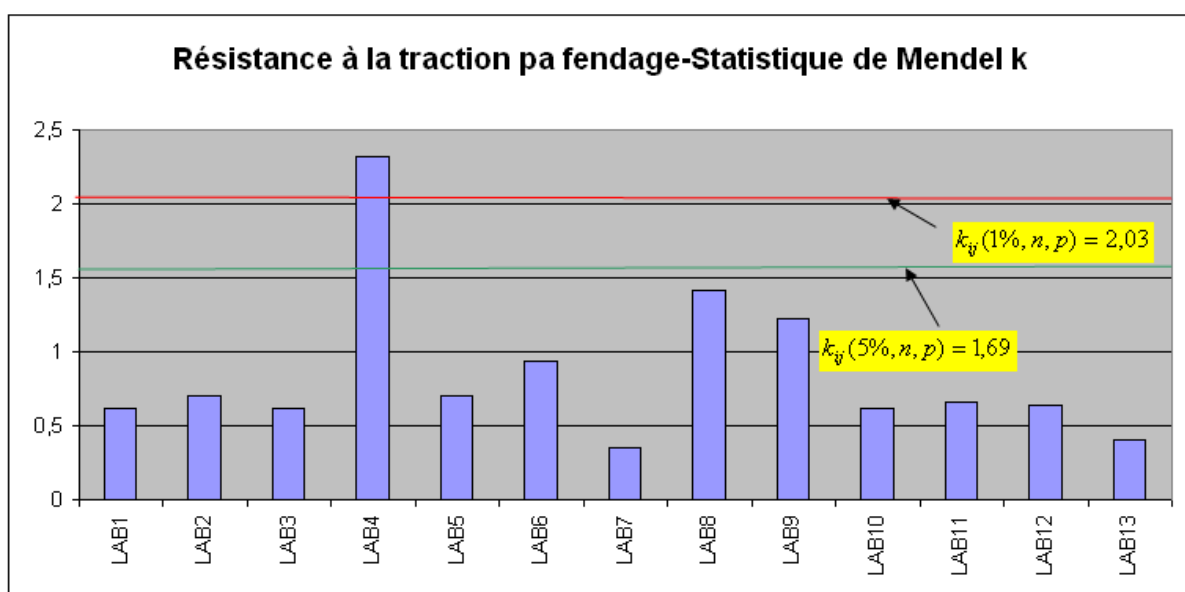
Les résultats du laboratoire n° 4 vont être gardés pour la suite de l'analyse.

VI-2b Résistance à la traction par fendage

Le graphe h de Mendel montre que la moyenne des résultats du laboratoire 13 est bien supérieure à celles de tous les laboratoires (valeur aberrante pour la statistique h de Mendel), et le graphe k de Mendel montre plutôt que l'écart type du laboratoire 4 est très grand par rapport à ceux des autres laboratoires (valeur aberrante pour la statistique k de Mendel).



Résistance à la traction par fendage sur éprouvettes de béton durci – Statistique de cohérence interlaboratoire de Mendel, h, groupée par laboratoires.



Résistance à la traction par fendage sur éprouvettes de béton durci – Statistique de cohérence intralaboratoire de Mendel, k, groupée par laboratoires.

VI-3 Test de Cochran

VI-3a Résistance à la compression

L'application du test de Cochran donne les résultats suivants :

- Pour $n=3$ (nb de résultat par niveau) et $p=13$ (nb de laboratoires) les valeurs critiques de Cochran sont 0,371 pour 95 % et 0,450 pour 1%.

C Cochran	0,265
Résultat test =	Correct

Valeurs de la statistique du test de Cochran.

Le résultat du test de Cochran est concluant, nous pouvons réaliser les tests de Grubbs.

VI-3b Résistance à la traction par fendage

Si on garde les valeurs aberrantes mise en évidence par les statistique h et k de Mendel, l'application du test de Cochran donne les résultats suivants :

- Pour $n=3$ (nb de résultat par niveau) et $p=13$ (nb de laboratoires) les valeurs critiques de Cochran sont 0,371 pour 95 % et 0,450 pour 1%.

C Cochran	0,414
Résultat test =	Valeur isolée

Le test de Cochran révèle que le laboratoire 4 présente un écart type trop grand par rapport à ceux des autres laboratoires.

L'examen de près des résultats du laboratoire 4 a montré que la résistance à la compression obtenu sur l'éprouvette n° 1 est très faible par rapport aux autres résultats.

Nous nous retrouvons donc dans la configuration de, ou bien éliminer tous les résultats du laboratoire n° 4 ou bien considérer la résistance obtenue sur l'éprouvette n° 1 comme valeur suspecte et l'éliminer. Nous avons donc opté pour la deuxième variante. Nous pouvons, après l'élimination des résultats obtenus sur l'éprouvette n° 1 du laboratoire 4 et qui a permis d'obtenir un résultat correct pour le test de Cochran, effectuer le test de Grubbs sur les résultats restants.

VI-4 Test de Grubbs

VI-4a Résistance à la compression

A $p=13$ Les valeurs critiques de Grubbs sont, pour le Grubbs simple 2,462 pour 95 % et 2,699 pour 99 % et pour le Grubbs double 0,284 pour 95 % et 0,202 pour 99%.

L'application du test de Grubbs aux moyennes donne les résultats suivants :

	Simple inférieur	Simple supérieur	Type du test
	1,500	1,566	Statistique du test de Grubbs
Valeurs isolées	2,462		Valeurs critiques de Grubbs
Valeurs aberrantes	2,699		

Application du test de Grubbs aux moyennes.

Les résultats pour les tests simples de Grubbs, inférieur et supérieur, sont tous corrects Ce qui veut dire qu'aucune des moyennes inférieures ou supérieures n'est suspecte.

VI-4b Résistance à la traction par fendage

L'application du test de Grubbs aux moyennes donne les résultats suivants :

	Simple inférieur	Simple supérieur	Type du test
	2,019	2,095	Statistique du test de Grubbs
Valeurs isolées	2,462		Valeurs critiques de Grubbs
Valeurs aberrantes	2,699		

Application du test de Grubbs aux moyennes.

Les résultats pour les tests simples de Grubbs, inférieur et supérieur, sont tous corrects Ce qui veut dire qu'aucune des moyennes inférieures ou supérieures n'est suspecte.

VI-5 Calcul de S_r et S_R

VI-5a Résistance à la compression

Les valeurs, obtenues, de fidélité pour les mesures de la résistance en compression de béton durci, exprimées en pourcentage de la moyenne ($m = 30,2$ MPa) des résistances sont :

Méthode d'essai	Condition de répétabilité (%)		Condition de reproductibilité (%)	
	Ecart type de répétabilité S_r	limite de répétabilité r	Ecart type de reproductibilité S_R	limite de reproductibilité R
Cylindres (160 mm de diamètre et 320 mm de hauteur)	2,6	7,1	4,5	12,5

Les valeurs de fidélité publiées dans la norme (EN 12390-3) sont

$$S_r^{norme} = 2,9\% , r = 8,0\% , S_R^{norme} = 3,1\% \text{ et } R = 11,7\%$$

Les valeurs de fidélité de la norme ne comprennent que le mode opératoire d'essai de compression, alors que celles obtenues dans le cadre de cette campagne incluent en plus les modalités de conservation des éprouvettes (conservation dans l'eau ou dans une salle humide) chez les laboratoires participants et les 2 modes de rectification des surfaces (au lapidaire ou au soufre), ce qui explique que l'écart type de reproductibilité obtenu est légèrement supérieur à celui de la norme.

VI-5b Résistance à la traction par fendage

Les valeurs, obtenues, de fidélité pour les mesures de la résistance à la traction par fendage de béton durci, exprimées en pourcentage de la moyenne ($m = 3,0$ MPa) des résistances sont :

Méthode d'essai	Condition de répétabilité (%)		Condition de reproductibilité (%)	
	Ecart type de répétabilité S_r	limite de répétabilité r	Ecart type de reproductibilité S_R	limite de reproductibilité R
Cylindres (160 mm de diamètre et 320 mm de hauteur)	4,3	12,0	9,5	26,6

A ce jour il n'y a pas de données de fidélité publiées par la norme (EN 12390-6).