

Info CETIM

Note trimestrielle d'information du Centre d'Etudes et de Services Technologiques de l'Industrie des Matériaux de Construc

N° 09

Janvier 2003

Editorial

Le passage du CETIM à ISO/CEI 17025

La norme ISO/CEI17025 a été produite sur la base de l'expérience considérable acquise dans la mise en oeuvre des référentiels d'accréditation des laboratoires, le guide ISO/CEI 25 et la norme EN45001; elle remplace l'un et l'autre. Les laboratoires d'essais et d'étalonnage qui fonctionnent selon ce référentiel, sont jugés conformes à la norme ISO9000.

Dans le cadre de sa démarche qualité et pour son passage vers ce nouveau référentiel, le CETIM a mis en oeuvre les dispositions de cette norme en intégrant les points suivants:



Le Laboratoire en cours d'audit

- ! les améliorations: plus de liberté dans le choix et les méthodes d'essais, plus de responsabilité et moins de possibilités (exigences mieux écrites),
- ! le positionnement: place centrale du client, passerelle avec la norme ISO9000,
- ! approche modulaire: échantillonnage, conception et développement, calcul des incertitudes, avis et interprétations et sécurité des logiciels de traitement des données.

Sommaire

Le CETIM en 2002	P 2
Quatrième anniversaire du CETIM	P 2
L'année 2002 sur le plan national	P 4
Métrologie	P 5
Nouveaux équipements pour mieux servir	P 7
Influence de la durée de pourrissage sur la qualité de la brique	P 8
Les ajouts cimentaires et le développement durable	P 9
Historique du Laboratoire Central	P 12



ACCREDITATION
N° 1-1110
PORTÉE
COMMUNIQUÉE
SUR DEMANDE

Directeur de la Publication

A. ADJTOUTAH (PDG du CETIM)

Président du Comité de Lecture

J. ZEROUK (Chef CDI)

Responsable de Coordination :

K. SELLAH (Chef Sce Com. et Information)

Visite du directeur général de l'organisation arabe du développement industriel et des mines au CETIM



Visite de la délégation du CTMCCV au CETIM

Dans le cadre de l'exécution des recommandations du groupe du suivi et d'évaluation de la coopération algéro-tunisienne qui s'est réuni à Tunis sous l'égide des ministères de l'industrie des deux pays du 23 au 26 décembre 2001, une délégation du Centre Technique des Matériaux de Construction, de la Céramique et Verre (CTMCCV) a été l'hôte du CETIM durant La période du 06 au 09 avril 2002.



Journées d'études sur les systèmes de gestion électronique de documents



Séminaire sur la Métrologie dimensionnelle et le contrôle de la qualité



Journées d'études sur l'évolution de la technologie du béton



Journées d'études sur la norme NA 442/2000



Quatrième anniversaire du CETIM

L'anniversaire de création du CETIM est devenue une tradition que tout son personnel tient à célébrer tous les 27 octobre de chaque année. Cet événement est, une nouvelle fois, une occasion pour faire le point sur ses grandes réalisations et de constater l'amélioration de ses activités.

Cette année, la cérémonie de célébration de cette Anniversaire a eu lieu au niveau de l'amphithéâtre du CETIM avec l'ensemble du Personnel, des membres du conseil d'administration et des actionnaires.

Après avoir souhaité la bienvenue à ses hôtes, Mr ADJTOUTAH, PDG du CETIM a Tenu à remercier, en son nom et au nom de tout le personnel du CETIM les Présidents des groupes ERCE et ERCC respectivement Mr AIT ABBOUCHE et Mr STITI pour leur honorable présence en ce jour exceptionnel. Il a ensuite ouvert la cérémonie de distribution de prix aux travailleurs qui ont contribué de façon remarquable au passage du système assurance qualité suivant la norme européenne En45001 au système de management de la qualité suivant le nouveau référentiel international ISO/CEI17025, la confirmation de l'accréditation des laboratoires "ciment" et "chimie" et son extension aux laboratoires "Bétons", "Céramiques" et "Produits Rouges".

A cette occasion, la direction du CETIM a également encouragé les techniciens du Département Etudes et Appui à la Production pour les efforts remarquables dans la réalisation de travaux ayant reçu une satisfaction particulière des clients.

Une journée exceptionnelle



AIT HABBOUCHE PDG GROUPE ERCE,
Mr STITI PDG GROUPE ERCC
et Mr ADJTOUTAH PDG CETIM



Collation à laquelle a pris part nos invités
les PDG des Groupes, les membres du
Conseil d'Administration et l'ensemble
du personnel du CETIM



Cérémonie d'attribution des prix qualité aux personnels
qui ont contribué au passage du système assurance
qualité suivant la norme En45001 au système de
management de la qualité du CETIM selon la norme
ISO17025, de la confirmation de l'accréditation des
laboratoires "ciment" et "chimie" ainsi que son extension
aux laboratoires "Béton", "Céramique" et "Produits
Rouges"



Au niveau national deux evenements en marqué l'année 2002 :

BATIMATEC

La 5^{ème} édition du salon international du bâtiment, des matériaux de construction et des travaux publics (BATIMATEC) à laquelle a pris pars le CETIM comme à l'accoutumé à coté de ses actionnaires dans un même stand avec un nouveau look moderniste reflétant le souci des cimentiers algériens à faire uniquement dans la qualité, a été un espace de rencontre des professionnels de la branche des matériaux de construction et des universitaires .



LA CIMENTERIE RAIS HAMMIDOU REMISE EN ETAT

L'entreprise, après six mois de durs labeur a réussi à lancer le défi de remettre en meilleure état cette plus vielle usine d'Algérie avec des équipements modernes ou le facteur de la protection de l'environnement a été parmi ses premières préoccupations à l'istar, d'ailleurs, de toutes les cimenteries d'Algerie. le 15/05/02 l'usine a commencé a produire et stocker du clinker pour passer à la deuxième étape du broyage et d'expédition du produit consommable à partir du 15/06/02.



Métrologie dimensionnelle et le contrôle de qualité

3^e partie

LE RAPPORTEUR D'ANGLES.

Il est intéressant de signaler qu'il existe de nombreuses raisons de croire que la plupart de des instruments sont nés de pratiques de la vie courante. Il en est ainsi de l'arbalestrille (fig. 4.1), appelée bâton de Jacob, l'un des plus anciens instruments de visées. Le carré des ombres, ou carré géométrique, a aussi une origine populaire. De ces deux instruments, l'arbalestrille et le carré, ont dérivé deux lignées d'abord distinctes, mais finirent par se rejoindre. L'arbalestrille, d'abord d'une construction complexe, avait de multiples fins, mais ne fut plus tard utilisé qu'en astronomie nautique. Il s'agit du premier instrument avec lequel on imagina de pointer le soleil en lui tournant le dos, l'observation se faisant à l'aide de l'ombre du curseur sur la flèche.

L'astrolabe était un instrument utilisé par les navigateurs. Des deux seuls diamètres orthogonaux qu'il comportait, l'un représentait l'horizon, l'autre divisait le demi-cercle supérieur en deux quarts de cercle, chacun divisé à leur tour en 90°. L'astrolabe était un

Instrument très savant, comprenant essentiellement une projection de la carte du ciel pouvant pivoter au-dessus d'une projection stéréographique du globe terrestre. Le plus populaire des instruments fut le graphomètre (fig. 4.2), construit sous sa forme quasi définitive par Philippe Danfrie en 1597. Il était essentiellement constitué d'un demi-cercle gradué dont le diamètre portait une alidade fixe et une alidade mobile pivotant autour du centre. Chaque alidade était munie de deux pinnules et celles de l'alidade mobile passaient entre celles de l'alidade fixe. Placé sur un trépied articulé à rotule, le graphomètre permettait de relever avec précision l'écart angulaire entre deux points quelconques d'un terrain. Le cercle d'arpenteur, connu sous le nom de **cercle hollandais** (fig. 4.3), commença à être utilisé de façon générale au cours du **XVII^e siècle**. Il portait quatre pinnules fixes réparties à 90° les unes des autres et une alidade pivotante à pinnules.

L'UNITÉ DE TEMPS.

La seconde fut d'abord définie comme le 1/86400 du jour solaire moyen, puis pour diverses raisons, on le redéfini de la même

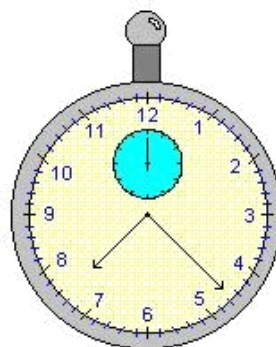


Fig. 5.1: Le chronomètre

Manière à partir de l'an 1900. Depuis 1967, une définition plus pratique de la seconde a été adoptée: elle consiste à 9192631770 vibrations d'une certaine radiation du Cs₁₃₃.

L'UNITÉ DE MASSE.

Anciennement, le kilogramme était défini comme la masse de 1 litre d'eau à 4°C. Suite aux difficultés d'ordre pratique de cette définition, en 1889, celui-ci fut défini comme étant égal à la masse du cylindre de platine déposé Au Bureau international des poids et mesures. C'est le kilogramme étalon international.

La balance : La balance sert à peser des corps et à déterminer des masses puisqu'en un même lieu,

La balance à fléau est essentiellement constituée d'un fléau traversé en son centre par un prisme d'acier triangulaire à arête tournée vers le bas : le couteau central.

L'arête inférieure de ce couteau repose sur des plans en acier poli: les coussinets (fig. 6.2). Aux extrémités du fléau, deux autres couteaux tournés vers le haut, supportent les deux plateaux de même poids. Ils sont à égale distance du couteau central et forment ainsi des bras de levier égaux. Les trois arêtes des couteaux central et latéraux sont parallèles et situés dans le même plan (fig. 6.3). Enfin, le fléau porte, en son milieu, une aiguille mobile se déplaçant devant une graduation fixe portée par le support. Elle précise la position d'équilibre quand le fléau est horizontal. Les balanciers du XVII^e et du début du XVIII^e siècle avaient acquis de nombreuses connaissances, sans doute empiriquement. Ainsi, ils savaient que l'égalité de *longueur des bras* du fléau était la condition principale pour

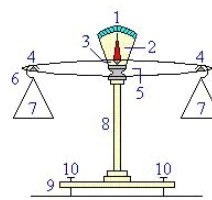


Fig. 6.1: La balance à fléau

1. Cadran
2. Aiguille
3. Couteau central
4. Couteau latéral
5. Coussinet
6. Étiér
7. Plateau
8. Pied
9. Socle
10. Vis calantes

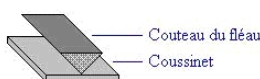


Fig. 6.2: Détail du couteau central

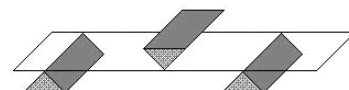


Fig. 6.3: Les arêtes des trois couteaux sont parallèles et dans un même plan.

deux corps de même poids ont aussi une même masse. Les qualités d'une balance sont la *stabilité*, la *justesse*, la *fidélité*, la *sensibilité* et l'*amortissement*.

obtenir la *justesse*. Ils savaient également que les arêtes des trois couteaux doivent être rectilignes et parallèles et que le centre de gravité de l'instrument doit être sur la

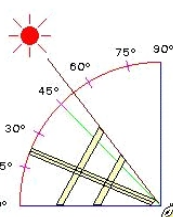


Fig. 4.1: L'arbalestrille

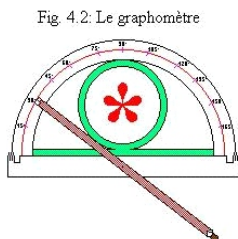


Fig. 4.2: Le graphomètre

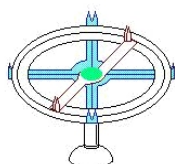


Fig. 4.3: Le cercle hollandais

verticale du centre d'oscillation et très légèrement en-dessous de la ligne de fil. La pesée de petites quantités de matière, par exemple, s'effectuait avec des balances à bras égaux, dont le fléau avait une longueur variant approximativement entre 12 cm et 20 cm.

Ces balances, dénommées "trébuchets", étaient employées, entre autres, par les monnayeurs, les changeurs, les alchimistes et les essayeurs de métaux. Pour le pesage de lourdes charges, on se servait de la balance à fléau et de la balance romaine dont le fléau, ou la tige de la romaine, pouvait mesurer plus de 2 m, et avec lesquelles il était possible de peser jusqu'à environ 6 tonnes.

La balance à plateaux supérieurs de Roberval (fig. 6.5) :

Les instruments de pesage d'autrefois étaient des appareils à plateaux inférieurs suspendus aux extrémités du fléau, ou à la tête de la romaine. En 1669, le mathématicien *Gilles Personne de Roberval* (1602-1675) soumit à l'Académie le prototype d'une balance à plateaux supérieurs, laquelle présentait l'avantage de stabiliser horizontalement les plateaux et, par conséquent, de faciliter les pesées. Aussi surprenant que cela puisse paraître, l'invention du savant sommeilla pendant plus de 150 ans avant d'être exploitée par les fabricants français du XIX^e siècle. Cette balance (fig. 6.5) comprend, en fait, deux fléaux égaux: le fléau CD proprement dit, mobile autour de l'arête A du couteau central, et le contre-fléau EF, mobile autour d'un axe B placé en son milieu. Ces deux fléaux soutiennent par les quatre articulations C, D, E et F les tiges qui supportent les plateaux. La balance de Roberval est une balance robuste et pratique, permet-tant la pesée d'objets volumineux. Elle est cependant moins sensible que la balance à fléau et tend à être remplacée par la balance automatique.

Conclusion partielle

La balance, instrument le plus précis de la physique, permet de résoudre des problèmes assez variés autres que la mesure de poids et le comptage d'objets de même poids. De cette initiation aux instruments de mesure, nous concluons que nos mesures sont ***toujours entachées d'une certaine imprécision***, en partie due à ***l'appareil (erreur systématique)***, en partie due à ***l'expérimentateur***, c'est-à-dire nous-même (***erreur aléatoire***); que ces erreurs résultent généralement :

- ! de l'erreur de lecture;
- ! de l'erreur sur le zéro (référence);
- ! du parallaxe;
- ! de la grosseur des divisions;
- ! de l'irrégularité des divisions;
- ! de la largeur de l'aiguille;
- ! de la méthode de l'expérimentateur; etc. ...

Nous constatons aussi que le palmer est bien plus précis que le mètre et le pied à coulisse, mais qu'il n'est utile que pour la mesure de petites longueurs, alors que les deux autres ont un usage plus général bien que le pied à coulisse soit également limité dans ses applications. Certains instruments sont plus précis que d'autres, mais ne conviennent que dans certaines circonstances spécifiques qui ne sont peut-être pas les mêmes pour les deux instruments. Par conséquent, nous devons choisir l'instrument le plus approprié pour chaque mesure que nous devons prendre, cherchant à combiner le côté ***pratique et la précision***.

En effet, il est inutile de chercher à mesurer une masse au millième de gramme si, pour calculer une masse volumique, nous mesurons les dimensions de l'objet au millimètre près. Nous perdons alors notre temps inutilement puisque le traitement des chiffres significatifs et l'imprécision de l'autre donnée annuleront pratiquement les efforts que nous aurons mis à effectuer une mesure trop précise.

Références

1. BESSON, Hachis. Physique I, Mécanique, éd. PI, Montréal, 1993 (p. 6).
2. DAUMAS, Maurice. Histoire générale des techniques. Éd. Histoire générale des techniques. Paris, Presses universitaires de France, 1962.
3. Grand Larousse encyclopédique. Paris, Larousse [c 1960-c 1964], 10 v., ill.

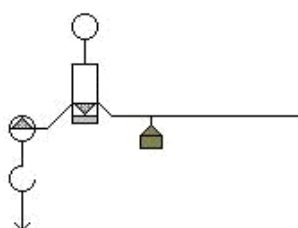


Fig. 6.4: Schéma d'une balance romaine simple

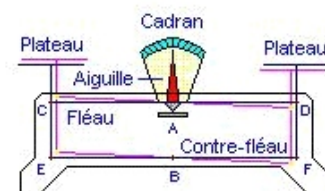
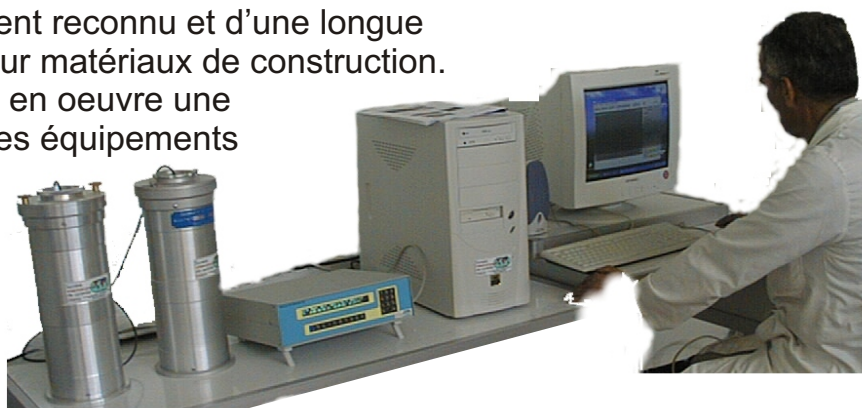


Fig. 6.5: La balance de Roberval

Des équipements de dernière génération pour mieux servir nos clients

Le CETIM dispose d'un personnel compétent reconnu et d'une longue expérience dans le domaines des essais sur matériaux de construction. durant ces deux dernières années, il a mis en oeuvre une stratégie de modernisation de certain de ses équipements ainsi que la mise à jour de son patrimoine par l'acquisition d'appareils de dernière génération qui lui a permit de d'élargir son catalogue de prestations et ainsi de mieux répondre aux besoins de ses clients.



Dans ce cadre, le Laboratoire Central du CETIM s'est doté de plusieurs équipements d'essais tels que :

Analyseur de carbone et soufre dit "LECO" d'une précision de 1 - 6 ppm assisté par ordinateur pour la détermination de la teneur en carbone et soufre.

Absorption atomique : permet d'analyser la composition chimique de solutions diluées qui peut aller jusqu'à 09 éléments.

Calorimètre de Langavant pour la détermination de la chaleur d'hydratation des ciments

Chaîne thermique ATD/ATG/DSC de sensibilité de 1 microgramme et résolution

de 0,04 microgramme: pour la détermination des températures de transformation ou de décomposition de phases, de la perte de masse en fonction de la température ainsi que de l'enthalpie des réactions dans les matériaux.

Les prestations relatifs aux produits rouges et céramiques ont été enrichis par de nouveaux équipements étalonnés et ceci répondant au programme COFRAC pour les essais sur ces types de produit.

Règle à pige: pour la détermination des caractéristiques géométriques (rectitude et planéité) des briques et tuiles.

Four de fluage 1700° permet de réaliser:

- Essais de fluage suivant la norme ISO 3187
- Essais d'affaissement suivant la norme ISO 1893
- Dilatation thermique d'un réfractaire.

Planimètre pour la détermination des caractéristiques géométriques des carreaux céramiques (dimensions, planéité, rectitude, voile, angularité).

Toutes les prestation sont réalisées des appareils étalonnés par un service accrédité



Influence de la durée de pourrissage sur la qualité de la brique.

Les argiles extraites des carrières ne peuvent généralement pas être utilisées brutes immédiatement pour former une pâte propre à la fabrication.

Elle doivent être travaillées et subir des opérations telle que le pourrissage pour permettre :

- ! La formation des mélanges (grise + jaune)
- ! Homogénéisation et l'humidification
- ! Elimination des impuretés (gazeux et déchets)
- ! Amélioration partielle de la plasticité
- Elimination des fissures après séchage

Or, actuellement au niveau de la S.B.Bouira, on explore une argile dite fraîche non pourrie (02 mois environ), non homogène, dominante argile grise parfois.

Avec des paramètres non bien conforme de préparation telles que (dosage, broyage, moillage) qui sont respectivement (6 à 9 % dégraissant «chamotte», 4 à 6 mm, 14 à 15 % avant le malaxeur à deux arbres). Ainsi que ceux de la fabrication à savoir (finissage, vide, filage), respectivement (1.5 à 3mm, 75 à 85%, et 16 à 18 bars).

Mais, avec une filière bien équilibrée et séchage bien maîtriser (stable et souple à une température maximale de 39 à 43° C). Nous avons obtenu un produit (briques de 08 trous) d'une très bonne qualité, ayant les caractéristique suivantes :

- ! Aucune fissure sur le produit
 - ! Humidité résiduelle de 1.9 à 2.6%
 - ! Retrait de 4.5 à 6%
 - ! Taux de casse de 00 à 2.38%
- (proviennent principalement de quelques déformations de la manutention et du découpeur).

La bonne qualité de ce produit (semi finie) demeure stable, depuis le début de l'exploitation de cette argile à ce jour, grâce à :

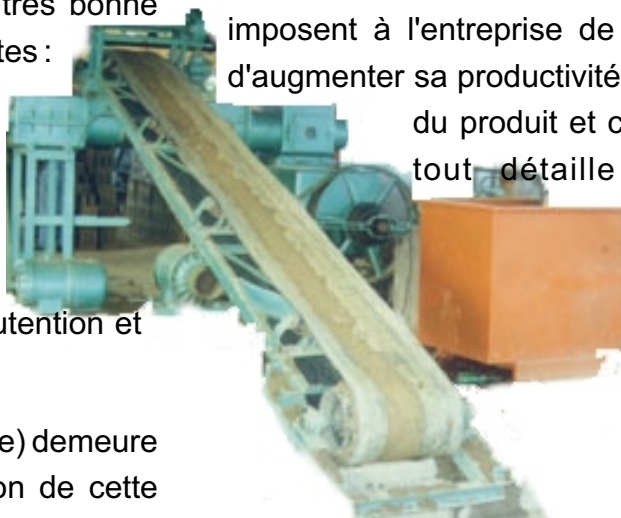
- ! Une bonne stabilité du régime de séchage
- ! Un bon équilibre de la filière.

Au niveau du four, pendant la cuisson, par contre nous avons constaté l'apparition de quelques phénomènes un peut plus délicat à savoir :

- A) absence de défauts de cuisson comme (efflorescences, fissures de séchage, boursouffures, cœurs noir, et déformation)
- B) à une température de 850° C, nous avons obtenu un produit d'une qualité moindre, fragile, présence des incuits et des fissurations ayant une couleur entre le rouge et le marron.
- C) à une température de 850° C à 900° C, la qualité est devenue meilleure avec absence de fissures, un produit très solide, absorption d'eau varie de 1,0 à 2,2 % et une couleur rouge.

Donc, l'influence de ce paramètre sur la qualité du produit (briques) existe, son effet et surtout sur la consommation d'énergie au niveau de la cuisson suite à l'homogénéisation de l'argile et à l'instabilité de sa structure (composition chimique). Cela, malgré la bonne maîtrise des autres paramètres technologiques.

En fin, les conditions économiques actuelles imposent à l'entreprise de réduire ces charges, d'augmenter sa productivité, d'améliorer la qualité du produit et comme en technologie tout détaille doit être prit en considération donc.:



Mekkar Mouloud
Ingénieur d'état
Laboratoire S. B. Bouira

NB : ces observations feront l'objet d'une étude complète.

Les ajouts cimentaires et le développement durable

Arezki Tagnit Hamou^a ClaverNkinamubanzi^b,

LE LAITIER ET LA FUMÉE DE SILICE DANS LE BÉTON

Malgré le fait d'être un sous-produit le laitier de haut fourneau a habituellement une composition chimique tout à fait constante qui est dictée par les contraintes thermodynamiques et métallurgiques. De plus les laitiers de haut fourneau présentent généralement une composition chimique beaucoup plus constante que celle des cendres volantes. Sa basicité, sa température avant refroidissement et la qualité de la trempe sont les principales caractéristiques qui déterminent le potentiel de réactivité d'un laitier.

Le laitier peut être utilisé pour produire des bétons à haute performance, spécialement s'il est utilisé conjointement avec la fumée de silice. Il a été utilisé dans la région de Toronto depuis au moins 15 années pour la construction de la plupart des gratte-ciel de la région.

Une étude de laboratoire a montré que la substitution de 40 à 50 pour cent de ciment par le laitier ne change pas la résistance en compression à 28 jours de bétons de rapport eau-ciment de 0,30 et 0,25. Par ailleurs des quantités minimums d'eau et de superplastifiant sont utilisées pour obtenir un béton de 200 mm affaissement. Finalement, il a été trouvé que la perte d'affaissement peut être facilement contrôlée pendant une heure.

Les échantillons de béton ont atteint une résistance en compression de 130 Mpa après cinq ans de cure à l'eau (6). Le module élastique, résistance au fendage et le module de rupture des bétons de laitiers étudiés étaient assez élevés et ont montré une augmentation considérable entre 7 et 28 jours à cause du développement de l'hydratation tardive du laitier.

Un essai industriel réalisé dans une usine à béton a

Type de ciment		Ciment Type V finement broyé		
Identification du béton		C1	C2	C3
E/L		0,31	0,31	0,25
Composition du liant (%)	Ciment	100	50	30
	Fumée de silice		10	10
	Laitier		40	60
Eau (l/m ³)		127	131	128
Liant total (kg/m ³)		450	455	540
Gros granulat (kg/m ³)		1100	1110	1100
Granulat fin (kg/m ³)		815	800	730
Superplastifiant (l/m ³)	0 min	13	10	13
	45 min	2,3	2	0
	Total	15,3	12	13
Affaissement (mm)	5 min	100	100	240
	Avant ajout du SP	55	70	210
	Après ajout du SP	110	220	190
Teneur en air après 45 min (%)		1,5	1,1	1,1

confirmé les résultats du laboratoire. Dans cette étude le de type 50 (ASTM type V) a été utilisé pour faire trois fournées de béton de 3m³ chacune dans une usine à béton. Tel que présenté dans le tableau 1, le premier béton, C1, contient seulement le ciment de type 50 tandis que les deux autres ciments, C2 et C3, contiennent respectivement 40 et 60% de laitier et 10% de fumée de la silice.

La composition et les propriétés à l'état frais de ces trois bétons sont présentées aussi dans le tableau 1. Dans le cas des bétons, C1 et C2, il a été nécessaire d'augmenter l'addition de superplastifiant pour atteindre un affaissement approximatif de 200 mm après 45 min. Les quantités totales de superplastifiant utilisés à l'usine sont légèrement supérieures à celles utilisées au laboratoire.

La résistance en compression de ces trois bétons jusqu'à 5 années ainsi que le module élastique, la résistance au fendage et le module de rupture, jusqu'à

une année des bétons C2 et C3 sont présentés dans le tableau 2. À cause du type de gros granulat utilisé (calcaire dolomitique), le module élastique des bétons C2 et C3 est déjà assez élevé à 7 jours. Cependant, le tableau 2 montre qu'entre 7 et 28 jours le module élastique continue à augmenter. Cette augmentation du module élastique est une conséquence de l'amélioration des propriétés élastiques du système et de l'amélioration de ces dernières à l'interface pâtes-granulats.

Le tableau 2 montre aussi que la résistance au fendage et le module de rupture sont assez élevés et augmentent entre 7 et 28 jours pour la même raison que pour le module élastique.

En conclusion cet essai industriel démontre clairement tous les avantages qui peuvent être obtenus quand on utilise le laitier et la fumée de silice dans la production de bétons à haute performance.

Type de ciment		Ciment Type V finement broyé		
Identification du béton		C1	C2	C3
E/L		0,31	0,31	0,25
Composition du liant (%)	Ciment	100	50	30
	Fumée de silice		10	10
	Laitier		40	60
Résistance à la compression (MPa)	1 j	41,0	18,7	12,8
	7 j	78,2	61,5	71,5
	28 j	99,3	105,1	114,1
	91 j	108,6	121,3	126,2
	1 an	119,4	126,5	136,8
	5 ans	127,0	130,0	135,5
Résistance à la compression, 5 ans / 28 j (%)		27	24	19
Module élastique (GPa) [100 × 200 mm]	7 j		42	47
	45 j		49	52
	5 mois		52	53
Traction par fendage (MPa) [152 × 304 mm]	28 j		5,5	5,5
	91 j		6,8	7,0
Module de rupture (MPa) [100 × 100 × 400 mm]	7 d		6,5	8,0
	28 j		10,8	11,4
	1 an		10,7	11,0

résistance au fendage et le module de rupture, jusqu'à une année des bétons C2 et C3 sont présentés dans le tableau 2. À cause du type de gros granulat utilisé (calcaire dolomitique), le module élastique des bétons C2 et C3 est déjà assez élevé à 7 jours. Cependant, le tableau 2 montre qu'entre 7 et 28 jours le module élastique continue à augmenter. Cette augmentation du module élastique est une conséquence de l'amélioration des propriétés élastiques du système et de l'amélioration de ces dernières à l'interface pâtes-granulats.

Le tableau 2 montre aussi que la résistance au fendage et le module de rupture sont assez élevés et augmentent entre 7 et 28 jours pour la même raison que pour le module élastique.

En conclusion cet essai industriel démontre clairement tous les avantages qui peuvent être obtenus quand on utilise le laitier et la fumée de silice dans la production de bétons à haute performance.

UTILISATION DU LAITIER DANS LE BÉTON À HAUTE PERFORMANCE DANS LA RÉGION DE TORONTO

Le laitier a été utilisé dans la région de Toronto dans le béton structural depuis plus de 15 années. Son usage a grandi au point où approximativement 60% du béton prêt à l'emploi fournis dans cette région contient du laitier.

Depuis 1986, le laitier a été utilisé dans la production de béton durable et à haute résistance. Dans la construction de Scotia Plaza (7) un mélange ternaire contenant un ciment type 10 (ASTM type I), du laitier et de la fumée de silice ont été utilisés pour rencontrer la résistance spécifiée de 70 MPa à 90 jours. Le mélange a aussi dû satisfaire à exigence d'une résistance de 10 MPa après 11 heures afin de déplacer les coffrages auto-coulissants.

Tableau 3 : Résistance en compression du béton à haute performance utilisé dans la région de Toronto

Béton spécifié à 70 MPa	Scotia Plaza	BCE Place Phase I	BCE Place Phase II	Bay Adelaide
Nombre d'essais	143	287	294	93
Résistance moyenne (MPa)	92,5	86,8	93,9	95,2
Écart type (MPa)	6,8	8,1	6,0	5,8
Coefficient de variation (%)	7,3	9,3	6,4	6,1
Béton spécifié à 85 MPa	BCE Place Phase II		Bay Adelaide	
Nombre d'essais	281		137	
Résistance moyenne (Mpa)	98,7		98,7	
Écart type (MPa)	5,6		5,3	
Coefficient de variation (%)	5,7		5,4	

Le succès de cette approche a mené à l'usage de mélanges semblables sur d'autres projets où les résistances spécifiées étaient de 70 et 85 MPa (8). Un résumé de la résistance en compression des bétons de ces projets est montré dans le tableau 3.

Pour déterminer les caractéristiques à long terme du béton utilisé dans le projet Scotia Plaza des carottes ont été extraites d'une colonne à l'âge de 1, 2 et 7 années t (9, 10).

Les carottes ont été testées pour la résistance en compression, la perméabilité et le module élastique. Une étude pétrographique a été réalisée sur des lames minces du béton.

Jusqu'à 7 années la résistance in-situ a augmenté. La perméabilité aux ions chlore (Rapid chloride permeability, ASTM C1202) était de 300 coulombs à 1 année, 260 coulombs à 2 années et 400 coulombs à 7 années.

Les examens pétrographiques ont montré que le béton était sain et sans signes de détérioration de la matrice ou de l'interface pâte-granulats.

Depuis approximativement 1994 semblables mélanges ternaires ont trouvé un usage croissant dans des projets tel que les ponts où la principale inquiétude est la durabilité. Sur deux ponts construits avec un béton de 60 MPa sur

l'Autoroute 407 un type 10SF (ciment contenant du ciment de type 10 et 8% de fumée de silice) avec un remplacement de 32% du ciment par du laitier, a été utilisé (11). Les essais de perméabilité aux ions chlore sur ces bétons montrent une valeur moyenne de 510 Coulombs. La résistivité électrique est d'un ordre de grandeur plus haut que les résultats pour un béton typique de 30 MPa.

Les aspects pratiques de ces mélanges sont aussi importants. La finition du béton avec fumée de silice est difficile à cause de l'effet collant du béton. L'usage de laitier a significativement amélioré la finition.

Tableau 4: Composition des bétons des éléments préfabriqués du pont de la Confédération

		Poutres marines	Bouclier brise-glace	Sections épaisses
E/L		0,30	0,25	0,31
Eau	kg/m ³	145	142	142
Ciment * (ciment à la fumée de silice)		430	520	330
Cendres volantes (classe F)		45	60	130
Grossier Granulat Ø _{max} = 20 mm		1030	1100	1050
Fin		680	610	690
Agent entraîneur d'air	l/m ³	1,80	1,60	1,38
Réducteur d'eau			0,58	0,30
Retardateur de prise			0,58	0,30
Superplastifiant		3,20	6,00	1,80

Tableau 5 : Composition typique d'un béton à haute teneur en cendre volante

Ingrédients		Faible résistance	Résistance moyenne	Haute résistance
Eau		115	120	110
Ciment ASTM Type I		125	155	180
Cendre volante ASTM Classe F		165	215	220
Gros granulat	kg/m ³	1170	1195	1110
Granulat fin		800	645	760
Agent entraîneur d'air	ml/m ³	200	200	280
Superplastifiant	L/m ³	3.0	4.5	5.5

Par ailleurs, la réduction de la chaleur d'hydratation permet de réduire la tendance à la fissuration due au gradient thermique entre le cœur du béton et la surface.

Finalement, il ne faut pas oublier l'importance de la diminution des coûts de production et de l'effet économique de la durabilité d'un tel béton dans le cadre d'une politique de développement durable.

UTILISATION DES CENDRES VOLANTES DANS LE BÉTON À HAUTE PERFORMANCE

Le pont de la confédération qui relie l'Île-du-Prince-Édouard au reste du pays est d'une longueur de 13 km. Les critères de conception de cet ouvrage devaient garantir une durée de vie de 100 ans. Le béton préfabriqué utilisé est composé de ciment de type 10SF et de cendres volantes tel que présenté au tableau 4. La résistance moyenne en compression obtenue sur ces bétons est de 72 Mpa. La résistance au gel-dégel, facteur de durabilité très important pour le climat hivernal et rigoureux du Canada, est supérieur à la norme même après 500 cycles (La norme ASTM C666 n'exige que 300 cycles) (15).

Une grande quantité de cendres volantes peut être utilisée dans des bétons tel que le béton de masse ou la chaleur d'hydratation doit être contrôlée. Cette technologie consiste en un usage simultané d'un haut remplacement de ciment par la cendre volante et d'un superplastifiant pour diminuer le rapport eau-ciment et améliorer la résistance à jeune âge de ce béton (12).

Même si ce béton a été développé pour le béton de masse, il a été démontré qu'il présente de bonnes propriétés mécaniques et de durabilité. (13). Le t

Tableau 6 : Propriétés mécaniques caractéristiques d'un béton à haute teneur en cendre volante de résistance moyenne

Propriétés du béton	Jours	MPa
Résistance à la compression	1	8
	7	20
	28	35
	91	43
	365	55
Résistance à la flexion	14	4.5
	91	6.0
Module de Young	Jours	GPa
	28	35
	91	38

Tableau 5 présente des mélanges de ce type de béton.

L'affaissement de ces bétons est entre 180 et 220 mm en fonction du dosage de superplastifiant. Quelques propriétés typiques du béton durci sont données dans le tableau 6.

References

Historique du laboratoire du CETIM

Depuis le début des années 80, le secteur de l'industrie en Algérie a fait l'objet de plusieurs aménagements structurels afin de permettre aux entreprises publiques de mieux s'adapter à l'économie du marché.

Malgré ses importants changements ayant intervenus durant les différentes phases de restructuration de la Société Nationale des Matériaux de Construction ex **SNMC**, son Laboratoire Central, créé en 1975 est resté fidèle aux principaux objectifs qui lui ont été assignés initialement par les pouvoirs publics tout en ayant assuré la mise à jour de son patrimoine matériel et humain. Aujourd'hui, il reste l'instrument technique incontournable d'accompagnement des entreprises de production des matériaux de construction.



En effet, le laboratoire central a changé plusieurs fois de tutelle. A sa création il a fait partie de la division recherche et études géologiques de la **SNMC**, puis ensuite de l'Unité de Recherche Géologique de l'Entreprise Nationale de Développement des Matériaux de construction **ENDMC** pour enfin devenir un département du **CETIM** en 1998 à sa création.

Le CETIM comptabilise ainsi une expérience de plus de vingt cinq ans dans le domaine des essais sur les matériaux de construction et réunit toutes les conditions pour constituer à terme un outil d'accompagnement technique des entreprises de production dans les actions clés que constituent l'innovation, la qualité et la compétitivité.



Toutes fois, pour garder son niveau de technicité, le Laboratoire Central s'est vu doté d'un matériel moderne réceptionné ces deux dernières années à l'instar du laboratoire "Céramique" et "produits Rouges" qui a bénéficié d'un nombre important d'appareils d'essais afin de répondre aux nouvelles exigences normatives d'essais et d'accréditation..

Adresse & Téléphones

Direction Générale

Tél : 024 81 67 78 - Fax : 024 81 72 98

Directeur Général Adjoint

Tél : 024 81 99 79 - Fax : 024 81 83 90

Centre de Documentation et Information

Tél : 024 81 99 76 - Tél/Fax 024 81 82 20

Département Technico-Commercial

Tél : 024 81 55 37 - Tél/Fax 024 75 58

Département Gestion de la Qualité

Tél : 024 81 99 78 / 024 81 81 53

Département Laboratoire Central

Tél/Fax : 024 81 75 84

Département Etudes et Appui à la Production

Tél/Fax : 024 81 99 75

Département Recherche Appliquée

Tél/Fax : 024 81 10 35

Adresse

Cité Ibn Khaldoun, BP 93, BOUMERDES 35000

e-mail : cetim@wissal.dz

A NOS LECTEURS

Cet espace est le votre

Toute suggestion, critique, proposition ou participation émanant aussi bien de l'intérieur de notre entreprise que des lecteurs extérieurs permettant l'amélioration et l'enrichissement de cet outil d'information est la bienvenue.

Faites nous parvenir vos articles et communications à :

" Info CETIM / CDI "

Cité Ibn Khaldoun, BP 93, BOUMERDES 35000

Ou par e-mail