

LES CIMENTS PORTLAND ARTIFICIELS

Réception - Contrôle
Dosage des Bétons

RÉSUMÉ DE LA CONFÉRENCE

*donnée le 3 Janvier 1928, à la
Fédération Nationale Belge du Bâtiment et des Travaux Publics*

PAR

M. RAOUL DUTRON

INGÉNIEUR

Directeur du « Groupement Professionnel des Fabricants Belges
de Ciment Portland artificiel »

Extrait du **Bulletin Officiel** du
1^{er} février 1928 de la « Fédération
Nationale Belge du Bâti-
ment et des Travaux Publics ».

ASSOCIATION TECHNICIENS BELGES
de CONSTRUCTIONS CIVILES.

52, Rue de la Montagne
— BRUXELLES —

Service - Documentation

Les Nouvelles Normes pour la Réception des Ciments Portland artificiels et le Contrôle de la Qualité des Ciments -:- Dosage rationnel des Bétons -:-

I. — Réception et Contrôle de la Qualité des Ciments Portland artificiels

L'industrie du ciment Portland artificiel est parvenue au cours de ces dernières années à développer, à un degré inespéré, la qualité de ses produits.

Actuellement, le fabricant tient en main tous les facteurs de sa fabrication; il peut ainsi, en toute sécurité, produire des ciments de qualité déterminée et parfaitement constante, depuis le *ciment de qualité courante* jusqu'aux ciments à *durcissement rapide* atteignant, en un délai très court, de très hautes résistances.

La diffusion de la connaissance de la qualité actuelle des ciments et la vulgarisation de l'emploi de ces ciments basé sur leur qualité étaient d'autant plus lentes à se réaliser que nos Administrations n'avaient plus révisé, depuis de nombreuses années, leurs prescriptions sur les conditions de réception des ciments. Il était urgent de faire reconnaître officiellement les progrès énormes réalisés par l'industrie du ciment.

Grâce à l'initiative du Groupement professionnel des Fabricants de Ciment Portland artificiel, la revision des normes pour le ciment est chose faite à l'heure actuelle.

D'après leur qualité, les ciments sont rangés en trois catégories :

- 1° Les ciments Portland artificiels *normaux* (P. A. N.);
- 2° Les ciments Portland artificiels à *haute résistance* (P. A. H. R.);
- 3° Les ciments Portland artificiels à *durcissement rapide* (P. A. D. R.).

Les conditions auxquelles ces ciments doivent satisfaire sont publiées dans les cahiers des charges des Administrations de l'Etat. On peut également les obtenir sur demande adressée au bureau du Groupement professionnel des Fabricants de Ciment Portland artificiel, 4, rue Montagne du Parc, à Bruxelles.

Voici les *résistances minima* que ces trois catégories de ciment doivent fournir aux essais de *traction* et de *compression* en mortiers normaux battus :

DESIGNATION	Nature de l'essai	Résistances en kg/cm ²			
		Après 1 jour à l'air	Après 3 jours à l'air et 2 jours sous eau	Après 7 jours à l'air et 6 jours sous eau	Après 28 jours à l'air et 27 jours sous eau
Ciment P. A. normal.	Traction . . .	—	—	18	23
	Compression .	—	—	200	300
Ciment P. A. à haute résistance	Traction . . .	—	23	25	30
	Compression .	—	300	400	500
Ciment P. A. à durcissement rapide.	Traction . . .	20	25	30	33
	Compression .	225	400	500	550

Est-il besoin de dire que le renforcement des conditions de réception des ciments Portland artificiels ne pourra que contribuer à accentuer encore les progrès dans la fabrication du ciment et à développer les applications du béton et du béton armé.

Du reste, la classification des ciments en trois catégories entraîne la nécessité d'établir une nouvelle technique pouvant servir de base à un emploi rationnel des ciments suivant la classe à laquelle ils appartiennent. Cette rationalisation dans l'emploi du ciment doit de plus se lier étroitement à l'établissement de règles pour la réalisation du dosage scientifique des bétons.

C'est notamment pour mettre au point cette question que les services techniques du Groupement ont été chargés d'une double mission : *la recherche*, qui s'étend à toutes les applications du ciment, et *le contrôle*, qui garantit la qualité du ciment.

Le contrôle est indispensable; la rationalisation du ciment ne peut avoir de portée pratique que si la qualité même du ciment,

sur laquelle on s'appuie pour fixer le dosage et prévoir la résistance du béton, se trouve garantie d'une manière absolue.

Le contrôle est exercé dans le laboratoire d'essai des matériaux de l'Université libre de Bruxelles, par un personnel technique particulièrement compétent en la matière.

Toutes les usines du Groupement se soumettent à ce contrôle qui s'effectue :

- 1° A l'initiative du laboratoire et d'une façon permanente;
- 2° A la demande des usines ou des acheteurs ou des consommateurs.

A la demande de ces derniers, les fournitures peuvent donc être, soit revêtues de la *marque de contrôle* suivante :



soit accompagnées d'un *certificat de garantie* délivré par le laboratoire après essais effectués sur un échantillon prélevé dans le lot fourni.

Il paraît inutile d'insister davantage sur l'intérêt que ce contrôle présente pour l'industrie du bâtiment et des travaux publics, et sur les grands services qu'il peut lui rendre.

II. — Dosage rationnel des Bétons

Etant donné que, pour exécuter un ouvrage en béton, on dispose de *certaines lots de matériaux inertes* (squelette), pierres, galets, sables ou poussières de dimensions, forme et nature diverses, et d'un *ciment de qualité déterminée*, les problèmes qui se posent se ramènent toujours aux suivants :

Dans quelles proportions faut-il mélanger ces matériaux pour composer le meilleur squelette du béton et quelles sont les

quantités de ciment et d'eau à leur ajouter en vue de constituer un béton possédant les qualités suivantes :

- a) Une bonne compacité (la plus dense possible);
- b) Une résistance déterminée;
- c) Une facilité de mise en place dans les coffrages en rapport avec la difficulté particulière d'exécution du bétonnage et du damage.

Tels sont les problèmes que le service de recherches s'est efforcé de résoudre au cours de ses études.

Il n'a pu être fait qu'un exposé assez sommaire de la façon systématique dont ces recherches ont été poursuivies et des conclusions pratiques auxquelles elles conduisent.

En voici le résumé :

Ce travail de recherches a été subdivisé en deux parties :

La première s'est attachée à montrer l'influence de la composition du squelette sur les trois qualités des bétons citées ci-dessus, indépendamment de la qualité et de la quantité de ciment qui ont été maintenues constantes au cours des essais.

Les variations dans la composition du squelette, c'est-à-dire les variations dans la proportion des matériaux gros — pierrailles ou galets — par rapport aux matériaux fins — sables ou poussières — de même que les variations dans leur forme, dans leurs grosseurs et dans la proportion des particules de grosseurs différentes (composition granulométrique) qui constituent les éléments gros et les éléments fins, ont un effet très marqué sur la compacité, la résistance et la facilité d'exécution des bétons.

Il y a une proportion de mélange optimum qui donne à la fois la meilleure résistance et la meilleure compacité.

Des règles simples permettent de déterminer cette proportion pour les divers matériaux dont on peut devoir faire usage.

Mais quand le béton est constitué de pierraille dont la grosseur maximum dépasse 20 à 25 m/m, cette composition optimum conduit à des bétons d'autant plus raides à l'exécution que la pierraille est plus grosse, et cette composition doit être modifiée de façon à réaliser une meilleure graduation dans la grosseur des particules du squelette et par suite une meilleure facilité d'exécution.

La façon dont il faut procéder pour déterminer pratiquement ces compositions les meilleures, se trouvent développées dans une brochure éditée par le Groupement professionnel et ayant pour titre :

Le Ciment. — Fabrication. — Propriétés
Règles d'emploi du ciment dans les mortiers et les bétons

Cette brochure peut être obtenue sur demande adressée au Groupement.

La seconde partie des recherches sur le dosage rationnel des bétons avait pour but de déterminer la résistance probable d'un béton à un âge donné en fonction de tous les éléments du dosage.

Il est prouvé que pratiquement on obtient une appréciation suffisante de la résistance en tenant compte :

- 1° De la quantité de ciment (richesse du béton en ciment);
- 2° De la qualité du ciment;
- 3° De la quantité d'eau de gachage (celle-ci est fixée par la composition granulométrique du squelette, la richesse en ciment et le degré de plasticité exigé pour la mise en place du béton).

De la comparaison qui a été faite des formules établies par divers expérimentateurs — Abrams, Feret, Graf, Bolomey, Viesser, Commission Suisse du Béton coulé — en vue de déterminer *a priori* la résistance du béton, il résulte :

Que la formule, la plus simple et la plus exacte dans les limites des dosages couramment employés est la suivante :

$$R = K \left(\frac{C}{E} - K' \right) (1) \text{ (Suisse)}$$

R = charge de rupture en kg par cm² du béton à l'écrasement.

$$\frac{C}{E} = \frac{\text{pois du ciment.}}{\text{pois de l'eau.}}$$

K et K' = deux constantes à déterminer expérimentalement.

Pour des essais effectués sur des blocs de béton de mêmes formes et dimensions, leurs valeurs dépendent principalement de la qualité du ciment et de l'âge du béton ainsi que des matériaux employés, et des conditions d'exécution et de durcissement des bétons.

Les valeurs de K' peuvent varier de 0,35 à 0,80, ce qui justifie la valeur moyenne de 0,50 adoptée par Bolomey dans sa formule :

$$R = K \left(\frac{C}{E} - 0,50 \right) \quad (2)$$

Ces formules montrent toute l'importance qu'il faut attacher à la détermination et au contrôle de la quantité d'eau qui entre dans la fabrication du béton.

Le facteur E est tout aussi important que le facteur C, c'est-à-dire que le dosage en eau influe autant sur la résistance du béton que le dosage en ciment.

Il y a un minimum d'eau indispensable pour amener le béton à la plasticité voulue pour sa mise en œuvre. Cette eau est utile, mais *tout excès d'eau affaiblit inutilement la résistance du béton au même titre qu'une réduction correspondante dans le poids du ciment.*

La formule (1) a été vérifiée par de nombreux essais expérimentaux effectués avec des ciments de qualités différentes et après des durées de durcissement de 3, 7, 28 et 90 jours.

De la comparaison de ces résultats, *on peut tirer les conclusions suivantes :*

1° Le temps après lequel les ouvrages en béton peuvent être décoffrés et mis en service dépend directement de la qualité du ciment.

D'une façon générale, des bétons de même richesse en ciment et exécutés dans des conditions identiques (soins, quantité d'eau, température) atteignent des résistances égales :

- Après trois jours pour les ciments à durcissement rapide;
- Après sept jours pour les ciments à haute résistance;
- Après vingt-huit jours pour les ciments normaux.

La progression dans les résistances se retrouve être à peu près égale :

- Après sept jours pour les ciments à durcissement rapide;
- Après vingt-huit jours pour les ciments à haute résistance;
- Après nonante jours pour les ciments normaux;

2° Si l'on ne vise pas à un décoffrage rapide, on peut, tout en gardant la même résistance, réduire la quantité de ciment par m³ de béton, en remplaçant le ciment normal notamment par

du ciment à durcissement rapide. La réduction du dosage en ciment se traduit par une économie malgré le coût plus élevé des ciments de qualité supérieure.

Ce bref exposé ne peut donner qu'un aperçu forcément incomplet de la question du dosage rationnel des bétons.

La documentation et les résultats des recherches des services techniques du Groupement sont à la disposition de tous, en vue de seconder l'ingénieur et l'entrepreneur dans la résolution des problèmes particuliers qu'ils peuvent rencontrer dans le choix du dosage des bétons.

R. DUTRON.