

Des services intégrés

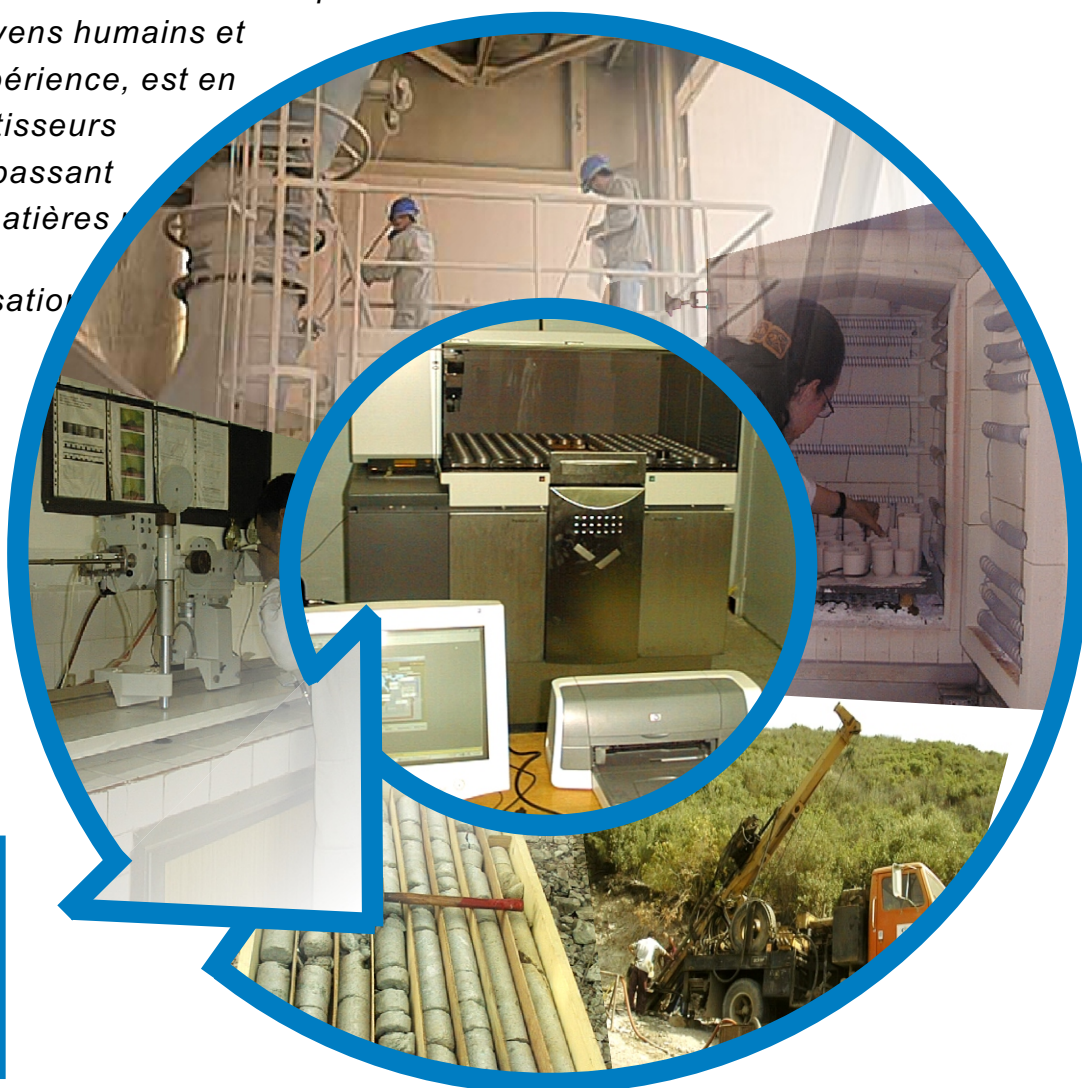
Editorial

De part la gamme des prestations qu'il offre, le CETIM est le seul centre spécialisé à proposer des services intégrés assurant un accompagnement technique des entreprises de la branche des matériaux de construction dans toutes les phases d'études, de réalisation et d'exploitation.

Le CETIM, grâce à ses moyens humains et matériels ainsi qu'à son expérience, est en mesure d'assister les investisseurs depuis l'idée du projet, en passant par la caractérisation des matières, les études de maturité et la réalisation

mise en service et l'assistance à l'exploitation (contrôle de qualité des produits, contrôle de production, bilans thermique et énergétique, diagnostics ...).

C'est donc en proposant des services intégrés et complémentaires que le CETIM compte préserver sa place de leader au niveau national et de partenaire fiable.



Directeur de la Publication

M. A. ADJTOUTAH (PDG du CETIM)

Comité de lecture

M^{me} K. SAHRAOUI
M. A. DERRAS
M. A. DAOUDI
M. L. MADI
M. A. FERDJELLI
M. R. STITI
M. K. SELLAH

Sommaire

Editorial : des services intégrés	P1
Actualité	P2
La métrologie et la qualité	P3
Activation des cendres volantes dans les bétons	P4
Les bétons à haute performance	P5
Classification des massifs rocheux	P9
Le prélèvement des échantillons	12

SEMINAIRES

La loi minière et ses répercussions sur la gestion et l'organisation des entreprises

Le CETIM, a organisé le 20 et 21 octobre 2003 un séminaire sur le thème:

« la loi minière et ses répercussions sur la gestion et l'organisation de l'entreprise ».

Ces journées s'inscrivent dans le prolongement du séminaire national et des ateliers organisés par le

CETIM en décembre 2001 ayant porté sur l'explication des dispositions de la nouvelle loi. Les responsables ayant en charge l'exploitation des carrières dans différents secteurs de l'industrie sont venus assister à ce séminaire en quête d'éclairages sur les questions relatives à l'application sur le terrain des textes promulgués.



La Norme ISO 9001 Version 200

Le CETIM a tenu de marquer la fin de l'année 2003, qui coïncide avec l'expiration de la validité de l'ancienne norme ISO 9001 version 94, par l'organisation d'un séminaire sur la nouvelle norme ISO 9001 version 2000.

Ce séminaire animé par Monsieur COPPIN, expert qualitatif français, a regroupé une cinquantaine de cadres Algériens



de différents secteurs économiques, pendant deux jours (21 et 22 décembre) à l'Hôtel HILTON ALGER.

Durant la première journée, l'intervenant a traité les principes fondamentaux de la norme ainsi que l'approche processus. La deuxième journée, a été consacrée aux exigences de la norme et du management des processus.



CERIST

Répertoire des compétences nationales pour la coopération technique

Le Centre de recherche sur l'information scientifique et technique (Cerist) a organisé le 5 octobre 2003 une journée d'information sur le « REPERTOIRE DES COMPETENCES NATIONALES POUR LA COOPERATION TECHNIQUE ».

L'objectif visé par les organisateurs de cette journée est de faire connaître aux différents acteurs de la société civile, la base de donnée lancée par le Ministère des affaires étrangères, en collaboration avec le Cerist.

Cette base de données, sous forme de répertoire, permettra le recensement des experts et des pôles de compétences algériens, aussi bien sur le territoire national qu'à l'étranger.

Cette initiative entre dans le cadre du projet « renforcement des capacités nationales par l'utilisation de la coopération technique entre pays en développement (CTPD) », initié par le gouvernement algérien avec le soutien du Programme des Nations unies pour le développement (PNUD).

Le répertoire sous forme de base de donnée informatique réalisé par le CERIST constitue un outil performant, à la disposition des institutions nationales et internationales, permettant de faire intervenir une compétence en vue de la réalisation d'un projet, une étude, une enquête ou toute autre expertise en Algérie et dans les pays en développement.

A cet effet, les organismes et personnes désirant figurer dans cette base, peuvent s'inscrire en ligne par le biais du site web : www.rcnct.org.dz.

La Métrologie & Qualité :

K. SAHRAOUI
Chef département Management Qualité - CETIM

Le contexte économique actuel rend l'entreprise plus en plus confrontée à une concurrence vive, la mise en place d'un système de management de la qualité conforme aux standards internationaux devient la condition préalable pour accéder aux marchés et pour s'y maintenir. Dans le cadre de la démarche qualité, l'activité de production est tous les jours confrontée au problème de la mesure et des contraintes liées à celle-ci. La fonction métrologie joue un rôle clé dans le recours aux normes ISO. La maîtrise des instruments de mesure donne toute sa crédibilité au système d'assurance qualité. La métrologie constitue un outil essentiel de la compétitivité de l'entreprise et un investissement permettant de maîtriser la qualité des produits et les risques de non qualité.

Les Problèmes de Certification Qualité, dans le Domaine de la Métrologie :

Le choix de la traçabilité de chaîne d'étalonnage, autrement dit, du raccordement des moyens de mesure à la chaîne d'étalonnage reconnue est l'un des points délicat de l'assurance qualité en métrologie. Pour cela l'entreprise doit répondre aux questions suivante :

- comment répondre efficacement aux exigences des normes ISO 9000 et 17025 en optimisant la fonction métrologie de l'entreprise?
- faut-il faire appel à la sous-traitance et jusqu'où?
- quelle périodicité d'étalonnage choisir?
- comment rationaliser les dépenses?

La mise en Place de la Métrologie :

1-positionner la métrologie au sein de l'entreprise :

- ✍ cerner le rôle et l'organisation pratique de la fonction pratique de la fonction métrologie
- ✍ identifier les différents acteurs
- ✍ fixer les objectifs et en argumenter les coûts

2-mettre en place le processus "gestion des moyens de mesure" :

- ✍ Identifier le besoin :
 - a - métrologie et critères à prendre en compte
- ✍ Recenser son parc d'équipement :
 - a - définir le type des instruments
 - b - assurer leur repérage
- ✍ Organiser le suivi :
 - a - les périodicités : les méthodes pour faire le meilleur choix
 - b - la maintenance et l'étalonnage
 - c - la politique d'étalonnage (interne, externe)
 - d - la sous-traitance : rôle et responsabilités

- ✍ Suivre une méthode de mise en oeuvre : De l'analyse du besoin à la mise en rebut
- A-gérer le système documentaire de maîtrise des équipements de mesure

Les Exigences Normatives Relatives à la Métrologie :

-Le chapitre 7.6 "maîtrise des dispositifs de surveillance et de mesure" de la norme ISO 9001, pour les entreprises

- Maîtrise des dispositifs de surveillance et de mesure :

"L'organisme doit déterminer les activités de surveillance et de mesure à entreprendre et les dispositifs de surveillance et de mesure nécessaires pour apporter la preuve de la conformité du produit aux exigences déterminées.

L'organisme doit établir des processus pour assurer que les activités de surveillance et de mesure peuvent être effectuées et sont effectuées de manière cohérente par rapport aux exigences de surveillance et de mesure.

Lorsqu'il est nécessaire d'assurer des résultats valables, les équipements de mesure doivent être :

a- Etalonnés ou vérifiés à intervalles spécifiés ou avant leur utilisation, par rapport à des étalons de mesure reliés à des étalons de mesure internationaux ou nationaux (lorsque ces étalons n'existent pas, la référence utilisée pour l'étalonnage doit faire l'objet d'un enregistrement "

-Le chapitre 5.6 "traçabilité de mesurage" de la norme ISO 17025 pour l'accréditation des laboratoires

-Traçabilité du mesurage :

"Tout équipement utilisé pour effectuer des essais et/ou des étalonnage, y compris les instruments servant aux mesurages annexes (par exemple des conditions ambiantes), ayant un effet significatif sur l'exactitude ou validité du résultat de l'essai, de l'étalonnage ou de l'échantillonnage, doit être étalonné avant d'être mis en service le laboratoire doit avoir un programme et une procédure établis pour l'étalonnage de son équipement"

La sous-traitance de Métrologie - les exigences - :

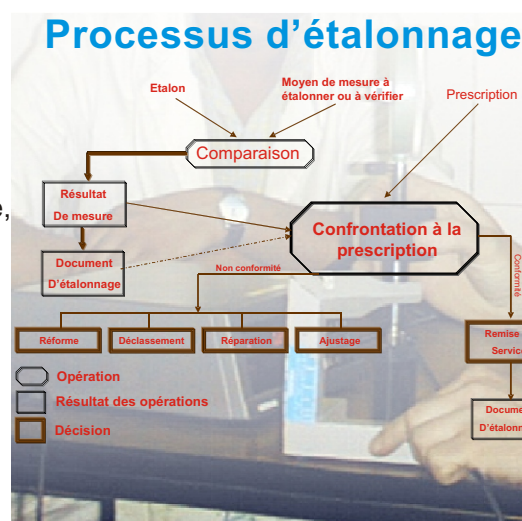
Al'heure actuelle certaines entreprises font recours :

-Aux mesures comparatives (avec tous les risques de perturbations)

-Aux laboratoires étrangers de métrologie avec tous les coûts et délais que cela peut entraîner

"Pour assurer l'étalonnage et/ou la vérification de ses étalons et de ses moyens de mesure, l'entreprise peut, le cas échéant, avoir recours à la sous-traitance

Elle est responsable de sa politique en la matière qu'elle doit assurer en parfaite connaissance de ses moyens et de ses capacités.



La sous-traitance d'opérations d'étalonnage et/ou de vérification doit être assurée que par des entreprises de compétence établie satisfaisant pleinement aux principes précédemment exposés

L'entreprise donneur d'ordres a la responsabilité :

- soit de s'assurer elle-même que son sous-traitant répond aux exigences requises

- soit de limiter son choix de sous-traitants aux seuls laboratoires d'étalonnage agréés ou service de Métrologie habilité"

" Activation des cendres volantes dans les bétons "

F. CHERIFI
Chef de laboratoire Analytique
et Minéralogie - CETIM

Il serait faux de penser que le terme cendre volante est utilisé pour caractériser un ajout minéral à des propriétés physiques ou chimiques bien particulières.

Il existe en fait toute une gamme de cendres volantes dont les propriétés cimentaires dépendent par exemple de l'origine du charbon utilisé dans la centrale thermique ainsi que son degré de pulvérisation lors de la combustion. En outre, l'âge de la centrale, ses conditions d'opération (au ralenti ou à plein régime), ainsi que le processus de récupération des cendres volantes affectent grandement les caractéristiques physiques et chimiques. Cependant, pour des fins d'utilisation dans l'industrie du ciment et du béton, on a l'habitude de regrouper les cendres volantes en 2 grandes classes, d'après leur composition chimiques, la classe F et la classe C.

Les cendres volantes de classe C sont principalement caractérisées par une haute teneur en oxyde $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$, supérieur à 50 % et par une teneur en CaO supérieur 10 %. Certaines de ces cendres volantes sont hydrauliques en plus de leur action pouzzolanique.

Les cendres volantes de classe F sont principalement caractérisées par une haute teneur en oxyde $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$, supérieur à 70 % et par une teneur en CaO faible inférieure à 10 %. Les cendres volantes entrant dans cette catégorie n'ont pas de pouvoir liant proprement dit mais plutôt un potentiel pouzzolanique.

Les travaux de que j'ai effectué au laboratoire central de recherche LAFARGE consiste justement à activer ces cendres volantes par :

- Ajout d'accélérateurs de prise (tel que le Cl_2)
- Addition de fumée de silice
- Sélection granulométrique
- Ajout de modificateurs chimiques

- Dans la logique des essais qui ont été réalisés, l'influence des cendres volantes sur les caractéristiques du béton, notamment les résistances mécaniques est appréhendée à travers : les mécanismes physico-chimiques qui gouvernent les processus et les cinétiques d'hydratation en présence du ciment portland.



Les caractéristiques physiques (finesse et répartition granulométrique) des ajouts de cendres volantes conditionnent directement :

La densification de la pâte par effet de compactage. Les particules fines viennent se loger dans les espaces intergranulaires du ciment, et contribuent, avant toute réaction chimique à diminuer la proportion du vide.

Une plus grande finesse de la cendre volante améliore la cinétique de dissolution par cinétique de dissolution par augmentation de la surface exposée de l'attaque hydroxylique.

Les caractéristiques de la phase amorphe des cendres volantes conditionnent aussi sa réactivité, on se trouve généralement en présence de verre plus au moins polymérisé, dont la structure est perturbée par différentes espèces cationiques (Na , K , Ca) qui contribuent à interrompre les chaînes, ou par d'autres espèces (Al , Fe) qui introduisent un désordre chimique

L'aptitude de la phase amorphe à passer rapidement en solution est conditionnée en partie par son degré de désordre.

L'analyse élémentaire des ajouts est très importante pour expliquer la réactivité.

La nature et la morphologie des hydrates dans la zone de transition pâte - granulat Cette morphologie est modifiée par l'ajout des cendres volantes. On observe une diminution de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, de surcroît l'ajout des cendres volantes perturbe l'ordonnement des cristaux de la portlandite.

Les produits d'hydratation C-S-H formés dans les systèmes contenant des cendres volantes présentent certaines différences morphologiques (degré de cristallisation plus élevé des C-S-H et le rapport C/S plus faible.

L'avantage de ces études étant de réduire le coût du m^3 de béton, l'amélioration de l'ouvrabilité du béton frais, l'imperméabilité et la durabilité du béton durci, d'autre part, de diminuer la quantité de chaleur qui se dégage lors de la prise du béton puisqu'on diminue le dosage en ciment du béton. Etant donné que les grains de cendre volante contribuent à fixer la chaux ainsi que les alcalis libérés par le ciment, ils contribuent à modifier la structure interne du béton entraînant aussi en particulier une meilleure résistance aux sulfates ainsi qu'une réduction très importante du phénomène d'expansion causé par les réactions alcalis-granulats.

A noter que de la même manière s'opère d'autres études quand à l'activation d'autres ajouts cimentaires tel que les laitiers de haut fourneau, pouzzolanes et tufs.

Les bétons à haute performance

Pierre-Claude Aïtcin
Professeur Émérite

Université de Sherbrooke, Québec, CANADA

Le béton a été perçu jusqu'à très récemment presque exclusivement comme un produit de consommation bon marché. Si dans beaucoup de pays on construit encore des structures avec des bétons de 15 à 25 MPa, on a vu apparaître dans les pays industrialisés des bétons dits à haute performance ayant des résistances à la compression comprises entre 50 et 120 MPa. Non seulement de tels bétons sont beaucoup plus économiques dans certaines applications sur une base de coût initial, mais aussi du point de vue entretien car ils sont beaucoup plus durables. Enfin, ces bétons sont beaucoup plus écologiques car on y utilise tous les matériaux qui constituent le béton au maximum de leurs possibilités.

Plus récemment, on a même vu apparaître des bétons de pointe, pouvant être qualifiés d'intelligents, qui s'adressent à des marchés niches: béton autocompactant, béton fibré, béton à haute performance compacté au rouleau, béton de poudres réactives.

Lors de sa mise en place sur le chantier. Cependant, dans plusieurs pays industrialisés, on a pu voir la résistance à la compression des bétons utilisés dans la construction courante augmenter légèrement (25 à 55 MPa) (Aïtcin 1995) grâce à l'utilisation de réducteurs d'eau. La rhéologie de tels bétons est améliorée grâce aux propriétés déflocculantes de petites quantités de molécules organiques (moins de 1 litre par m³). Les réducteurs d'eau les plus couramment utilisés sont à base de lignosulfonate, un déchet des usines de pâtes et papiers opérant selon le procédé au bisulfite. La quantité d'eau de gâchage n'est déjà plus le seul facteur qui contrôle la rhéologie des bétons adjuvants.

Durant les années 70, on a vu apparaître aux États-Unis des bétons ayant des résistances à la compression comprises entre 50 et 60 MPa pour construire les colonnes de gratte-ciel (Albinger et Moreno 1991). Ces bétons étaient fabriqués en sélectionnant avec soin les ingrédients entrant dans la composition du béton ainsi que le réducteur d'eau utilisé et en remplaçant une certaine quantité de ciment Portland par une cendre volante performante (Aïtcin 1998).



Finalement, l'industrie du ciment et du béton va devenir une industrie «verte» en contribuant de façon soutenue à la politique de développement durable qui va présider l'essor de nos sociétés.

Pendant longtemps, les concepteurs et l'industrie du béton se sont contentés de prescrire et de mettre sur le marché un béton universel dont la résistance en compression variait entre 15 et 25 Mpa. La rhéologie de tels bétons est principalement contrôlée par la quantité d'eau introduite dans le béton lors de son gâchage ou

1 - Les bétons à haute performance

La technologie des adjuvants a fait beaucoup de progrès lorsque toute l'efficacité des propriétés dispersantes des polynaphthalène et polyméline sulfonates a commencé à être utilisée, non seulement pour augmenter la fluidité du béton, mais aussi pour diminuer

le rapport eau/ciment (Hattori 1978, Meyer 1978). Grâce à l'utilisation de ces polymères synthétiques,

il devint facile d'augmenter, presque à souhait, la résistance à la compression jusqu'à 100 MPa sans aucun effet négatif sur la rhéologie du béton. Au fil des ans, le nom de ces «bétons à haute résistance» s'est transformé en «bétons à haute performance» parce qu'on a réalisé que ces bétons avaient bien plus qu'une haute résistance.

Ces bétons ont été utilisés dans des ouvrages extérieurs tels que des plate-formes de forage, des ponts, des routes, etc., où ils ont été soumis à un environnement agressif. Petit à petit, on s'est rendu compte que le marché de ces bétons était plus vaste que le simple marché de la haute résistance, mais s'étendait de façon plus générale au marché du béton durable qui représente environ un tiers du marché du béton actuel (Aïtcin 1998).

On s'est aussi rendu compte récemment que, dans l'état actuel des connaissances, ce type de béton est plus écologique que le béton usuel, car il est possible de supporter une charge donnée avec moins de ciment, et bien sûr, moins de granulat. De plus, la durée de vie d'un béton à haute performance est estimée à deux ou trois fois celle d'un béton usuel. De plus, lorsqu'un béton à haute performance a atteint la fin de sa durée de vie, il peut être recyclé deux ou trois fois avant d'être transformé en granulat de base pour construire des routes.

Les bétons à haute performance, qui sont simplement des bétons de faible rapport E/C ou E/L, sont aussi des bétons économiques du point de vue du coût initial, car il est possible de construire une structure équivalente avec moins de coffrage, moins de béton à mettre en place et moins d'armatures. Le ministère des Transports du Québec a calculé une économie de 8% du coût initial d'un pont en béton armé quand la résistance en compression du béton est de 50 à 60 MPa par rapport au coût d'un pont construit avec un béton de 35MPa, sans parler de l'augmentation de sa durée de vie (Coulombe et Ouellet 1994).

L'accueil fait aux bétons à haute performance est encore réservé, mais leur utilisation progresse constamment et cette progression continuera au début de ce siècle car les concepteurs et les propriétaires réaliseront la valeur et la durabilité de ce béton.

3. Le développement des bétons intelligents

Bien sûr, les bétons à haute performance ne sont pas une panacée qui freinera le développement de tous les autres types de bétons. Le béton à haute performance a ses limites, mais c'est un béton durable qui permettra aux concepteurs et aux architectes de dépasser les limites du béton actuel.

Afin d'étendre le champ d'application du béton, ou pour corriger quelques-unes de ses faiblesses. Parallèlement à ces développements dans le domaine des bétons à haute performance, nous avons pu voir récemment d'autres bétons de pointe se tailler des marchés de niche tels le béton renforcé de fibres,

le béton autoplacant, le béton coulé sous l'eau, le béton à haute performance compacté au rouleau et le béton de poudres réactives. Tous ces bétons sont conçus pour des marchés qui sont restreints mais rentables, où la compétition est limitée. Seuls les compagnies sérieuses convoitent ces marchés, parce qu'ils sont à la fine pointe de la technologie. Lorsqu'elles peuvent fabriquer de tels bétons de point, les compagnies de béton peuvent aussi fournir très facilement les grandes quantités de béton usuel nécessaires pour compléter un bâtiment ou une infrastructure.

Il est évident que cette courte liste de bétons spéciaux n'est pas complète et qu'elle s'allongera très rapidement avec le temps car il sera de plus en plus intéressant d'offrir aux propriétaires et aux entrepreneurs des solutions plus élégantes, plus économiques, plus durables et finalement plus rentables que celles où l'on utilise un béton de 20 à 30 MPa.

Le développement de projets BOOT (Build Own Operate and Transfer) accélérera sans doute cette tendance vers la formulation de bétons de pointe. Ayant déjà travaillé sur un projet BOOT, j'ai vu que lorsque l'entrepreneur est tenu d'assurer l'entretien d'une structure pendant 25 ou 30 ans et garantir une durée de vie de 100 ans, il n'hésite pas très longtemps quant à la qualité du béton qu'il utilisera: il choisit un béton à haute performance.

Chose intéressante, on découvre parfois que ces bétons intelligents pourraient fournir des avantages additionnels que ceux pour lesquels ils ont été initialement conçus. Par exemple, l'on peut citer le cas du béton autoplacant qui a été développé au Japon afin de faciliter la mise en place du béton dans des éléments structuraux congestionnés et qui maintenant commence à être utilisé comme «béton silencieux» ou béton «sans bruit». Le béton autoplacant peut être mis en place quelque soit l'heure du jour ou de la nuit sans déranger le voisinage puisqu'il ne nécessite aucune vibration. Lorsqu'un tel béton est utilisé dans une usine de préfabrication, cette usine est beaucoup moins bruyante qu'une discothèque.

4. Résistance ou durabilité

La conception de structures en béton relève de la responsabilité des ingénieurs de structures qui, en général, se basent surtout sur sa résistance à la compression à 28 jours. Malheureusement, la durabilité du béton n'est pas prise en considération dans cette conception.

Leur connaissance de la résistance à la compression à 28 jours est, bien sûr, fondamentale pour faire les calculs qui permettent de construire des structures sécuritaires, mais il faut s'assurer que le béton choisi gardera sa résistance mécanique durant toute la durée de vie de la structure. Malheureusement, trop de bétons qui avaient une bonne résistance à la compression à 28 jours ont perdu presque toute leur

fonctionnalité parce qu'ils ont dû affronter un environnement pour lequel ils n'avaient pas été conçus. Il n'est pas nécessaire d'aller plus loin que ces quelques exemples pour comprendre pourquoi le béton a une si mauvaise réputation auprès du public: il suffit de voir la mauvaise apparence de nos infrastructures actuelles ou les nombreux travaux de réparation qui consomment autant de temps et d'argent. Il est dommage d'avoir à démolir autant d'infrastructures qui ont atteint à peine la moitié de leur durée de vie, sans mentionner les énormes coûts socio-économiques associés à ces réparations (déviation, embouteillages, bouchons de circulation, perte de temps, pollution, etc.).

Plusieurs codes mettent maintenant l'accent sur la durabilité du béton plutôt que sa résistance lorsqu'il s'agit de sélectionner le béton qui sera utilisé pour construire une structure. Il est grand temps! Les problèmes qu'ont connus les parcs de stationnements extérieurs construits au Canada avec du béton de 20 MPa ont causé beaucoup de difficultés à l'industrie du ciment et du béton à cause de la mauvaise résistance au gel-dégel et à l'écaillage de ce béton.

La carbonatation accélérée d'un béton de 20 MPa en Europe coûte cher aussi aux compagnies de ciment, tout comme l'attaque de l'eau de mer au Proche-Orient.

De plus, il faut prévoir dans l'avenir une dégradation plus rapide des infrastructures et des monuments de calcaire dans certaines grandes villes causée par la pollution atmosphérique. Cette dégradation est causée par la pollution atmosphérique: des bactéries, des microbes, de la mousse et des lichens prolifèrent dans les pores du béton. La bactérie *thiobacillus ferrooxidans* a besoin de sulfate de calcium pour se développer. Ce sulfate de calcium peut être généré par l'attaque du calcaire et du béton par les pluies acides ou la pollution émise par les automobiles ou les gaz d'échappement des automobiles. Cette bactérie produit ensuite, comme sous-produit, de l'acide sulfurique qui attaque le béton et le calcaire pour produire d'autre sulfate de calcium.

Les bétons à haute performance, qui ont une porosité bien moins élevée, réagissent moins à cette pollution et c'est une des raisons qui mènera à leur utilisation plus fréquente dans l'avenir, simplement parce qu'ils sont moins poreux. En ce qui a trait aux MPa additionnels que procure le béton à haute performance, les concepteurs devront apprendre à les utiliser plus efficacement.

5. La course aux Mpa

Bien que la résistance à la compression du béton ne soit pas sa caractéristique essentielle, parce que c'est sa durabilité qui est plus importante, il faut admettre que ces deux caractéristiques sont intimement liées. La très grande importance de la résistance à la compression du béton dans les codes, et la facilité avec laquelle elle est mesurée, peut expliquer pourquoi l'augmentation de la résistance à la compression du béton est devenue, d'une certaine manière,

Une préoccupation constante. Régulièrement, des chercheurs annoncent qu'ils ont réussi à fabriquer un béton ayant atteint une très haute résistance à la compression, quoiqu'il faut bien admettre que ces efforts se traduisent en peu d'applications industrielles, sauf peut-être pour le DSP (une abréviation de «Densified Cement / Ultra-Fine Particle-Based material») développé par H.H. Bache (1981) et les bétons de poudres réactives (BPR) développés par Pierre Richard (Richard et Cheyrezy 1994) et utilisés pour la première fois lors de la construction de la Passerelle de Sherbrooke (Bonneau et coll. 1996). L'importance de la compacité du squelette granulaire, du traitement thermique approprié et les avantages du confinement sont bien connus. Le génie de Pierre Richard a été de transformer ces technologies en un concept simple et utilisable sur une base industrielle.



Mes étudiants fabriquent des bétons de 400 MPa, en utilisant des traitements thermiques et mécaniques appropriés et simples. Pierre Richard, de son côté, a pu fabriquer un béton de 800 MPa en utilisant une poudre métallique, de sorte qu'un béton de poudres réactives de 1000 MPa (1 GPa) n'est pas un béton utopique. Qui sait, mais je n'ai aucun doute que dans le siècle à venir ce genre de béton sera fabriqué et utilisé.

Bien sûr, le prix actuel de 1 m³ de béton de poudres réactives peut paraître exorbitant pour plusieurs ingénieurs qui le comparent encore à celui de 1 m³ de béton usuel ou de béton à haute performance. Cependant, il faut souligner que le prix unitaire des bétons de poudres réactives ne doit pas être calculé au mètre cube, mais plutôt à la tonne, car les bétons de poudres réactives doivent être comparés à l'acier et pas au béton usuel ou à haute performance.

Lorsque la Passerelle de Sherbrooke a été construite, le coût du béton de poudres réactives de 200 MPa pouvait être estimé à près de 1 000 \$ US/m³. Aujourd'hui, le même béton de poudres réactives peut être produit pour 750 \$ US/m³, et dans un avenir proche, il sera peut-être possible de le produire pour 600 \$ à 650 \$ US/m³. Toutefois, même à 1 000 \$ US/m³, c'est-à-dire 400 \$ US/t, dans certaines applications où la durabilité et la résistance à la compression sont des facteurs clés, le béton de poudres réactives peut faire la compétition à l'acier de structure qui lui coûte 1 200 \$ à 1 500 \$ US/t.

De plus, dans certaines applications, le béton de poudres réactives peut faire la compétition non seulement à l'acier mais aussi à la fonte, à l'aluminium et même au bois.

6. Le béton de demain dans une perspective de développement durable

Le concept de développement durable n'est pas une mode mais plutôt une politique qui durera. Il n'est plus possible dans l'hémisphère nord de vivre dans les quartiers chics situés à l'ouest des grandes villes afin de bénéficier de l'air pur, parce que ces quartiers sont situés à l'est de zones industrielles d'autres villes et qu'ils reçoivent leur pollution.

Lorsque nous réaliserons que seul un tiers de la planète jouit des avantages d'un niveau de vie élevé et que ce tiers n'est pas intéressé à revenir aux conditions de vie d'antan, et que les deux autres tiers de la planète n'ont qu'une idée en tête, c'est de jouir du même niveau de vie que le premier tiers, il est évident qu'il est urgent qu'une politique de développement durable soit adoptée afin d'éviter les erreurs qui ont été faites dans les pays industrialisés et ont eues pour résultat la situation présente. L'application d'une telle politique ne sera pas facile, car c'est toujours les autres qui polluent et gaspillent le plus.



Les industries du ciment et du béton n'ont pas le choix: elles doivent ajouter cette vision à leur développement et leurs autres contraintes. Je ne doute pas que les industries du ciment et du béton réussiront à opérer ce changement. L'industrie du ciment, ou plutôt l'industrie des liants hydrauliques comme on l'appellera durant ce siècle, deviendra une industrie VERTE. Il n'y a plus de choix, il ne sert à rien de se plaindre ni de se battre, il est préférable de faire face à cette nouvelle situation le plus tôt possible et transformer l'industrie du ciment et du béton en industrie VERTE et de le proclamer à haute voix au public.

Le béton de demain sera plus durable et sera développé pour satisfaire des besoins socio-économiques réels avec le moins d'impact possible sur l'environnement. Le coût d'un projet dans l'avenir devra incorporer non seulement les coûts économiques actuels que nous utilisons dans nos calculs actuels, mais aussi les coûts sociaux et environnementaux qui vont de l'extraction de la matière première, à son utilisation et aussi son élimination à la fin de la durée de vie des structures.

Conclusion

Le béton moderne est en train d'évoluer d'un matériau bon marché destiné au marché de consommation courante vers un matériau de pointe destiné à des marchés niches. Cela ne veut pas dire que les bétons de 15 à 20 MPa sont condamnés à disparaître, car il existe de nombreuses applications où les concepteurs n'ont pas besoin de béton ayant une résistance à la compression plus élevée. Cependant, de plus en plus de bétons de pointe commencent à être utilisés dans des marchés niches où leur utilisation conduit à une diminution significative des coûts initiaux et d'entretien. Il est aussi facile de démontrer que de tels bétons sont beaucoup plus avantageux, non seulement d'un point de vue socio-économique mais aussi environnemental.

Dans un avenir très rapproché, nos sociétés vont de plus en plus exiger la mise en application d'une politique de développement durable dans la vie de tous les jours, car nos sociétés ne peuvent plus continuer à gaspiller leurs ressources minérales, énergétiques et humaines. Les industries du ciment et du béton doivent donc devenir des industries vertes et notre façon d'évaluer les projets devra inclure les coûts environnementaux et les coûts d'entretien.

Voilà le défi des industries du ciment et du béton dans les années à venir.

Références

- Aïtcin, P.-C. (1995) "Concrete, the most widely used construction material", ACI SP 154, pp. 257-266.
- Aïtcin, P.-C. (1998) High-Performance Concrete, & FN Spon, London, 591 p.
- Albinger, J., Moreno, J. (1991) "High strength concrete: Chicago style", Concrete Construction, Vol. 29, No. 3, pp. 241-245.
- Bache, H.H. (1981) "Densified cement/ultra-fine particle-cased materials", Second International Conference on Superplasticizers in Concrete, Ottawa, Ontario, Canada, Aalborg Cement, Aalborg, Denmark, 17 p.
- Bonneau, O., Poulin, C., Dugat, J., Richard, P. Aïtcin, P.-C. (1996) "Reactive powder concretes: from theory to practice", Concrete International, Vol. 18, No. 4, pp. 47-49.
- Coulombe, L-G., Ouellet, C. (1994) "The Montée St-Rémi overpass crossing Autoroute 50 in Mirabel: the savings achieved by using HPC", Concrete Canada Newsletter, Vol. 2, No. 1.
- Hattori, K. (1978) "Experience with Mighty superplasticizer in Japan", ACI SP 62, pp. 37-66.
- Meyer, A. (1978) "Experience in the use of superplasticizer in Germany", ACI SP 62, pp. 21-36.
- Richard, P., Cheyrezy, M. (1994) "Reactive powder concrete with high ductility and 200-800 MPa compressive strength, ACI SP 144, pp. 507-518.

Classification des massifs rocheux

Dr T. SERRADJ
Doyen de la Faculté des Sciences de la Terre
Université Badji Mokhtar Annaba

1 Classification des massifs rocheux du point de vue engineering

Les schémas de classification des massifs rocheux sont en continuelle développement depuis plus d'un siècle depuis Ritter (1879) avec son approche empirique de désigne des tunnels, en particulier pour déterminer les significative du temps requis pour l'installation du soutènement. Cette nouvelle méthode de conditions de soutènement.

Nous présentons un résumé des systèmes de classifications les plus connues actuellement. Le lecteur intéressé trouvera des références bibliographiques pour des informations plus détaillées.

La plupart des schémas de classification multicritères (Wickham et al (1972) Bieniawski (1973, 1989) et Barton et al (1974)) où sont incluses et développées pour le cas du génie civil le caractère géologique du massif rocheux. Différents systèmes de classification tiennent compte de différents paramètres et il est recommandé d'utiliser les deux dernières méthodes. L'éminent Lauffer (1958) a proposé que le temps de rétention de la stabilité d'une excavation dépend de la qualité de la masse rocheuse traversée. Depuis, la classification originale de Lauffer a été modifiée par un certain nombre d'auteurs, et notamment par Pacher et al (1974), et constitue encore de nos jours une partie de l'approche méthodologique générale de creusement connue sous le nom de Nouvelle Méthode Australienne de Creusement au rocher. La signification du concept de temps de rétention de la stabilité est que l'accroissement de la portée de l'excavation entraîne une réduction creusement australienne inclus certaines techniques où la durée de stabilité pour sécuriser l'ouvrage est limitée.

D'après Alex Ignatieff (1970), l'extraction minérale est définie comme l'art des mines et où la mine ou la carrière est définie comme une excavation à partir de laquelle des substances minérales utiles sont extraites. Cette définition n'est pas exhaustive comme l'indique cet auteur. En effet, la cavité d'excavation doit être sécurisée pour y travailler. Le mineur souhaite planifier le développement de l'extraction de telle façon que l'effet de rupture de la roche soit minimisée. C'est le domaine de la mécanique des roches, la science qui étudie les caractéristiques de la résistance et de la rupture des roches. La mécanique des roches traite la roche comme un milieu élastique. Le concept élémentaire est que l'unité de roche au sein de l'écorce terrestre est sous contrainte verticale sous l'influence du poids de la roche se trouvant au dessus et confinée par les autres roches tout autour, ce qui entraîne la contrainte horizontale, qui est fonction du coefficient de poisson.

D'après John D. Morton (1990) la mécanique des roches habituelle doit être utilisée pour le design des excavations temporaires ou permanentes dans les terrains rocheux élastiques ou quasi-élastiques (roches dures). Toutefois, de tels systèmes ne sont pas valables comme conditions à l'approche des masses rocheuses avec des conditions Plastiques ou visqueuses

dominantes où tout design basé sur ou extrapolé du comportement élastique est nul.

Par définition, les roches consolidées dures sont élastiques et font partie de la mécanique des roches habituelles (concepts du génie civil de la pression et des contraintes) tout en intégrant l'influence des fissures sur la résistance du massifs rocheux à des sollicitations externes (telles que le tir à l'explosif).

Les contraintes in-situ

La contrainte naturelle qui existe dans la croûte terrestre avant son exposition à l'excavation est appelée « vierge », « primitive », ou « in-situ ». Pour l'analyse, les composantes verticales et horizontales de la contrainte sont considérées individuellement. La composante verticale de la contrainte est calculée simplement par l'analyse élastique (statique) pour une profondeur donnée de l'excavation projetée, où la contrainte horizontale est absente.

- Contrainte verticale

Dans les roches dures, la contrainte principale est une fonction linéaire du poids de la colonne de roche située au dessus de la profondeur en question. La formule suivante est vraie pour des roches dures à silice avec une densité de 2,65 (G. Herger).

$$\text{Gradient moyen de contrainte verticale} = 2,65 / 102 \\ = 0.0260 \text{ Mpa / m de profondeur} \quad (1)$$

Dans la littérature de la mécanique des roches, cette contrainte verticale est considérée comme la « contrainte gravitationnelle », ou « contrainte de surcharge ».

- Contrainte horizontale

Il est plus difficile de déterminer la contrainte horizontale naturelle. La contrainte horizontale est plus grande que celle déduite par simple analyse statique, et n'est pas identique suivant chaque direction. En outre, la contrainte horizontale est spécifique au site donné. Généralement, on considère que la contrainte principale est maximale dans une direction et décroît vers le minimum dans la direction orientée à 90°. Le maximum est connu dans la littérature sous le nom de « Principale », ou « majeur » (1), et son orientation comme « axe majeur ». Le minimum, normal (90°) par rapport au maximum, est quant à lui appelé contrainte « mineur » (2). D'après Z.T. Bieniawski, à une profondeur de 450 m dans la croûte terrestre, la contrainte horizontale est supérieure à la contrainte verticale.

- Contrainte résiduelle

L'intensité et l'orientation des contraintes in-situ sont grandement altérées lorsque l'excavation est située à proximité de grandes fissures dans la croûte terrestre. Ce type de contrainte in-situ est classée comme l'une des contraintes tectoniques. Si la cause de la contrainte tectonique est par la suite dissipée par la force de la nature, une partie de la contrainte reste dans la roche et est appelée contrainte résiduelle.

Rock quality designation (RQD)

Le Rock Quality Designation index (RQD) a été développé par Deer (Deer et al 1967) dans le but d'obtenir

une estimation quantitative de la qualité du massif rocheux à partir de carottes de forage. Le RQD est défini comme le pourcentage des parties intactes de plus de 100 mm de longueur par rapport à la longueur totale des carottes extraites du forage. Le diamètre des carottes doivent être de 54,7 mm. La procédure de mesure correcte de la longueur des carottes étudiées et le calcul du RQD sont résumés dans la Figure 2.

1. PERCENTAGE OF SOLID CORE SEGMENTS LONGER THAN 0.33 ft (100mm) RELATIVE TO CORE RUN LENGTH, EXCLUDING MECHANICAL BREAKS.
2. RECORDED AS CALCULATED PERCENTAGE FOR EACH RUN.
3. BEST FOR N-SIZE OR LARGER SIZE CORE.
4. MAY NOT BE APPLICABLE FOR VERY LOW STRENGTH, FISSILE OR FOLIATED ROCKS WHICH BREAK OR PART EASILY.

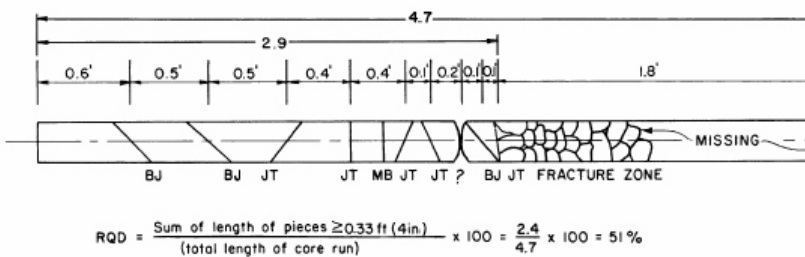


Figure. 2 Calcule du RQD

Palmström (1982) a suggéré que, lorsque les carottes ne sont pas disponibles mais les discontinuités sont visibles à la surface d'exposition, le RQD peut être estimé à partir du nombre de discontinuités par unité de volume. La relation suggérée pour des masses rocheuses contenant de l'argile libre est :

$$RQD = 115 - 3,3 J_v \quad (2)$$

Où J_v est le nombre de joints de fissure par mètre cube. Si J_v est inférieure à 4,5 on utilise $RQD = 100$. Dans ce cas les fractures et fissures induites par le tir ne sont pas comptabilisées. Le RQD est supposé représenter la qualité de la masse rocheuse in-situ.

Le RQD de Deer a été largement utilisé en Amérique du nord durant les 25 dernières années pour l'utiliser dans le facteur de charge de la roche de Terzaghi et pour l'encrage requis dans les tunnels. Dans le contexte de ce séminaire, l'utilisation la plus importante du RQD est comme composant dans les classifications RMR et Q des masses rocheuses que l'on a retenues.

Classification géomécanique de Bieniawski, RMR

Bieniawski (1976) a publié les détails de la classification des masses rocheuses appelée Classification Géomécanique ou Rock Mass Rating (RMR) system. Depuis cette date, ce système a subi des corrections successives. Le système que l'on va décrire est basée sur la version 1976 de classification (Bieniawski, 1976). Les six paramètres suivants sont utilisés pour la classification de la masse rocheuse en utilisant le système RMR.

1. Résistance à la compression simple de la roche.
2. Rock Quality Designation (RQD).
3. Espacement des discontinuités.
4. Condition des discontinuités.
5. Conditions des venues d'eau.
6. Orientation des discontinuités.

En appliquant ce système, le massif est divisé en un certain nombre de régions structurales et chaque région est classée d'une manière séparée. Le système Rock Mass Rating est présenté au tableau 2, donnant des valeurs numériques pour chacun des six paramètres cités ci-dessus. La somme des valeurs numériques des six paramètres nous donnent la valeur RMR.

INPUT DATA FORM : GEOMECHANICS CLASSIFICATION (ROCK MASS RATING SYSTEM)

NAME OF PROJECT:	STRUCTURAL REGION	DEPTH, m	ROCK TYPE
SITE OF SURVEY:			
CONDUCTED BY:			
STRENGTH OF INTACT ROCK MATERIAL			
Designation	Uniaxial compressive strength, MPa	Point-load index, MPa	Drill core quality, R.Q.D.
Very High	Over 250	> 10	Excellent quality: 90 - 100%
High	100 - 250	4 - 10	Good quality: 75 - 90%
Medium	50 - 100	2 - 4	Fair quality: 50 - 75%
Low	25 - 50	1 - 2	Poor quality: 25 - 50%
Very Low	1 - 5	< 1	Very poor quality: < 25%
S.Q.D. = Rock Quality Designation			
STRIKE AND DIP ORIENTATIONS			
Set 1	Strike (average)	(from to)	Dip: (angle) (direction)
Set 2	Strike	(from to)	Dip:
Set 3	Strike	(from to)	Dip:
Set 4	Strike	(from to)	Dip:
NOTE: Refer all directions to magnetic north.			
SPACING OF DISCONTINUITIES			
Very wide	Over 2 m	Set 1	Set 2
Wide	0.6 - 2 m	Set 3	Set 4
Moderate	200 - 600 mm		
Close	60 - 200 mm		
Very close	< 60 mm		
GROUNDWATER			
BEFORE per 10 m	liters/minute	GENERAL CONDITIONS (completely dry, damp, wet, dripping or flowing under water pressure)	
WATER PRESSURE	kPa	low, medium or high pressure	
IN SITU STRESSES			
CONDITION OF DISCONTINUITIES			
PERSISTENCE (CONTINUITY)			
Very low	< 1 m	Set 1	Set 2
Low	1 - 3 m	Set 3	Set 4
Medium	3 - 10 m		
High	10 - 30 m		
Very high	> 30 m		
SEPARATION (APERTURE)			
Very tight joints	< 0.1 mm		
Tight joints	0.1 - 0.5 mm		
Modestly open joints	0.5 - 2.5 mm		
Open joints	2.5 - 10 mm		
Very wide apertures	> 10 mm		
ROUGHNESS (state also if surfaces are stepped, undulating or planar)			
Very rough surfaces			
Rough surfaces			
Slightly rough surfaces			
Smooth surfaces			
Slickensided surfaces			
FILLING (GROUT)			
Type:			
Thickness:			
Uniaxial compressive strength, MPa:			
Seepage:			
WALL ROCK OF DISCONTINUITIES			
Unweathered			
Slightly weathered			
Modestly weathered			
Highly weathered			
Completely weathered			
Residual soil			
GENERAL REMARKS AND ADDITIONAL DATA			
MAJOR FAULTS: specify locality, nature and orientations.			
NOTE: For definitions and methods consult ISRM document "Quantitative description of discontinuities in rock masses."			

Tableau 1 Formulaire d'entrée des données (RMR système)

THE ROCK MASS RATING SYSTEM (GEOMECHANICS CLASSIFICATION OF ROCK MASSES)

A. CLASSIFICATION PARAMETERS AND THEIR RATINGS					
Parameter	Range of Values				
1. Strength of intact rock mineral	Point-load strength index (MPa)	> 10	4 - 10	2 - 4	1 - 2
2. Drill core quality RQD (%)	Uniaxial compressive strength (MPa)	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50
3. Spacing of discontinuities	Rating	15	12	7	4
4. Condition of discontinuities	Rating	20	17	13	8
5. Groundwater	Rating	20	15	10	5
6. General conditions	Rating	30	25	20	10
7. Rating adjustment for discontinuity orientations	Rating	15	10	7	4
8. Rock mass classes determined from total ratings	Rating	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21
9. Meaning of rock mass classes	Class no.	I	II	III	IV
10. Assessment of joint orientation favourability upon stability of dam foundations	Description	Very good rock	Good rock	Fair rock	Poor rock
11. Strike and dip orientations of discontinuities	Very Favorable	Favorable	Fair	Unfavorable	Very Unfavorable
12. Tunneling and mines	0	-2	-5	-10	-12
13. Foundations	0	-2	-7	-15	-25
14. Slopes	0	-5	-25	-50	-60
15. Average stand-up time	20 yr for 15-m span	1 yr for 10-m span	1 wk for 5-m span	10 h for 2.5-m span	30 min for 1-m span
16. Cohesion of the rock mass (kPa)	> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100
17. Friction angle of the rock mass (deg)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15

Assessment of joint orientation favourability upon stability of dam foundations			
Dip 10° - 30°	Dip direction	Dip 30° - 60°	Dip 60° - 90°
Upstream	Downstream	Favourable	Very favourable
Very favourable	Unfavourable	Fair	Favourable

Note: This table is based on experience and on consideration of stress distributions in foundation rock masses as well as on an assumption that in a dam structure both the arch and the gravity effects are present.

The initial in-situ state of stress is not considered here as in dam foundations in-situ stresses are mainly important when considering grouting, drainage curtains and the excavation sequence of the foundations. For this last aspect recent evidence shows that high horizontal stresses may be expected in near-surface rock masses.

Tableau 2 Classification RMR des massifs de roche

Rock Tunneling Quality Index, Q

Sur la base d'une évaluation d'un grand nombre de cas d'excavation, Barton et al (1974) de l'Institut de Géotechnique de Norvège a proposé le Tunneling Quality Index (Q) pour déterminer les caractéristiques des massifs et le soutènement nécessaire des tunnels.

La valeur numérique de l'index Q varie suivant l'échelle logarithmique de 0.001 à un maximum de 1000 et est définie par :

$$Q = (RQD / J_n) (J_r / J_a) (J_w / SRF) \quad (3)$$

Où :

RQD est le Rock Quality Designation

J_n est la valeur relative au réseaux de joints de fissure

J_r est la valeur relative à la rugosité des joints de fissure

J_a est la valeur relative à l'altération des joints de fissure

J_w est le facteur de réduction d'eau du joint de fissure

SRF est le facteur de réduction de la contrainte

Pour déterminer les valeurs de Q, Barton et al (1974) explique ce qui suit :

Le premier quotient (RQD / J_n), représentant la structure du massif, est la mesure du bloc ou la taille de la particule, avec deux valeurs extrêmes (1000,5 et 1020) différents par le facteur de 400.

Le second quotient (J_r / J_a) représente la rugosité et la friction des joints.

Le troisième quotient (J_w / SRF) consiste en deux paramètres de contrainte (normale et de cisaillement). Le paramètre J_w est la mesure de la pression d'eau, qui possède un effet contraire à la résistance au cisaillement des joints dû à la réduction de la contrainte normale effective.

Il apparaît que la qualité Q peut être considérée comme une fonction de seulement trois paramètres.

1. La taille du bloc (RQD / J_n)
2. La résistance au cisaillement inter-bloc (J_r / J_a)
3. La contrainte active (J_w / SRF)

Le tableau 5 donne la classification de chaque paramètre utilisé pour obtenir le Tunneling Quality Index Q du massif.

Paramètre RQD utilisé dans la classification Q

1. Rock Quality Designation	RQD
A. Very poor (très mauvaise)	0-25 si RQD < 10, utilise 10
B. Poor (mauvaise)	25-50 évaluer Q
C. Fair (médiocre)	50-75
D. Good (bonne)	75-90
E. Excellent (excellente)	90-100

1 2 Classification des massifs du point de vue résistance à la foration (forabilité)

Une méthode d'évaluation de la forabilité des massifs a été proposé par T. Serradj (1996).

Cette méthode se base sur le test de fragmentation dynamique de Protodyakonov (1981). Cette méthode consiste en la détermination de l'indice Protodyakonov et ensuite de tamiser les débris de la fragmentation pour déterminer la courbe granulométrique et déduire

La loi de distribution. L'échantillon de roche, formé de 2 ou 3 particules de 20 à 40 mm chacune est posé au fond d'un cylindre métallique de 76 mm de diamètre intérieur (Figure .). Une masse de 2,4 kg tombe en chute libre sur l'échantillon d'une hauteur de 60 cm. Le nombre d'impacts n peut varier de 5 à 15 suivant la résistance de la roche testée. 5 échantillons doivent subir le même teste pour établir une moyenne. Lorsque le test de fragmentation est terminé, les débris de roches obtenus sont passés à travers un tamis de 0,5 mm d'ouverture. Les passants de ce tamis sont déversés dans un tube millimétré de 23 mm de diamètre intérieur. La hauteur de poudre obtenue h est mesurée en mm. L'indice de résistance f est calculée par la formule :

$$f = 20 n h$$

Les débris tout le produit de fragmentation du test (environ 250 g) est tamisé sur 9 tamis. Les différentes fractions sont pesées et la courbe granulométrique en % de masse des passants de chaque passant est obtenue. Le coefficient d'uniformité est déduit ainsi que la loi de distribution des particules. La loi de distribution obtenue est celle de Weibull. En utilisant ce test simple et peu onéreux nous avons déterminés des centaines de courbe granulométrique pour les trois types de roche génétique (ignées, sédimentaires et métamorphiques). Ces essais ont durés plusieurs années. Comme résultats, nous avons pu établir une classification des roches algériennes à deux critères : d'après l'indice Protodyakonov, et le coefficient d'uniformité.

Cette classification est donnée sur le Tableau . ainsi nous avons obtenus 7 catégories de roche allant de la roche très tendre à celle extra dure. Par contre l'aptitude à la foration des roches va de celles qui ne nécessitent pas de foration à celles dont la foration est très difficile.

Cette classification peut être utilisée dans les carrières de granulats et des cimenteries pour établir des zones homogène de forabilité (une carte de forabilité de la carrière). Ayant effectué le zonage de la carrière par forabilité, et en se basant sur le RQD, il devient facile de projeter et de rentabiliser les travaux de forage et de tir. En effet par ce zonage à l'avance de la forabilité, la planification des opérations de forage devient plus facile

Tableau 8. Classification de la foration à travers l'indice Protodyakonov et le coefficient d'uniformité (Serradj, 1996).

PI (1)	Dureté	Cu (%) (2)	Forme de la CG (3)	Forabilité	Catégorie de roche
<2	Très tendre	10-100	Étalée	Sans foration	I
2-3	Tendre	10-100	Étalée	Très facile	II
3-4	Assez tendre	10-100	Étalée	Facile	III
4-5	Assez dure	5-40	Assez serrée	Assez facile	IV
5-6	Dure	5-20	Serrée	Assez difficile	V
6-7	Très dure	5-10	Très serrée	Difficile	VI
>7	Extra dure	<5	Extra serrée	Très difficile	VII

(1) Indice Protodyakonov (2) Coefficient d'uniformité de la courbe granulométrique (3)CG Courbe granulométrique

Les techniques pratiques des prélèvements d'échantillons

Le prélèvement est une opération très importante dans le processus de contrôle de qualité, la norme NFP 15-300 définit les conditions de vérification de la qualité des livraisons, emballage, prélèvement et marquage.

Le laboratoire applique les techniques de cette norme que nous tentons de vous donner les principales étapes :

1. Etablir un **contrat** entre les deux parties sur les modalités de prélèvement et la nature d'échantillon à prélever. (ciment, plâtre, ...), La quantité, conservation d'échantillon prélevé dans des conditions garanties.
2. **Prélèvement :**
 - ✍ les prélèvements doivent être contradictoires, c'est-à-dire en présence des deux parties
 - ✍ les prélèvements sont effectués sur les lots de livraison définis par le contrat.
 - ✍ Si la livraison est faite en sac, c'est l'acquéreur qui désigne le sac à prélever.
 - ✍ Si la livraison est faite en vrac, le prélèvement est fait en masse et non en surface, il faut prendre des précautions pour éviter le mélange du liant au moment du prélèvement.
3. **L'échantillon :**
 - ✍ on extrait un échantillon d'une quinzaine de KG de chaque prélèvement.
 - ✍ Le prélèvement s'effectue à l'aide d'une pelle propre
 - ✍ Chaque échantillon est placé dans un récipient étanche, propre et identifié par une étiquette.
4. **Le Laboratoire :**
 - ✍ L'envoi au laboratoire est accompagné d'une fiche d'informations.
 - ✍ L'échantillon est conservé au laboratoire pendant six mois.
5. **Emballage :**

Sacs : équipés d'une valve permettant le remplissage et la fermeture par injection du ciment.
6. **Marquage:**

Les indications normalisées doivent figurer sur le sac.
7. **Les quantités :**

La quantité à prélever est de 15 kg pour les contrôle de qualité et de 50 kg pour le contrôle technique.
8. **Essais :**

Des essais physico-mécaniques, chimiques et minéralogiques sont nécessaires afin de classer le ciment.

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/Fax : 024 81 55 37

Département Gestion de la Qualité
Tél : 024 81 99 78

Département Laboratoire Central
Tél/Fax : 024 81 75 84

Département Etudes et Appui à la Production
Tél/Fax : 024 81 10 35

Unité de Recherche des Matériaux de Construction
Tél/Fax : 024 81 99 75

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 : cetim@wissal.dz