

Séance de clôture

Closing session

*La séance est ouverte sous
la présidence de M. BATSCH*

M. LE PRESIDENT

Nous allons entreprendre la dernière partie de ce colloque Mesdames, Messieurs, qui commence par le résumé des travaux du colloque par les membres du Comité des programmes.

Je vais donner, en premier lieu, la parole à Monsieur Mac Gown.

M. MC GOWN

Mr. Chairman, Ladies and Gentlemen,

The number of papers presented to the conference dealing with research into the functioning and performances of fabrics is very much greater than any of us could reasonably have anticipated and the range and depth of the studies involved is also very encouraging to all of us. Many of the sessions have been reviewed in detail - so I wish to present only some general remarks.

The research is developing I believe, in two directions in parallel with the end uses ; the first direction deals with situations where fabric is replacing other material in conventional engineering designs and the second deals with fabrics used in novel engineering solutions.

In the first grouping, fabrics are used mainly in drainage and multi-layer soil reinforcement with the fabric functioning or intended to function in a manner very similar to that of existing alternative materials, e.g. replacing graded aggregates

in drains and metals in reinforced earth wells and embankments. From a research point of view evaluation of fabric performance for these end uses should be a question of strict comparison between the existing and fabric-included techniques. A number of the research papers presented to the conference fit into this grouping and report investigations on the performance of systems in which fabric has replaced more conventional materials. Unfortunately, not all the papers gave a record of the performance of the systems with and without fabrics.

The omission of without fabric test systems in a number of the papers might well be a consequence of the difficulty of obtaining data on without-fabric system performance, indeed this problem often influences and restricts the end uses of fabrics in the field.

It stems from the fact that we, soil mechanics engineers, do not fully understand the operational functions nor know the long term performance of conventional construction techniques and comparison to them is thus very difficult. Drainage is a very good example of this.

Wide ranging views are held on the long term efficiency of conventional drainage systems. Concern over the lifetime and clogging of fabric wrapped drains is very much in everyone's mind but often the long term efficiency and clogging of aggregate drains is not perfect. Therefore let us be careful to check fabrics against the performance of existing techniques and not against some unobtainable perfection.

Thus, although fabrics are being used as replacement materials, in order to evaluate them, research must be undertaken to esta-

blish, more thoroughly than has previously been done, the operational mechanisms and long term efficiency of conventional without-fabric systems. Fabric research is thus stimulating basic rethinking of existing practice and this is to be very much encouraged.

In the second area of fabric end use and research, where the fabrics are used in novel ways or at least where fabric-included systems act differently from other systems, then, comparisons between the operational mechanisms of fabrics the operational mechanism of components in alternative soil systems can be misleading.

A large number of the papers presented to the conference have been reports of theoretical indeed mathematical considerations of the mechanistic functions of fabric or are laboratory or field investigations of these functions in such applications.

Within this grouping, reports of the behaviour of woven and non woven materials are given, unfortunately not all papers include a comparison between these. Fundamental investigations of mechanisms are, however, being undertaken and this is very encouraging, but in future, a wider range of fabric types might usefully be tested and the sensitivity of soil systems performance to fabric property variation thereby better understood. Future research programmes should be built around as many different fabrics as possible.

The range of manufacturing processes used for geotextiles is wide and ever widening, therefore, a continuing review and reappraisal of the characteristics of fabrics used in civil engineering must be made if the full potential of this engineering material is to be realised. The mechanistic functioning of the fabrics investigated appears, however, to conform to the general principle previously established and referred to as Separation, Filtration and Reinforcement, with the possibility of Drainage in the Plane acting in some materials. Of the first three, filtration is the most common function with the other principle function either being separation or reinforcement depending on the nature of the fabric used. The conference has, however, highlighted the need to consider both macro and micro scale functions of fabrics.

From an overall review of the research reports, where fabrics have a significant **load carrying capacity at low extension it**

has been shown such fabrics may be useful as alternative materials to metals for soil reinforcing. It is to be noted, however, that not all investigations have paid at-

tention either in calculations or in the design of experiments, to the possibility of fabric creep. Perhaps in future this will be corrected. For materials which do not have this load carrying capacity at low extension, there is a great deal of discussion perhaps we may say disagreement on the actual mechanism operating. The properties of fabrics important to their functioning beneficially are also not yet identified. The improvement or otherwise of the total soil system seems, in fact, to be sensitive to a large number of factors. Parameters other than fabric properties, shown to be important were the construction techniques employed, variability of sub-soil conditions, loading modes and the geometrical arrangement of the fabric layer or layers.

In any future investigations it is vital that all these factors be considered, that the design of experiments and the measurements taken during investigations should encompass the full range of significant parameters highlighted in the papers presented to this conference. Also it is important for the future expansion of the use of fabrics that there is a continuation of research into identifying those conditions in which the use of fabrics may not be beneficial to the performance of soil systems.

Defining the limits of applicability of fabrics is just as important as defining new useful end uses.

Again in general terms it now appears that there is agreement on the operational filtration mechanism for many woven and non woven fabrics. To a large extent this has been shown to be a combination of partial blocking of fabric pores, controlled migration of fines through the fabric leading to a filter cake being formed. The possibility of some of the migrating particles becoming clogged in the fabric pores has been highlighted but design rules to avoid this seem to be developing. The influence of compressibility on fabric drainage performance, particularly relevant to thick fabrics, has also been reported to the conference and this is an area of considerable importance.

In almost all applications of fabrics in geotechnics, the benefits accrued in real systems are accumulations of the individual benefits derived from each of the basic functions of Separation, Filtration, Reinforcement and Drainage in the Plane.

Perhaps some future research effort might attempt to investigate the interaction of these functions. Such assessments would make it more possible to optimize properties

of future fabrics developed specifically for various applications and might lead to a better correlation between research and practice.

The present level of research interest is thus much higher than many of us anticipated and it is hoped that this will continue to grow as the use of fabric increases. It must be emphasized, however, that the research work is only beginning to identify the role of fabrics in soil systems and has not yet satisfactorily quantified their advantages nor their limitations.

Thank you.

(Applaudissements)

M. LE PRESIDENT

Je remercie M. Mac Gown de son intéressant résumé et je donne la parole à M. Nieuwenhuis qui va poursuivre cette étude

M. NIEUWENHUIS

Un grand nombre d'applications des textiles ont été citées par écrit ou oralement au cours de ce colloque. Nous pouvons les grouper selon les fonctions présumées du textile :

1. Amélioration mécanique d'un ouvrage en terre (y compris structures multicouches)
2. Protection du sol ou systèmes filtrants
3. Drainage

Dans le premier groupe ont été cités l'emploi des textiles sous les chaussées, les voies ferrées et les remblais, ainsi que l'utilisation comme couches de renforcement dans les remblais, les digues et les murs de soutènement.

Le rôle protecteur a été discuté au sujet

de la protection des pentes et des fonds, des couches antigel, des filtres et des noyaux de barrage. Des essais ont d'autre part été faits sur l'emploi des textiles eux-mêmes comme filtre et comme enrobage de drain.

Enfin, les résultats de la recherche sur le fonctionnement des textiles comme drains horizontaux et verticaux ont été présentés.

Nous pouvons voir une démonstration claire de l'utilité de ce colloque dans le fait que trois applications seulement connaissent à l'heure actuelle un certain développement dans la pratique, toutes les autres étant expérimentales ou faisant l'objet d'essais de faisabilité.

Les trois applications qui se sont révélées intéressantes techniquement ou économiquement concernent l'emploi des textiles sous les chaussées sur sol de très mauvaise qualité pendant la période d'exécution des travaux, l'emploi comme protection filtrante et l'emploi comme protection des pentes et des fonds. Le rôle de protection de textiles, non-tissés aussi bien que tissés, semble ne faire aucun doute. L'érosion des fonds, l'érosion des pentes et la contamination des filtres ont été et sont effectivement évités par l'usage de textiles.

L'efficacité de l'insertion des textiles sous les routes ou pistes a été mieux mise en évidence dans la pratique qu'en laboratoire. En pratique la contamination de la couche de fondation est évitée et certaines économies de matériaux ont été mentionnées. Dans des conditions mieux contrôlées on a pu montrer une amélioration de la capacité portante du sol de fondation et de la stabilité de l'ensemble réalisé.

Il ne semble pas souhaitable de réduire l'épaisseur des couches portantes et l'on n'a pas constaté de réduction de la déflexion sous essieu chargé. Des résultats encourageants ont été obtenus dans le comportement d'ouvrages routiers et ferroviaires soumis à des chargements répétés.

Certaines applications expérimentales semblent plus prometteuses que d'autres. Des résultats positifs ont été présentés dans toutes les situations où le textile a un rôle de protection. Les textiles se comportent de façon satisfaisante comme drains horizontaux et verticaux. Dans le rôle de filtres proprement dits ou d'enrobages de drain les textiles ont rencontré moins de succès.

Les opinions relatives aux textiles sous

remblai, ou utilisés comme couches de renforcement, divergent. On a noté une certaine réduction des tassements différentiels de remblais ; l'effet d'une couche textile sur la stabilité d'un remblai reste incertain. L'emploi des textiles dans des structures multicouches se heurte à des vues divergentes au sujet des mécanismes d'interaction. Les essais sur modèle semblent un outil prometteur pour clarifier le comportement mécanique de telles structures.

Les sols sont multiples, les textiles sont multiples et les opinions et les hypothèses relatives à l'interaction des sols et des textiles sont multiples. Par conséquent, le projeteur, mis en face d'un aussi grand nombre de possibilités, hésite à rédiger des spécifications orientées vers l'emploi de textiles dans ses ouvrages. Il apparaît donc comme compréhensible que dans un certain nombre d'applications présentées un textile déterminé soit seul prescrit ; cependant, dans un nombre étonnamment élevé de cas, une ou plusieurs spécifications techniques de caractère général ont été définies pour l'emploi des textiles.

On peut distinguer trois groupes de spécifications :

- les spécifications que concernent la stabilité physique et chimique des textiles dans l'environnement du sol
- les normes ayant trait aux relations contraintes - déformations
- les spécifications relatives aux caractéristiques filtrantes.

Dans le dernier groupe de spécifications il semble qu'il y ait un accord sur l'influence de la porosité et de la répartition du diamètre des pores sur le comportement des textiles. La stabilité chimique et physique inquiète de nombreux auteurs. La sensibilité aux ultra-violets et la dégradation des propriétés mécaniques en fonction du temps ont été fréquemment mentionnées. Les spécialistes des sols sont déformés par la stabilité des cristaux de silice auxquels ils sont habitués.

Il est clair que la durabilité des textiles sera un problème important à résoudre avant que des fonctions permanentes essentielles leur soient assignées dans des ouvrages. Il est encourageant qu'un échantillon français âgé de six ans se soit révélé après réexamen comme n'étant pas affecté de façon notable dans ses propriétés essentielles après son emploi dans un barrage.

Ce que l'on recherche en fait comme relation contrainte-déformation dépend beaucoup du rôle prévu pour le textile et encore en partie d'opinions personnelles.

Dans les rôles de protection et de filtre, les textiles ayant une certaine faculté d'allongement sont recherchés afin d'éviter une rupture prématurée due à une extension du matériau. Pour encaisser des efforts, comme dans les massifs multicouches, il semble que l'on préfère les textiles résistants, relativement rigides et manifestant le minimum de fluage. Des opinions divergentes, comme cela est assez naturel, apparaissent dans les applications où le rôle exact des textiles n'est pas encore bien analysé. Les textiles sous les chaussées ou voies d'accès en sont un bon exemple.

Le domaine d'emploi des textiles est encore en train de s'élargir. Les quantités utilisées augmentent. Les premiers débuts, venant à l'aide de l'entrepreneur luttant contre la boue menaçant de compromettre ses efforts, ont donné naissance à une grande diversité d'applications. Nous commençons à avoir de la peine à imaginer le monde du génie civil sans les textiles. Leur emploi intervient sans aucun doute dans l'économie d'un projet. Un certain nombre d'effets apparaissent clairement, comme par exemple l'économie de matériaux, l'emploi de matériaux moins nobles que ceux que l'on aurait normalement utilisés et la réduction du nombre de jours d'arrêt de chantier. De plus, l'emploi des textiles ne demande ni matériel compliqué ni matériel nouveau. Nous espérons que des études économiques seront faites dans un proche avenir pour compléter notre appréciation de l'emploi des textiles.

Cette remarque nous rappelle le volume de la recherche et des études expérimentales qui nous restent à accomplir, mais au vu des communications présentées ici et des discussions entendues au cours de ce colloque nous avons confiance dans le fait que cette recherche et ces études seront faites.

Mesdames et Messieurs, nous avons abordé nos conclusions relatives au développement des spécifications en affirmant que les sols étaient multiples, que les textiles étaient multiples, et que les points de vue et les hypothèses des chercheurs étaient multiples. Ce colloque nous amène à croire que les idées d'aujourd'hui seront mises à l'épreuve dans un avenir proche et qu'un accord se fera sur le rôle des textiles dans les ouvrages en terre. Par ailleurs les participants au colloque qui appartiennent à l'industrie textile ont montré leur volonté et leur capacité d'adapter leur production aux besoins et aux souhaits du génie civil. Il ne nous restera plus alors que la diversité des sols et - nous pouvons le craindre - cette diversité ne disparaîtra pas.

Je vous remercie de votre attention.

M. LE PRESIDENT

Je remercie M. Nieuwenhuis de l'exposé de ses conclusions et la parole est à M. Sotton.

M. SOTTON

Pour ma part, je reviendrai quelques instants sur le problème des essais et spécifications.

Mais, au préalable, je voudrais dire que, pour quelqu'un peu familier de ces problèmes géotechniques, il est d'évidence, à l'issue de ce colloque, que les géotextiles ont constitué, ces dernières années, pour les spécialistes du Génie Civil, un matériel de travail inhabituel et étonnant ; inhabituel, notamment dans sa présentation, par son "apparente" fragilité, par sa souplesse ; inhabituel aussi du fait de tous ces tests traditionnels textiles utilisés pour le qualifier ; étonnant par ses multiples propriétés et ses incontestables et insoupçonnées performances.

Il est d'évidence aussi, pour les gens du textile, cette fois, que la géotechnique a dévoilé des utilisations inhabituelles et imprévues pour des étoffes pas forcément fabriquées à l'origine pour ce type d'usage. Génie Civil et Textile se sont donc rencontrés et le succès du présent colloque témoigne - pour reprendre l'expression d'un des conférenciers - de la fécondité du mariage "sol et textile". Néanmoins, au travers des communications présentées, un certain nombre de préoccupations transparaissent, aussi bien au niveau des producteurs qu'à celui des utilisateurs.

Tout d'abord, un souci de précision dans la dénomination des articles textiles utilisés en géotechnique. Devant la multiplication et la diversification des produits proposés, et afin d'éviter toute confusion, il s'avère nécessaire d'adopter une terminologie précise, correspondant autant que possible à des définitions normalisées. Ce souci de précision devrait conduire à la proposition de fiches standard de fabrication sur lesquelles pourraient figurer, ainsi qu'il l'a été proposé : dénomination, description de l'étoffe et éventuellement quelques caractéristiques physiques élémentaires.

Ensuite, un souci de qualification. Il est évident que pour donner satisfaction en Génie Civil, une étoffe doit posséder une combinaison correcte et efficace de propriétés, mais il ne serait pas raisonnable,

qu'en vertu de cette "règle d'or" et dans un seul souci de qualification, on propose une multiplication de tests, dont certains risquent, dans leurs résultats, d'exprimer à quelque variante près, une seule et même propriété de l'étoffe.

L'unanimité des conférenciers semble s'être faite, à cet égard, pour la proposition et la mise au point de tests très simples qui pourront être mis en oeuvre, aussi bien au niveau de l'atelier de fabrication qu'à celui du laboratoire ou du contrôle de réception. L'accent a surtout été mis sur l'importance du comportement mécanique des textiles sous l'effet de sollicitations réparties ou concentrées. Il semble bien, dans ce domaine, malgré une certaine "suspicion" initiale des gens du Génie Civil vis-à-vis des méthodes d'essais textiles, que celles-ci puissent, pour l'instant, constituer les références normalisées pour les tests des étoffes (tissés ou non-tissés). Encore faudrait-il qu'un consensus international intervienne sur le choix des méthodes et surtout des conditions précises d'essai et que ces dernières ne soient pas adaptées à souhait en vue d'optimiser, de manière toute artificielle, les performances d'un produit. L'institut Textile de France est prêt, pour sa part, à travailler activement à cette mise au point, dans le cadre de tout organisme international qui voudrait bien s'intéresser à ce problème. Toujours dans ce domaine, il serait intéressant de tester systématiquement et comparativement les propriétés "au sec" et "au mouillé" des produits car toutes les interactions fibres-fibres ou fibres-particules risquent d'être plus ou moins fortement modifiées en présence d'humidité.

Enfin le problème important des spécifications qui a été évoqué tout au long de ce colloque, implique la connaissance précise de propriétés particulières des textiles. Compte tenu de la diversité d'emploi des géotextiles et étant donné que l'expérience n'a pas encore sanctionné leur valeur dans les différentes applications, il est certainement prématuré de vouloir fixer des spécifications générales avec des seuils "guillotins" d'acceptabilité des produits. Néanmoins, la démarche idéale à entreprendre pour la définition de spécifications chiffrées a été décrite par les auteurs, elle implique des comparaisons systématiques entre, d'une part, les résultats de tests spécifiques simulant le plus possible les conditions d'utilisation, et, d'autre part, ceux résultant de l'évaluation, soit expérimentale, soit théorique, des sollicitations réelles sur le terrain et dans le temps.

Les communications présentées nous ont permis d'apprécier les efforts entrepris pour la mise au point de ces méthodes spécifiques, qu'il s'agisse de la dynamométrie mo-

no, bi ou tridimensionnelle et le nombre de méthodes proposées témoigne de tout l'intérêt porté à la solution de ce problème, qu'il s'agisse également de la filtration de la perméabilité ou du fluage.

Et, comme nous l'avons vu à travers quelques exemples, la pratique systématique de ces méthodes a permis dans certaines utilisations :

- d'orienter utilement l'industriel dans la mise au point ou la modification de son produit,
- d'orienter également le choix de l'utilisateur,
- de proposer des classifications de produits avec spécifications.

Pour finir, il faut bien revenir sur le problème de la durabilité et du vieillissement des produits textiles, qui a fait l'objet de discussions animées au cours des sessions précédentes. Dans ce domaine, restons prudents et évitons toute surenchère. Les textiles chimiques ont 30 ans d'âge et leur utilisation plus ou moins régulière en géotechnique remonte, disons à une dizaine d'années.

Dans ces conditions, il est certainement prématuré, même s'il est vrai que des textiles ont été suivis en cours d'usage, de vouloir pronostiquer une durée de vie pour des étoffes textiles, étant donné que la durabilité de chaque étoffe textile risque d'être aussi diversifiée que les utilisations que l'on peut en faire. Ceci rend évidemment très difficile l'approche en laboratoire du vieillissement accéléré.

Dans un premier temps, essayons donc de suivre de manière assez systématique les textiles déjà engagés dans des ouvrages géotechniques. Ceci nous promet de belles recherches et gageons que le prochain colloque sera riche d'enseignements à ce sujet. Fixons-nous donc rendez-vous pour les années 80.

Je vous remercie de votre attention.

(Applaudissements)

M. LE PRÉSIDENT

Je remercie M. Sotton de sa contribution et puisque j'ai remercié successivement tous les membres du

Comité des programmes, permettez-moi également de remercier M. Leflaive qui n'a pas à parler maintenant mais qui a beaucoup travaillé pour la réussite de ce colloque.

(Applaudissements)

Clôture

M. BATSCH

Ingénieur Général des Ponts et Chaussées

Directeur du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

Mesdames, Messieurs, vous voici arrivés au terme de vos travaux ; pendant trois jours vous avez écouté des communications, posé des questions, débattu des possibilités nouvelles et aussi des problèmes nouveaux résultant de la mise à la disposition des ingénieurs de ce nouveau matériau que l'on appelle "les textiles".

L'assiduité que vous avez montrée en étant toujours nombreux à ces séances témoigne de l'intérêt que présentait le sujet traité et du haut niveau des informations et des échanges.

Il me revient l'agréable devoir de remercier tous les artisans de cette réussite.

Je voudrais d'abord remercier les Présidents de session, leurs vice-Présidents et leurs secrétaires et bien entendu aussi les auteurs des communications, les intervenants dans le débat et vous-mêmes, auditeurs, pour votre présence et votre assiduité.

Je voudrais ajouter des remerciements pour les interprètes soumis à la rude épreuve d'un vocabulaire très spécialisé et pour ainsi dire en voie de formation.

Et je voudrais remercier les hôtes qui, par leur gentillesse, ont facilité les travaux de ce colloque.

Je n'aurai garde d'oublier, encore une fois, le Comité des Programmes qui, depuis plusieurs mois, prépare avec soin ce colloque et trouve aujourd'hui sa récompense dans le succès de son entreprise et dans l'importance de la moisson d'informations et d'idées récoltées au cours de ces quelques jours.

Le Comité des Programmes vient de tirer des

enseignements de ce colloque et d'énumérer une première série de conclusions :

- Intérêt de coordonner et de normaliser les spécifications et conditions de réception et d'identification de ce nouveau matériau.
- Poursuite des recherches sur les performances et les conditions de fonctionnement des textiles, en particulier lorsqu'ils sont associés à d'autres matériaux.
- Problème du vieillissement et de l'efficacité à long terme.
- Parallèlement recensement des applications sur chantier et extension possible de ces applications ; j'ajouterai notamment dans les pays en voie de développement en raison du faible coût.

Il ne m'appartient pas de développer ou de reprendre ces différents points. Je voudrais simplement aborder en quelques mots la question de savoir sous quelle forme une suite pourra leur être donnée.

A l'issue de ce colloque, en effet, ces organisateurs ont terminé la tâche qu'ils s'étaient fixée. Le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées et l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées qui avaient cru nécessaire de prendre l'initiative de réunir ce colloque sur l'emploi des textiles en géotechnique n'ont ni les moyens ni le désir de poursuivre eux-mêmes l'action lancée. Mais il serait évidemment dommage de ne pas prolonger cette action et de ne pas tirer tout le profit des contributions et des apports de ces trois journées.

Le Laboratoire Central et l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées seraient donc très heureux que les associations internationales qui s'y intéressent prennent le relais.

L'Association Internationale Permanente des Congrès de la Route, par son Comité des essais de matériaux, présidé par M. Berthier, a fait savoir qu'elle s'intéressait à la question, dans la limite évidemment du domaine routier. La Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais de Matériaux pourrait-elle accepter d'incorporer dans le champ de ses préoccupations ce nouveau matériau ?

Pour ma part je pense que ce serait très souhaitable et que dans l'affirmative une coopération RILEM-AIPCR pourrait être instituée sur ce problème de la codification des essais pour les applications routières.

La Société Internationale de Mécanique des Sols et des Travaux de Fondation est également concernée dans l'optique des applications géotechniques autres que routières, dans la mesure où ses structures lui permettent une action dans un domaine très précis comme celui qui nous a rassemblé ces jours-ci. Il apparaît comme également souhaitable qu'elle puisse apporter sa contribution.

Bien entendu, la porte ne serait fermée à aucune association internationale et, par exemple, la Société Internationale de Mécanique des Roches serait bien évidemment la bienvenue dans ce concert.

Il est probable que la meilleure formule serait, pour ces associations, de former, comme elles en ont parfois l'habitude, un Comité mixte de recherches et d'études.

Je leur pose donc la question en souhaitant que celle-ci reçoive une réponse favorable et que les résultats positifs enregistrés au cours de ce colloque trouvent leur prolongement dans les années à venir.

Et c'est sur cette parole de confiance et d'espoir que je terminerai en souhaitant à chacun de vous un agréable et bon retour vers vos occupations quotidiennes.

(Applaudissements)

La séance est levée à 16 h 25.