

ISSN : 1270-9840

SÉRIE BIMESTRIELLE N° 2-3/2009

(anciennement : *Annales de l'I.T.B.T.P.*,  
Revue créée en 1948)

AVRIL-JUIN 2009

**DIRECTEUR DE LA PUBLICATION**

Serge KEBABTCHIEFF

**RÉDACTION**

*Rédacteur en chef*

François BUYLE-BODIN,  
université de Lille

**Représentant**

**l'Association Française  
de Génie Civil AFGC**



Jean-Marc TANIS (EGIS), président du CA  
Bruno GODART (LCPC), président du Comité  
des Affaires Générales

Patrick GUIRAUD (Cimbéton),  
vice-président du CAG

Thierry KRETZ (SETRA),  
Président du Comité Scientifique et Technique

**Représentant l'Association**

**Universitaire de Génie  
Civil AUGC**



Denys BREYSSE  
(université de Bordeaux),  
président du CA

Anne PANTET (université de Poitiers),  
membre du CA, chargée des publications  
des rencontres de Saint-Malo

Olivier PLÉ (université de Grenoble),  
membre du CA, chargé du prix jeunes  
chercheurs « René Houpert »

Ahmed LOUKILI,  
membre du conseil scientifique

**Représentant le LCPC**

Jean-Luc CLÉMENT, direction scientifique

**Représentant la SMA-BTP et le GIS MRGenCi**  
(maîtrise des risques en génie civil)

Vincent MELACCA

**ABONNEMENT :**

Editions ESKA [<http://www.eska.fr>]

12, rue du Quatre-Septembre - 75002 PARIS  
Tél. : 01 42 86 55 73 - Fax : 01 42 60 45 35

**FABRICATION :** AGPA EDITIONS

4, rue Camélinat - 42000 Saint-Etienne  
Tél. : 04 77 43 26 70 - Fax : 04 77 41 85 04  
E-mail : [agpaedit@yahoo.com](mailto:agpaedit@yahoo.com)

**PUBLICITÉ** - À la rédaction

**IMPRESSION**

# sommaire

## éditorial

## matériaux

*La mise en place du règlement [REACH] : un défi à relever pour  
les industriels européens – Un exemple d'application à la profession  
du bitume – B. LOMBARDI* ..... 6

## structures

*Effets de la température à court terme et de la résistance du béton  
sur l'adhérence des barres en Polymère Renforcé de Fibres de Verre (PRFV)* – A. DAOUD, A. MASMOUDI, M. BEN OUEZDOU, R. MASMOUDI ..... 10

*Durabilité de l'adhérence des barres PRFV sous températures élevées –* A. MASMOUDI, M. BEN OUEZDOU, R. MASMOUDI, A. DAOUD ..... 18

*Vulnérabilité et performance sismiques des constructions en portiques  
auto-stables avant et après confortement – S. BOUKAIS, M. HAMIZI,  
N.E. HANNACHI* ..... 27

<b>résumés — abstracts</b> .....	4
<b>annonces de colloques</b> .....	39
<b>recommandations aux auteurs</b> .....	56
<b>bulletin d'abonnement</b> .....	2



# BULLETIN D'ABONNEMENT

À retourner aux Éditions ESKA

12, rue du Quatre-Septembre, 75002 PARIS  
Tél. 01 42 86 55 73 – Fax 01 42 60 45 35

Nom .....

Raison sociale.....

Adresse .....

Code postal ..... Ville ..... Pays .....

Je m'abonne pour **l'année 2009** (6 numéros/an) à la revue « *Annales du BTP* » :

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tarif FRANCE individuel (TTC) : <b>216 €</b>  | <input type="checkbox"/> Tarif ETRANGER individuel (HT) : <b>261 €</b>  |
| <input type="checkbox"/> Tarif FRANCE institution (TTC) : <b>271 €</b> | <input type="checkbox"/> Tarif ETRANGER institution (HT) : <b>312 €</b> |

#### À partir du 2<sup>e</sup> abonnement :

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tarif FRANCE individuel (TTC) : <b>174 €</b>  | <input type="checkbox"/> Tarif ETRANGER individuel (HT) : <b>209 €</b>  |
| <input type="checkbox"/> Tarif FRANCE institution (TTC) : <b>217 €</b> | <input type="checkbox"/> Tarif ETRANGER institution (HT) : <b>250 €</b> |
- Surtaxe aérienne 2,90 € par volume (2,90 x 6) soit 17,40 €*

Je joins :  Un chèque bancaire à l'ordre des Editions ESKA

Un virement bancaire aux Editions ESKA -  
BNP Paris - Champs Elysées - 30004-00804 - Compte 000101399.56

\* 2-3/2009

## LISTE DES ANNONCEURS

ÉDITIONS ESKA – 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> de couv

Chères lectrices, chers lecteurs

Ce second numéro de 2009 comme le premier s'inscrit dans la continuité de 2008, en attendant les évolutions à venir dont j'ai déjà eu l'occasion de vous parler.

Il comprend une présentation supplémentaire faite à ORGAGEC'08 qui porte sur le fameux règlement REACH.

Les trois autres articles nous ont été conseillés et ont été relus par nos collègues de l'UISF. L'un d'entre eux approfondit l'analyse de la vulnérabilité sismique du bâti algérien. Il développe de façon pratique et prolonge par la présentation d'un outil un premier article paru dans le n° 2 de 2008.

Les deux autres portent sur l'étude du comportement d'éléments de structure en béton armé de barres en composite soumis à des températures élevées. Ils s'inscrivent dans la thématique d'Orgagec par son volet « composites organiques » pour le Génie Civil. Ils sont le fruit d'une coopération entre le Québec où ont été formés et ont travaillé les auteurs et l'Algérie.

L'UISF ([www.uisf.fr](http://www.uisf.fr)) joue ici son rôle de promoteur de la science et la technologie dans le monde francophone. J'en profite pour rappeler son rôle.

L'UISF est à la fois une émanation et un membre de l'ICET/UATI\*. Elle est domiciliée à l'UNESCO.

L'UISF mène ses actions sur le plan international et s'adresse à tous les organismes ou individus qui utilisent le français, totalement ou partiellement, dans leurs activités sur le plan scientifique ou technique. Elle agit en réseau pour renforcer les liens entre ses membres et faciliter la diffusion rapide de l'information. L'objectif principal de l'UISF est de créer un espace d'échange, de coopération et de montage en commun de projets d'intérêt régional ou international. Il est indéniable qu'un tel objectif est d'un intérêt crucial pour les PED et répond à un besoin vital.

L'UISF se propose d'apporter sa contribution et de favoriser les modes d'action qui y concourent (diffusion des nouvelles acquisitions des sciences et de la technologie, appui au transfert technologique, établissement de liens avec les cadres ayant été formés dans les établissements francophones,...).

Certes, les objectifs visés par l'UISF constituent un champ d'activité très étendu. De ce fait, ses actions sont bien ciblées et elle s'abstient de s'engager dans des voies déjà couvertes par d'autres Associations. Elle recherche plutôt la coopération et la complémentarité.

Enfin je vous rappelle les nouvelles recommandations aux auteurs présentées en fin de numéro, espérant qu'elles vous donneront envie d'apporter une contribution précieuse au développement de la revue.

François BUYLE-BODIN  
*Le rédacteur en chef*

---

\* ICET: Conseil International des Sciences de l'Ingénieur et de la Technologie  
UATI: Union Internationale des Associations et Organismes Techniques

## LA MISE EN PLACE DU RÈGLEMENT [REACH] : UN DÉFI À RELEVER POUR LES INDUSTRIELS EUROPÉENS. UN EXEMPLE D'APPLICATION À LA PROFESSION DU BITUME

B. LOMBARDI

Le règlement européen [REACH] (registration-evaluation-authorisation of chemicals) portant sur les substances chimiques, entériné fin 2006, entre dans sa phase d'application dite « étape de pré-enregistrement » pour les substances concernées. A compter de maintenant et conformément à un calendrier établi, chaque substance chimique produite ou importée en Europe, utilisée telle quelle ou entrant dans la composition d'un produit industriel, devra faire l'objet d'un enregistrement et, pour certaines d'entre elles, d'une autorisation de la part de l'Agence européenne des produits chimique) opérationnelle depuis mi-2008. Cette démarche concernera à terme plus de 30 000 substances, et devra concourir à l'amélioration de la prévention du risque chimique, en particulier pour la santé des travailleurs et l'environnement. Les industriels doivent relever le défi car [REACH] encourage le développement de nouvelles substances plus sûres.

## THE EUROPEAN REGULATION [REACH] (REGISTRATION-EVALUATION-AUTHORISATION OF CHEMICALS): A NEW CHALLENGE FOR EUROPEAN BITUMEN INDUSTRY

*The European regulation [REACH] (registration-evaluation-authorisation of chemicals) governing the control of chemicals, on December 2001, approved by the end of 2006, comes into force with the first step called "pre-registration" which applies to all concerned existing chemicals. Nowadays and in line with the defined planning, each chemical manufactured or imported in Europe, directly used or included in manufactured product, will have to register and for some of them, will have to get authorisation from European Chemicals Agency in place mid-2008. This formality will apply to more than 30 000 substances and will increase both human and environmental safety by the chemical monitoring. The industry has to accept the challenge because [REACH] encourages development of new safer substances.*

## EFFETS DE LA TEMPÉRATURE À COURT TERME ET DE LA RÉSISTANCE DU BÉTON SUR L'ADHÉRENCE DES BARRES EN POLYMÈRE RENFORCÉ DE FIBRES DE VERRE (PRFV)

A. DAOUD, A. MASMOUDI, M. BEN OUEZDOU,  
R. MASMOUDI

Les effets de la température sur le court terme et de la résistance du béton sur l'adhérence entre les barres en Polymères Renforcés de Fibre de Verre (PRFV) et le béton ont été étudiés expérimentalement par l'intermédiaire de l'essai d'arrachement direct.

Les essais sont réalisés sur des éprouvettes après un conditionnement de 24 heures sous différentes températures. Des essais d'arrachement sont également réalisés sur des barres en acier noyées dans du béton pour des fins de comparaison. Les

résultats expérimentaux ne montrent pas des dégradations significatives de la contrainte d'adhérence pour les éprouvettes soumises à des températures jusqu'à 60°C. Cependant à 80°C, une diminution de la contrainte d'adhérence moyenne de 12% a été constatée.

L'effet de la résistance du béton a été également mis en évidence. Les résultats expérimentaux ont montré que la résistance à l'arrachement augmente avec la résistance à la compression du béton. Cependant, une dégradation significative de la barre a été observée pour le B70.

## SHORT TERM TEMPERATURE AND CONCRETE STRENGTH EFFECTS ON BOND BETWEEN CONCRETE AND GLASS FIBER REINFORCED POLYMER (GFRP)

*Experimental research on the effect of temperature and concrete strength on bond between Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) and the concrete were carried out by means of pull-out test.*

*The tests were carried out after 24 hours conditioning under various temperatures. Pull-out tests are also carried out on steel bars for ends of comparison. The experimental results showed no significant degradations of the bond strength for specimen subjected to temperatures until 60°C. However at 80°C, a reduction in the average bond stress of 12% was noted.*

*The compressive concrete strength effect was also tested. The experimental results showed that the bond strength increases with the compressive strength of the concrete. However, a significant degradation of the bar was observed for B70.*

## DURABILITÉ DE L'ADHÉRENCE DES BARRES PRFV SOUS TEMPÉRATURES ÉLEVÉES

A. MASMOUDI, M. BEN OUEZDOU, R. MASMOUDI  
A. DAOUD,

Quatre-vingts éprouvettes sont testées sous températures élevées dans un environnement sec, pour étudier l'effet de la température sur la contrainte d'adhérence des barres en Polymères Renforcés de Fibres de Verre (PRFV) Combar Rebars scellées dans du béton. Les essais d'arrachement direct sont conduits après 4 et 8 mois de conditionnement sous des températures jusqu'à 80°C, et comparés par rapport aux éprouvettes non conditionnées (20°C). Les résultats expérimentaux ne montrent pas de dégradations significatives de la contrainte d'adhérence pour les éprouvettes soumises à des températures jusqu'à +60°C. Cependant une réduction de la contrainte d'adhérence de 14 % est observée après conditionnement de 8 mois sous une température de 80°C. La calibration des résultats expérimentaux avec le modèle CMR, montre que le coefficient , de ce modèle dépend de la température d'exposition.

## BOND DURABILITY OF GFRP BARS UNDER HIGH TEMPERATURE

*Eighty pullout specimens were used to study the effect of high temperature in dry environment on bond properties between Glass-FRP-Combar Rebars and concrete. The pullout-test*

*specimens were subjected during 4 and 8 months to high temperatures up to 80 °C and then compared to untreated specimens (20°C). Experimental results showed no significant reduction on bond strength for temperatures up to 60 °C. However, a maximum of 14% reduction of the bond strength was observed for 80 °C temperature after 8 months of thermal loading. For treated specimens, the coefficient , for the CMR model calibrated to the experimental data depends on the temperature T.*

## **VULNÉRABILITÉ ET PERFORMANCE SISMIQUES DES CONSTRUCTIONS EN PORTIQUES AUTO-STABLES AVANT ET APRÈS CONFORTEMENT**

S. BOUKAIS, M. HAMIZI, N.E. HANNACHI

La majorité des villes en Algérie, édifiées avant les années 80, étaient construites en ignorance totale des risques sismiques. En effet, les bâtiments situés dans les zones à sismicité avérée doivent, dans ce cas, faire l'objet d'inspections et d'évaluations techniques afin de vérifier leur supposée 'tenue'. Non seulement, il faudra évaluer la vulnérabilité de ces bâtiments, mais aussi s'assurer de leur performance sismique. La vulnérabilité est évaluée grâce à un outil informatique basé sur l'approche analytique, dont l'objectif est d'arriver à un indicateur conventionnel de vulnérabilité qui, permettra de classer les bâtiments de la simple petite réparation à la démolition. Quant à la performance sismique, elle sera obtenue par une méthode statique non linéaire qui est la méthode push over. Cette méthode nécessite, pour obtenir le point de performance, une courbe de

capacité sismique du bâtiment, et d'une courbe représentant la demande sous forme d'un spectre de réponse obtenue du règlement parassismique Algérien. Un niveau de dommage est alors obtenu et des propositions de confortement sont formulées. Cette approche a été, ensuite, validée pour des bâtiments se trouvant dans la zone épicentrale du dernier séisme du 21 mai 2003.

## **VULNERABILITY AND SEISMIC PERFORMANCE OF RC FRAME STRUCTURES BEFORE AND AFTER REHABILITATION**

*The majorities of cities in Algeria, built before the Eighties, and were built in total ignorance of the seismic risks. Indeed, the buildings located in the proven seismic zones must, in this case, be the subject of inspections and technical assessments in order to check their supposed compliance. Not only we should assess the vulnerability of these buildings, but also ensure their seismic performance. Vulnerability is assessed through a computer-based analytical approach, which aims to reach a conventional indicator of vulnerability that will classify buildings from minor repairs to demolition. As for the seismic performance, it will be achieved through a static non-linear method called push over. This method requires obtaining the performance curve of seismic capacity building and a curve showing the form of a spectrum of response of the Algerian seismic settlement. A level of damage is obtained and proposals are made to consolidate. This approach was validated, then, on buildings in the epicentre area of the last earthquake of 21 May 2003.*

# LA MISE EN PLACE DU RÈGLEMENT [REACH] : UN DÉFI À RELEVER POUR LES INDUSTRIELS EUROPÉENS

## UN EXEMPLE D'APPLICATION À LA PROFESSION DU BITUME

**Bernard LOMBARDI**

Directeur général du GPB – Groupement Professionnel des Bitumes  
4 avenue Hoche, F-75008 Paris  
blombardi@ufip.fr

### *Avertissement*

*Le présent article est une synthèse libre, rédigée par l'auteur, des informations publiques relatives au règlement [REACH] et à son entrée en vigueur. Cet article de vulgarisation ne saurait, en aucun cas, engager la responsabilité de son rédacteur ou de son institution. Il est conseillé aux lecteurs intéressés de se reporter aux documents officiels traitant de ce règlement.*

## 1. INTRODUCTION

**L**e règlement européen [REACH] (registration-evaluation-authorization of chemicals) entre maintenant (juin 2008) dans sa phase d'application dite « étape de pré-enregistrement » pour les substances concernées. Pour mémoire ces dispositions référencées CE n° 2592/2001, datent du 28 décembre 2001 et après de longs débats au Parlement européen, ne furent entérinées que le 18 décembre 2006 sous la référence n° 1907/2006. Elles remplacent plus de 40 textes et documents législatifs tout en renforçant les dispositions applicables aux substances chimiques. Enfin elles instituent une agence européenne des produits chimiques (ECHA pour European Chemical Agency) qui a été inaugurée le 3 juin 2008 par le président de la Commission européenne, José Manuel Baroso.

## 2. EN QUOI TOUT CELA CONSISTE-T-IL ?

Il s'agit d'un système unique destiné à contrôler les substances chimiques produites et importées en Europe, apte à évaluer les risques et à délivrer ou non, une autorisation d'utilisation ou de commercialisation.

Ce règlement entre en vigueur par phases successives et oblige les industriels qui produisent ou importent des substances chimiques à faire un examen complet de chaque substance commercialisée en Europe afin de constituer un dossier destiné à être enregistré auprès de l'Agence.

## 3. ORIGINE DE LA DÉMARCHE

La décision de légiférer en la matière prend son origine dans des dossiers de contentieux récents qui ont mis en évidence que les dangers associés à l'emploi de certaines substances naturelles comme de synthèse, n'avaient pas toujours été bien évalués et que par voie de conséquence les impacts de ces substances sur les personnes et sur l'environnement avaient causé des dommages souvent irréversibles.

L'arsenal législatif n'était pas vide mais il fallait renforcer les dispositions. En effet, on peut rappeler que la directive 67/548 impose la classification et l'étiquetage des substances dangereuses et depuis 1981, elle mentionne la notification des substances nouvelles auprès des autorités

compétentes. De plus, l'évaluation des risques et le contrôle des substances existantes sont mis en œuvre depuis 1994 conformément aux textes du règlement européen (CEE) n° 793/93.

Nonobstant, avant la mise en place définitive de [REACH], la situation pouvait se résumer comme suit :

- sur les 30 000 substances environ, ayant obtenues un numéro EINECS avant 1981, quelques milliers seulement ont fait l'objet d'une évaluation aussi complète que possible et peuvent être considérées comme connues. Le moment était donc venu d'étudier toutes les autres en portant une attention toute particulière aux substances les plus préoccupantes ;
- la preuve du caractère dangereux d'une substance était à la charge des autorités publiques.

## 4. L'ASPECT NOVATEUR DE [REACH]

Désormais [REACH] impose :

- l'évaluation de toutes les substances selon des critères définis ;
- la charge de la preuve de l'innocuité au fabricant ou à l'importateur.

Ces deux points résument la **révolution** à mettre à l'actif de [REACH].

Comment les industriels vont-ils faire face à ces nouvelles et très importantes contraintes qui s'imposeront progressivement à eux pour toute substance fabriquée ou importée en Europe en quantité supérieure ou égale à **1 tonne/an** par fabricant ou par importateur ?

Compte tenu de la nouveauté et de la complexité du règlement, c'est un processus séquentiel qui a commencé, dont le calendrier aujourd'hui connu, peut se découper en une **phase préliminaire** suivie de **quatre étapes**.

## 5. LA PHASE PRÉLIMINAIRE

Quelle que soit la substance considérée déjà sur le marché, elle consiste à comptabiliser la quantité globale annuelle consommée et à faire l'état des connaissances en relation avec ses propriétés physiques, chimiques, toxicologiques et écotoxicologiques. A l'issue de ce bilan, l'industriel évalue l'urgence avec laquelle il va lui falloir s'engager dans l'étape d'enregistrement sachant que la première dite de pré-enregistrement, actuellement en cours, s'impose quasiment à toutes les substances sauf les quelques exceptions mentionnées dans les textes officiels.

## 6. ÉTAPE 1, LE PRÉ-ENREGISTREMENT AUPRÈS DE L'AGENCE

Une fois la phase préliminaire réalisée l'industriel s'engage dans la première étape, **incontournable**, d'enregistrement préalable, dite de pré-enregistrement correspondant à la période actuelle du 1<sup>er</sup> juin au 30 novembre 2008, pour les substances déjà commercialisées

à plus de 1 t/an, comme le bitume par exemple. Cette étape prépare l'enregistrement définitif de la substance et conduit le fabricant à faire l'analyse exhaustive de toutes les utilisations de la substance qu'il fournit à ses utilisateurs. Cette étape a été mise sur pied afin de permettre aux fabricants de disposer de délais d'enregistrement échelonnés (2010, 2013 ou 2018 selon certains critères) et de regrouper les déclarants d'une même substance, dans un « forum d'échange d'informations » destiné à rassembler et à échanger les données nécessaires à l'enregistrement afin de diminuer les coûts et les essais sur les animaux.

Le recueil des données ci-dessus mentionnées, conduit le fabricant de toute substance à s'assurer que chaque client l'utilise dans les conditions requises. Le fabricant doit également connaître le niveau d'exposition des individus et de l'environnement en cours d'utilisation. Cela signifie que tout client est tenu d'expliquer à son fournisseur comment il met en œuvre la substance tout au long des procédés jusqu'à l'étape ultime. Tout ce processus constituera des flux considérables d'informations qu'il faudra gérer en conservant, obligatoirement, une part de confidentialité.

Les informations à fournir à ce niveau concernent de la même façon les substances dangereuses et celles qui ne le sont pas. Schématiquement il faut communiquer :

- le nom de la substance, espèce chimique, numéro CAS et numéro EINECS ;
- le tonnage annuel commercialisé ainsi que la date envisagée d'enregistrement, car ce dernier pourra intervenir en 2010, 2013 ou 2018 en fonction du tonnage global commercialisé et des dangers que la substance présente ;
- l'identification complète du fabricant ou de l'importateur au moyen du nom et de l'adresse de l'entité légale assumant la responsabilité de la fabrication ou de l'importation de la substance.

Ce pré-enregistrement est **gratuit**.

À partir du 1<sup>er</sup> juin 2008, pour toute substance nouvelle, le pré-enregistrement n'existe pas. **L'enregistrement est un préalable à sa commercialisation.**

## 7. ÉTAPE 2, L'ENREGISTREMENT

L'enregistrement, deuxième étape fondamentale du règlement, concerne les substances d'ores et déjà sur le marché, produites ou importées, telles quelles ou contenues dans des préparations, mais également les substances présentes dans des articles (objet ou produit d'équipement) ainsi que celles mises sur le marché depuis le 1<sup>er</sup> juin 2008.

Compte tenu du nombre important de ces produits, le calendrier mis en place est progressif et s'étale sur 11 ans et les délais d'enregistrement sont déterminés suivant des critères de danger et les quantités mises à la commercialisation et se présentent comme suit :

- trois ans et demi après l'entrée en vigueur du règlement pour les substances :
  - classées CMR de catégorie 1 ou 2 produites ou importées à plus de 1 t/an ;
  - classées R50/53 produites ou importées à plus de 100 t/an ;
  - produites ou importées à plus de 1 000 t/an.

- six ans après l'entrée en vigueur du règlement pour les substances produites ou importées à plus de 100 t/an ;
- onze ans après l'entrée en vigueur du règlement pour les substances produites ou importées à plus d'une tonne/an.

Rappelons que l'enregistrement est à la charge du fabricant ou de l'importateur qui doit déposer un dossier auprès de l'Agence et régler le **coût de cet enregistrement**. Le dossier, au contenu bien défini, comprendra de nombreuses données d'identification, de danger et de conseil, dont l'importance est modulée en fonction des quantités, des propriétés intrinsèques, des dangers présentés et des conditions d'utilisation.

Un dossier standard d'enregistrement comprend :

- un volet technique renfermant des données physico-chimiques, toxicologiques et écotoxicologiques, de classification et d'étiquetage comme cela figure déjà dans la fiche de données de sécurité ;
- un **rappor sur la sécurité chimique** (RSC) destiné à identifier les mesures de gestion des risques afin d'assurer leur maîtrise tout au long de la chaîne d'approvisionnement. Cette évaluation concerne la santé humaine et l'environnement durant tout le cycle de vie de la substance, ce qui inclue, en particulier, des scénarii d'exposition tout au long de la vie de la substance. Il faut noter ici que tout utilisateur peut contribuer à l'élaboration du RSC en communiquant au fabricant ou à l'importateur des informations sur les usages qui en sont faits. Ces utilisations sont alors incluses dans le scénario d'exposition du fabricant en tant qu'utilisations identifiées. Dans le cas où l'utilisateur considère que tout ou partie de l'usage qui est fait de la substance s'écarte des conditions recensées dans le rapport ou bien doit demeurer confidentiel, il doit proposer son propre RSC et le soumettre à l'Agence. Un tel rapport est obligatoire pour les substances produites ou importées à plus de 10 t/an.

Des procédures particulières d'enregistrement ont été prévues. Elles concernent les polymères, les activités de R&D axés sur les produits et les processus, les substances considérées comme étant enregistrées, les intermédiaires de synthèse isolés.

Chaque industriel concerné par une substance doit savoir ce qui s'impose à lui. Comme cela est mentionné ci avant, toutes les substances produites ou importées à plus de 1 000 t/an ainsi que toutes les substances dites « préoccupantes » même si chacune d'entre-elles est utilisée en faible quantité, seront enregistrées en priorité.

Comme le montre les informations mentionnées ci-dessus, [REACH] renforce de façon extrêmement forte et formalisée le système d'information entre les producteurs et les utilisateurs et inversement. La fiche de données de sécurité (FDS) telle que définie par la directive 91/155/CE devient le document central de la communication et sa base légale sera le règlement [REACH]. La FDS comporte déjà les 16 rubriques définies en 1991 et inclura, en annexe, les scénarii d'exposition décrivant les bonnes pratiques d'utilisation de la substance ou de la préparation dans le cas où un RSC est requis.

## 8. ÉTAPE 3, L'ÉVALUATION

La troisième étape, c'est l'évaluation des dossiers d'enregistrement et des substances par les autorités européennes, voire nationales.

Aujourd'hui, à sa mise en place, [REACH] fait porter la priorité sur les substances classées hautement toxiques comme les CMR (Cancérogène, Mutagène, Reprotoxique), les PBT (Permanent, Bio-accumulable et Toxique) et enfin les vPvB (very persistant, very bio-accumulable). Pour ces familles de substances, les Etats membres, lorsque cela est nécessaire, peuvent proposer des mesures de gestion du risque au niveau communautaire telle que l'autorisation, la restriction ou la classification des substances les plus préoccupantes. Cette évaluation est facultative et chaque Etat membre peut choisir une ou des substances à évaluer appartenant au « plan continu d'action communautaire » sachant que la durée d'évaluation d'une substance ne peut excéder un an.

Retenant le dossier, si des informations venaient à être considérées comme manquantes, des compléments d'étude seraient nécessaires, pouvant inclure des essais sur animaux vertébrés, par exemple. Dans ce dernier cas, les industriels concernés devront impérativement partager leurs résultats afin de minimiser les essais à réaliser.

Pour les substances non préoccupantes, la première phase de l'évaluation interviendra sur dossier. Si ce dernier est satisfaisant, le processus s'arrêtera là et la substance bénéficiera d'un numéro d'enregistrement officiel et le dossier sera consultable sur le site de l'Agence. *A contrario*, un dossier incomplet retardera l'enregistrement et conduira à la fourniture de renseignements complémentaires plus ou moins lourds.

## 9. ÉTAPE 4, L'AUTORISATION

La quatrième étape, applicable aux substances identifiées comme hautement toxiques (CMR, PBT, vPvB, perturbateurs endocriniens), c'est l'autorisation d'emploi ou de mise sur le marché. Dans ce cas, les autorisations seront délivrées par la Commission à la condition que les industriels concernés s'engagent à démontrer que les risques liés à l'usage de ces substances préoccupantes sont correctement maîtrisés. Comme précédemment, pour des raisons éthiques et économiques, les industriels concernés par les mêmes substances sont invités à partager leurs données et à bâtir, ensemble, le dossier. L'annexe XIV regroupe les substances et éventuellement les utilisations particulières qui font l'objet d'une demande d'autorisation par le fabricant, l'importateur ou l'utilisateur avant toute mise sur le marché. Cette annexe est élaborée par la Commission sur propositions des Etats membres et de l'Agence après avis des comités scientifiques de l'Agence.

## 10. APPLICATION À LA PROFESSION DU BITUME

En ce qui concerne l'activité pétrolière, et plus précisément le monde du bitume et des liants bitumineux, les travaux

sont bien avancés car depuis fort longtemps les Etats d'une part et les autorités européennes d'autre part, avaient bien évalué et fait évaluer tous les produits de cette industrie. La tâche se révèle donc moins ardue pour le CONCAWE (Conservation of Clean Air & Water in Europe) association européenne en charge des aspects HSE (Hygiène Sécurité & Environnement) des dossiers relatifs aux produits pétroliers, et pour l'association Eurobitume spécialement mobilisée sur le dossier du bitume et des liants bitumineux. Comme pour toutes les substances, **le bitume** fait l'objet d'un enregistrement valable pour tous les acteurs du domaine, et ce dossier comporte tous les usages connus et inclut, également, tous les additifs nécessaires à tel ou tel matériau particulier comme les bitumes modifiés par des polymères, les bitumes fluidifiés et fluxés ou les émulsions de bitume. Pour mémoire, les substances qui résultent d'une réaction chimique intervenant au cours de la fabrication d'une préparation, ne sont pas couvertes par [REACH].

Le dossier bitume comprend tout ce qui se rapporte directement à la substance « bitume » mais également, tous les éléments permettant de s'assurer que les additifs déclarés ont bien fait l'objet d'un enregistrement conforme dans toutes les conditions d'utilisation recensées. Pour le bitume et les liants bitumineux, la phase finale de l'analyse des risques devra être achevée au 01/01/2010 et l'enregistrement se fera au cours de l'année 2010 (date limite le 30-11-2010). Comme cela a été signalé au début de l'article, les fournisseurs de bitume ont été conduits à rassembler toutes les données d'exposition des opérateurs des travaux publics, du bâtiment et des diverses industries telles que

celles des colles, des vernis, des piles ou autres que cela soit par inhalation ou par voie cutanée, et celles résultant de l'impact de chaque usage sur l'environnement.

L'établissement de la vaste liste des utilisations du bitume et des liants bitumineux, même si 85 % des tonnages sont consacrés à la construction et à l'entretien des routes, 10 % servent à la fabrication et à la pose des complexes d'étanchéité et 5 % se retrouvent dans des applications très spécifiques et variées, a permis de vérifier, cas par cas, que les produits et procédés respectent les personnes et l'environnement. De façon complémentaire, les producteurs et les importateurs s'assurent que les ouvrages ainsi réalisés n'induisent aucun dommage et confirment, si cela était encore nécessaire, que le bitume demeure une substance neutre vis-à-vis des utilisateurs et de l'environnement ? et toujours efficace pour protéger les eaux de surface et souterraines contre de nombreuses sources de pollution.

## 11. CONCLUSION

La mise en place du règlement REACH conduit tous les industriels à fournir un effort sans précédent dans plusieurs domaines d'expertise comme l'hygiène, la santé et l'environnement à court, moyen et long termes puis à s'appuyer sur des experts juridiques pour rendre dès le début un dossier acceptable. S'en suivra alors une phase de communication qui mettra en lumière tous les apports de cette réglementation pour les habitants de la planète bleue et pour l'environnement.

# EFFETS DE LA TEMPÉRATURE À COURT TERME ET DE LA RÉSISTANCE DU BÉTON SUR L'ADHÉRENCE DES BARRES EN POLYMÈRE RENFORCÉ DE FIBRES DE VERRE (PRFV)

Atef DAOUD\*, Abdelmonem MASMOUDI\*, Mongi BEN OUEZDOU\*, Radhouane MASMOUDI\*\*

\*Laboratoire de Génie Civil (LGC), Ecole National d'ingénieurs de Tunis (ENIT),  
BP 37, 1002 Tunis Belvédère, Tunisie

\*\*Département de génie civil, Faculté de génie - Université de Sherbrooke,  
2500, Bd de l'université de Sherbrooke (Québec), J1K 2R1 Canada.

## 1. INTRODUCTION

Les matériaux composites sont de plus en plus utilisés dans les pays à climat rigoureux (Canada, Etats-Unis, Japon etc.), notamment les Polymères Renforcés de Fibre de Verre (PRFV).

L'utilisation des polymères renforcés de fibres (PRF) dans le domaine du génie civil est en pleine expansion, de par leurs caractéristiques mécaniques élevées, leur faible poids et leur bonne durabilité. Initialement utilisés sous forme de plaques pour la réparation des ouvrages en béton armé, une nouvelle application devenue rapidement assez courante des composites de PRF en génie civil est celle des barres d'armature pour le béton armé. En effet, l'excellente résistante à la corrosion des polymères confère aux matériaux composites un avantage certain comparé aux barres d'armature traditionnelles en acier.

Toutefois, plusieurs questions persistent chez les utilisateurs potentiels de cette technologie novatrice de renforcement interne. En effet, en raison de leur composition basée sur des composites à base de fibres orientées longitudinalement et de résine de polymère, ces barres possèdent :

- un coefficient d'expansion thermique (CET) faible dans le sens longitudinal car contrôlé par les fibres et un CET important dans le sens radial (2 à 5 fois celui du béton) car contrôlé par la résine (Aboutaha, 2004).

- un risque de dégradation accru quand ils sont enrobés dans un béton relativement résistant.

Le comportement d'une structure en béton armé dépend des propriétés mécaniques du béton et des armatures ainsi que celle de l'interface entre les deux matériaux. En effet, les caractéristiques de la liaison entre les deux matériaux sont responsables du transfert des efforts entre le béton et les armatures. C'est l'adhérence qui conditionne l'espacement et l'ouverture des fissures dans les éléments tendus en béton armé.

Peu d'études scientifiques se sont tournées vers l'analyse et la prédiction des changements de propriétés mécaniques de l'interface entre le béton et les barres de PRF dans leur environnement d'application réelle, c'est-à-dire enrobées de bétons de résistances diverses. Les conditions environnementales tel que l'exposition à l'eau, à l'humidité ou la température peuvent influencer le comportement des PRF durant le temps de service des structures et ainsi affecter la durée de vie de ces dernières.

(Katz *et al.*, 2000) ont étudié l'effet de la température (de 20°C à 250°C) sur le comportement de la liaison PRF-béton. Différents traitements ont été appliqués sur ces barres pour augmenter leur rugosité. Les résultats montrent des réductions de la contrainte d'adhérence des barres PRF qui peuvent atteindre 80 à 90 % à 250°C (contre 30 à 40 % pour l'acier). Ils ont noté que cette réduction est beaucoup plus accentuée au-delà de la température de transition du

Type de barre	Diamètre nominal (mm)	Module d'élasticité (GPa)	Résistance ultime (MPa)	Coefficient d'expansion thermique	Densité (g/cm <sup>3</sup> )
PRFV	8	60,0 $\pm$ 1,9	738 $\pm$ 22	0,6 $\times$ 10 <sup>-5</sup> (axial)	2,20
	16			2,2 $\times$ 10 <sup>-5</sup> (axial)	
Acier	8	200 $\pm$ 7	400 $\pm$ 11	1,0 $\times$ 10 <sup>-5</sup>	7,85
	16				

Tableau 1 : Propriétés des barres PRFV et acier.

polymère (Glass Transition Temperature  $T_g$ ). Une perte significative de la rigidité de la liaison avec l'augmentation de la température a également été observée.

La différence entre les coefficients de dilatation thermique des barres PRFV et du béton dans le sens radial peut provoquer des microfissures du béton entourant la barre et donc être à l'origine de cette perte de résistance à l'arrachement des PRF (Zaidi *et al.*, 2007). Cette hypothèse a été vérifiée par une modélisation numérique d'une barre PRF enrobée de béton. Les auteurs ont montré que la taille de la zone dégradée augmente avec le gradient thermique.

D'autres études au nord de l'Amérique ont montré qu'il n'y a pas de dégradations significatives de la contrainte d'adhérence des barres PRFV noyées dans du béton et exposées à des températures de 20°C à 40°C (Masmoudi *et al.*, 2007). A 70°C, (Galati *et al.*, 2006) ont trouvé une légère réduction de l'adhérence en termes de force ultime mais un effet plus prononcé sur le glissement de la barre à cause de la dégradation de la résine.

Il est connu que la contrainte d'adhérence des barres d'acier est proportionnelle à la résistance à la compression du béton (ou à sa racine carré), puisque ce sont les caractéristiques mécaniques du béton autour de la barre qui conditionnent la résistance de la liaison. Ceci peut ne plus être vrai pour les barres PRFV puisque l'adhérence n'est plus gouvernée par le béton seul mais aussi par la dégradation de la surface de la barre PRFV (Davalos *et al.*, 2008). Ce résultat a été confirmé par (Lee *et al.*, 2008). Ils ont en effet montré que la surface dégradée de la barre augmente avec la résistance du béton.

Cet article présente les résultats d'une campagne expérimentale sur l'effet de la température à court terme et de la résistance du béton sur les propriétés d'adhérence des barres PRFV. Le programme expérimental consiste à tester des éprouvettes cubiques en béton normal soumises à des températures (20°C, 40°C, 60°C et 80°C) pendant 24 h par l'intermédiaire de l'essai d'arrachement direct. L'effet de la résistance du béton est étudié pour trois formulations donnant des résistances de 30, 50 et 70 MPa.

des fibres combinées avec d'autres matériaux dans le but d'apporter des performances mécaniques, chimiques et physiques très élevées. Les propriétés des barres en PRFV «ComBAR®» utilisées dans cette étude sont présentées dans le Tableau 1.

Des essais menés par l'institut MPA de l'université Syracuse et à Munich (Aboutaha, 2004) montrent que les barres PRFV type ComBAR® présentent une élasticité linéaire jusqu'au point de rupture. Aucune déformation plastique n'est observée. Le module d'élasticité mesuré est de 60 000 N/mm<sup>2</sup>. Quant à la résistance à la traction mesurée, elle excède 1 000 N/mm<sup>2</sup>, pour toutes les barres, quel que soit leur diamètre. Ces barres ont été usinées pour obtenir une série de nervures afin d'augmenter leur rugosité. Les barres en acier Tunsid 42 sont de nuance feE 400 MPa. Deux diamètres nominaux de 8 et 16 mm sont utilisés dans cette étude (Figure 1).

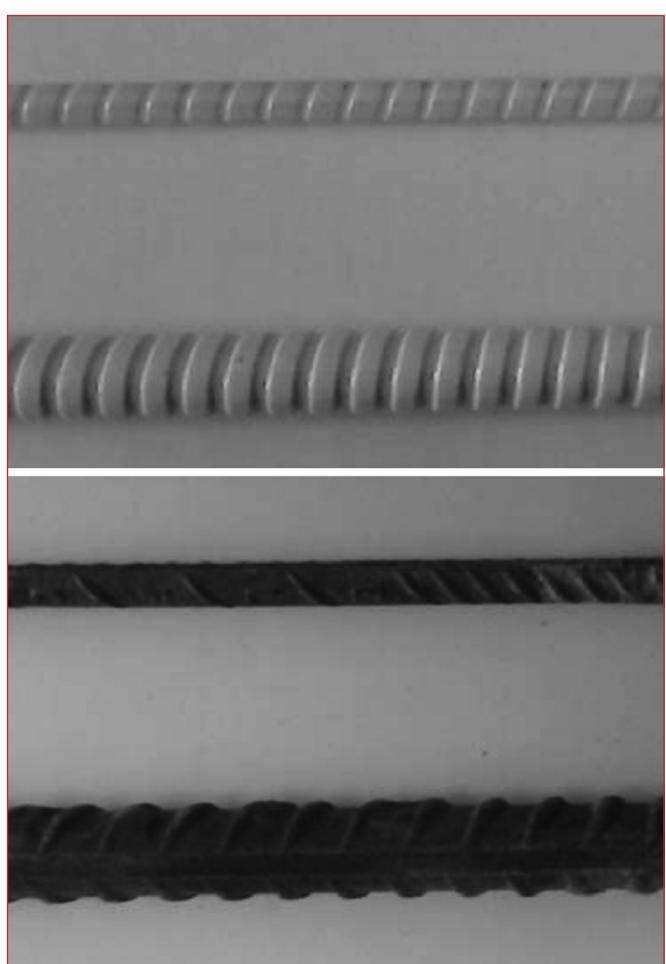


Figure 1 : Barres PRFV et Acier de diamètre 8 et 16 mm.

## 2. PROGRAMME EXPÉRIMENTAL

### 2.1. Armatures utilisées

Deux types d'armatures sont utilisés dans cette étude pour la confection des éprouvettes d'essais d'arrachement : barres en PRFV et barres en acier à fin de comparaison. Les barres en PRFV «ComBAR®» sont fabriquées avec

## 2.2. Composition du béton

Les bétons ayant servi pour le coulage des éprouvettes d'essais sont composés d'un ciment Portland du type CEM I 42,5, avec des granulats de diamètre maximal 20 mm. Les éprouvettes de contrôle cylindriques en béton  $160 \times 320$  mm sont coulées en deux couches et vibrées selon la norme en vigueur. Ces éprouvettes sont conservées dans une chambre humide jusqu'à l'âge de 28 jours, date des essais. La résistance à la compression des éprouvettes cylindriques est contrôlée le jour des essais d'arrachement (Tableau 3). Les caractéristiques des bétons sont présentées dans le Tableau 2.

## 2.3. Description des éprouvettes

Des barres PRFV de 500 mm de longueur sont ancrées verticalement dans des cubes en béton de  $150 \times 150$  mm pour les diamètres de 8 mm et  $180 \text{ mm} \times 180 \text{ mm}$  pour les diamètres de 16 mm. Cette différence dans les dimensions des éprouvettes est justifiée pour éviter le mode de rupture dans le béton. Toutes les éprouvettes sont confectionnées selon les spécifications du Guide des essais et méthodes (ACI 440.3R, 2004). La longueur d'ancrage des barres

	U	B30	B50	B70
Affaissement	(cm)	9	5	4
$f_{c7}$ jours	(MPa)	21	32	51,3
$f_{c14}$ jours	(MPa)	25	44	62,8
$f_{c28}$ jours	(MPa)	31	51,7	70,4
Densité	g/cm <sup>3</sup>	2,41	2,44	2,53

Tableau 3. Résultats des essais de compression des bétons utilisés.

envisagée pour toutes les éprouvettes d'essais est de  $5D_b$ ,  $D_b$  étant le diamètre de la barre en PRFV.

Les moules spécifiques à l'essai d'arrachement permettent de fixer une barre d'armature PRFV de longueur 500 mm lors du coulage du béton. La barre à tester doit être perpendiculaire à la face normale des éprouvettes. Pour assurer cette verticalité, nous avons adopté le système décrit par le guide ACI 440.3R-04 représenté en Figure 2.

Une gaine en PVC sera mise en place avant le coulage du béton. Cette gaine permet de limiter la longueur d'ancrage à  $5 D_b$  (Figure 3).

Cent éprouvettes d'arrachement ont été confectionnées :

- Une 1<sup>re</sup> série d'éprouvettes avec un béton B30, conditionnées dans une enceinte climatique pour une durée

	Constituants	Unités	Dosages pour 1 m <sup>3</sup>
B30	Ciment CEM I 42,5	kg	300
	Sable lavé	kg	857
	Gravier 4/12	kg	296
	Gravier 12/20	kg	691
	Eau	litre	204
	Adjuvant	kg	0
	E/C=0,68		
B50	Ciment CEM I 42,5	kg	400
	Sable lavé	kg	706
	Gravier 4/12	kg	177
	Gravier 12/20	kg	940
	Eau	litre	164
	Adjuvant : super plastifiant Tempo 10	kg	6
	Fumée de silice (Sika crête HD)	kg	30
	E/C=0,41		
B70	Ciment CEM I 42,5	kg	420
	Sable lavé	kg	726
	Gravier 4/12	kg	871
	Eau	litre	138
	Adjuvant : super plastifiant Tempo 10	kg	6,3
	Fumée de silice (Sika crête HD)	kg	30
	E/C=0,32		

Tableau 2: Composition des bétons utilisés.

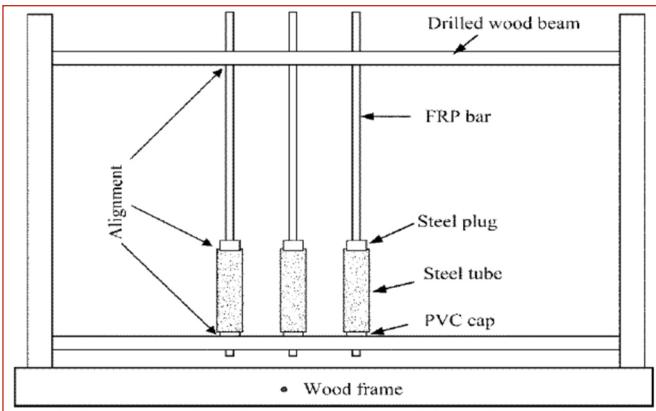


Figure 2: Système d'alignement des barres (Photo guide ACI 440).

de 24 heures sous différentes températures (40°C, 60°C et 80°C) Figure (4a).

- Une 2<sup>e</sup> série d'éprouvette avec des bétons B30, B50 et B70 à la température ambiante.

Cinq éprouvettes identiques sont coulées pour chaque diamètre, pour chaque température et pour chaque résistance. Pour contrôler la distribution de la température le long de l'interface barre PRFV/béton, des éprouvettes supplémentaires sont confectionnées dans lesquelles des thermocouples sont placés dans une position médiane de la longueur ancrée de la barre au niveau de l'interface béton/barre PRFV Figure (4b).

La courbe de la figure 5 montre que la température se stabilise à l'interface à la température désirée au bout de 10h.

## 2.4. Procédure des essais

Tous les essais d'arrachement sont réalisés sur une machine de traction commandée en déplacement type JJ Loyd 50 KN. L'acquisition automatique des données est assurée par une chaîne d'acquisition. La vitesse de chargement constante pour l'ensemble des essais est fixée à 1,2 mm/min en suivant les recommandations du guide ACI 440.3R-04. Un capteur LVDT avec une précision de 0.001mm est utilisé pour la mesure des déplacements du côté non chargé de la barre (Figure 6).



Figure 4: (a) Conditionnement dans l'enceinte climatique  
(b) Thermocouples.

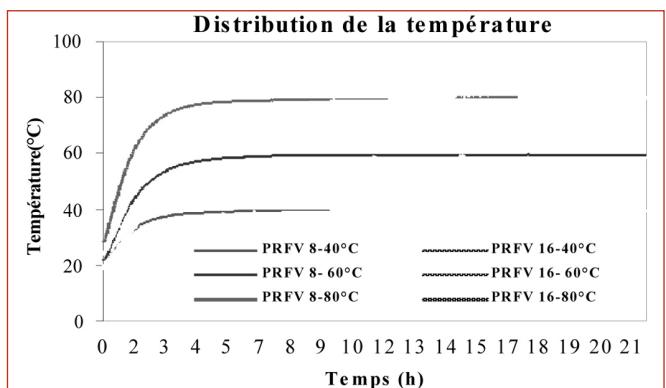


Figure 5: Distribution de la température le long de la longueur d'ancrage dans l'interface barre/béton.

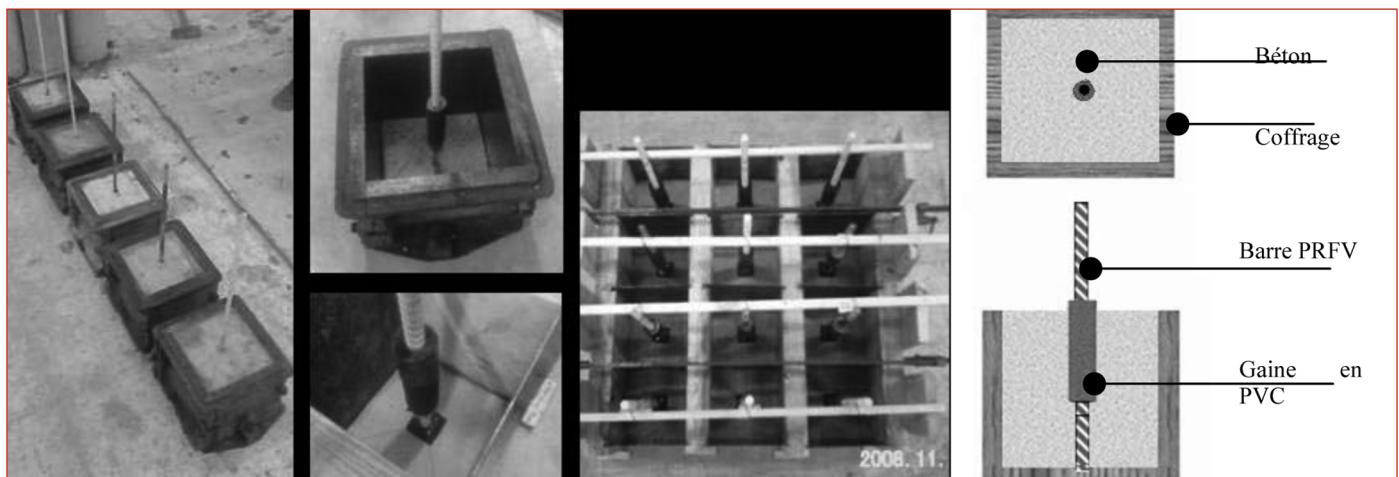


Figure 3: Coffrage des moules cubiques 150 et 180 mm.

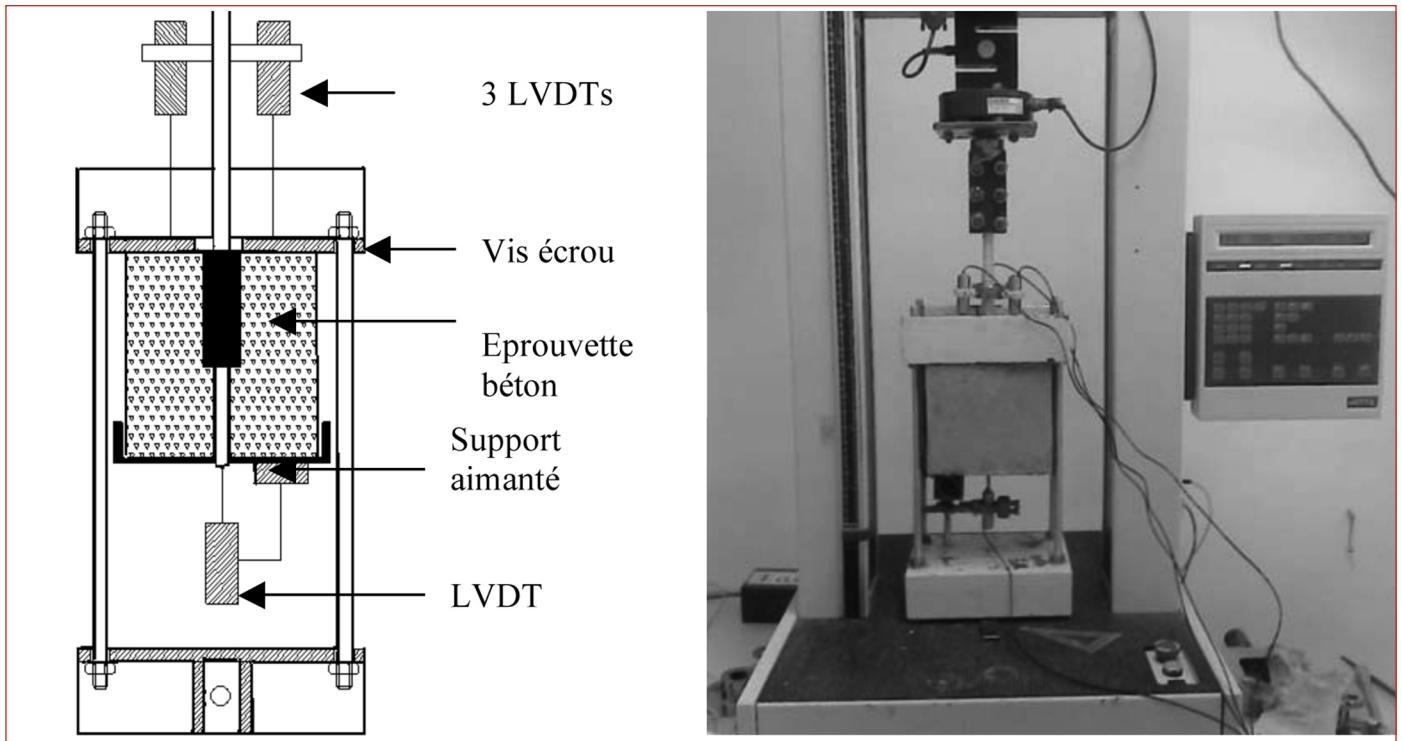


Figure 6: Dispositif pour l'essai d'arrachement.

### 3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

#### 3.1. Courbe Force-Glisсement (F-g)

La figure 7 donne, à titre d'exemple, les variations de la force d'arrachement en fonction du glissement pour l'acier et le PRFV à 20°C.

L'allure des courbes F-g est similaire pour l'acier et le PRFV. Les deux courbes présentent une première phase caractérisée par une rigidité importante (accroissement rapide de la charge pour des petites valeurs de glissement de la barre) et une deuxième phase où la force d'arrachement décroît considérablement pour un glissement important traduisant la rupture de la liaison. Ces deux phases sont séparées par un palier, plus étendu pour l'acier, donnant la force maximale d'arrachement. La rupture de la liaison est brutale pour les barres d'acier alors qu'elle est relativement douce pour les barres PRFV. Ceci est dû essentiellement à la géométrie des verrous de ces barres, plus proche des barres lisses que des barres à haute adhérence.

La figure 8 donne les variations de la force d'arrachement en fonction du glissement pour les barres PRFV (a) et Acier (b) pour le diamètre 8mm à différentes températures.

#### 3.2. Modes de rupture

Deux modes de rupture (figure 9) ont été observés lors des essais d'arrachement :

- Cisaillement du béton à l'interface (a) : dans le cas du B30 pour l'acier et le PRFV et indépendamment de la température
- Cisaillement du béton avec dégradation partielle de la barre PRFV dans le cas du béton B50 (b)

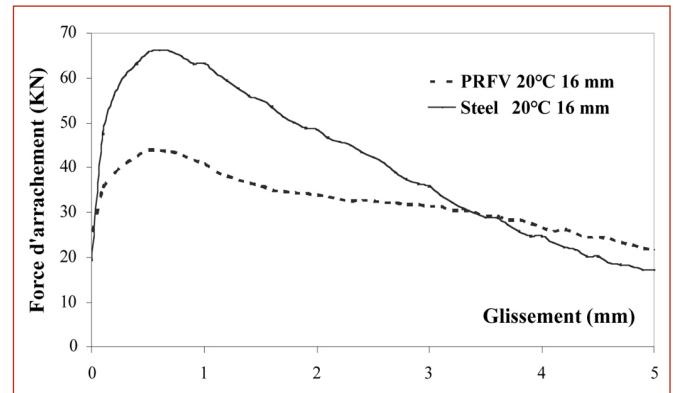


Figure 7: Variation de l'effort d'arrachement en fonction du glissement pour les barres d'acier et PRFV à la température ambiante (20°C).

- Cisaillement des verrous des barres PRFV dans le cas du béton B70 (c)

#### 3.3. Contrainte d'adhérence maximale

La contrainte d'adhérence maximale est calculée par l'expression suivante

$$\tau_{\max} = \frac{F_{\max}}{\pi D_b L_{e.b}} \quad (1)$$

Avec  $F_{\max}$  la force maximale provoquant l'arrachement de la barre,  $D_b$  le diamètre nominal de la barre testée, et  $L_{e.b}$  la longueur d'enrobage de la barre PRFV.

Les tableaux 4 et 5 récapitulent respectivement les valeurs des contraintes d'adhérence moyennes en fonction de la température pour les barres d'acier et de PRFV et en fonction de la résistance du béton pour les barres PRFV.

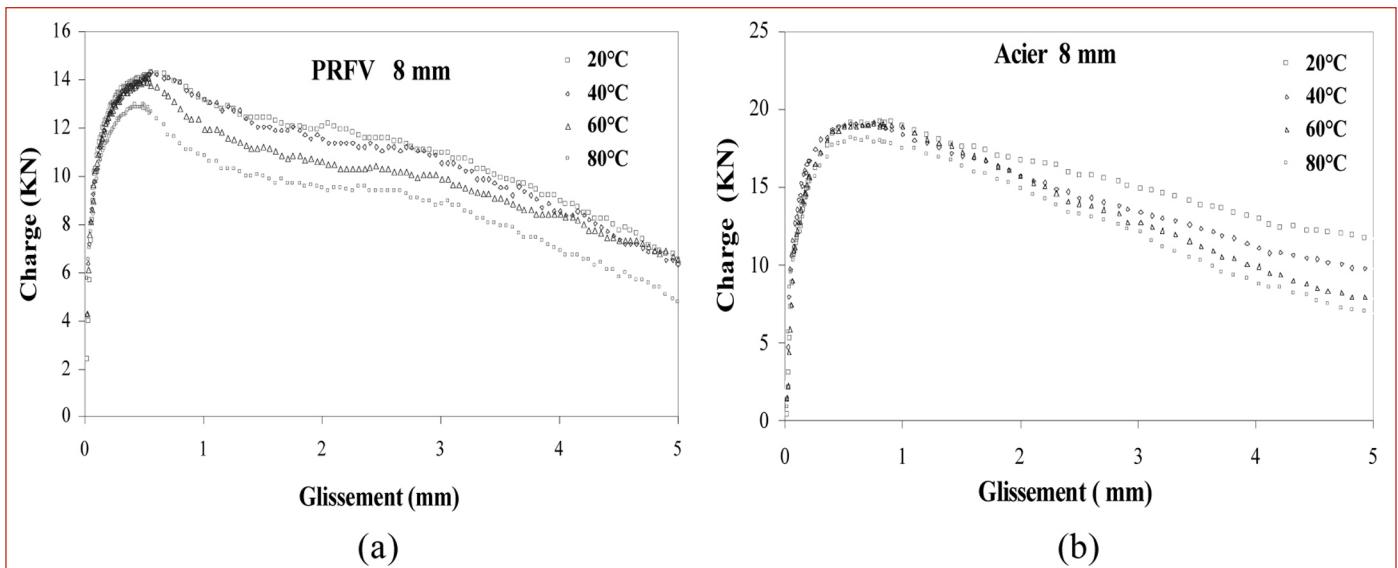


Figure 8: Évolution de la force en fonction du glissement de la barre pour différentes températures : PRFV (a) et Acier (b) (8mm).

Température	Contraintes moyennes* (MPa)			
	8 mm (PRFV)	16 mm (PRFV)	8 mm (acier)	16 mm (acier)
20°C	14,46 ± 0,18	11,20 ± 1,95	19,13 ± 1,98	16,46 ± 0,68
40°C	14,29 ± 0,53	10,80 ± 1,42	19,08 ± 2,00	16,25 ± 2,21
60°C	14,15 ± 1,40	10,67 ± 1,76	18,97 ± 3,06	16,17 ± 3,01
80°C	13,28 ± 2,04	9,52 ± 1,99	18,08 ± 1,14	14,90 ± 3,28

\* Basée sur la moyenne de cinq essais.

Tableau 4: Effet de la température sur la contrainte d'adhérence moyenne des barres PRFV et acier (B30).

Béton	Contraintes moyennes (MPa)	
	8 mm (PRFV)	16 mm (PRFV)
B30	14,46 ± 0,18	11,20 ± 1,95
B40	26,45 ± 1,14	25,54 ± 2,68
B70*	27,75 ± 2,15	26,30 ± 0,29

\* Correspondant à un cisaillement des verrous de la barre.

Tableau 5: Effet de la résistance du béton sur la contrainte d'adhérence moyenne des barres PRFV (à 20°C).

### 3.3.1. Comparaison acier-PRFV

Les contraintes d'adhérence des barres PRFV sont en moyenne de l'ordre de 70 % de celles des barres d'acier à haute adhérence à 20°C. Ceci est conforme aux différents résultats disponibles dans la littérature pour des barres PRF à géométries différentes (entre 40 % et 100 %) (Bank *et al.*, 1998). Pour les barres PRF lisses sans traitement de surface, elles sont de l'ordre de 10 à 20 % d'après les mêmes auteurs.

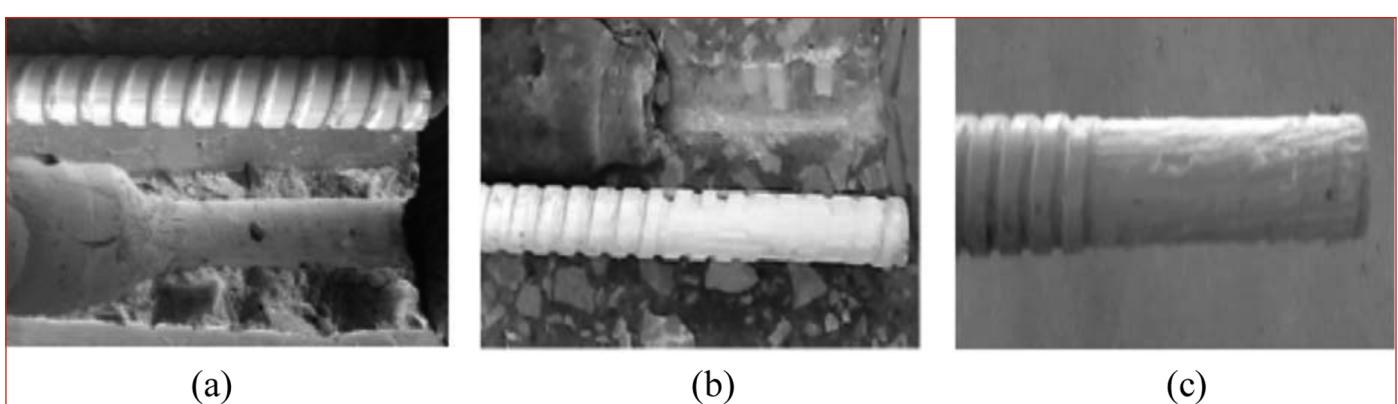


Figure 9 : Mode de rupture à l'interface barre-béton.

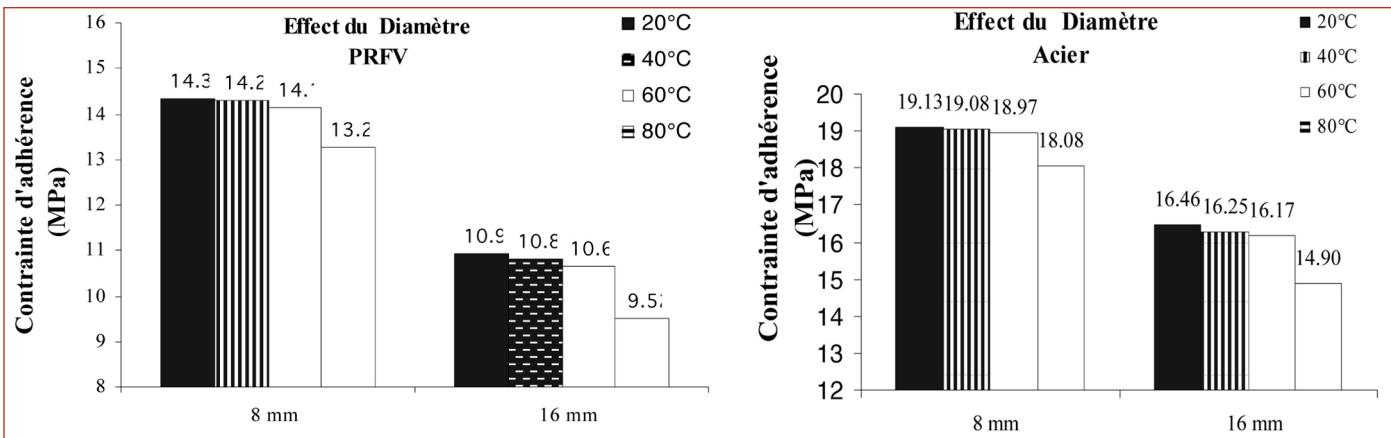


Figure 10 : Contrainte d'adhérence moyenne en fonction de la température et du diamètre pour les barres PRFV et acier.

### 3.3.2. Influence de la température

L'histogramme de la figure 10 donne les variations de la contrainte d'adhérence moyenne en fonction de la température et du diamètre pour les barres PRFV et pour l'acier. Nous pouvons déduire que pour des températures jusqu'à 60°C, les contraintes d'adhérence moyennes ne montrent pas de réduction significative pour les barres PRFV et acier.

Pour une température atteignant 80°C, les réductions sont 8,2 % et 15,0 % pour les barres PRFV, respectivement, de diamètre 8 mm et 16 mm comparé aux résultats de référence à 20°C.

Cette réduction pour l'acier est évaluée pour une température de 80°C à 5,49 % ; 9,46 %, respectivement pour les barres 8 mm et 16 mm.

Les caractéristiques mécaniques du béton n'étant pas affectées à ces niveaux de température, ce résultat s'explique par une expansion thermique dans le sens radial plus important pour les barres PRFV conduisant à une dégradation plus prononcée du béton autour de la barre.

La contrainte d'adhérence développée par les barres PRFV est affectée par le diamètre. La contrainte maximale d'adhérence diminue quand la le diamètre augmente (effet du diamètre) Cette conclusion est confirmée aussi par (Boyle *et al.*, 1994) (Nanni *et al.*, 1995a) (Tighiouart and Benmokrane, 1998).

### 3.3.3. Influence de la résistance du béton

L'histogramme de la figure 11 montre les variations de la contrainte moyenne d'adhérence pour les barres PRFV en fonction de la classe du béton.

Nous pouvons conclure que la contrainte d'adhérence moyenne augmente avec la résistance du béton (entre B30 et B50). Ce résultat est conforme à ce que l'on connaît pour l'acier (Lorrain *et al.*, 1997).

Cependant, la contrainte d'adhérence moyenne reste pratiquement constante au-delà de 50MPa puisque la rupture s'est produite dans la barre et la contrainte d'adhérence calculée correspond à la contrainte de cisaillement des verrous de la barre PRFV.

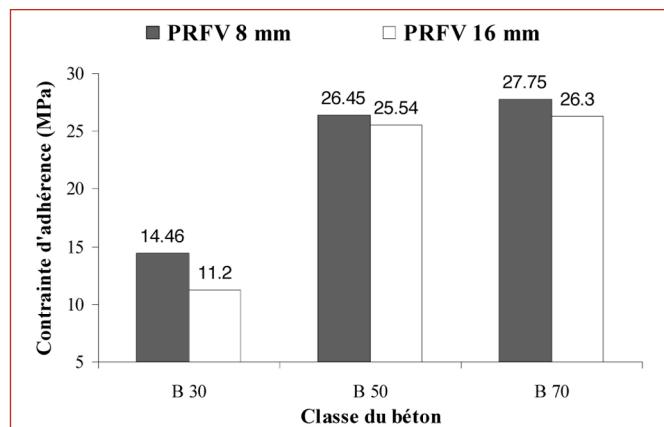


Figure 11: Contrainte d'adhérence moyenne en fonction de la résistance du béton.

## 4. CONCLUSIONS

L'influence de la température à court terme et de la résistance du béton sur l'adhérence entre barres PRFV et béton ont été étudiés expérimentalement. Les conclusions suivantes peuvent être tirées :

- Le comportement à l'arrachement des barres PRFV utilisées est similaire à celui des barres en acier ; c'est ce qu'attestent les courbes force-glisement.
- À la température ambiante, la résistance à l'arrachement des barres PRFV est de l'ordre de 70 % de celle de l'acier.
- On note peu de réductions significatives de la contrainte d'adhérence pour les barres de PRFV et d'acier pour des températures appliquées à court terme jusqu'à 60°C.
- À 80°C, les réductions, plus significatives, sont de 8,2 % et 15,0 % pour les barres PRFV, respectivement, pour les diamètres 8 mm et 16 mm comparées aux résultats de référence à 20°C.
- La réduction de la contrainte d'adhérence pour l'acier pour une température de 80°C est seulement de 5,49 % et 9,46 %, respectivement, pour les barres 8 mm et 16 mm
- La contrainte d'adhérence moyenne des barres PRFV utilisées augmente avec l'augmentation de la résistance du béton.

- Le mode de rupture à l'interface barre-béton varie avec la classe du béton : pour le B30 la rupture s'est produite par cisaillement du béton, pour le B50 par cisaillement du béton avec endommagement partiel de la barre, pour le B70 le mode de rupture est un cisaillement des verrous de la barre.

## 5. BIBLIOGRAPHIE

- [1] **Aboutaha R.** (2004). Recommended Design for the GFRP Rebar Combar, Syracuse University, USA.
- [2] **ACI 440.3R.** (2004). Guide Test Methods for Fiber-Reinforced Polymers (FRPs) for Reinforcing or Strengthening Concrete Structures.
- [3] **Boyle H.C., and Karbhari V.M.** (1994). "Investigation of bond behaviour between glass fiber composite reinforcements and concrete". Polymer-Plastics Technology and Engineering, vol. 33, n° 6, p. 733-753.
- [4] **Galati N., Nanni A., Dharani L.R., Focacci F., Aiello M.A.** (2006). " Thermal effects on bond between FRP rebars and concrete" Composites, Part A, vol. 37, p. 1223-30.
- [5] **Katz A. and Berman N.** (2000). "Modelling the effect of high temperature on the bond of FRP rebars to concrete" Cement and Concrete Composites, vol. 22, p. 433-443.
- [6] **Masmoudi, R., Alvarez, A.** (2007). "Pullout Bond Behaviour of FRP bars embedded in concrete under different temperatures". Actes du colloque SOMA-PRO, Hammamet, Tunisia, p. 369-379.
- [7] **Nanni A., Al-Zaharani M.M., Al Dulaijan S.U. and Bakis C.E.** (1995a). "Non-metallic (FRP) Reinforcement for Concrete structures", Edited by L. Tarwe Published in 1995 by E and FN Spon.
- [8] **Schock Bauteil GmbH Combar**, (2006). Design guideline for concrete structures reinforced with Glass Fiber Reinforced Polymer following the requirements of DIN 1045-1and EC2 Issued Germany.
- [9] **Tighiouart B., Benmokrane B. and Gao D.** (1998). "Investigation of bond in concrete member with fibre reinforced polymer (FRP)bars", Construction and Building Materials, vol. 12, n° 8, p. 453-462.
- [10] **Zaidi A., Masmoudi R.** (2007). "Numerical analysis of the transverse thermal behaviour of FRP bars embedded in concrete" (CDCC-07) (Québec) Canada p. 303-310.
- [11] **Davalos J.F., Chen Y., et Ray I.** (2008). "Effect of FRP bar degradation on interface bond with figh strength concrete", Cement and Concrete Composites 30, p. 722-730.
- [12] **Lee J.Y., Kim T.Y., Kim T.J., Yi C.K., Park J.S., You Y.C., Park Y.H.** (2008). "Interfacial bond strength of glass fiber reinforced polymer bars in high-strength concrete", Composites Part B 39, p. 258-270.
- [13] **Bank L.C., Puterman M., Katz A.** (1998). "The effect of material degradation on bond properties of fiber reinforced plastic reinforcing bars in concrete", ACI Materials Journal. 95(3), p. 232-243.
- [14] **Lorrain M., Maurel O., Hamouine A.** (1997). « Résistance à l'arrachement d'armatures à hautes adhérence de haute nuance ancrées dans du béton de hautes performances », Annales du BTP, n° 5, novembre 1997.

# DURABILITÉ DE L'ADHÉRENCE DES BARRES PRFV SOUS TEMPÉRATURES ÉLEVÉES

**Abdelmonem MASMOUDI<sup>1</sup>, Mongi BEN OUEZDOU<sup>1</sup>, Radhouane MASMOUDI<sup>2</sup>, Atef DAOUD<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Département de génie civil, Ecole National d'ingénieurs de Tunis (ENIT), Laboratoire de Génie Civil - BP 37 ,1002 Tunis- Belvédère, Tunisie.

<sup>2</sup> Département de génie civil, Faculté de génie - Université de Sherbrooke, 2500, Boulevard de l'université de Sherbrooke (Québec), J1K 2R1 Canada.

## 1. INTRODUCTION

**L**a corrosion des armatures de renforcement en acier est considérée comme une des causes principales de détérioration des structures en Génie civil. Pour empêcher ou éliminer la corrosion, plusieurs techniques ont été adoptées, telles que les barres enduites d'époxyde, les barres galvanisées en acier, les membranes synthétiques, la protection cathodique, les peintures spéciales. Cependant, l'efficacité à long terme de ces techniques est encore incertaine d'après les expériences *in situ*.

Récemment, une technique prometteuse de renforcement fait de barres en Polymères Renforcées de Fibres (PRF) a été appliquée, non seulement à de nouvelles structures en béton armé mais également pour la rénovation des structures existantes. Cette technique est avantageuse dans les cas d'exigence de non corrosion des armatures, d'isolation électrique ou magnétique. Les barres en PRF présentent d'autres avantages tels que la haute résistance à la traction comparée à leur faible densité [1-2-3-4-5-6]. Les propriétés mécaniques et le mode de déformation des barres PRF sont différents de ceux de l'acier. Cependant, les règles de conception avec renforcement en acier ne peuvent être appliquées directement dans le cas de renforcement avec des barres en PRF [7]. Les barres PRF présentent en effet un comportement anisotrope et sont caractérisées par une haute résistance à la traction uniquement dans la direction

des fibres de renforcement. Le coefficient d'expansion thermique transversale (CTE) contrôlé par la résine est deux à six fois plus grand que celui du béton [8]. Cette anisotropie pourra affecter la résistance de ces barres PRF aux efforts tranchants, et éventuellement la résistance à l'adhérence. Les températures élevées comme celles rencontrées dans les pays tropicaux peuvent également diminuer les propriétés de ces barres PRF.

Plusieurs études ont été effectuées pour étudier l'effet de la température sur le changement des propriétés d'adhérence des barres PRF : Katz *et al.* [9, 10, 11], Nanni *et al.* [12]. Cependant peu d'études sont orientées sur la quantification des pertes d'adhérence à long terme et sous températures élevées. Parmi ces études, on peut citer les travaux expérimentaux de Galati *et al.* [13]. Les travaux sont menés sur des éprouvettes en béton renforcées par des barres en PRF de Verre (PRFV) et soumises à un chargement thermique. Des essais d'arrachement direct sont effectués sur des barres de diamètre 9,5 mm ancrées dans des cubes en béton de 152 mm<sup>3</sup> avec différentes longueurs d'ancrage et différents enrobage. Les éprouvettes sont conditionnées pendant 200 h sous une température de 70°C et une humidité de 80 %. Les résultats montrent que l'influence de la température a été particulièrement observée pour les barres qui ne présentent pas un enrobage en béton suffisant. Un tel comportement peut être expliqué par l'apparition de microfissures dans le béton provoquées par les contraintes ther-

miques pendant le cycle de conditionnement. Pour l'ensemble des éprouvettes testées, une réduction de 16 % de la contrainte d'adhérence a été constatée. Une chute de la pente charge-déplacement de la barre a été également observée, qui aurait été provoquée par la dégradation de la résine utilisée dans la fabrication des barres PRFV testées [13].

Pour étudier l'effet de la température sur le changement des propriétés d'adhérence des barres, une autre étude expérimentale a été menée par Katz *et al.* [11]. Quatre barres de type Rods (12,7 mm diamètre) sont ancrées dans des cylindres en béton normal de 150 mm de diamètre et 300 mm de longueur. La longueur d'ancrage est 5 fois le diamètre de la barre ( $5D_b$ ). Les barres Rod CB ont des verrous similaires à ceux des barres en acier haute adhérence. Ces barres sont fabriquées avec des fibres de carbone imprégnées de polyéthylène téraphthalate recyclé. Les barres Rod CPH comportent des hélices consolidées par un polymère et un vinylester à la surface pour augmenter l'adhérence. Les barres Rod CPI comportent à la surface de larges rainures en fibres consolidées également par un polymère et un vinylester. De même, les barres Rod NG, sont fabriquées avec des fibres de verres incorporées dans une matrice composée d'un polymère et d'un polyester. L'adhérence est assurée par des verrous gravés sur la surface de la barre. Les essais d'arrachement sont conduits après un conditionnement entre 20 et 250°C. Une comparaison entre ces quatre barres pour une température de 80°C a montré que les barres NG présentent la réduction de contrainte d'adhérence la plus importante (43 %). Ceci peut être expliqué par la faible température de transition du verre ( $T_g$ ) et de la résine utilisée. Pour les barres Rods CPH et CPI, les dégradations de la contrainte d'adhérence sont relativement modérées et elles sont de l'ordre de 20 %. Cependant, les barres Rods CB ont présenté les plus faibles réductions de contrainte d'adhérence (3 %). Il est possible de conclure à partir de ces résultats que la dégradation de la contrainte d'adhérence sous températures élevées dépend en plus du type de polymère et du type de fibres. Notons que dans la même étude [11], et au voisinage d'une température de 200°C, les contraintes d'adhérence ont présenté une réduction sévère entre 80 et 90 % pour l'ensemble des barres testées (CB, CPH, CPI et NG Rods).

L'objectif principal de notre étude est d'évaluer et de quantifier à long terme à l'aide d'essais d'arrachement direct l'effet de la température sur les dégradations des contraintes d'adhérence de barres PRFV de diamètre 8 et 16 mm noyées dans un béton et dans un environnement sec. Les résultats de 80 tests après plus de 5 000 h (240 jours) d'exposition sous températures élevées jusqu'à 80°C sont présentés. L'effet de la température et la moyenne des pertes de la contrainte d'adhérence sont comparés avec les résultats des éprouvettes de référence non conditionnées. (20°C). Basé sur les résultats expérimentaux, les paramètres  $\alpha$  du modèle analytique de Bertero-Popov-Eligehausen (BPE), ainsi que les paramètres  $\beta$  et  $S_r$ , du modèle Cosenza, Manfredi Realfonzo (CMR) sont calibrés. La dépendance de ces paramètres à la température est établie pour les deux modèles utilisés.

## 2. PROGRAMME EXPERIMENTAL

### 2.1. Programme d'essais

L'objectif principal de ce programme expérimental est d'évaluer et de quantifier dans un environnement sec à long terme et à travers des essais d'arrachement direct, l'effet de la température sur les dégradations des contraintes d'adhérence des barres PRFV noyées dans un béton. Les éprouvettes d'essai sont conditionnées sous des températures de 40, 60 et 80°C pendant 4 et 8 mois dans des bassins de vieillissement contrôlés en température comme le montre la Figure 1.

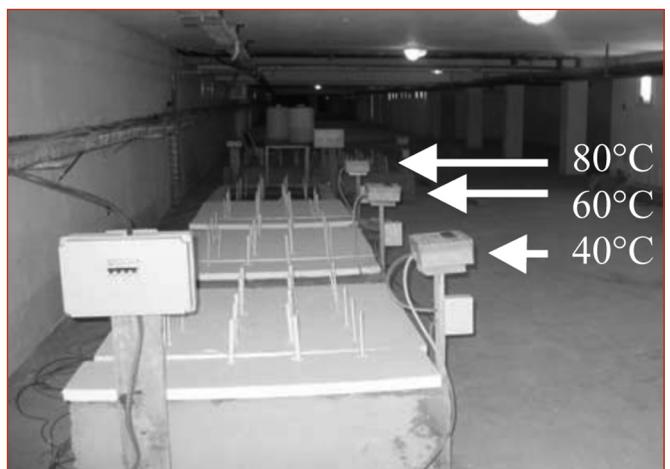


Figure 1 : Éprouvettes sous conditionnement.

Un total de 80 éprouvettes est testé. Le Tableau 1 présente les détails du programme expérimental.

Diamètre de la barre (Db)	Longueur d'ancrage	Température de conditionnement (°C)	Durée de conditionnement (mois)
8	$5d_b$	20	4
		40	
		60	
		80	
16	$5d_b$	20	4
		40	
		60	
		80	

Tableau 1 : Programme expérimental.

### 2.1. Barres PRFV

Les barres en PRFV « ComBAR® » utilisées pour les essais d'arrachement sont fabriquées par la compagnie Schock Co. [14]. Ces barres en PRFV sont fabriquées selon un système de pultrusion. Des fibres de verre sont combinées et imprégnées avec de la résine synthétique dans le but d'ap-

Type de barre	Diamètre nominal (mm)	Module d'élasticité (GPa)	Résistance ultime (MPa)	Coefficient d'expansion thermique (mm/mm/°C)	Densité (g/cm³)
PRFV	8	60,0 $\pm$ 1,9	738 $\pm$ 22	0,6 $\times$ 10 <sup>-5</sup> (axial)	2,20
	16			2,2 $\times$ 10 <sup>-5</sup> (radial)	
	16				

Tableau 2: Propriétés des barres en PRFV utilisées dans cette étude [14].

porter à ce type de barres des propriétés mécaniques, chimiques et physique très élevées. Les propriétés de ces barres sont présentées dans le Tableau 2.

Elles sont basées sur des essais expérimentaux réalisés dans les laboratoire de la compagnie Schock Bauteile GmbH, Munich et à l'université de Syracuse [15]. Deux diamètres nominaux sont utilisés pour les barres en PRFV dans cette étude, 8 mm et 16 mm.

### 2.3. Caractéristiques du béton utilisé

Le béton qui a servi pour le coulage des éprouvettes d'essais est composé d'un ciment Portland du type CEM I 42,5, avec des granulats de diamètre maximal 20 mm. Les caractéristiques du béton sont présentées dans le Tableau 3.

Les éprouvettes cylindriques en béton 160  $\times$  320 mm sont coulés en deux couches et vibrés selon la norme en vigueur. Ces éprouvettes sont conservées dans une chambre humide jusqu'à l'âge des essais. La résistance à la compression des éprouvettes cylindriques est contrôlée le jour des essais d'arrachement. La résistance en compression et la consistance du béton utilisé sont respectivement de 30  $\pm$  3 MPa et 90  $\pm$  2 mm.

### 2.4. Procédure d'essais

Les essais d'arrachement ont été conduits sur des barres en PRFV de 500 mm de longueur ancrées verticalement dans des cubes en béton de 150  $\times$  150 mm pour les diamètres de 8 mm et 180 mm  $\times$  180 mm pour les diamètres de 16 mm. Cette différence dans les dimensions des éprouvettes a été envisagée afin d'éviter tout mode de rupture dans le béton. Toutes les éprouvettes ont été confectionnées selon les spécifications du Guide des essais et méthodes ACI 440,3R [16]. La longueur d'ancrage des barres envisagée pour toutes les éprouvettes d'essais est de 5D<sub>b</sub>, avec D<sub>b</sub> le diamètre de la barre en PRFV. La longueur d'ancrage limitée à 5D<sub>b</sub> est assurée par l'intermédiaire de tubes en PVC placés autour de la barre avant le coulage du béton. Les éprouvettes sont conditionnées sous différentes températures (40, 60 et 80°C) pendant 4 et 8 mois. Après conditionnement, les éprouvettes ont été soumises aux essais d'arrachement direct. Une éprouvette supplémentaire a été instrumentée avec un thermocouple placé sur la

surface de la barre à l'interface barre PRFV/béton avant le coulage de l'éprouvette. Le but de ce thermocouple était de pouvoir contrôler la valeur de la température à l'intérieur de l'éprouvette au niveau de l'interface pendant l'exécution de l'essai. Le résultat de cette éprouvette supplémentaire n'est pas pris en considération du fait que la surface de contact au niveau de l'interface était modifiée par la présence du thermocouple.

Les essais d'arrachement ont été réalisés sur une machine de traction commandée en déplacement type JILloyd 50 KN. L'acquisition des données est assurée par une chaîne d'acquisition. La vitesse de chargement constante pour l'ensemble des essais est fixée à 1,2 mm/min en suivant les recommandations du guide ACI 440,3R-04. Un capteur LVDT de précision 0,001 mm est utilisé pour les mesures des déplacements du côté libre de la barre PRFV : trois LVDTs sont placés à 120 degrés pour la mesure des déplacements du côté chargé.

### 2.5. Résultats expérimentaux

#### 2.5.1 Comportement de la charge de traction-glissement (F-g)

Les résultats experimentaux obtenus sont présentés sous la forme d'une courbe charge de traction en fonction du glissement du côté non chargé de la barre. Les courbes charge de traction-glissement comportent principalement deux phases comme le montre la Figure 3.

La phase ascendante est linéaire avec un accroissement rapide de la charge pour des petites valeurs de glissement jusqu'à ce qu'une rupture par adhérence ait lieu. La phase descendante est non linéaire, la force décroît considérablement avec un glissement important de la barre.

Les valeurs maximales de la contrainte d'adhérence obtenues avec les barres en PRFV de diamètre 8 mm sont enregistrées pour des glissements du côté non chargé de la barre de 0,55 ; 0,53 ; 0,49 et 0,43 mm respectivement pour des températures de 20, 40, 60 et 80°C. Pour le diamètre 16 mm, les glissements sont de 0,6 ; 0,58 ; 0,56 et 0,47 mm respectivement pour 20, 40, 60 et 80°C. Pour l'ensemble des barres testées, le mode de rupture a lieu par déchirure du béton au niveau de l'interface barre en PRFV/béton Figure 4.

Eau (kg/m <sup>3</sup> )	Ciment I 42,5 (kg/m <sup>3</sup> )	Sable (kg/m <sup>3</sup> )	Gravier 4/12 (kg/m <sup>3</sup> )	Gravier 12/20 (kg/m <sup>3</sup> )	Résistance à la compressive (MPa)	Affaissement (mm)
204	300	857	296	691	30 $\pm$ 3	90 $\pm$ 2

Tableau 3: Composition et caractéristiques du béton utilisé.

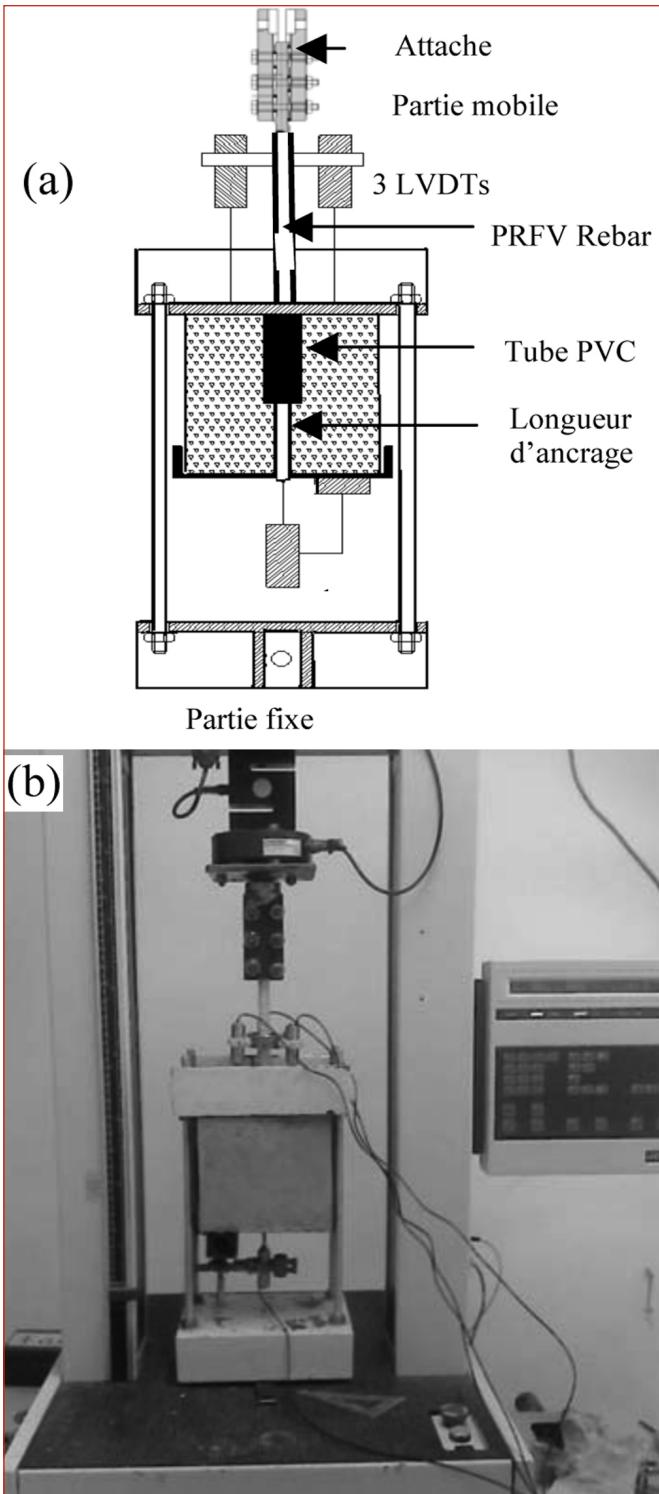


Figure 2: Montage de l'essai d'arrachement direct: (a) Schéma (b) photo.

### 2.5.2 Contrainte d'adhérence

La contrainte d'adhérence maximale est calculée par l'expression suivante :

$$\tau = \frac{F_{\max}}{\pi \cdot D_b \cdot L_{e.b}} \quad (1)$$

Avec  $F_{\max}$  la force maximale (N) provoquant l'arrachement de la barre,  $D_b$  le diamètre nominal de la barre testée (mm), et  $L_{e.b}$  la longueur d'ancrage de la barre en PRFV (mm). Le tableau 4 récapitule la variation de la contrainte

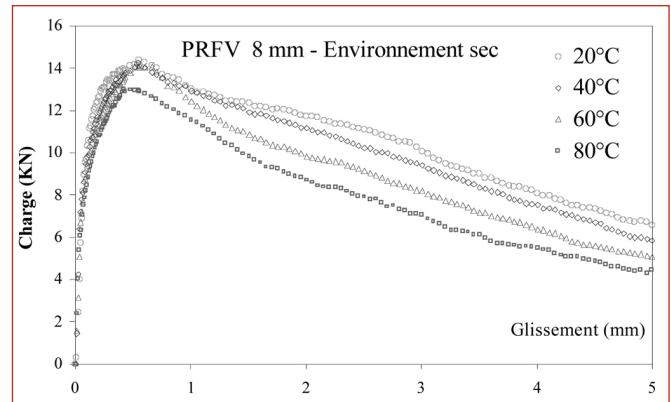


Figure 3: Variation de la charge-glissement de la barre.

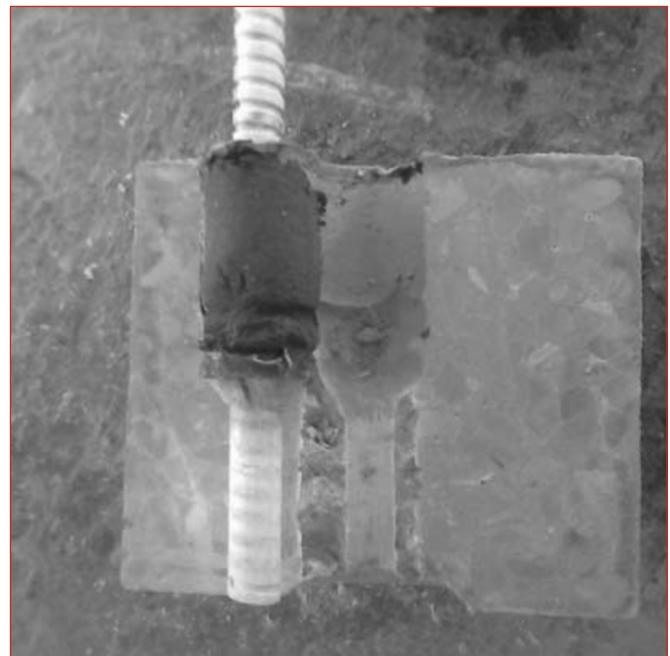


Figure 4: Mode de rupture de l'adhérence barre/béton.

d'adhérence en fonction de la température des barres utilisées basée sur la moyenne de cinq essais identiques.

La Figure 5 montre les valeurs maximales des contraintes d'adhérence après un conditionnement de 120 et 240 jours sous température élevée.

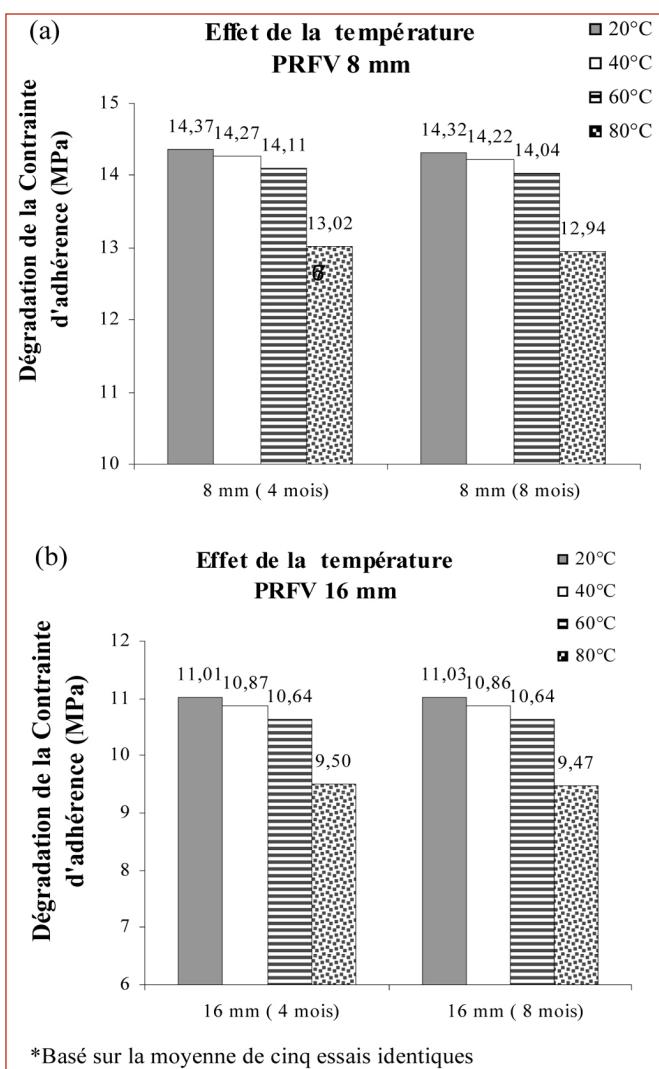
Après 120 jours de conditionnement des barres en PRFV Combar®, dans un environnement sec jusqu'à 60°C, la moyenne des contraintes d'adhérence n'a pas montré de dégradations significatives (1,81 % et 3,36 % respectivement pour les diamètres 8 mm et 16 mm). Pour une température de 80°C, les réductions maximales de la contrainte d'adhérence ont été de 9,39 % et 13,71 %, respectivement pour les diamètres 8 mm et 16 mm comparés aux résultats de référence à 20°C.

Après 240 jours de conditionnement des barres PRFV Combar®, dans un environnement sec jusqu'à 60°C, la moyenne des contraintes d'adhérence n'a également pas montré de dégradations significatives (1,96 % et 3,54 % respectivement pour les diamètres 8 mm et 16 mm). Pour 80°C, les réductions maximales de la contrainte d'adhérence ont été de 9,64 % et 14,14 %, respectivement pour les diamètres 8mm et 16 mm comparés aux résultats de référence à 20°C. La Figure 6 présente les courbes de contrainte d'adhérence

Température	Contrainte d'adhérence* (MPa)			
	4 mois		8 mois	
	8 mm (PRFV)	16 mm (PRFV)	8 mm (PRFV)	16 mm (PRFV)
20 °C	14,37 ± 0,40	11,01 ± 0,25	14,32 ± 1,19	11,03 ± 0,92
40 °C	14,27 ± 1,04	10,87 ± 0,36	14,22 ± 1,99	10,86 ± 0,21
60 °C	14,11 ± 0,75	10,64 ± 0,15	14,04 ± 1,24	10,64 ± 0,44
80 °C	13,02 ± 0,22	9,50 ± 0,27	12,94 ± 1,49	9,47 ± 0,93

\* Basés sur la moyenne de cinq essais identiques.

Tableau 4: Variation de la contrainte d'adhérence en fonction de la température.



\*Basé sur la moyenne de cinq essais identiques

Figure 5: Dégradation de la contrainte d'adhérence \*  
(a) PRFV 8 mm (b) PRFV 16 mm.

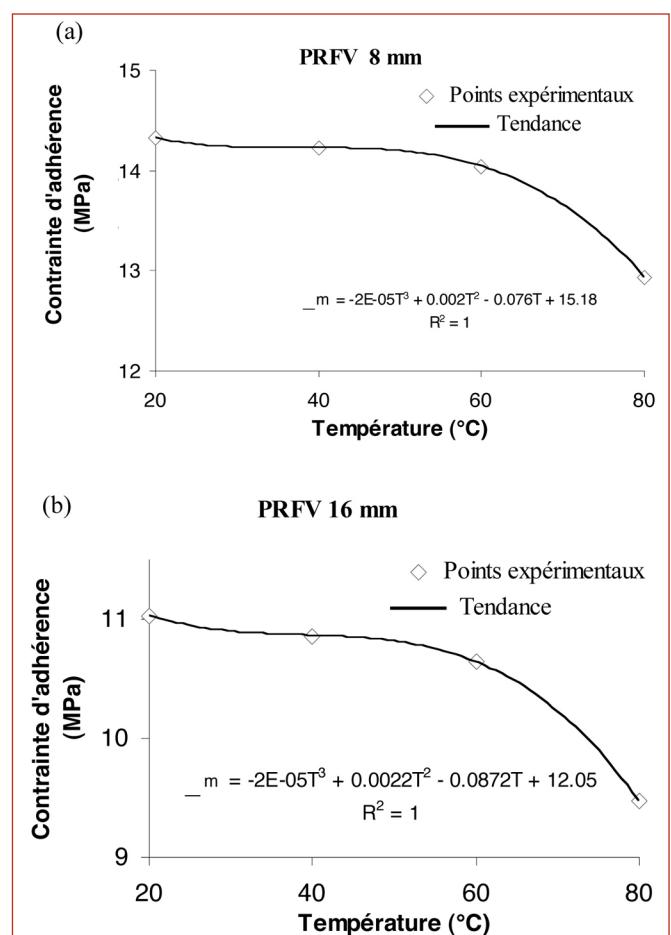


Figure 6: Dégradation de la contrainte d'adhérence.

### 3. ÉTUDE ANALYTIQUE DE LA CONTRAINTE D'ADHÉRENCE EN FONCTION DU GLISSEMENT

en fonction du glissement des barres en PRFV. Comme on peut le constater sur les Figures 6a et 6b, les polynômes du troisième degré  $\tau_m = f(T)$  représentent avec une bonne approche les dégradations de la contrainte d'adhérence en fonction de la température de 20 à 80 °C. Ces équations sont propres au type de barre en PRFV utilisé dans la présente étude.

Pour déterminer la performance d'une structure en béton renforcée de PRF à l'aide d'une modélisation numérique tenant compte des propriétés d'adhérence, un modèle analytique de la loi de glissement est nécessaire. En comparant le grand nombre de modèles proposés dans le cas du renforcement en acier, très peu de modèles analytiques semblent applicables pour les PRF. Les modèles que nous avons retenus sont les suivants :

### 3.1. Eligehausen, Popov & Bertero (Modèle BPE I)

La Figure 7 montre un schéma explicatif du modèle BPE. L'allure de la branche ascendante proposé par le modèle Eligehausen *et al.* [17], est donnée par:

$$\tau = \tau_1 \left[ \frac{s}{s_1} \right]^\alpha \quad (2)$$

Avec  $\tau_1$  la contrainte d'adhérence maximale,  $s_1$  le glissement maximal au moment de la rupture par manque d'adhérence. Dans l'équation 2,  $\alpha$  est un paramètre compris entre 0 et 1 ( $\alpha = 0,40$  dans le cas des barres d'acier).

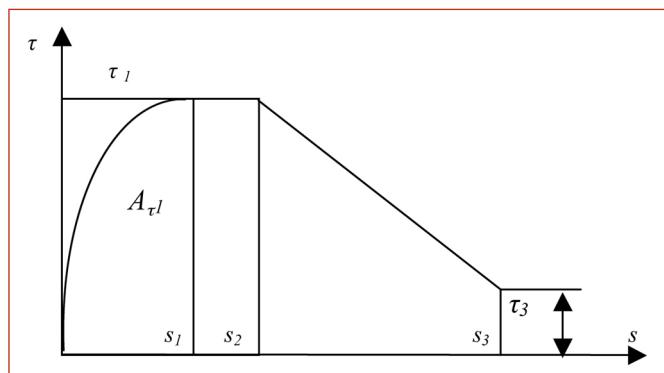


Figure 7: Modèle BPE [17].

Ce modèle comporte trois branches, une phase ascendante, une phase constante ( $\tau = \tau_1$ ) jusqu'à un glissement  $s = s_2$ , puis une branche linéaire de  $(s_2, \tau_2)$  jusqu'à  $(s_3, \tau_3)$  puis une branche horizontale pour  $s > s_3$ . La valeur ( $\tau = \tau_3$ ), représente le frottement de la barre dans la matrice béton comme le montre la Figure 7. Les valeurs  $s_2$ ,  $s_3$  et  $\tau_3$  sont calibrées à partir des résultats expérimentaux. La valeur du coefficient  $\alpha$  qui gouverne la pente de la branche ascendante est obtenue par calibration de l'aire  $A_{\tau_1}$ , en dessous de la branche ascendante analytique donnée par l'équation (Eq. 3), à l'aire  $A_{\tau_1}$ , en dessous de la branche ascendante expérimentale pour chaque courbe.

$$A_{\tau_1} = \int_0^{s_1} \tau(s) . ds = \int_0^{s_1} \tau_1 \cdot \left[ \frac{s}{s_1} \right]^\alpha . ds = \frac{\tau_1 \cdot s_1}{1+\alpha} \quad (3)$$

Dans l'équation 3,  $\tau_1$  et  $s_1$  représentent respectivement la contrainte d'adhérence et le glissement correspondant. Cependant, la valeur de  $\alpha$  peut être exprimée en fonction de  $A_{\tau_1}$  de la manière suivante :

$$\alpha = \frac{\tau_m \cdot s_m}{A_{\tau_1}} - 1 \quad (4)$$

### 3.2. Modèle CMR

Le modèle CMR (Cosenza, Manfredi Realfonzo) est également utilisé pour la simulation de la branche ascendante de la courbe contrainte d'adhérence /déplacement.

L'allure de la branche ascendante  $\tau$ - $s$  du modèle CMR est donnée par l'équation :

$$\tau(s) = \tau_m \left[ 1 - e^{-\frac{s}{s_r}} \right]^\beta \quad (5)$$

$\tau(s)$  est la contrainte à l'interface barre béton correspondant au glissement de la barre  $s$ ,  $\tau_m$  est la contrainte maximale correspondant au glissement maximal au pic de la branche ascendante,  $\beta$  et  $s_r$  sont les paramètres du modèle obtenus par calibration avec la courbe expérimentale.

La branche ascendante est la branche la plus importante parce qu'elle donne de l'information sur la relation entre la contrainte d'adhérence et le glissement de la barre en dessous de la charge ultime. Toutes les structures en Génie civil sont conçues pour travailler au dessous de cet état limite. L'allure des courbes expérimentales est comparée aux modèles analytiques BPE et CMR représentées dans les Figures 8 et 9 respectivement pour les diamètres 8 et 16 mm après 8 mois de vieillissement.

Le Tableau 5 présente la moyenne des paramètres  $\alpha$  et  $\beta$  pour chaque température et chaque diamètre de barre étudié. Ces paramètres sont calibrés par rapport aux résultats expérimentaux après conditionnement de 4 et 8 mois sous températures élevées dans un environnement sec.

La comparaison des deux modèles montre que le modèle CMR représente mieux l'allure de la branche ascendante des courbes dans le domaine  $0 \leq s \leq s_m$  pour toutes les éprouvettes testées.

Pour la branche ascendante, et après conditionnement des éprouvettes pendant 8 mois sous températures élevées, la valeur moyenne du coefficient  $\alpha$  obtenu avec le modèle BPE est pratiquement constante autour de 0,089 pour les barres PRFV. On note que la valeur moyenne trouvée par Cosenza *et al.* [18] pour des barres également en PRFV mais dont l'adhérence est assurée par des grains de sables est de 0,067.

Pour le modèle CMR le coefficient  $\beta$  dépend de la variation de la température  $T$ . Ce coefficient  $\beta$ , qui gouverne l'allure de la branche ascendante augmente en valeur quand la température augmente, comme l'indique la Figure 10. Les polynômes du troisième degré  $\beta = f(T)$  représentent pour chaque diamètre cette dépendance à la température Eq.(6) and Eq.(7) :

$$\text{Ø 8 mm : } \beta(T) = -0,0002T^3 + 0,005T^2 - 0,0088T + 0,462 \quad (6)$$

$$\text{Ø 16 mm : } \beta(T) = 0,0005T^3 + 0,008T^2 - 0,0185T + 0,426 \quad (7)$$

## 4. CONCLUSIONS

Les conclusions suivantes émanent des résultats expérimentaux et analytiques de notre étude :

- pas de réductions significatives observées de la contrainte d'adhérence des barres en PRFV noyées dans du béton à 40°C et 60°C ;
- à 80°C, des réductions de la contrainte d'adhérence sont observées. Ces réductions ont un maximum de 9,64 % et 14,14 % respectivement pour les diamètres

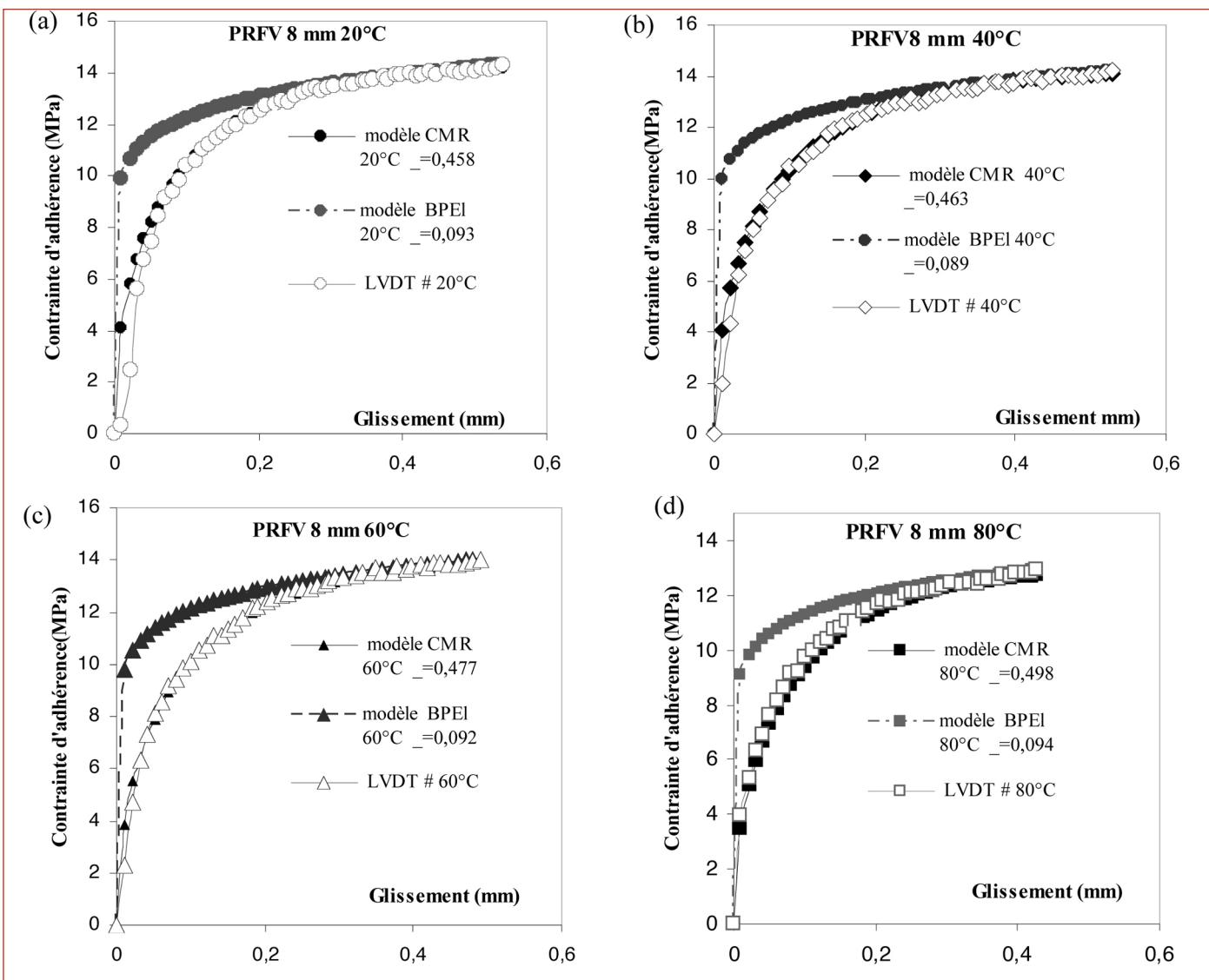
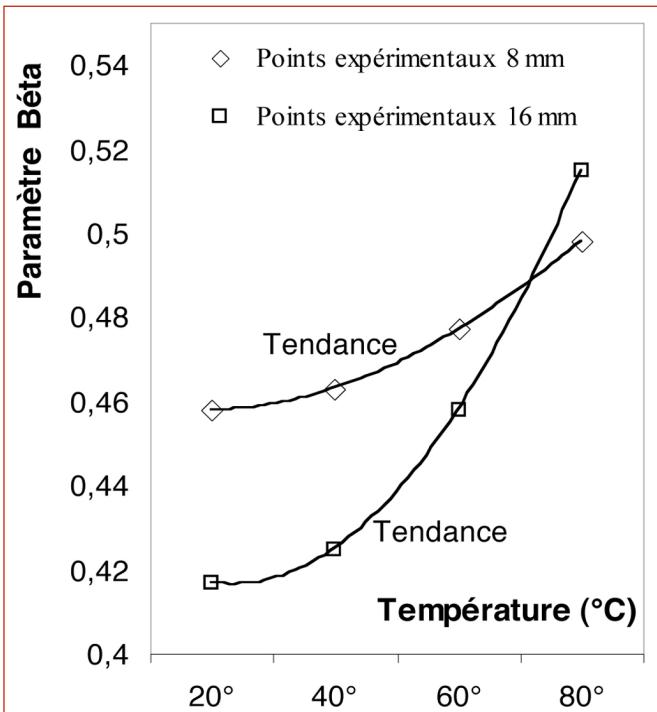


Figure 8: Courbes ascendantes PRFV 8 mm. (a) 20°C (b) 40°C (c) 60°C (d) 80°C.



8 mm et 16 mm après 8 mois de conditionnement comparés aux résultats de référence à 20°C ;

- les réductions de la contrainte d'adhérence sont stables dans le temps entre 4 mois et 8 mois de conditionnement ;
- la contrainte d'adhérence moyenne minimale reste toujours supérieure à 12,94 MPa pour le diamètre 8 mm et 9,47 MPa pour les barres de 16 mm de diamètre pour une longueur d'ancrage 5Db après 8 mois de conditionnement dans un environnement sec sous température élevée ;
- la contrainte maximale d'adhérence diminue quand le diamètre augmente (effet du diamètre) ;
- le mode de rupture est toujours le cisaillement du béton ;
- pas de changement du coefficient  $\alpha$  relatif au modèle BPE, cependant pour le modèle CMR le coefficient  $\beta$  dépend de la variation de la température  $T$  ;
- la comparaison des deux modèles BPE et CMR montre que le modèle CMR représente mieux l'allure de la branche ascendante des courbes expérimentales dans le domaine  $0 \leq s \leq s_m$  pour toutes les éprouvettes testées.

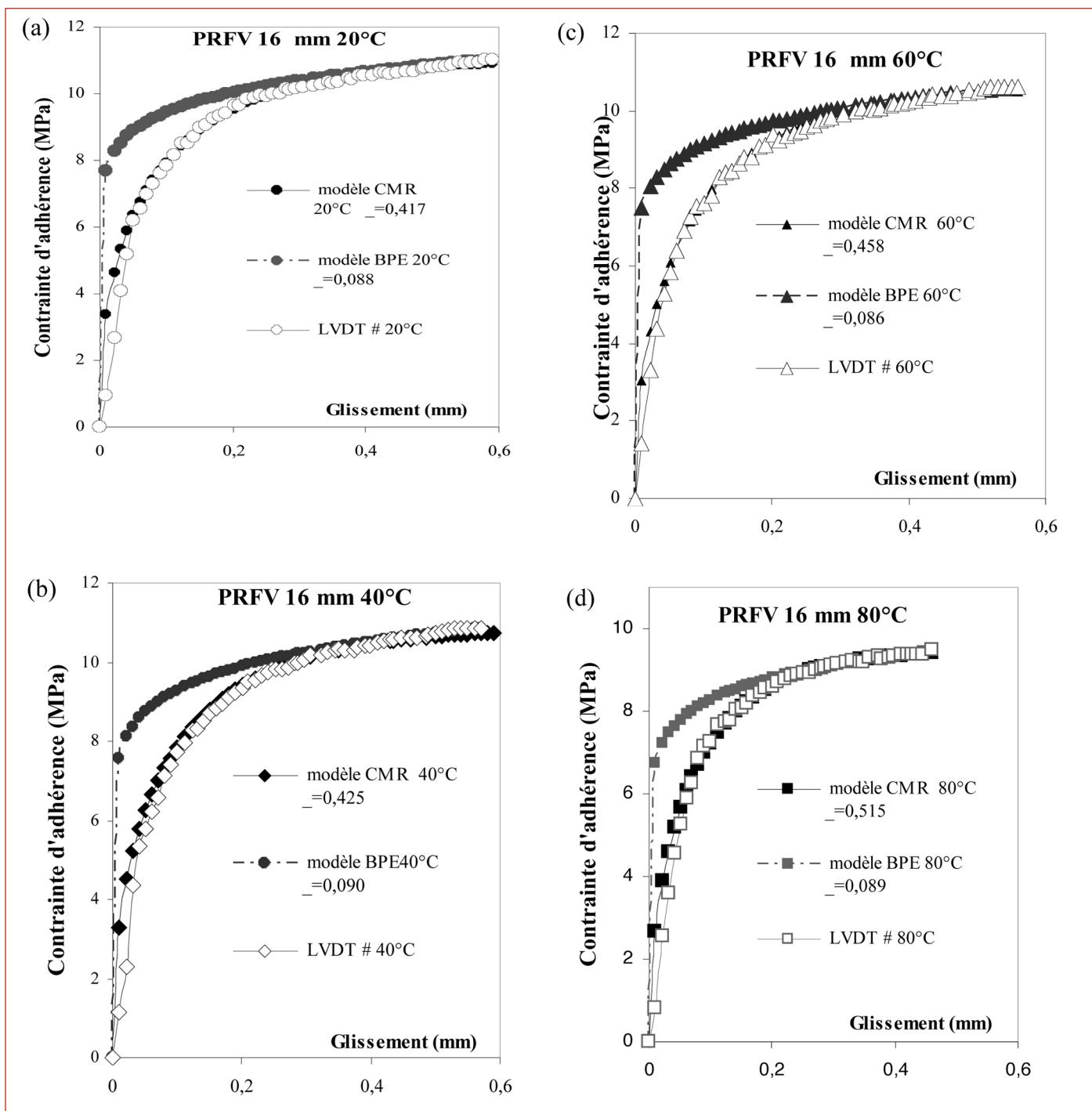


Figure 9: Courbes ascendantes PRFV 16 mm. (a) 20°C (b) 40°C (c) 60°C (d) 80°C.

	Modèle	PRFV 8 mm				PRFV 16 mm			
		20°C	40°C	60°C	80°C	20°C	40°C	60°C	80°C
Durée de conditionnement	4 mois	CMR	$\beta$	0,458	0,463	0,476	0,496	0,416	0,425
			Sr (mm)	0,134	0,149	0,145	0,137	0,155	0,172
	BPE	$\alpha$	0,087	0,088	0,090	0,095	0,085	0,089	0,087
									0,084
	8 mois	CMR	$\beta$	0,458	0,463	0,477	0,498	0,417	0,425
			Sr (mm)	0,148	0,146	0,147	0,136	0,166	0,161
	BPE	$\alpha$	0,093	0,089	0,092	0,094	0,088	0,090	0,086
									0,089

Tableau 5: Valeurs moyennes des paramètres relatifs aux modèles BPE et CMR.

## 5. REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient la compagnie Combar® (Schöck, Baden-Baden, Germany) pour avoir fourni les barres nécessaires pour cette recherche. Les auteurs sont responsables des opinions présentées dans cet article.

## 6. RÉFÉRENCES

- [1] **El-Salakawy E., Benmokrane B., Desgagné G.** (2003), "FRP Composite Bars for the Concrete Deck Slab of Wotton Bridge", *Canad Jour of Civil Engin*, Vol. 30, n° 5, p.861-870
- [2] **Huck Elbridge A. Jr, Eite I.A.K.** (2003). "Preliminary Performance Observations for FRP Reinforced Concrete Bridge Deck". *Field Applications of FRP Reinforcement: Case Studies*, SP-215, S. Rizkalla and A. Nanni, eds., Amer Conc Instit, Farmington Hills, Mich, p. 121-138.
- [3] **Nanni A., Faza S.** (2002). "Designing and Constructing with FRP Bars: An Emerging Technology". *Concr Intern*, Vol. 24, n° 11, p. 53-58.
- [4] **Stone D., Nanni A., Myers J.** (2001). "Field and Laboratory Performance of FRP Bridge Decks". *Proceedings, CCC, FRP Compo Constr*, J. Figueiras, L. Juv andes, and R. Furia, eds., Porto, Portugal, p. 701-706.
- [5] **Bradberry T.E.** (2001). *Concrete Bridge Decks Reinforced with Fiber Reinforced Polymer Bars*. Transportation Research Record 1770, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., p. 94-104.
- [6] **GangaRao H.V.S., Thippeswamy H.K., Kumar S.V. and Franco J.M.** (1997). Design Construction and Monitoring of the First FRP Reinforced Concrete Bridge Deck in the United States". *Proceedings of the Third International Symposium (FRPRCS-3) on Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures*, Sapporo, Japan, Vol. 1, p. 647-656.
- [7] **Benmokrane B., Tighiouart B., Chaallal O.** (1996) Bond strength and load distribution of composites PRFV reinforcing bars in concrete. *ACI Mater Journ.*, p. 246-253.
- [8] **Masmoudi R., Zaidi A., Girard P.** (2005). "Transverse Thermal Expansion of FRP Bars Embedded in Concrete". *ACSE Journal of Comp for Const*, Vol. 9 (5). p. 377-387.
- [9] **Katz A., Berman N., Bank L.** (1998). Effect of Cyclic Loading and Elevated Temperature on the Bond Properties of FRP Rebars. *Proceeding of the 1<sup>st</sup> Int. Conference on the Durability of Composites for Construction CDCC98*, Sherbrooke, Canada, Benmokrane B., Rahman (ed). p. 403-413.
- [10] **Katz A., Berman N., Bank L.C.** (1999). Effect of high temperature on bond strength of FRP rebars. *ASCE J of Comp for Const.* 3 (2). 73-81.
- [11] **Katz A., Berman N.** (2000). Modelling the Effect of High Temperature on the Bond of FRP Rebars to Concrete. *Cement and Conc Comp*, 22 p. 433-443.
- [12] **Nanni A., Bakis C.E., Mathew J.A.** (1998). Acceleration of FRP bond degradation. *Durability of Fiber Reinforced Polymer (FRP) Comp for Const.* p. 45-53.
- [13] **Galati N., Nanni A., Dharani L.R., Focacci F., Aiello M.A.** (2006). "Thermal Effects on Bond between FRP Rebars and Concrete". *Journ of Compo*, Part A, 37. p. 30-36.
- [14] **Schock Bauteil GmbH Combar** (2006). Design Guideline for Concrete Structures Reinforced with Glass Fiber Reinforced Polymer following the Requirements of DIN 1045-1and EC2 Issued Germany. 26 p.
- [15] **Aboutaha R.** (2004) Recommended Design for the PRFV Rebar Combar, Syracuse University, Department of Civil and Environmental Engineering, Technical report, sponsored by Schok Bauteile GmbH, USA.
- [16] **ACI Committee 440** (2004). "Guide Test Methods for Fiber-Reinforced Polymers (FRPs) for Reinforcing or Strengthening Concrete (ACI 440.3R-04)". American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich, 40 p.
- [17] **Eligehausen R., Bertero V., Popov E.P.** (1982). "Analytical Model for Concrete Anchorages of Reinforcing Bars under Generalized Excitations". Report No. UCB/ ERC 82/23. Berkeley: EERC. University of California, CA., USA.
- [18] **Cosenza E., Manfredi G., Realfonzo R.** (1997). "Behaviour and Modelling of Bond of FRP Rebars to Conc. *Journ of Comp for Constr.* Vo1. 2, pp. 40-51.

# VULNÉRABILITÉ ET PERFORMANCE SISMIQUES DES CONSTRUCTIONS EN PORTIQUES AUTO-STABLES AVANT ET APRÈS CONFORTEMENT

**S. BOUKAIS<sup>1</sup>, M. HAMIZI<sup>2</sup>, N.E. HANNACHI<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Maître assistant A, Université Mouloud Mammeri, Laboratoire LaMoMs, Département de génie civil, BP 17, Tizi-Ouzou, 15000 Algérie sbouka58@yahoo.fr

<sup>2</sup> Maître de conférences A, Université Mouloud Mammeri, Laboratoire LaMoMs, Département de génie civil, BP 17, Tizi-Ouzou, 15000 Algérie chamizi@yahoo.fr

<sup>3</sup> Professeur, Université Mouloud Mammeri, Laboratoire LaMoMs, Département de Génie Civil, BP 17, Tizi-Ouzou 15000, Algérie hannachina@yahoo.fr

## 1. INTRODUCTION

Les séismes sont des phénomènes naturels très destructeurs (en fonction du niveau de magnitude, de la distance au foyer, du type de sol, du matériau, de la typologie de la structure, ...), causant d'énormes pertes humaines et matérielles dans les grandes concentrations urbaines suite à la ruine des bâtiments. Il apparaît alors primordial d'évaluer la vulnérabilité sismique des bâtiments existants en vue de prévoir les possibles conséquences. Il convient alors de diminuer les impacts en créant des stratégies de prévention dans les zones les plus vulnérables. L'approche globale pour évaluer la probabilité de défaillance face à un séisme repose sur une estimation de la vulnérabilité définie sur la base de divers critères mécaniques explicatifs. Elle consiste à établir, à partir de connaissances expertes pour des constructions de bâtiments, les critères mécaniques les plus influents vis-à-vis du séisme. L'évaluation de la vulnérabilité par une approche analytique [1] permettra en effet de déterminer un indicateur conventionnel de vulnérabilité qui conduit au classement des bâtiments en très dangereux ( $R_5$ ), dangereux ( $O_4$  et  $O_3$ ), sûrs ( $V_2$ ) et très sûrs ( $V_1$ ) [2]. Cette approche, qui reste suffisante pour un diagnostic, ne per-

met, par contre pas d'évaluer la capacité portante du bâtiment surtout en vue d'un éventuel confortement. Pour pallier à cet inconvénient, nous avons jugé utile d'associer à cette approche analytique un module de mesure de la performance sismique du bâtiment par la méthode push over [3]. Le présent travail développe une méthodologie experte qui estime la vulnérabilité d'un bâtiment au regard de sa performance sismique.

## 2. LA MÉTHODE ANALYTIQUE

Cette méthode exige une analyse et un calcul détaillés de chaque élément structural. Ceci est difficile à appliquer à grande échelle, comme par exemple celle d'une ville, du fait de la grande quantité d'informations à saisir pour chaque bâtiment. Cet inconvénient majeur peut être contourné en utilisant un outil informatique d'aide à l'évaluation de la vulnérabilité [4]. L'évaluation des dommages exige des connaissances techniques et se fait généralement sur des fiches techniques de synthèse [5-8]. Pour chaque structure inspectée, cette évaluation technique affecte un niveau de dommages estimé globalement pour la structure à partir des observations recueillies à partir de l'environnement de la

structure (âge, état de conservation, régularité en plan, régularité en élévation, etc.), sur chacun des éléments structuraux (fondations, poutres, poteaux, voiles, dalles, toitures, etc.), sur chacun des éléments secondaires (cages d'escalier, balcons, cloisons, murs de remplissages, etc.) et par rapport aux facteurs pathologiques observés (niveaux flexibles, poutres fortes-poteaux faibles, poteaux courts, etc.). Cette évaluation de la vulnérabilité considère cinq niveaux de dommages : « 1 = vert clair » pour les très légers dommages (le bâtiment nécessite des réparations très légères et peut rester en service), « 2 = vert foncé » pour les dommages très réduits (le bâtiment nécessite des réparations mais ne présente aucun danger pour les occupants), « 3 = orange clair » pour des dommages significatifs (le bâtiment nécessite d'importantes réparations et doit être évacué), « 4 = orange foncé quand les dommages sont importants (le bâtiment exige d'importants travaux de confortement et doit être évacué) et « 5 = rouge » pour des dommages très importants (le bâtiment n'est plus en service et doit être démolie).

## 2.1. Le degré de dommage

En fonction des différents degrés de dommages que peuvent subir les constructions, une classification a été établie par l'organisme du contrôle technique algérien [9] voir tableau 1.

## 2.2 Le séisme

Une fois la méthode mise en œuvre, le diagnostic est synthétisé sous forme de verdict permettant d'appréhender les dommages attendus pour trois niveaux de séismes (faible, modéré et fort) auxquels correspondent trois niveaux d'accélération maximale du sol (0,1 g ; [0,2-0,3] g et 0,4 g).

Niveau des dommages	Description des désordres	Couleur
1	<i>Pas de dommages</i> Vitres cassées et meubles renversés	Vert clair
2	<i>Dommages légers</i> • Fissures sur cloisons intérieures • Fissures dans les plafonds • Chute des gorges et rosaces	Vert foncé
3	<i>Dommages modérés</i> • Importants désordres dans les éléments secondaires (balcons, cages d'escaliers, ...) • Fissures légères dans les éléments structuraux (les poteaux, les poutres, les dalles, les voiles...)	Orange clair
4	<i>Dommages significatifs</i> • Très importants désordres non structuraux • Dégâts importants dans les éléments structuraux (éclatement des noeuds, rotules plastiques dans les poteaux et les poutres, fissures en X dans les voiles, éclatement des linteaux....)	Orange foncé
5	<i>Bâtiment à démolir</i> • Disparition ou effondrement d'un étage • Inclinaison d'un bâtiment • Glissement et basculement d'un bâtiment • Dislocation d'éléments structuraux	Rouge

Tableau 1: Les différents degrés de dommages.

## 2.3 Le sol

Chaque construction réalisée doit acheminer l'ensemble des efforts résultants au sol. De ce fait, une classification des sols en quatre catégories (rocheux, ferme, meuble et très meuble) donnée par le Règlement Parasismique Algérien 99 version 03 [10] est prise en compte par ce logiciel.

## 2.4 Identification du bâtiment

Cette identification concerne aussi bien les données générales sur le bâtiment que son implantation.

### 2.4.1. Données générales sur la construction

Ces données fournissent un descriptif de la construction et concernent :

Les caractéristiques générales

- propriétaire,
- destination,
- nombre de logements et nombre de commerces,
- nombre total d'occupants (< 300, > 300 ou > 500),
- classe d'importance socio- économique (1A, 1B, 2, 3).

Le descriptif sommaire

- nombre de niveaux N et nombre de sous-sols N<sub>ss</sub>,
- hauteur des niveaux h et hauteur du sous sol h<sub>s</sub>,
- surface totale au sol S,
- toiture (tuiles mécaniques, terrasse accessible, terrasse inaccessible).

Les informations sur la construction

- année de construction,
- construction calculée au séisme,
- construction vérifiée par le C.T.C.

L'état apparent de la construction. Cet état apparent doit être fourni selon le tableau 2.

État de conservation	Bon	Moyen	Mauvais
Désordres structuraux constatés	Fissuration	Éclatement du béton	Corrosion des armatures
Réhabilitation	Non		
	Oui	Nature des travaux réalisés	Année

Tableau 2 : État apparent de la construction.

#### 2.4.2 Données sur l'implantation

Des données concernant le site (tableau 3) et l'environnement du bâtiment (tableau 4) doivent être fournies à l'expert :

Sol en surface	Rocher	Alluvions	Présence de sable	Ancien marais
	Sol rapporté	Ancienne décharge	Pas d'information	Autre
Type de sol	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>
Pente générale	Nulle	Faible < 10 %	Modérée 10 % < P > 40 %	Forte > 40 %
Rebord de crête	Abord des falaises	Sommet de crête	Bord de mer	Bord de faille
Présence d'eau	Oui Profondeur			Non

Tableau 3 : Données concernant le site d'implantation du bâtiment.

Bâtiment isolé	Oui	
Bâtiment accolé	Sur un côté	Épaisseur du joint
	Sur deux côtés	

Tableau 4 : Données sur l'environnement du bâtiment.

#### 2.5. L'infrastructure

Le type de fondation (isolés, filantes, pieux, radier) doit être donné ainsi que ses dimensions et sa profondeur d'ancrage.

#### 2.6. Facteurs pathologiques

Différents facteurs pathologiques sont pris en considération par ce système d'aide [11] :

- absence d'armatures transversales aux niveaux des nœuds ;
- éclatement des nœuds ;
- poteaux courts ;
- poteaux faibles et poutres fortes ;
- présence de niveaux ouverts ou transparents ;

- présence de niveaux décalés ;
- non homogénéité du système porteur ;
- non superposition des éléments porteurs ;
- élançement des éléments porteurs verticaux.

#### 2.7. Mode d'emploi pour l'évaluation de la vulnérabilité

L'utilisateur note les coefficients de pénalité partiels qui sont susceptibles d'affecter le bâtiment étudié ; puis il effectue la somme des coefficients de pénalité retenus, soit  $\Sigma k_i$ .

- Si  $\Sigma k_i > 100$  Présomption très forte de vulnérabilité. (Dommage rouge 5) → Bâtiment à détruire
- Si  $50 < \Sigma k_i < 100$  Présomption forte de vulnérabilité (Dommage orange 4) → Bâtiment à conforter
- Si  $25 < \Sigma k_i < 50$  Présomption moyenne de vulnérabilité (Dommage orange 3) → Bâtiment à renforcer.
- Si  $10 < \Sigma k_i < 25$  Présomption faible de vulnérabilité (Dommage vert 2) → Bâtiment à réparer et continuer à occuper
- Si  $\Sigma k_i < 10$  Présomption très faible de vulnérabilité (vert 1) → Bâtiment à occuper sans aucun problème.

#### 2.8. Développement du système interactif

##### 2.8.1. Principe

La production d'un système interactif pour l'évaluation de la vulnérabilité, nous conduit à utiliser le langage UML [12], langage de développement orienté objet [13]. Ce langage de modélisation d'application informatique, s'appuie sur un cycle de développement itératif et incrémental en préconisant une démarche d'une part, centrée sur l'architecture logicielle, et d'autre part, guidée par les cas d'utilisation:

- Démarche itérative et incrémentale* : pour modéliser un système complexe, il est souhaitable de s'y prendre en plusieurs fois, en affinant son analyse par étapes. Cette démarche s'applique au cycle de développement dans son ensemble en favorisant le prototypage.
- Démarche pilotée par les cas d'utilisation* : ce sont les utilisateurs qui guident la définition des modèles. Les contours du système à modéliser sont définis par les besoins des utilisateurs. Ce que doit être le système. Les besoins des utilisateurs servent aussi de fil conducteur tout en long du cycle de développement itératif et incrémental, à chaque itération de la phase d'analyse, on clarifie, affine et valide les besoins des utilisateurs. A chaque itération de la phase de conception et de réalisation, on veille à la prise en compte des besoins des utilisateurs. A chaque itération de la phase de test, on vérifie que les besoins des utilisateurs sont satisfaits.
- Démarche centrée sur l'architecture* : une vision du système à réaliser suivant différents points de vue qui permettent de cerner un modèle d'architecture pour le système à réaliser :
  - La vue logique, de haut niveau, se concentre sur l'abstraction et l'encapsulation. Elle modélise les éléments et mécanismes principaux du système en

Implantation du bâtiment		Pente générale du terrain > 40% 5			Proximité d'un changement de pente D< 2H 15		
Environnement du Bâtiment		Bâtiment accolé : joint = 0 Ou rempli de matériau 25			Joints entre blocs <2cm 2<h>4 >4cm 25 10 5		
Type de structure	Poteaux – poutres sans remplissage 20	Poteaux – poutres avec remplissages légers 25	Poteaux – poutres avec remplissages dense. 30			Poteaux – poutres en charpente métallique avec remplissage. 15	
Forme en plan		Irrégulière 5		Elancement en plan L/l>4 5		Parties saillantes ou rentrantes 5	
Forme en élévation		Retraits en façade > 40% 20	Variation de rigidité > 25% 25	Absence de diaphragme en toiture 10	Présence d'un plancher lourd 10	Décalage de planchers 20	
Contreventement		Variation verticale croissante des rigidités 0 à 100 [7] 50	Dissymétrie Torsion e <sub>x</sub> > 5% L <sub>y</sub> e <sub>y</sub> > 5% L <sub>x</sub>	Absence de contreventement 100		Nombre de files porteuses 50	
Facteurs pathologiques	Présence de poteaux élancés 10	Présence de poteaux courts 50	Descente de charge en baïonnette 25	Absence de chaînage Vertical 25 Horizontal 75	Poutres et poteaux non concourants 10	Surface des ouvertures dans les planchers > 20% De la surface totale 10	
Divers		Etat de conservation du bâtiment Médiocre Mauvais 10 25		Risque de chute d'éléments secondaires 5		Bâtiment déjà repris 25	

Tableau 5 : Hiérarchisation des coefficients de pénalité.

- identifiant les éléments du domaine ainsi que les relations et interactions entre ces éléments.
- La vue des composants, de bas niveau, appelée également vue de réalisation, montre l'allocation des éléments de modélisation dans des modules (fichiers sources, bibliothèques dynamiques, bases de données, exécutables, ...). Cette vue identifie les modules qui réalisent les classes de la vue logique.
  - La vue des processus montre la décomposition du système en termes de processus (tâches), les interactions entre processus (leur communication), la synchronisation et la communication des activités parallèles.
  - La vue de déploiement décrit les ressources matérielles et la répartition du logiciel dans ces ressources.
  - La vue des besoins des utilisateurs, appelée la vue des cas d'utilisation, définit les besoins des clients du système et centre la définition de l'architecture du système sur la satisfaction de ces besoins. A l'aide de scénarios et de cas d'utilisation, cette vue conduit à la définition d'un modèle d'architecture pertinent et cohérent.
4. Démarche d'élaboration du projet : à partir de la définition des besoins (évaluation de la vulnérabilité), nous

identifions les acteurs (expert, utilisateurs) et les activités correspondantes desquels nous déduirons les cas d'utilisation pour la modélisation des différentes interactions entre les acteurs et l'application.

Ces cas d'utilisation permettent d'établir un ensemble de scénarios d'utilisation standard à l'aide de diagrammes de séquences [13]. Ceux-ci sont utilisés pour réaliser le passage des cas d'utilisation à la modélisation objet par le diagramme de classes [13], qui fournit quasiment l'état final du domaine modélisé avant le passage à la génération des squelettes de composants.

Nous pouvons ainsi décrire l'architecture en couches du système.

### 2.8.2. Analyse et conception

#### 2.8.2.1. Le diagramme de contexte

Le diagramme de contexte définit les contours du système à étudier et visualise les sous-systèmes issus de la décomposition du domaine d'application :

1. Sous-système d'évaluation de la vulnérabilité des constructions,
2. Sous-système de diagnostic et de confortement des constructions vulnérables.

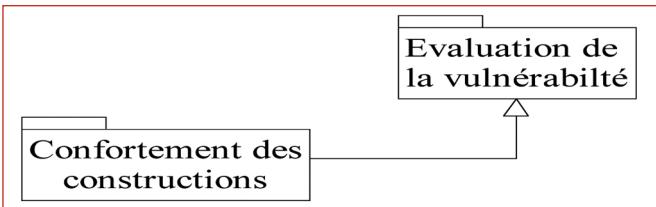


Figure 1: Diagramme de contexte.

Le diagramme de contexte (Figure 1) illustre cette décomposition en utilisant le formalisme UML.

Après analyse des besoins (évaluation de la vulnérabilité), les cas d'utilisation identifiés sont représentés dans le diagramme de cas d'utilisation général (Figure 2) :

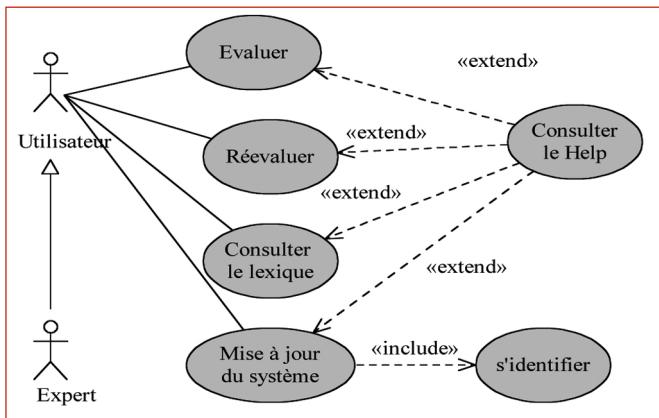


Figure 2: Diagramme de cas d'utilisation général.

### 2.8.2.2. Le diagramme de classes

En définitive, la gestion de la persistance des données nous conduit à définir un modèle de données, qui s'appuie sur le formalisme de représentation de bases de données relationnelles.

En appliquant les règles de passage définies par J. Rumbaugh du diagramme de classes aux tables relationnelles, on obtient les tables décrites comme suit :

- Matériaux (co\_matiériaux, désignation).
- Scv (co\_Scv, désignation, définition, graphique, co\_matiériaux).
- Paquet (co\_paquet, désignation).
- Pacv (co\_pacv, nbre\_fpathos, nom\_paquet).
- Séisme (co\_séisme, désignation, val\_miner, valmaxer, accélération).
- Zone (co\_zone).
- Sol (co\_sol, désignation, Qc, Vs, Pi, Ep, Qu, N).
- État de conservation (co\_conservation, désignation).
- Dommage (co\_dommage, valmin, valmax, désignation, graphique, croix\_dommage).
- Facteur (co\_facteur, désignation, définition, graphique, co\_paquet)
- Seietatc (code\_séisme, code\_etafc, valpenal)
- Scvfszd (co\_scv, co\_facteur, co\_séisme, co\_zone, degremin, degremax).

### 2.8.2.3. Réalisation

La réalisation est la dernière étape du cycle de développement orienté objet. Elle est consacrée à l'implémentation des modèles conceptuels, en utilisant l'environnement RAD (Rapid application Développement) C++ Builder [14].

## 3. LA MÉTHODE PUSH OVER

La méthode Push over est une méthode statique non linéaire basée sur la courbe de capacité sismique qui est, essentiellement, comparée à la demande sous la forme d'une réponse spectrale [15]. Cette méthode qui est une

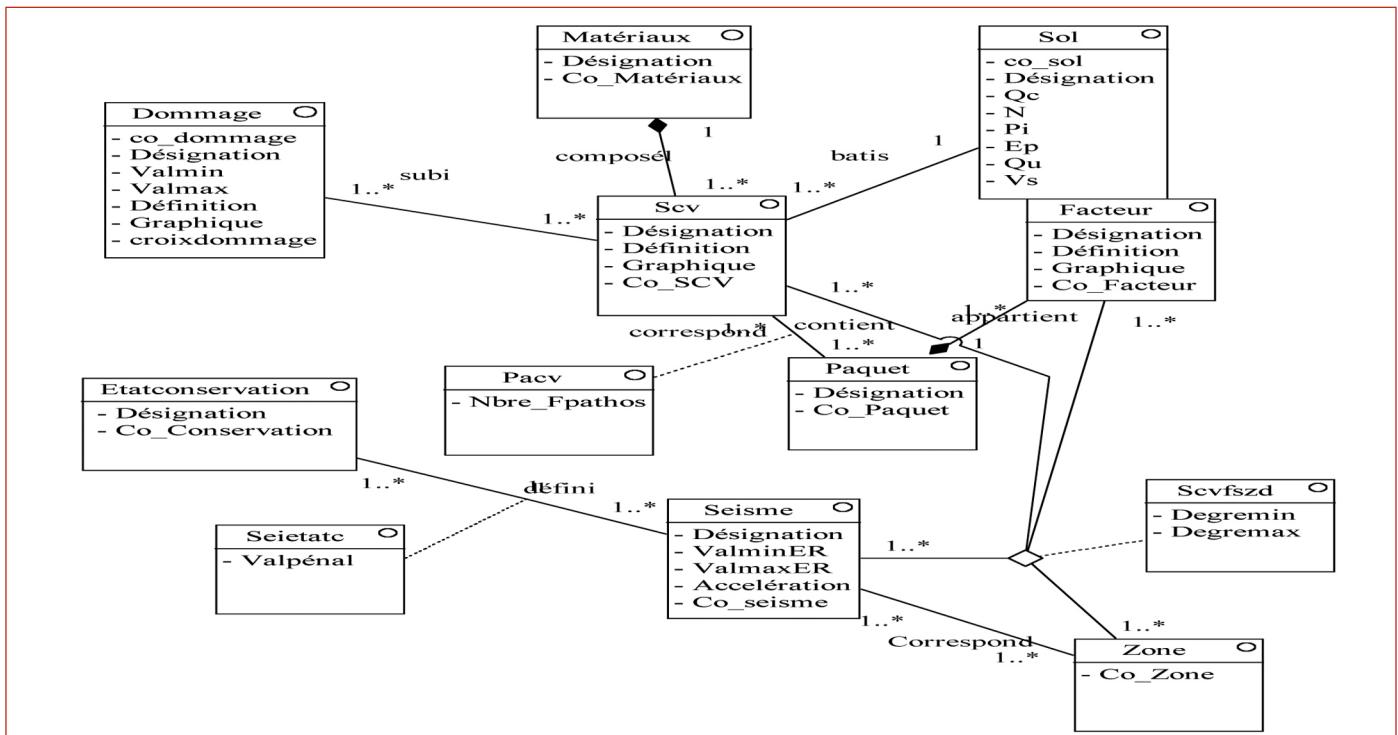


Figure 3 : Diagramme de classes d'analyse.

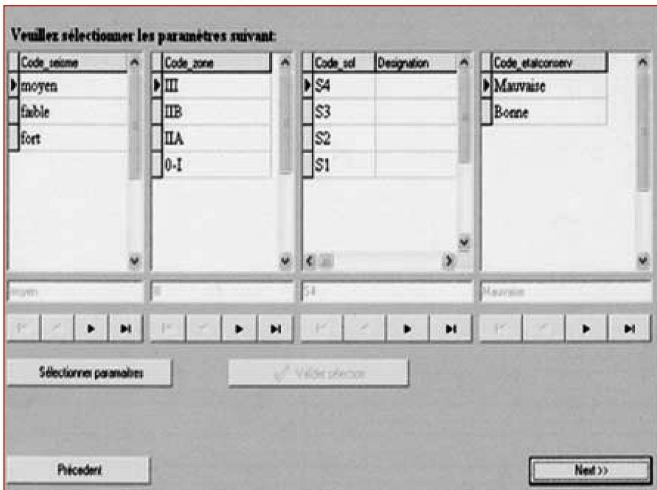


Figure 4 : Écran évaluer la vulnérabilité.

analyse pseudo-statique non linéaire permet de définir le point de performance de la structure. Cette méthode push over itérative nécessite [15] :

- La demande sous forme d'une réponse spectrale qui sera, dans notre cas, dérivée du règlement parasismique algérien (RPA99).
- La capacité sismique sous forme d'une courbe de capacité non linéaire, obtenue à partir de la technique « push over ».
- Un point de performance qui correspond à l'égalité entre la demande et la capacité sismique. Ce point correspond à un état unique de dommages et d'énergie dissipée, qui s'obtient par deux procédures itérative et non itérative.

### 3.1. La demande spectrale

La demande spectrale a été dérivée du règlement parasismique Algérien (R.P.A.99 version 2003) et elle s'écrit sous la forme suivante :

$$S_a = \begin{cases} 1.25A.g \left( 1 + \frac{T}{T_1} \left( 2.5\eta \frac{Q}{R} - 1 \right) \right) & 0 \leq T \leq T_1 \\ 2.5\eta (1.25A.g) \left( \frac{Q}{R} \right) & T_1 \leq T \leq T_2 \\ 2.5\eta (1.25A.g) \left( \frac{Q}{R} \right) \left( \frac{T_2}{T} \right)^{2/3} & T_2 \leq T \leq 3.0s \\ 2.5\eta (1.25A.g) \left( \frac{T_2}{3} \right)^{2/3} \left( \frac{3}{T} \right)^{5/3} \left( \frac{Q}{R} \right) & T > 3.0s \end{cases} \quad (I.1)$$

Avec :

- A : Coefficient d'accélération de zone.  
D : Facteur d'amplification dynamique moyen.  
 $\eta$  : Facteur de correction d'amortissement.  
R : Coefficient de comportement.  
Q : Facteur de qualité.  
T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> : Périodes de transition.

Coefficients définis par le RPA 99 versions 2003

Dans la représentation standard des codes parasismiques, chaque point du spectre de réponse élastique est représenté dans un diagramme  $S_a = f(T)$ , pour un amortissement de type visqueux ( $\xi$ ) avec :

$S_a$  : Accélération spectrale.  
T : Période de d'oscillation.

Chacun des points définis précédemment  $S_{ai} = f(T_i)$  sont transformés dans un autre repère  $S_a = g(S_d)$ , où ( $S_d$ ) est le déplacement spectral donné par la relation [I.2] [16] (Figure 5).

$$S_d = \frac{T^2 \cdot S_a}{4 \cdot \pi^2} \quad (I.2)$$

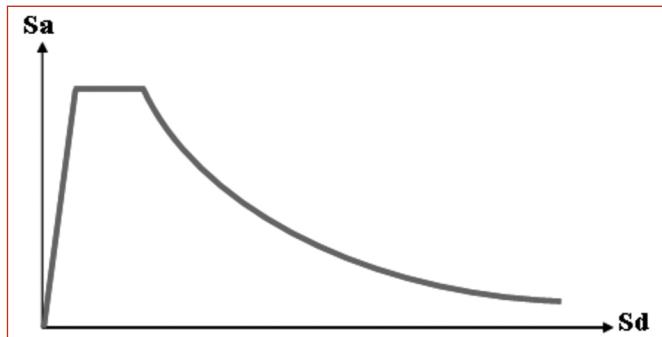


Figure 5 : Spectre de réponse en format ( $S_a - S_d$ ).

### 3.2 La capacité sismique

La courbe de capacité est obtenue en appliquant une force latérale d'une manière incrémentale jusqu'à l'obtention du déplacement maximum du bâtiment (figure 6). Les forces incrémentales  $F_i$  sont données par la relation (I.3) [17].

$$F_i = \frac{m_i \phi_i}{\sum m_i \phi_i} \cdot V_b = \frac{m_i h_i}{\sum m_i h_i} \cdot V_b \quad (I.3)$$

Avec

$m_i$  est la masse concentrée.  
 $\phi_i$  est la déformée de l'étage (i).  
 $V_b$  est l'effort tranchant à la base du bâtiment.  
 $h_i$  est la hauteur de l'étage (i).

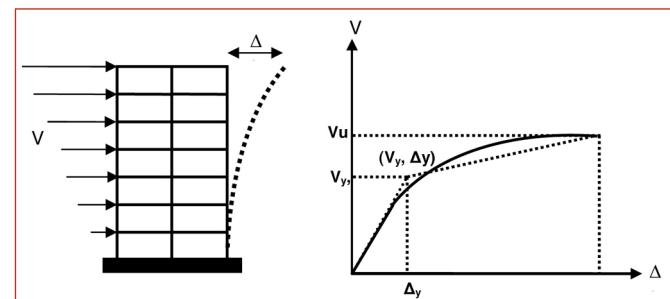


Figure 6 : Courbe de capacité sismique.

### 3.3 Définition du point de performance par la procédure itérative

Le point de performance est obtenu grâce à l'approche élastique classique, qui consiste à trouvé dans un premier temps le point d'intersection de la demande spectrale à (5 %) d'amortissement avec la tangente à l'origine de la courbe de capacité correspondant au déplacement spectral ( $S_{di}$ ) et la projection verticale de ce point fictif sur la courbe de capacité donnera le premier point de performance A de coordonnées ( $S_{dp1}$ ,  $S_{ap1}$ ). En ce point le déplacement élastique est égal au déplacement inélastique (voir figure 7) [15] et [18].

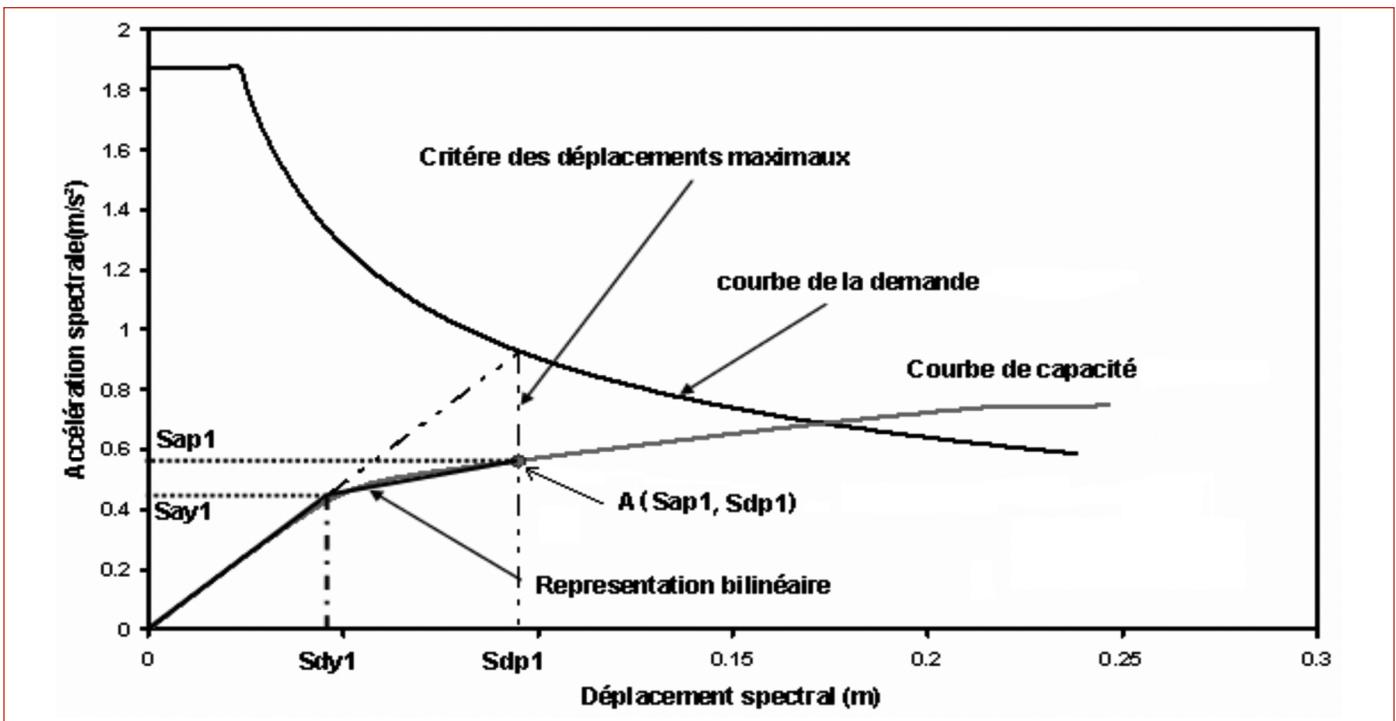


Figure 7: Obtention du point de performance par la méthode itérative.

Les autres étapes de calcul sont :

1. une représentation bilinéaire est développée à partir du point A ( $S_{ac}$ ,  $S_{dc}$ ) telle que l'aire sous le spectre de capacité soit le même que celui sous la courbe bilinéaire. cette représentation permet de définir les limites élastiques ( $S_{ay1}$ ) et ( $S_{dy1}$ ) [15] ;
2. le calcul de l'amortissement effectif est obtenu par l'équation (I.4) [15-17] :

$$\xi_{eff} = 5 + 63,7 K \left( \frac{S_{ay1} \cdot S_{dp1} - S_{dy1} \cdot S_{ap1}}{S_{ap1} \cdot S_{dp1}} \right), \text{ exprimé en \% (I.4)}$$

Avec  $\left\{ \begin{array}{l} K: \text{Coefficient de capacité de dissipation d'énergie.} \\ S_{ay}: \text{limite élastique en accélération.} \\ S_{dy}: \text{limite élastique en déplacement} \end{array} \right.$

3. Calcul des coefficients de réduction spectraux  $S_{RA}$  et  $S_{RV}$  [15-17] :

$$S_{RA} = \frac{3,21 - 0,68 \ln(\xi_{eff})}{2,12} \quad (I.5)$$

$$S_{RV} = \frac{2,31 - 0,41 \ln(\xi_{eff})}{1,65} \quad (I.6)$$

Les valeurs minimales de  $S_{RA}$  et  $S_{RV}$  sont données [18].

4. Le spectre de la demande sismique à 5% d'amortissement est réduit par les coefficients de réduction spectraux SRA et SRV. L'intersection du spectre réduit avec le spectre de capacité, définit le deuxième point de performance B ( $S_{ap2}$ ,  $S_{dp2}$ ), (Figure 8) [15-18].
5. Cette étape consiste à comparer le deuxième point de performance en terme de déplacement au premier point

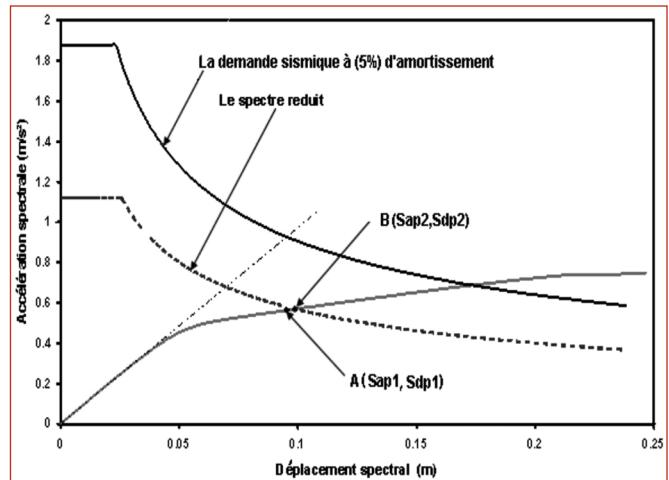


Figure 8: Détermination du deuxième Point de Performance.

de l'essai qui lui est affecté par un coefficient de 0,07 qui représente la tolérance pour l'estimation du premier point donnée par la condition suivante [15-18].

$$S_{dp2} \leq 20,07 \times S_{dp1} + S_{dp1} \quad (I.7)$$

Si la condition (I.7) est vérifiée, alors le deuxième point (B) est le point de performance. Si non, un nouveau point C ( $S_{ap3}$ ,  $S_{dp3}$ ) doit être choisi tel que :

$$\left\{ \begin{array}{l} S_{ap3} = S_{ap2} + \Delta S_{ap} \\ S_{dp3} = S_{dp2} + \Delta S_{dp} \end{array} \right. \quad (I.8)$$

Le processus ainsi développé est répété de l'étape 03 jusqu'à la satisfaction de la condition (I.7).

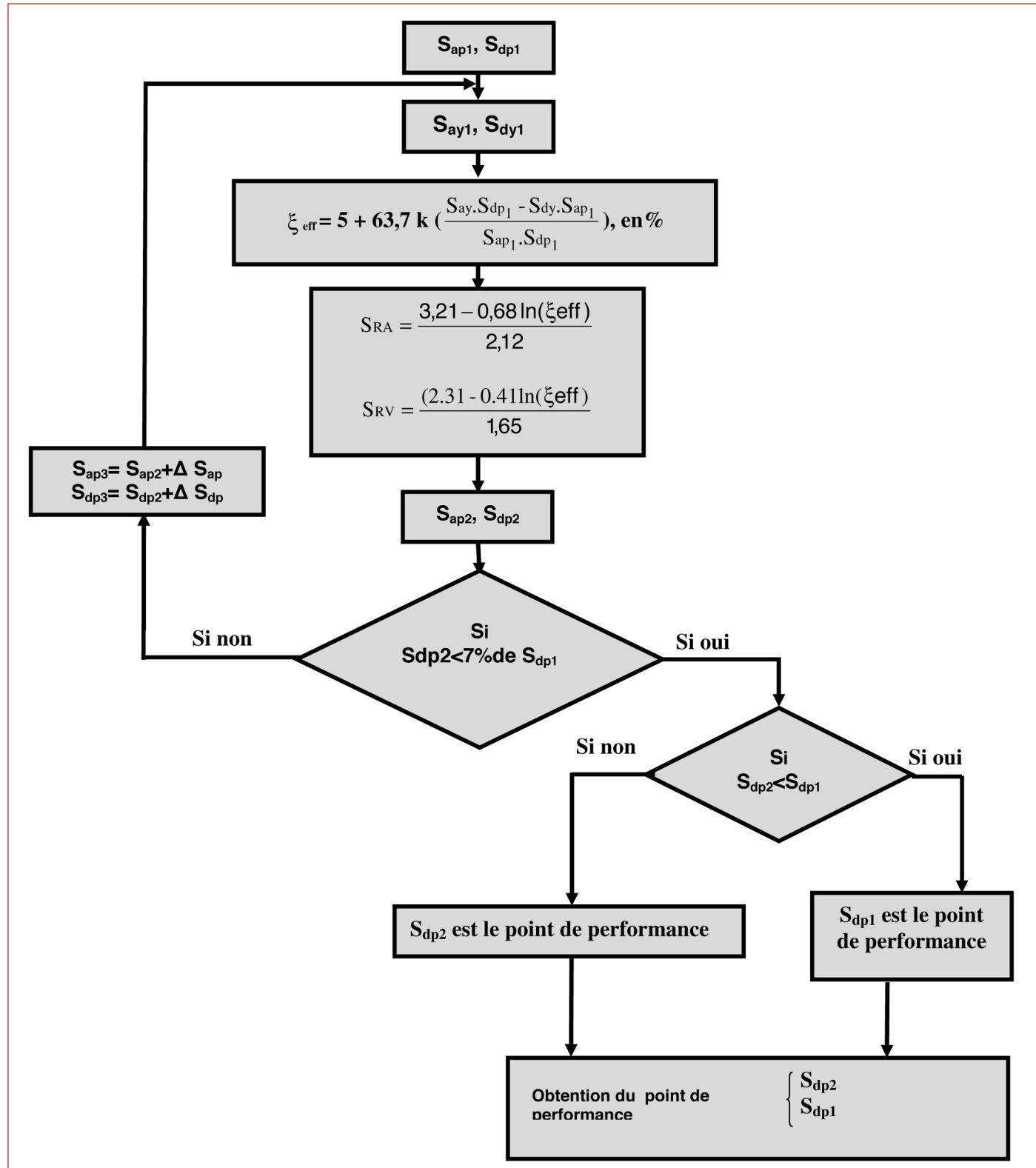
6. Dans cette étape on doit vérifier si le deuxième point n'est pas inférieur au premier point. Si c'est le cas alors  $S_{dp1}$  est le point de performance, dans le cas contraire le point de performance sera égal à  $S_{dp2}$  [18].

Cette méthode itérative est alors facilement programmable pourvu qu'il y ait compatibilité entre les amortissements de la demande et ceux de la capacité.

### 3.4.Organigramme de la procédure itérative

## 4. APPLICATION DE LA MÉTHODE DE PERFORMANCE SUR UN BÂTIMENT IMPLANTÉ À DRAA – BEN- KHEDDA WILAYA DE TIZI-OUZOU.

La méthode ainsi développée a été appliquée sur un bâtiment implanté à Draa – ben – Khedda Wilaya de Tizi-



Organigramme de calcul du point de performance par la méthode itérative.

Ouzou touché par le séisme du 21 mai 2003. Les désordres occasionnés à cet immeuble sont multiples :

- éclatement des poteaux, surtout ceux de la périphérie à coté du joint sismique (Figure 9) ;
- éclatement des noeuds (jonction poteau-poutre) ;
- fissuration des doubles cloisons extérieures en X (Figure 9) ;
- dislocation de la cage d'escalier et éclatement des revêtements (Figure 10) ;
- destructions des vasistas de la cage d'escalier (Figure 11) ;
- effondrement et fissurations des cloisons de séparation intérieure (Figure 12).

L'étude de la vulnérabilité et de la performance sismique a été réalisée sur un seul bloc du bâtiment montré à la figure 9. Nous avons évalué les dommages par le système informatique d'aide à l'évaluation de la vulnérabilité en supposant un séisme modéré comme celui ayant affecté la région de Boumerdès et le diagnostic est (O4) correspondant exactement aux désordres recensés par le C.T.C. centre. La performance sismique avant et après confortement du Bâtiment (Figures 13 et 14) a été ensuite entreprise. La performance sismique du bâtiment a été évaluée en utilisant la procédure itérative dans les deux sens XX et YY avant et après confortement (Figures 15 et 16). Les dommages ainsi que les points de performance en fonction des accélérations dans les deux directions XX et YY sont présentés par les figures 17 et 18.



Figure 9: Façade principale du bâtiment étudié.

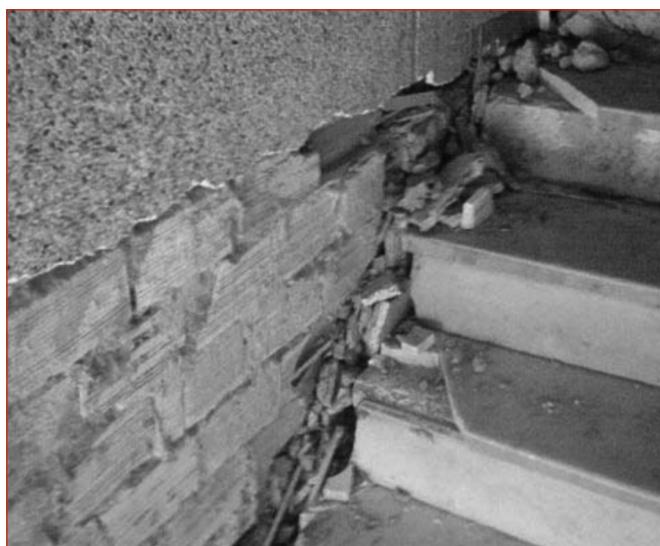


Figure 10: Dislocation de la cage d'escalier et éclatement des revêtements.



Figure 11: Destruction des vasistas de la cage d'escalier.



Figure 12: Effondrement et fissuration des cloisons.

Dans un premier temps, le système d'aide à l'évaluation de la vulnérabilité semble prédire avec beaucoup de rigueur la présomption de vulnérabilité du bâtiment. Le diagnostic trouvé par le système d'aide pour un séisme modéré coïncide exactement avec la décision du C.T.C. centre (O<sub>4</sub>). Nous remarquons que la demande en déplacement a diminuée et que la capacité portante s'est améliorée de 20 %. Ceci confirme que le niveau de conception parasismique du bâtiment s'est amélioré après le confortement. Le niveau des dommages est passé d'O<sub>4</sub> à O<sub>3</sub> (de dommages importants à dommages significatifs). Pour améliorer le comportement sismique de ce bâtiment, il ya lieu de mettre d'autres voiles ou bien de procéder en plus au renforcement par chemisage des poteaux.

## 5. CONCLUSIONS

Les ingénieurs experts qui ont la responsabilité d'évaluer les dommages structuraux subis par les bâtiments suite à un séisme et de décider quel type de confortement mettre en place, doivent surmonter plusieurs problèmes à la fois :

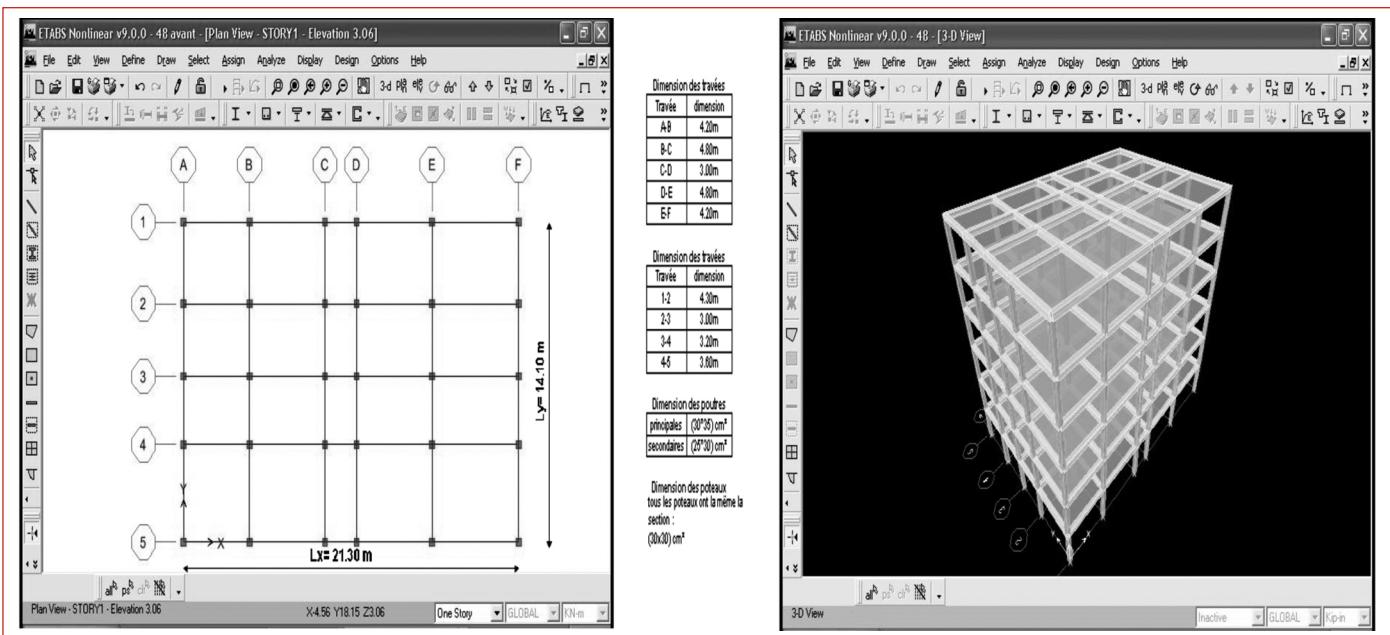


Figure 13: Vue en 3D et coupe en plan du bâtiment avant confinement.

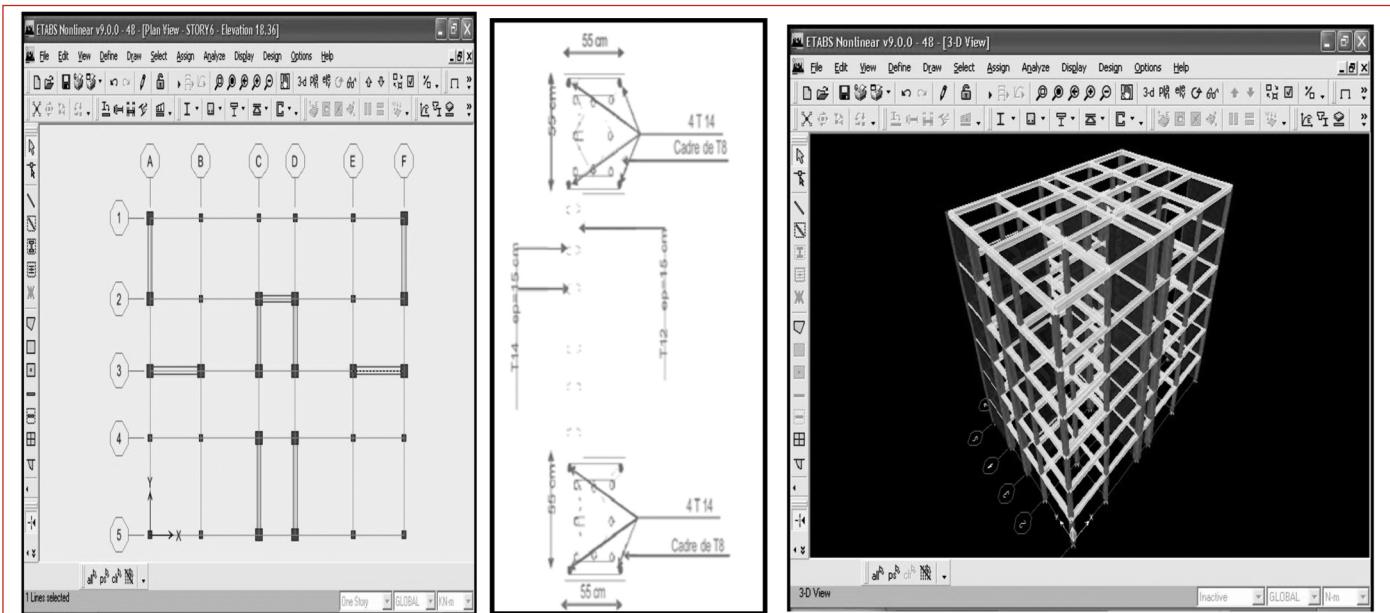


Figure 14: Vue en 3D et coupe en plan du bâtiment après confinement.

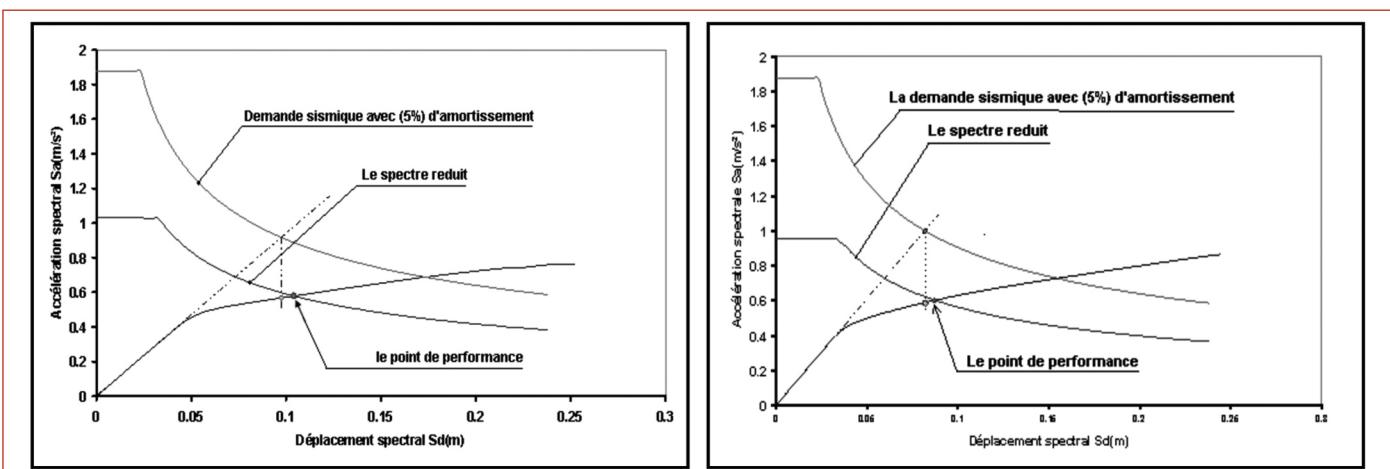


Figure 15: Détermination des points de performance du bâtiment dans les directions XX et YY, méthode itérative avant confinement.

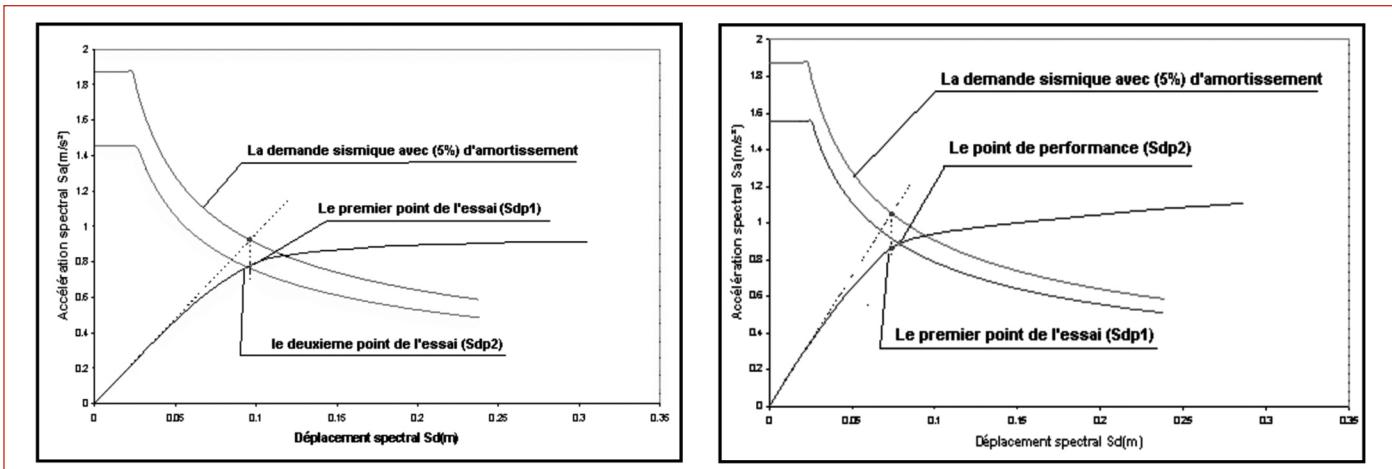


Figure 16: Détermination des points de performance du bâtiment dans les directions XX et YY, méthode itérative après confortement.

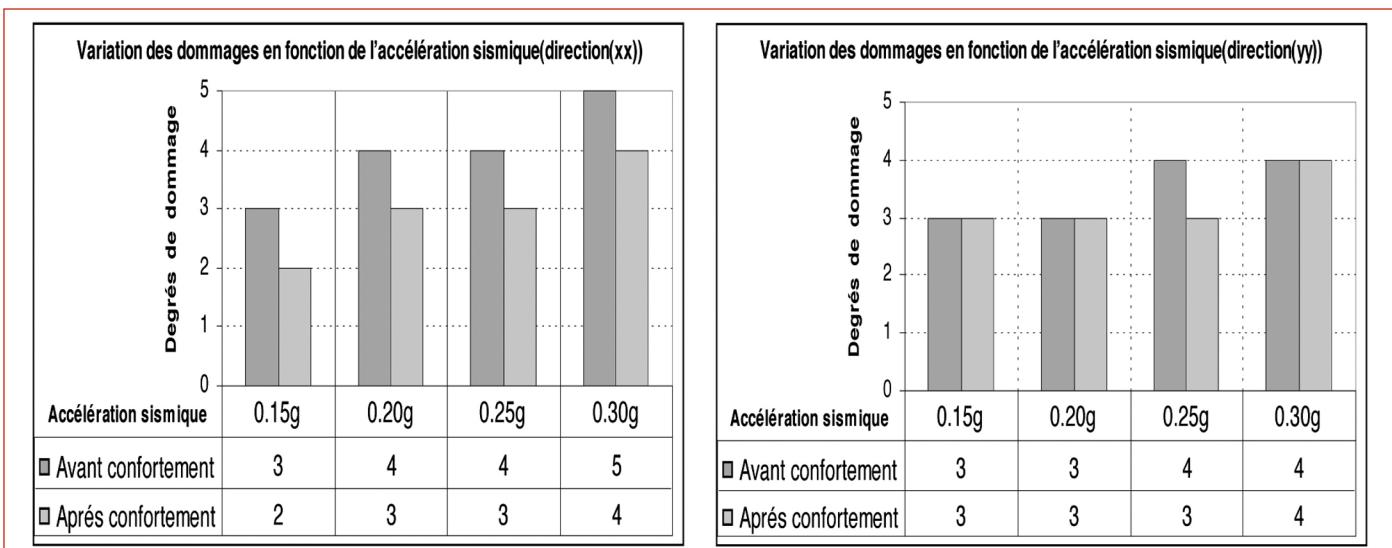


Figure 17: Variation des dommages en fonction de l'accélération sismique dans les directions XX et YY avant et après confortement.

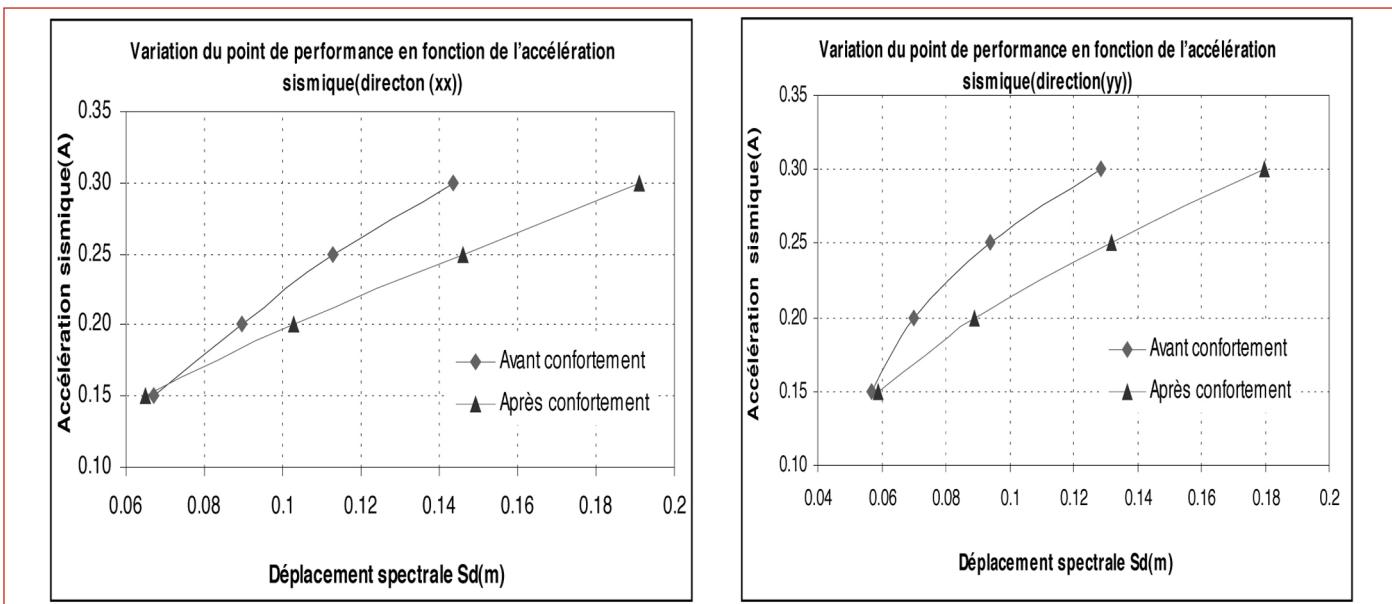


Figure 18: Variation du point de performance en fonction de l'accélération sismique dans les directions XX et YY avant et après confortement.

manque de temps, taille de la zone épicentrale, nombre de données à gérer et évaluation elle-même (selon le niveau estimé, on peut passer de légères réparations à une démolition du bâtiment).

Face à la problématique posée et du point de vue de la vulnérabilité, il était urgent d'envisager une procédure automatique de diagnostic à travers un système d'aide à l'évaluation de la vulnérabilité basé sur les règlements en vigueur. Son exploitation s'adapte bien aux types de constructions, prend en compte les différents matériaux, le système de contreventement, l'intensité du séisme, les facteurs pathologiques constatés et le type de sol. Pour corroborer les résultats obtenus par le système d'aide et évaluer le confortement à envisager, un point de performance est évalué à chaque étape (avant et après confortement) grâce à la méthode push over itérative.

Ce travail d'approche permet d'apporter des réponses claires et rigoureuses vis-à-vis de l'évaluation de la vulnérabilité, et d'appréhender le confortement ou la réparation des structures endommagées par des séismes.

## 6. BIBLIOGRAPHIE

- [1] **Benedetti D., Petrinin V.** 1984. Sulla vulnerabilità sismica degli edifici muratura : proposta di un metodo di valutazione, l'industria della costruzioni 18, 66-74.
- [2] **Belazougui M., Remas A.** 1998. Mascara : évaluation des dommages pathologiques constatés et enseignement à tirer, Journée d'étude « prévention et actions post-sismiques », CGS, novembre 1998. Pp 73-74.
- [3] **Reinhorn, A.M. and Valles, R.E.** 1995. Damage evaluation in inelastic response of structures: a determinate approach. Technical report NCEER 95, State University of New York at Buffalo. U.S.A.
- [4] **Hamizi, M., Rassoul, I. et Hannachi, N.E.** Conception et réalisation d'un système d'évaluation de la vulnérabilité du bâti existant en Algérie. Annales Du Bâtiment Et Des Travaux Publics. Editions ESKA. Avril 2008, n°2.
- [5] **Anagnostopoulos S., Moretti M.** 2006, post-earthquake emergency assessment of building damage, safety and usability, part I: Technical issues. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Elsevier, Available online.
- [6] **Applied Technology Concil (ATC)** 1995, Addendum to the ATC 20 Post earthquake building safety evaluation procedure, ATC 20-2, Redwood City, California.
- [7] **Azouz H., Adib A., Rebzani B.** 2005, Boumerdès 2003 : leçon d'un séisme. Report SGP GENEST, Alegria.
- [8] **Goretti A., Di Pasquale G.** 2002, an overview of Post-Earthquake Damage ASSESSMENT IN Italy. Proc. Of EERI Invitational Workshop "An action plan to develop earthquake damage and loss data protocols", September 19-20, California, pp. 16-18.
- [9] Fiche d'évaluation des désordres. Elaborée par le C.T.C. (Organisme de contrôle des ouvrages).
- [10] Le règlement Parasismique Algérien (R.P.A) 1999 Addenda 2003
- [11] **M. Hamizi, N.E Hannachi et L. Bouzid.** Méthodologie de l'évaluation de la fonction de vulnérabilité et du risque sismique pour les structures en poteaux – poutres. Etude de cas : Wilaya de Boumerdès Algérie. 8<sup>e</sup> Congrès de Mécanique 17 -18 avril 2007, El Jadida Maroc.
- [12] **Rumbaugh, J., Jacobson, I. and Booch, G.** The Unified Modelling Language. Reference Manual, Addison-Wesley, 1999
- [13] **Muller, P.A.** Modélisation objet avec UML, Eyrolles, 1997.
- [14] **M. Hamizi, Hannachi N.E. et Rassoul I.** AFGC « Un outil d'aide à l'évaluation de la vulnérabilité du bâti existant » Cycle de vie des ouvrages : une approche globale 18 et 19 mars ESTP – Cachan
- [15] **Belmouden Y.** Analyse spectrale itérative des oscillateurs simples sous l'action sismique.
- [16] **Tzad N.R and Bhatiaz, L.H.** Performance based seismic engineering.
- [17] **Belmouden Y. et Lestuzzi P.** Evaluation de la vulnérabilité sismique des bâtiments existants en Suisse (EPFL).
- [18] **Mouroux P.** La méthode de point de performance (ATC 40). Principes de base et utilisation pratique.

## annonces de colloques



BFUP 2009



LIEU DU COLLOQUE



Le Colloque se déroulera dans l'Hémicycle de la Communauté Urbaine Marseille Provence Métropole situé dans les Jardins du Pharo.

**Hémicycle MPM**  
Jardins du Pharo, 58, Boulevard Charles Livon  
F-13007 Marseille (France)

### COMITÉ D'ORGANISATION

Président :	Jacques RESPLENDINO	Martine BRESSO
Vice-président :	François TOULEMONDE	Bruno GODART
Membres :	Jean-François BATOZ	Pierre MARCHAND
	Christian CLERGUE	Jacques PORTELATINE
	Patrick GUIRAUD	Jean-Michel TORRENTI
	André MASCARELLI	
	Christophe RAULET	
	Michel MOUSSARD	
	René-Gérard SALE	



Avec le parrainage de



# BFUP 2009

### Invitation finale Programme - Inscription

Colloque international sur les Bétons Fibrés  
à Ultra hautes Performances (BFUP)

Concevoir et Construire en BFUP :  
Etat de l'art et Perspectives

**MARSEILLE (France)**  
17 et 18 novembre 2009



## BIENVENUE A BFUP 2009

L'Association Française de Génie Civil (AFCG) et la fédération internationale du béton (fib) ont le plaisir de vous convier à un colloque international sur les Bétons Fibrés à Ultra hautes Performances (BFUP) qui aura lieu à Marseille les 17 et 18 novembre 2009.

L'Association Française de Génie Civil (AFCG) regroupe tous les acteurs du Génie Civil qu'ils soient donneurs d'ordre, concepteurs, réalisateurs ou chercheurs. L'association a pour objectif de rapprocher le monde des matériaux de celui de l'enseignement et de la recherche de celui de la conception et de la réalisation. Dans cet esprit, l'AFCG dispose d'un Comité Scientifique et Technique qui pilote des groupes de travail interdisciplinaires en charge d'élaboration de doctrine technique (Guides sur la durabilité des ouvrages, guide sur les structures en bois, premières recommandations sur les BFUP publiées en 2002).

L'association est en contact permanent avec diverses associations internationales qui travaillent dans le domaine du génie civil dont notamment la fédération internationale du béton (fib). La fib regroupe au niveau mondial des scientifiques, enseignants, professionnels impliqués dans la recherche, la conception et la maintenance des structures en béton. Elle pour mission essentielle d'établir un code modèle qui sera de référence dans le domaine des ouvrages en béton.

Sept ans après la sortie des premières recommandations AFCG - SETRA sur les Bétons Fibrés à Ultra hautes Performances (BFUP), l'objectif du colloque est de faire le point sur le savoir faire et l'expérience dans le domaine des BFUP et analyser les perspectives de développement.

Après un rappel des performances et caractéristiques principales de ces matériaux, le colloque présentera des réalisations concrètes récentes tant en génie civil, en bâtiment que dans le domaine des équipements et infrastructures diverses :

- Projets et réalisations remarquables récentes tant en France qu'à l'étranger,
- Nouvelle version des recommandations AFCG, qui profitent des dernières réflexions conduites au travers des Eurocodes et au sein de la fib,
- Projet de la métropole Marseillaise : le MuCEM (Musée des Civilisations de l'Europe et de la Méditerranée) qui mettra en valeur les bétons à ultra hautes performances.

Le colloque sera aussi l'occasion pour tous les acteurs de la Construction qui ont été impliqués dans des réalisations en BFUP de venir les présenter.

Les conférences et les débats permettront d'expliquer les raisons du recours au BFUP (esthétique, technique, structurelle ou environnementale), de faire le bilan de l'expérience acquise et d'en tirer des enseignements pour les réalisations futures notamment vis-à-vis des concepts du développement durable.

Nous vous attendons nombreux et nous souhaitons une grande réussite à ce colloque.

*Le président de l'AFCG* *Le président du comité d'organisation*  
Jean-Marc Tanius

*Le président de la fib*  
Michael N. Fardis

## COMITÉ SCIENTIFIQUE

Président :	Jacques RESPLENDINO	DIRMED, MEEDDAT	France
Coprésident :	Pr Franz Josef ULM	MIT	USA
Coprésident :	Pr François TOUTLEMONDE	LPC	France
Membres :	Bendt AARUP	CRC Technology	Denmark
	Pr Paul ACKER	Lafarge	France
	Laurent BOUTILLON	VINCI	France
	Pr Eugen BRUEHWILER	EPFL	Switzerland
	Pr Myriam CARCASSES	INSA Toulouse	France
	Danièle CHAUVEL	EDF	France
	Dr Christian CLERGUE	Vicat	France
	Pr Elkehard FEHLING	Univ. Kassel	Germany
	Bernard FOURÉ	CETIP	France
	Dr Hans Rudolf GANZ	VSL	Switzerland
	Pr Ian GILBERT	Univ. New South Wales	Australia
	Dr Benjamin GRAYBEAL	FHWA	USA
	Pr Makoto KATAKIRI	Taiheiyo Cement Corporation	Japan
	Pierre MARCHAND	SETRA	France
	Pr Bruno MASSICO TTE	Ecole polytechnique Montréal	Canada
	Dr Pierre PIIMENTA	CSTB	France
	Pr Karl Heinz RETNECK	Univ. Stuttgart	Germany
	Dr Pierre ROSSI	LPC	France
	Dr Patrick ROUGEAU	CERIB	France
	Pr Yoshihiko SATO	Univ. Hokkaido	Japan
	Pr Lutz SPAROVITZ	TU-Graz	Austria
	Yoshihiko TANAKA	Taisei Corporation	Japan
	Thierry THIBAUX	Eiffage	France
	Pr Joost WALRAVEN	TU-Delft	Netherlands

## INFORMATIONS GÉNÉRALES

## • LANGUE DES CONFÉRENCES

Les conférences sont présentées en français ou en anglais avec traduction simultanée en anglais et en français.

## • INSCRIPTIONS

Les droits d'inscription au Colloque BFUP 2009 comprennent l'accès à l'ensemble des conférences, les textes complets des conférences (au format pdf sur CD et volume imprimé contenant les résumés), les déjeuners et les pauses café.

Le dîner de Gala du 17 novembre au Font Saint Jean fait l'objet d'une inscription spécifique de 40 € TTC, par personne (participants au colloque ou personnes accompagnantes). Le nombre de places étant limité, l'inscription est obligatoire (voir bulletins d'inscription joints).

Les bulletins d'inscription ci-joint sont à retourner au secrétariat de l'AFCG, avant le 16 octobre 2009, accompagnés du règlement (par chèque à l'ordre de l'AFCG ou par virement, la totalité des frais bancaires étant dans ce cas à la charge du participant).

## PROGRAMME TECHNIQUE

## Mardi 17 novembre

- 8h30 : Accueil des participants
- 9h30 : Ouverture du Colloque *Jacques Resplendio (BFUP 2009), Hans Rudolf Ganz (fib), Jean-Marc Tanis (AFGC)*
- 1<sup>re</sup> Session introductive
- Président de session :** Franz Josef Ulm
- 10h00 : Introduction : Qu'est ce qu'un BFUP *Jacques Resplendio*
- 10h10 : La science au service de la construction - Analyse multi-échelle, chimie, mécanique non linéaire, topologie et sciences de l'ingénieur en lien avec l'innovation dans les matériaux cimentaires *Franz Josef Ulm*
- 10h25 : Historique du développement des BFUP et applications décisives *Gérard Birelli*
- 10h50 : Discussions
- 2<sup>me</sup> Session
- Réalisations en BFUP : des possibilités architecturales renouvelées
- Président de session :** Paul Acker
- 11h00 : Les perspectives pour l'architecte *R. Ricciotti*
- 11h30 : Villa Navarra *R. Ricciotti et P. Mazzacane*
- 11h40 : Centre de bus de Thiais *D. Marrec*
- 11h50 : Les résilles en BFUP : maîtriser le retrait pour jouer avec les formes *D. Stoer, L. Guingot, L. Jacques*
- 12h00 : La couverture du stade Jean Bouin *R. Ricciotti, G. Lamoureux, C. Thiriet, P. Revillon*
- 12h10 : Discussions
- 12h30 : Déjeuner sur place et séance Posters
- 3<sup>me</sup> Session :
- Réalisations en BFUP : des ouvrages qui repoussent les limites du possible (partie 1)
- Président de session :** Jean-Marc Tanis
- 14h00 : La passerelle du Pont du Diable *F. Teply, P. Mazzacane, R. Ricciotti*
- 14h10 : La passerelle "Gärtnerplatz" sur la rivière Fulda à Kassel - ouvrage mixte acier-BFUP multitravées *E. Fehling*

## 14h20 : Le Passage Supérieur PS 34 Autoroute A51

*O. Dekuzin, L. Linger, C. Clergue, D. Regat*

## 14h30 : Applications innovantes des BFUP au Japon dans le domaine des ponts

*Y. Tanaka*

## 14h50 : Les perspectives de développement des BFUP, point de vue d'une entreprise de construction spécialisée

*M. Rebentrost*

## 15h05 : Discussions

## Réalisations en BFUP : des ouvrages qui repoussent les limites du possible (partie 2)

**Président de session :** Thierry Kretz

15h15 : Le pont routier WILD : application du BFUP en préfabrication pour une structure en arc *L. Sparowitz, M. Reichel, B. Freytag, W. Zimmerman*

15h25 : Application des BFUP dans les infrastructures du réseau routier américain *B. Graybeal*

15h40 : La poutre ITE, une alternative économique et durable aux poutres entrobées *T. Thibaut, D. de Marteis, R.G. Salé*

15h50 : Application du projet de dalle gauffrée du PN MIKTTI sur un ouvrage à Livron-Loriol *F. Tavakoli, S. Bouteille, F. Toullemont*

16h00 : Prototypes en BFUP pour un pont ferroviaire provisoire modulaire en Autriche *M. Reichel, G. Altersberger, L. Sparowitz*

16h10 : Emploi du BFUP en fondations profondes *S. Srinivasan, T. Vander Voort, M. Suleiman*

## 16h20 : Discussions

## 16h30 : Pause et séance Posters

4<sup>me</sup> Session :

Réalisations en BFUP : des équipements ou composants innovants pour le bâtiment et le Génie Civil (partie 1)

**Président de session :** Charles Balloche

17h00 : Applications des BFUP en préfabrication : cas du CRC *B. Aarup*

17h15 : Apport des BFUP dans la rupture des ponts thermiques *T. Burkhardt, J. Daliphard, N. Ruault, M. Behboul, A. Birault*

17h25 : Une solution en BFUP pour les planchers techniques résistants au feu *P. Mazzacane, T. Lagrange, J.F. Batz*

17h35 : Composants de couverture écologiques et durables : une solution proposée par le secteur des composés cimentaires *M. di Prisco, M. Colombe, L. Ferrara, A. Magni*

17h45 : Les bise-soleil en BFUP : une solution élégante pour réguler les apports thermiques *J.Y. Jousset, L. Guingot, L. Jacques*

17h55 : Dalles en BFUP soumises au souffle et aux explosions  
*C. Wu, D. Oehlers, M. Rebentrost, G. Wright*

18h05 : Discussions  
 Réalisations en BFUP : des équipements ou composants innovants pour le bâtiment et le Génie Civil (partie 2)

**Président de session : Thierry Thibaux**

18h15 : Application des BFUP en préfabrication : l'expérience néerlandaise  
*S. Grinewald, R. Weyns, J. Dekkers*

18h30 : Optimisation de parapets de ponts préfabriqués en béton fibré à ultra hautes performances  
*J.P. Charron, E. Niamba, B. Massicotte*

18h40 : Éléments de façade complexes en béton fibré à ultra hautes performances  
*R. Surier, L. Moreillon*

18h50 : Un nouveau type de joints en BFUP coulés en place entre dalles de ponts préfabriquées. Conception, essais et projets  
*V. Perry, G. Weiss*

19h00 : L'Enduit Hydraulique Fibré Gravillonné (EHFG), un cousin du BFUP pour des chaussées à longue durée de vie  
*F. de Larrard*

19h10 : Traverses en BFUP pour pylônes de lignes électriques à haute tension  
*R. El-Hacha, H. Abdelazem, I. Carraga*

19h20 : Nouveaux concepts constructifs de tubliers de ponts mixtes composés à matrice polymère - BFUP  
*A. Elmadhy, R. El-Hacha, N. Shreve, V. Perry*

19h30 : Discussions

**19h45 : Départ vers le MuCEM et le Fort Saint Jean**

Le site du fort Saint-Jean aurait été occupé depuis l'Antiquité, mais ce n'est qu'au XIII<sup>e</sup> siècle que les Hospitaliers de Saint-Jean de Jérusalem (futur ordre de Malte) s'y installent donnant son nom au quartier. Certains vestiges sont encore visibles. La massive tour Carrée est élevée après le sac des Aragonais (1423) par le Roy René, à l'emplacement de la tour Maubert, pour défendre l'entrée du port. La tour du farai est édifiée en 1644 et le Chevalier de Cerville construit le fort préau par Louis XIV dans les grands projets pour Marseille et fait creuser un fossé inondable afin d'isoler le fort de la ville. Le fort servit de garnison, puis de prison pendant la Révolution.

Pendant la deuxième guerre mondiale, il est occupé par un dépôt de munitions de l'armée allemande qui explose en 1944 causant de gros dégâts au fort et au Pont Transbordeur. Le fort a été classé Monument Historique en 1964.



**Mercredi 18 novembre**

**5<sup>ème</sup> Session :**

Les BFUP au service d'une nouvelle vie des ouvrages

**Président de session : Bruno Godart**

8h00 : Construction mixte béton-BFUP pour augmenter la durabilité des structures  
*E. Denané, E. Brühwiler*

8h10 : Renforcement parasismique de piles de pont par chemisage en BFUP  
*B. Massicotte, G. Boucher-Proulx*

8h20 : Emploi du BFUP pour des travaux de réparation de canaux d'irrigation  
*T. Ono*

8h30 : Renforcement structurel de bâtiments et ouvrages de Génie Civil au moyen de BFUP  
*T. Thibaux*

8h50 : Discussions

Recherches et développements en cours  
**Président de session : Joost Walraven**  
 Retrait et fluge des BFUP au jeune âge dans différentes conditions de conservation  
*T.M. Ahlbom, E.M. Nyland, C.G. Gilbertson*

9h00 : Enjeux de la prévision du fluge pour les composants précontraints en BFUP  
*P. Francisco, F. Benboudjema, P. Rougeau, J.M. Torrenti*

9h10 : Rhéologie et mise en œuvre des matériaux cimentaires fibrés : de l'isotropie au comportement orienté  
*N. Rousset, L. Martin, Pierre Rossi*

9h30 : Discussions

Retours d'expérience et acquis récents  
**Président de session : Pierre Rossi**  
 Evolution in-situ de la résistance et des caractéristiques de durabilité d'un BFUP : retour d'expérience sur poutrelles dans un aéroréfrigérant  
*F. Toutlemonde, M. Carrasco, M. Lion*

9h40 : Comportement des BFUP à haute température  
*P. Pimenta, J.C. Mindogua, A. Simon*

9h50 : Bilan des acquis de recherches 2002-2008 sur les BFUP en vue de l'actualisation des recommandations de l'AFGC  
*F. Toutlemonde, F.J. Ullm, B. Fouré, M. Carrasco, P. Marchand, J. Respaldino*

10h00 : Discussions

10h30 : Pause et séance Posters

**6<sup>ème</sup> Session :**
**Recommendations et réglementations**
**Président de session :** **Hanz Rudolf Ganz**
**11h00 :** Nouvelles recommandations AFGC  
*J. Respilendro*
**11h10 :** Point sur les recommandations *fib*  
*J. Walraven*
**11h20 :** Actualisation du chapitre matièreau  
*A. Simon*
**11h35 :** Actualisation du chapitre calcul de structure  
*P. Marchand*
**11h55 :** Actualisation du chapitre durabilité  
*M. Garces*
**12h10 :** Discussions

**BFUP et développement durable**  
**Président de session :** **Christian Cremona**
**12h20 :** Synthèses des données disponibles  
*P. Marchand*
**12h30 :** Illustration des possibilités de recyclage  
*T. Sedran, C. Durand, F. de Larrard*
**12h40 :** Illustration du bilan environnemental :  $CO_2$  énergie  
*J.F. Batoz*
**12h50 :** Discussions

**13h00 :** Déjeuner sur place et séance Posters

**7<sup>ème</sup> Session :** Le projet du MuCEM

**Président de session :** **Jean-Claude Dumont**
**14h30 :** Point de vue du maître d'œuvre  
*A. Bies*
**14h45 :** Conception

*R. Ricciotti, J. Portelatine*
**15h25 :** Essais sur prototype  
*P. Rivillon*
**15h50 :** Discussions

**16h00 :** Synthèse des conférences

Concevoir et construire en BFUP - Bilan et perspectives pour les domaines de la recherche, de la conception et de l'exécution de structures qui répondent aux exigences des concepts du développement durable.

*Jacques Respilendro, François Tautemondre*
**16h15 :** Clôture du colloque  
 Remise de médaille  
*Jean-Marc Tanis*
**POSTERS SCIENTIFIQUES**
**Etude de l'emploi des BFUP en murs-rideaux**
*C. Everett, G. Wright, M. Rebentrost*
**Réparation d'ouvrages en béton avec des bétons fibrés à hautes performances**  
*M. Skazlic*
**Applications structurelles de composites utilisant plusieurs échelles de fibres**  
*C.P. Osterriag*
**Algorithmie d'optimisation de conception structurelle en BFUP de type "colonie de fourmis"**  
*M. Flint, S. Grunewald, J. Coenders*
**Ponts routiers en BFUP et développement durable : état des lieux et défis technologiques pour le béton**  
*T. Stengel*
**Etude du comportement de poutres de ponts en BFUP sous sollicitations biaxiales: essais sur petits panneaux et analyse aux éléments finis**  
*K.C. d'Alessandro, C.L. Roberts-Wolffmann, T.E. Cousins, E.D. Sotilino*

**Résilles en BFUP - Photo Eiffage**

## Concevoir et construire pour le développement durable

Programme C2D2



Concevoir et Construire pour le Développement Durable (C2D2)  
Appel à projets 2009

# PROGRAMME Concevoir et Construire pour le Développement Durable

## Appel à projets 2009

Date de clôture

15/09/2009 à 17h00

Adresse de publication de l'appel à projets  
<http://www.rgeu.prd.fr>

### Contacts

Georges Dominique Cesari  
CGDD/DRIS/R  
Mission Génie civil et Construction  
② : 01 40 81 28 00  
③ : [georges.cesari@developpement-durable.gouv.fr](mailto:georges.cesari@developpement-durable.gouv.fr)

Christian Cremona  
CGDD/DRIS/R  
Mission Génie civil et Construction  
② : 01 40 81 29 41  
③ : [christian.cremona@developpement-durable.gouv.fr](mailto:christian.cremona@developpement-durable.gouv.fr)

Les projets seront soumis par voie électronique à l'adresse suivante :  
[C2D2prog@developpement-durable.gouv.fr](mailto:C2D2prog@developpement-durable.gouv.fr)

1 ©

Date de clôture de l'appel à projet : 15/09/2009 à 17h00

# CONCEVOIR ET CONSTRUIRE POUR LE DÉVELOPPEMENT DURABLE

## *Programme C2D2*

<b>SOMMAIRE</b>	
INTRODUCTION .....	3
OBJECTIFS DU PROGRAMME .....	4
CHAMPS COUVERTS PAR LE PROGRAMME C2D2 (APPEL A PROJETS 2009) .....	6
Volet « Construction et exploitation durable et efficiente des bâtiments, des ouvrages et des réseaux » .....	6
Volet « Sureté de fonctionnement des services et des réseaux » .....	8
EXAMEN DES PROPOSITIONS .....	9
Critères de recevabilité .....	10
Critères d'évaluation .....	11
DISPOSITIONS GÉNÉRALES POUR LE FINANCEMENT .....	12
ACCORD DE GROUPEMENT .....	13
POLES DE COMPÉTITIVITÉ .....	14
MODALITÉS DE SOUMISSION .....	14
Contenu du dossier de soumission .....	14
Transmission du dossier de soumission .....	14
ANNEXE A : MODÈLE D'ANNEXE TECHNIQUE ET DE FICHE SIGNALÉTIQUE .....	16
ANNEXE B : MODÈLE D'ANNEXE FINANCIÈRE .....	19
ANNEXE C : MODÈLE D'ENGAGEMENT .....	20

**INTRODUCTION**  
Le secteur de la construction constitue l'une des industries les plus importantes au monde. Les bâtiments, les ouvrages et les réseaux changent la nature, la fonction et l'apparence de nos villes et de nos territoires. Leur construction, utilisation, maintenance, réparation, réhabilitation et démolition consomment de l'énergie et des ressources et génèrent des déchets à grande échelle. Mais le secteur de la construction participe aussi en retour de manière importante à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines du transport, du logement, de l'éducation (écoles), de la santé (hôpitaux), de la réduction des risques naturels. Cette ambivalence place le secteur de la construction dans une recherche continue de moyens et de stratégies pour délivrer progrès social, protection de l'environnement, meilleure utilisation des ressources, croissance économique et emploi.

Dans le cadre du protocole de Kyoto, la France s'est engagée à réduire les émissions de gaz à effet de serre de 6% par rapport au niveau de 1990 d'ici 2012. Tous les secteurs industriels doivent donc participer à cet effort de réduction, y compris le secteur de la construction. Il apparaît clairement que les maîtres d'ouvrages, les ingénieurs et les architectes, avec l'appui des collectivités, doivent non seulement s'intéresser à une maîtrise des coûts sur la durée de vie mais aussi faire attention à l'impact environnemental des ouvrages en terme d'émission de gaz à effet de serre.

Ces dernières années, le concept de développement durable a acquis un degré élevé de dynamisme, autant sur le plan politique qu'économique, avec un impact encore difficile à apprécier. Il est donc aujourd'hui au centre de l'action publique et privée, porté au premier plan par le Grenelle de l'environnement.

## OBJECTIFS DU PROGRAMME

Traditionnellement, la conception des ouvrages et des réseaux consiste à retenir un dimensionnement qui permette d'atteindre un coût initial de construction le plus faible possible tout en respectant des exigences prescrites pour une durée de fonctionnement donnée. Cette approche du dimensionnement est aujourd'hui remise en cause pour se déplacer d'un mode de dimensionnement optimisé de la conception initiale vers un mode de dimensionnement optimisé du cycle de vie. Cela rend la tache des architectes, des ingénieurs bien plus délicate, car il leur est demandé de concevoir des structures qui doivent satisfaire à des exigences sur leur cycle de vie complet, et qui doivent être techniquement, écologiquement et économiquement optimisées. L'abandon de la seule satisfaction à court terme de besoins d'infrastructure ou de constructions en faveur de considérations globales tenant compte des aspects techniques, économiques, environnementaux et socioculturels représente un nouveau paradigme pour le secteur de la construction.

Le concept de « construction durable » consiste à intégrer les principes du développement durable dès le concept initial et l'analyse des besoins des clients et des usagers, tout au long de la conception et de la construction jusqu'à la performance en service, la rénovation et l'extension de la durée d'usage, pour se terminer par la démolition et le recyclage des matériaux et des composants. Cependant, le concept de « construction durable » ne peut pas se concevoir que sous l'angle environnemental et un certain nombre de questions et d'enjeux conflictuels doivent être considérés en évaluant les entités sur leur cycle de vie selon quatre niveaux : environnemental, économique, social et technique/fonctionnel.

La Direction de la recherche et de l'Innovation du MEEDDM, avec l'appui du Réseau Génie Civil&Urbain, cherche à développer au travers du programme C2D2 des recherches ambitieuses sur la construction durable au sens large, englobant bâtiments, ouvrages et réseaux. Les recherches à initier s'inscriront dans une vision globale de la performance et une approche dynamique des bâtiments dans leur environnement et devront permettre de maîtriser les impacts énergétiques et environnementaux liés à la construction des bâtiments. Enfin, dans une vision systémique de la ville, ce programme s'attachera à favoriser, au travers de la modélisation notamment, la compréhension des phénomènes physiques et environnementaux qui affectent les milieux urbains.

En effet, l'aggravation des risques d'inondations, une meilleure prévention des risques géologiques, l'adaptation au changement climatique d'une part, la prise en compte des risques intentionnels ou technologiques d'autre part, imposent un réexamen des pratiques de conception et d'évaluation des ouvrages et des réseaux.

Pour l'ensemble de ces problématiques, la modélisation est un outil majeur de compréhension des phénomènes, tant physiques que sociaux, et de prévision de leur évolution et de leur interaction : bilan énergétique global, évolution climatique, estimation de la qualité de l'air, mais aussi indicateurs comportementaux, doivent pouvoir s'appuyer sur des données de nature diverses (mesures, enquêtes, statistiques...) mais partagées. Les bases de données urbaines, les informations géographiques en sont le point de départ, la simulation 3D ou 4D (évolution temporelle) en est l'aboutissement recherché. Cela concerne les aspects liés tant aux sciences dures (paramètres physiques et chimiques) qu'à la socio-économie (modèles multi-agents pour les activités et les transports) pour avoir une compréhension quantitative globale des déterminants du système complexe qu'est un tissu urbain.

Pour répondre à ces divers objectifs, le programme est structuré en trois grands volets :

- **Volet « Construction et exploitation durable et efficiente des bâtiments, des ouvrages et des réseaux »,**
- **Volet « Sécurité de fonctionnement des services et des réseaux ».** Le volet « Modélisation de la ville pour l'ingénierie » n'est pas couverte par le présent appel à projets ; il fera l'objet de l'appel à projet 2010.
- **Volet « Modélisation urbaine »,**

Li'appel à projet 2009 porte sur le volet « Construction et exploitation durable et efficiente des bâtiments, des ouvrages et des réseaux » et sur le volet « Sécurité de fonctionnement des services et des réseaux ». Le volet « Modélisation urbaine » n'est pas couverte par le présent appel à projets ; il fera l'objet de l'appel à projet 2010.

## CHAMPS COUVERTS PAR LE PROGRAMME C2D2 (APPEL À PROJETS 2009)

Un « construction durable » implique de faire évoluer le concept d'efficacité, défini comme la maximisation des bénéfices d'un produit ou d'un service en minimisant la consommation de ressources énergétiques ou naturelles, en incluant non seulement les aspects sociaux et économiques, mais aussi techniques.

### Volet « Construction et exploitation durable et efficiente des bâtiments, des ouvrages et des réseaux »

Ce volet a pour objectif de susciter le développement d'un cadre méthodologique au concept de « Construction durable » qui englobe évaluations techniques (ou fonctionnelles), économiques, environnementales et sociétales sur leur cycle de vie. Ces diverses composantes sont cependant souvent conflictuelles et doivent donc conduire au développement d'approches intégrées et holistiques pour la conception et l'exploitation des bâtiments et des structures.

Le programme C2D2 attend des projets des éléments de réponse pour l'optimisation du potentiel du bâti existant, la conception et la mise en œuvre de matériaux et de systèmes à faible impact environnemental (approche multi-fonctionnelle) des systèmes, nouveaux matériaux à base de

nanotechnologies, bio-matériaux, matériaux intelligents, nouveaux processus, nouvelles techniques de construction, industrialisation des processus), le développement de méthodologies de surveillance. Sont également attendus des référentiels, des méthodes et des outils permettant une meilleure évaluation de la performance des constructions existantes sur leur cycle de vie, d'outils pour le suivi et l'évaluation en temps réel, mais aussi des solutions techniques pour développer les capacités d'adaptabilité à la prolongation de la durée de vie au-delà de la durée de vie initialement prévue.

Ce volet cherche également à généraliser l'analyse en cycle de vie (ACV) à l'ensemble des constructions, en essayant de promouvoir des méthodologies d'évaluation de l'impact environnemental afin d'être utilisée pour le contrôle, la certification, des projets et des chantiers des constructions de génie civil. Le programme C2D2 souhaite de manière générale favoriser des projets dont l'objectif est de combiner une démarche environnementale d'appréciation des stratégies de gestion des constructions avec une approche économique. Il s'agit de proposer des outils de gestion raisonnée des bâtiments, des ouvrages et des réseaux (prise en compte des nuisances directes et indirectes, optimisation de la gestion, maintenance préventive, généralisation de la notion de santé des constructions, optimisation de l'utilisation/usage et de la maintenance des bâtiments). L'émergence de procédés de valorisation des ressources libérées lors de la fin de vie d'une infrastructure ou d'un bâtiment (recyclabilité des matériaux, réutilisation des composants dans une perspective de développement durable) sera également encouragée.

L'appel à projets C2D2 soutiendra également les projets portant sur la minimisation de la consommation de matières premières en construction et en service : énergie (efficacité énergétique, bâtiments à énergie positive, stockage énergétique...), eau (efficacité du cycle de l'eau, recyclage interne)...

Il favorisera notamment les solutions techniques innovantes pour la préservation du bâti existant, notamment en pierre ou en maçonnerie, vis-à-vis d'agressions extérieures liées à la pollution.

Enfin, le défi énergétique oblige à développer ou revisiter des solutions technologiques reposant sur des énergies renouvelables seules, ou les combinant avec des énergies fossiles. Dans ce contexte, les ouvrages de génie civil sont des éléments essentiels à la production de ces nouvelles

technologies de l'énergie (NTE). Le programme C2D2 vise à faire émerger des recherches et des développements pour la conception des structures supports de ces nouvelles technologies (géothermie, éoliennes, énergie marine, photovoltaïque, biomasse, hydroélectricité...).

#### Volet « Sûreté de fonctionnement des services et des réseaux »

Le Groupe interministériel « Impacts du changement climatique, adaptation et coûts associés en France », constitué en 2007 et présidé par l'Observatoire national des effets du réchauffement climatique (Onerc) et l'ex-Direction des études économiques et de l'évaluation environnementale (D4e) du MEEDDM, dans son rapport sur l'évaluation des impacts du changement climatique et les coûts associés (2008) a confirmé la sensibilité des zones à forte concentration de population à la continuité des transports : les perturbations que pourraient connaître les réseaux les affectent fortement, quelquefois de façon vitale. Les risques de dommages et de perturbations sur les réseaux de transports liés au changement climatique pourraient augmenter du fait de la perturbation du cycle de l'eau et des conditions de température ou de vent. Des sécheresses plus fréquentes devraient par ailleurs augmenter les risques d'incendies dans certaines zones, avec des impacts sur les réseaux. S'agissant du risque d'inondation, certains réseaux pourraient y être soumis alors qu'ils ne l'étaient pas auparavant, en particulier dans le cas d'inondations liées au ruissellement en milieu urbain ou périurbain. Sont donc attendus des référentiels et des solutions techniques pour développer les capacités d'adaptabilité des constructions et réseaux.

Les pistes de réflexion proposées sur ce volet portent sur l'étude de fragilisation des ouvrages (ouvrages d'art, talus, digues, tunnels ...) du fait de la dessiccation des sols ou des cycles gels-dégels, des désordres sur les enrobés et les enduits au niveau routier, une baisse de la durabilité de certains produits ou ouvrages de constructions, des dommages sur les réseaux ferroviaires (rails et caténaires), du fait d'une éventuelle augmentation de la durée effective d'insolation ou de fragilisation des fondations des ouvrages anciens fondés sur pieux en bois, du fait de l'abaissement des nappes.

Mais, l'environnement des réseaux changeant, les modalités d'exploitation, en dehors de celles liées aux risques déjà vues plus haut, seront impactées.

Les modifications de période de gel, les chocs thermiques... vont nécessiter de changer les routines d'exploitation et d'entretien voire de modifier certains ouvrages dans cette perspective. La prise en charge des risques de survie lente s'apparente à une logique de gestion du patrimoine avec un planning d'actions sur de très longues périodes. Des projets proposant des méthodologies et des recommandations pour les gestionnaires pour notamment prendre en compte les conséquences du réchauffement climatique dans leurs investissements (dimensionnement/conception des ouvrages), l'entretien, leur planification (niveau de service en fonction de l'importance de l'ouvrage) sont encouragés. La prise en charge des risques par un développement de l'instrumentation automatique des réseaux est également couverte par cet appel à projet.

#### **EXAMEN DES PROPOSITIONS**

Le programme C2D2 cherche à favoriser les synergies entre le monde industriel et celui de la recherche, en France, en Europe et à l'international. La soumission de projets en relation avec les ERA-net Eracobuild et Road II ou le programme franco-californien Calfrance sont encouragés.

Les principales étapes de la procédure de sélection sont les suivantes :

- ✓ Examen de la recevabilité des projets par le secrétariat du programme C2D2 selon les critères explicités ci-après.
- ✓ Examen de l'éligibilité des projets par le comité scientifique du programme C2D2, selon les critères explicités ci-après,
- ✓ Désignation des experts par le comité scientifique du programme C2D2,
- ✓ Élaboration des avis par les experts selon les critères explicités ci-après,
- ✓ Évaluation des projets par le comité scientifique du programme C2D2 après réception des avis des experts,
- ✓ Examen des projets par le comité d'orientation du Réseau Génie Civil & Urbain (RGC&U) et proposition d'une liste des projets à financer par la Direction de la recherche et de l'innovation (CGDD/DRI).

Concevoir et Construire pour le Développement Durable (C2D2)  
Appel à projets 2009

- ✓ Établissement de la liste des projets sélectionnés par la DRI (liste principale et liste complémentaire) et publication de la liste sur le site du RGC&U dans la page dédiée au programme C2D2,
- ✓ Envoi aux coordinateurs des projets d'un avis synthétique sur proposition des comités d'orientation RGC&U et scientifique C2D2,
- ✓ Finalisation des dossiers scientifique, financier et administratif pour les projets sélectionnés.
- ✓ Publication de la liste des projets retenus pour financement sur le site du RGC&U dans la page dédiée au programme C2D2.

Les experts sont désignés par le comité scientifique du programme C2D2 (ils peuvent être membres de ce comité scientifique ou extérieurs) ; ils donnent un avis écrit sur les projets. Au moins deux experts sont désignés pour chaque projet. Le comité scientifique du programme C2D2 effectue une synthèse des avis pour le compte du comité d'orientation du RGC&U. Il s'assure que les projets présentent des caractéristiques d'excellence scientifique et technique.

Le comité d'orientation du Réseau Génie Civil & Urbain est composé de membres des communautés de recherche et industrielles, français ou étrangers, issus de la sphère publique ou privée ; il a pour mission de proposer une liste principale et une liste secondaire de projets pour le compte de la DRI sur la base des expertises et des synthèses fournies par le comité scientifique et de les répartir dans trois catégories : R (recommandés), A (acceptables), et E (rejetés). Le comité d'orientation du RGC&U est composé de personnalités qualifiées et a pour mission de proposer à partir des travaux du comité scientifique une liste de projets à financer par la DRI.

Les modalités de fonctionnement et d'organisation et la composition des comités d'orientation du RGC&U et scientifique du programme C2D2 sont décris dans des documents disponibles sur le site internet du RGC&U (<http://www.rgcu.prd.fr>).

**Critères de recevabilité**

Les dossiers sont soumis sous forme électronique dans les délais et doivent être complets.

Concevoir et Construire pour le Développement Durable (C2D2)  
Appel à projets 2009

Le coordinateur du projet ne doit pas être membre ni du comité scientifique du programme C2D2, ni membre du comité d'orientation du RGC&U.

La durée du projet est comprise entre 24 mois et 36 mois.

Aucune contrainte dans les groupements de recherche n'est imposée. Les projets seulement portés par des organismes de recherche ou par des industriels sont éligibles. Cependant le programme C2D2 est destiné à favoriser des recherches partenariales « organisme de recherche/entreprise/ingénierie ».

Le projet doit entrer dans le champ de l'appel à projets. Cet appel à projets est ouvert à des projets de recherche appliquée.

**Critères d'évaluation**

Les dossiers satisfaisant aux critères de recevabilité et d'éligibilité seront évalués selon les critères suivants :

- ✓ Pertinence et adéquation de la proposition au regard des orientations de l'appel à projets,
- ✓ Qualité scientifique et technique
  - excellence scientifique en termes de progrès des connaissances vis-à-vis de l'état de l'art,
  - caractère innovant, en termes d'innovation technologique ou de perspectives d'innovation par rapport à l'existant,
  - levée de verrous scientifiques ou technologiques,
  - intégration de champs disciplinaires,
- ✓ Méthodologie, qualité de la construction du projet et de la coordination
  - positionnement par rapport à l'état de l'art ou de l'innovation technologique,
  - faisabilité scientifique et technique du projet,
  - structuration du projet (livrables et jalons),
  - qualité du plan de coordination (expérience, gestion financière et juridique du projet),
  - stratégie de valorisation des résultats du projet.
- ✓ Impact global du projet

- intérêt par rapport aux enjeux du développement durable,
- utilisation ou intégration des résultats du projet par la communauté scientifique, industrielle ou la société, et impact du projet en termes d'acquisition de savoir-faire,
- perspectives d'application et potentiel économique et commercial, intégration dans l'activité industrielle des concepts et/ou produits développés.

✓ Qualité du consortium

- qualité du coordonnateur,
- niveau d'excellence scientifique ou d'expertise des équipes,
- adéquation entre partenariat et objectifs scientifiques et techniques, complémentarité du partenariat,
- ouverture à de nouveaux acteurs, rôle actif des partenaires entreprises.

✓ Adéquation projet – moyens / Faisabilité du projet

- réalisme du calendrier,
- qualité de la conduite du projet,
- adaptation du montant de l'aide demandée, des moyens en permanents permanents, des moyens en permanents non permanents,
- évaluation de l'annexe financière.

Il est attendu des projets que le total (en personnes.mois) des permanents et non permanents) affectés au projet représente, pour l'ensemble des partenaires entreprises/ingénierie du projet, une fraction de la main d'œuvre totale affectée au projet pour tous les partenaires, d'au minimum 30%.

Dans le cadre du présent appel à projets, les proposants sont invités à présenter des projets pour des montants compris entre 200 k€ et 400 k€. Ceci n'exclut pas que des projets pourront être retenus pour des montants supérieurs.

## DISPOSITIONS GÉNÉRALES POUR LE FINANCIEMENT

Le financement attribué par la DRI est apporté sous forme d'une subvention attribuée au coordonnateur du projet qui en assure la répartition selon

l'annexe technique du projet. Seuls pourront être bénéficiaires de la subvention des équipes résidant en France, les laboratoires associés internationaux des organismes de recherche et des établissements d'enseignement supérieur et de recherche français ou, les institutions françaises implantées à l'étranger. La participation de partenaires étrangers est néanmoins possible dans la mesure où chaque partenaire étranger assure son propre financement dans le projet. Cela concerne notamment les projets déposés s'intégrant dans ERA-net.

Pour les entreprises, les taux maximum d'aide pour cet appel à projets sont respectivement de 40% des dépenses éligibles pour les PME et les EPIC, et de 30% pour les autres entreprises. Les organismes de recherche (EPST, Universités) sont subventionnés aux coûts marginaux.

Si l'un des partenaires venait à être défaillant en cours de projet, sa subvention peut être redistribuée à d'autres partenaires selon les règles de financement précédentes sans augmentation de la subvention totale accordée. Le coordinateur s'engage au nom de l'ensemble des partenaires à tenir informée la DRI de tout changement susceptible de modifier le contenu, le partenariat et le calendrier de réalisation du projet entre le dépôt du projet et la publication de la liste des projets sélectionnés.

Pour ce programme, des personnels temporaires pourront être affectés au projet. Sauf cas particulier, pour l'ensemble du projet, l'effort correspondant (en personnes.mois) donnant lieu à un financement de la DRI ne devra pas être supérieur à 50 % de l'effort total engagé sur le projet.

Pour ce programme, des doctorants pourront être financés par le projet. Le financement de doctorants ne préjuge en rien de l'accord de l'école doctorale. Les doctorants sont comptés comme personnels.

## ACCORD DE GROUPEMENT

Les partenaires devront conclure, sous l'égide du coordinateur du projet, un accord précisant la répartition des tâches, des moyens humains et financiers et des livrables, le partage des droits de propriété intellectuelle des résultats obtenus dans le cadre du projet, le régime de publication/diffusion des résultats et la valorisation des résultats du projet.

## POLES DE COMPETITIVITE

La labellisation du projet par un pôle de compétitivité sera portée à la connaissance du comité d'orientation du RGC&U. Il est rappelé qu'il n'est pas nécessaire que tous les partenaires d'un projet soient membres du pôle ou localisés dans sa région pour que ce projet puisse bénéficier du label de « projet de pôle ». Le formulaire d'attestation de labellisation sous forme papier signé devra être transmis à la DRI dans un délai de deux mois maximum après la date de clôture de l'appel à projets.

## MODALITES DE SOUMISSION

### Contenu du dossier de soumission

Le dossier de soumission devra comporter l'ensemble des éléments nécessaires à l'évaluation scientifique et technique du projet. Il devra être complet au moment de la clôture de l'appel à projets, dont la date et l'heure sont indiquées en première page du présent appel à projets.

Le dossier de soumission complet est constitué de deux documents intégralement renseignés :

- ✓ l'annexe technique (description scientifique et technique du projet) incluant la fiche signalétique (français/anglais) et le contenu du projet selon le modèle donné en Annexe A,

- ✓ l'annexe financière (description financière du projet) selon le format donnée en Annexe B.

Les éléments du dossier de soumission seront accessibles à partir de la page web de publication du présent appel à projet, au plus tard le 01/07/2009.

### Transmission du dossier de soumission

Les documents sont à transmettre par le partenaire coordonnateur :

- ✓ **sous forme électronique** (annexes techniques et financières), avec impérativement avant la date de clôture du présent appel à projets, à l'adresse [C2D2prog@developpement-durable.gouv.fr](mailto:C2D2prog@developpement-durable.gouv.fr)

- ✓ **sous forme papier** (annexes techniques et financières), avec engagement signé par tous les partenaires (Annexe C),

imperativement avant la date limite du 30/09/09, le cachet de la poste faisant foi, à l'adresse postale :

**Programme C2D2**  
**CGDD/DRI/SR**  
**Mission Génie civil et Construction**  
**Tour Voltaire**  
**92055 La Défense Cedex**

Un accusé de réception sous forme électronique sera envoyé au coordinateur par la DRI dans les 24h suivant la soumission.

# 8<sup>e</sup> Rencontres de l'Ingénierie

de la construction et de l'industrie

**L'ingénierie au cœur de la croissance verte**

**JEUDI  
22 OCTOBRE  
2009**

*Cnit / Paris La Défense*



En partenariat avec :



MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE  
DE L'INDUSTRIE ET DE L'EMPLOI



**EDF**



**Gimélec**



**GrDF**

**ISOVER**



**malakoff médéric**

**USIRF**



Un événement conçu et organisé par



**SYNTEC-INGÉNIERIE**

## ► PROGRAMME GÉNÉRAL

**8<sup>h</sup> accueil-café**

**9<sup>h</sup> ▶ 10<sup>h30</sup>**

### **TABLES RONDES**

Dialoguer et contractualiser avec les donneurs d'ordre industriels – Maîtriser les risques géotechniques – Identifier les besoins des collectivités locales – Mettre en œuvre les préconisations du Grenelle : l'ingénierie prescripteur environnemental – Gérer les risques dans les projets complexes de génie civil

**11<sup>h</sup> ▶ 12<sup>h</sup>**

### **SÉANCE PLÉNIÈRE**

L'ingénierie au cœur de la croissance verte

**12<sup>h</sup> ▶ 13<sup>h</sup>**

### **GRAND PRIX NATIONAL DE L'INGÉNIERIE PRIX DE L'INGÉNIERIE DU FUTUR**

Introduction par Claude Martinand, vice-président du conseil général de l'environnement et du développement durable

**13<sup>h</sup> déjeuner**

**14<sup>h30</sup> ▶ 16<sup>h</sup>**

### **TABLES RONDES**

Favoriser la co-conception des projets urbains durables – Développer le « green » système de transport intelligent – Concilier énergie propre, qualité de vie et croissance verte – *Le lean engineering* – Être compétitif à l'export

**16<sup>h</sup> ▶ 16<sup>h30</sup>**

### **SYNTÈSE PAR LES JEUNES PROFESSIONNELS DE L'INGÉNIERIE**

**16<sup>h30</sup>**

### **CONCLUSIONS**

Alain Bentéjac, Président de Syntec-Ingénierie

**Cocktail**

J -1

mercredi 21 octobre 2009

## FORMATION

### CONTRATS INTERNATIONAUX

L'utilisation pratique des conditions de contrat  
FIDIC : construction, conception-construction,  
contrat harmonisé.

Formateurs : Vincent Leloup,  
David Heslett & Anthony Glover

Informations et inscription :  
Maxime Mazloum  
(m.mazloum@syntec-ingenierie.fr)

### DÉMARCHE

### DÉVELOPPEMENT DURABLE

Le contexte en vigueur. La pratique d'un outil de pilotage. Travaux par groupes spécialisés : bâtiment, infrastructure et industrie.

Informations et inscription :  
François Mabillot (f.mabillot@syntec-ingenierie.fr)

### MAÎTRISE DES RISQUES

Les méthodologies des études de dangers.  
Les grands principes de la loi d'habilitation  
de février 2009 et leur mise en application.

### INFOS PRATIQUES

www.syntec-ingenierie.fr

FORUM

## EN 2008

- 1 200 étudiants et jeunes diplômés
- 93 écoles d'ingénieurs et universités
- 18 régions représentées
- 50 exposants

## EN 2009

- 1 500 étudiants et jeunes diplômés attendus
- Un millier de professionnels : ingénieries, maîtres d'ouvrage publics et privés, industriels
- Un espace discussion pour des entretiens personnalisés entre les ingénieries et leurs clients
- Des mini-débats de 30 minutes entre DRH, ingénieurs, étudiants et jeunes diplômés

### Exposants :

ALTEL - APEC - ARCADIS ESG - AREP - AREVA TA - CONSEIL INGÉNIERIE ET DÉVELOPPEMENT - COTEBA - EGIS - ERAS - FONDASOL - FUGRO GEOTECHNIQUE - G2C ENVIRONNEMENT - GrDF - HYDROGEOTECHNIQUE - IGREC INGENIERIE - INEXIA - INGEDIA - INGEROP - IRIS CONSEIL - IOSIS - ISOVER - KAPPA CONSEIL - LE MONITEUR - LOUIS BERGER - MALAKOFF MEDERIC - MPH GROUPE - OGER INTERNATIONAL - P4X - POLYMONT - RATP - RELAIS ÉCOLES/SYNTEC-INGÉNIERIE - SAFEUGE - SCE - SEGULA TECHNOLOGIES - SETEC - SNC LAVALIN - SOFREGAZ - SOFRÉN - SOGREAH CONSULTANTS - SYSTRA - TECHNIP FRANCE - TECHNIP TPS - TOTAL - TRACTEBEL ENGINEERING - UBIFRANCE - USIRF...

LES TABLES  
RONDES

►►► Débats professionnels 9 h à 10 h 30

matin

### 01 INDUSTRIE ET CONSEIL EN TECHNOLOGIE

Contractualiser avec les donneurs d'ordre industriels  
Président : Patrick Pouillot, Technip

### 02 GÉOTECHNIQUE

La géotechnique, assise de tout ouvrage  
Président : Jacques Robert, Arcadis

### 03 INFRASTRUCTURE

Les besoins des collectivités locales en ingénierie  
Président : Rémi Cunin, Egis

### 04 BÂTIMENT/INFRASTRUCTURE

L'ingénierie, prescripteur environnemental  
Président : Philippe Bruel, Iosis

### 05 INNOVATION

Projet GERMA<sup>(\*)</sup> ou la quête du Graal ?  
Président : Patrick Perret, Coteba

(\*) Gestion des risques liés au management des projets complexes de Génie Civil

## LES TABLES RONDES

# ►►► La croissance verte 14 h 30 à 16 h

après-midi

### 06 VILLE DURABLE

La co-conception des projets urbains  
Président : Jean-Paul Lebas, Setec

### 07 SYSTÈMES DE TRANSPORTS

Les hautes technologies et l'innovation au service du développement durable  
Président : Christian Tarpin, Setec ITS

### 08 ÉNERGIE

Quelle énergie propre pour demain ?  
Président : Jean-Claude Dellinger, Areva TA

### 09 DÉMARCHE LEAN

Lean Manufacturing... Lean Engineering  
Président : Philippe Geai, Teuchos – Groupe Safran

### 10 INTERNATIONAL

L'ingénierie à l'export : les éco-ingénieries à la conquête du marché mondial  
Président : Patrick-Yann Dartout, Sogreah Consultants

○ ▶ ▷ Avec la participation de :

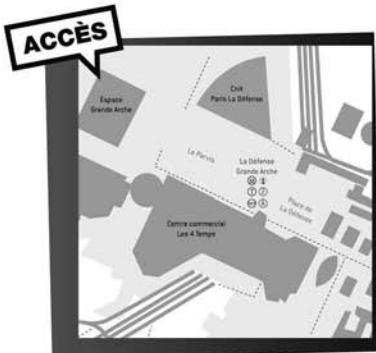
**EDF - GIMELEC - GrDF - ISOVER - MEEDDAT - MINEFE - USIRF**

### Des Rencontres pour qui ?

Les responsables et collaborateurs de sociétés d'ingénierie, les ingénieurs-conseils, les architectes, les consultants, les économistes, les experts et spécialistes, les praticiens de l'ingénierie publique et privée, les donneurs d'ordre privés ou publics et maîtres d'ouvrage, les clients, les pouvoirs publics et les investisseurs, les partenaires de l'industrie et de la construction, les entrepreneurs, les fournisseurs, les assureurs...

### Des Rencontres pourquoi ?

Débattre de sujets concrets et interprofessionnels, rencontrer partenaires et clients, participer au forum étudiants / sociétés d'ingénierie, découvrir les attentes de la nouvelle génération de l'ingénierie, ses ambitions et sa vision de l'avenir, échanger sur les projets et choix stratégiques à venir.



#### Venir en transports en commun

- Métro ligne 1, RER A, tramway T2, ligne SNCF, station « La Défense Grande Arche »
- Bus n°141, 144, 159, 174, 178, 258, 262, 272, 275, 278, 360, 378.  
Prendre la sortie E « Le Parvis »

#### Venir en voiture

Depuis Paris : périphérique, sortir Porte Maillot direction La Défense  
▷ direction pont de Neuilly ▷ Boulevard circulaire ▷ Sortie La Défense 6  
▷ Parking Visiteurs Cnit



LEMONITEUR

L'USINENOUVELLE

REUSSIR

Fédération professionnelle de l'Ingénierie : 3, rue Léon Bonnat - 75016 Paris

Tél. : 01 44 30 49 60 - Fax : 01 45 24 23 54

E-mail : [rencontres2009@syntec-ingenierie.fr](mailto:rencontres2009@syntec-ingenierie.fr) / Incription : [www.rencontres-ingenierie2009.com](http://www.rencontres-ingenierie2009.com)



SYNTEC-INGÉNIERIE  
[www.syntec-ingenierie.fr](http://www.syntec-ingenierie.fr)

# 3<sup>e</sup> Rencontres de l'Ingénierie

de la construction et de l'industrie



SYNTEC-INGÉNIERIE

Un événement conçu et organisé par

**JEUDI**  
**22 OCTOBRE**  
**2009**

Orbit / Paris La Défense

## Bulletin d'inscription

À retourner à : Syntec-Ingénierie, 3 rue Léon Bonnat, 75016 PARIS, accompagné du règlement.

Tél : 01 44 30 49 58 ou 01 44 30 49 77 – Fax : 01 45 24 23 54 – Email : rencontres2009@syntec-ingenerie.fr

ou s'inscrire de préférence sur le site : rencontres-ingenerie2009.com



# 3<sup>e</sup> Rencontres de l'Ingénierie

de la construction et de l'industrie

**JEUDI**  
**22 OCTOBRE**  
**2009**

Orbit / Paris La Défense



SYNTEC-INGÉNIERIE

Un événement conçu et organisé par



SYNTEC-INGÉNIERIE

Comportant la participation à la séance plénière, à la remise du Grand Prix national de l'ingénierie et du Prix de l'ingénierie du futur, aux tables rondes et au forum ; l'accueil-petit déjeuner, le déjeuner et le cocktail de clôture.

Réduction de 20% si votre inscription nous parvient le 30 août 2009 au plus tard.

## Bulletin d'inscription

Comportant la participation à la séance plénière, à la remise du Grand Prix national de l'ingénierie et du Prix de l'ingénierie du futur, aux tables rondes et au forum ; l'accueil-petit déjeuner, le déjeuner et le cocktail de clôture.

Réduction de 20% si votre inscription nous parvient le 30 août 2009 au plus tard.

**SOCIÉTÉ (RAISON SOCIALE) :** .....

**SECTEUR D'ACTIVITÉ :** .....

- Société d'ingénierie
- Donneur d'ordre : industriel, maître d'œuvre public, privé
- Constructeur, entrepreneur, industriel, fournisseur de l'ingénierie
- Ingénier-on-consult
- Architecte
- Institutionnel
- Autre partenaire

**ADRESSE :** .....

**CODE POSTAL :** .....

**VILLE :** .....

**SITE INTERNET :** .....

Pour inscrire plus de 3 personnes, photocopiez ce bulletin et renvoyez-le.  
Renseignez toutes les rubriques SVP

### 1<sup>er</sup> PARTICIPANT (PLEIN TARIF)

Mme  Mlle  M. **Prénom :** .....

**Nom :** .....

**Fonction :** .....

Adresse (si différente) : .....

Code postal : .....

Ville : .....

Téléphone : .....

Fax : .....

Email : .....

Reportez, le numéro de la table ronde ayant votre préférence

Matin n° : .....

Après-midi n° : .....

Reportez, le numéro de la table ronde ayant votre préférence

Matin n° : .....

Après-midi n° : .....

### 2<sup>er</sup> PARTICIPANT (TARIF RÉDUIT)

Mme  Mlle  M. **Prénom :** .....

**Nom :** .....

**Fonction :** .....

Adresse (si différente) : .....

Code postal : .....

Ville : .....

Téléphone : .....

Fax : .....

Email : .....

Reportez, le numéro de la table ronde ayant votre préférence

Matin n° : .....

Après-midi n° : .....

Reportez, le numéro de la table ronde ayant votre préférence

Matin n° : .....

Après-midi n° : .....

### 3<sup>er</sup> PARTICIPANT (TARIF RÉDUIT)

Mme  Mlle  M. **Prénom :** .....

**Nom :** .....

**Fonction :** .....

Adresse (si différente) : .....

Code postal : .....

Ville : .....

Téléphone : .....

Fax : .....

Email : .....

Reportez, le numéro de la table ronde ayant votre préférence

Matin n° : .....

Après-midi n° : .....

Reportez, le numéro de la table ronde ayant votre préférence

Matin n° : .....

Après-midi n° : .....

(1) Choisir une table ronde le matin et l'après-midi parmi les thèmes proposés dans le programme

(2) Informations nécessaires à la validation de l'inscription

SYNTEC-INGÉNIERIE, LA FÉDÉRATION PROFESSIONNELLE DE L'INGÉNIERIE – SIRET 384718139 00016 – NAF 911C

SYNDICAT PROFESSIONNEL RÉG. PARIS 1<sup>re</sup> TITRE 1<sup>re</sup> LIGNE DU CODE DU TRAVAIL – SIRET 384718139 00016

Cachet de la société

Signature (obligatoire)

Fait à .....

Le .....

Virement .....

INSCRIPTION PAR COURRIER

– Par chèque à l'ordre de :  
SPTI (SIRET 340 448 661 000 17), à retourner à Syntec-Ingénierie, 3 rue Léon Bonnat – 75016 Paris

– Par virement :

**DOMICILIATION** : Code guichet 00901  
**Code banque** 330004  
**BIC** BNPAPFRPPKL  
**BNP PARIBAS**  
**PARIS-ÉTOILE**  
**ENTREPRISES**  
**SPTI**  
0215 3000 4008 0100 0215 2023 831

**CONDITIONS :**  
L'inscription sera validée à réception du règlement. Les organisateurs des Rencontres vous adresseront une facture.

**ANNULATION ET MODIFICATIONS :**  
Toute annulation devra être formulée écrit au plus tard le 1<sup>er</sup> octobre. Aucun remboursement ou avoir ne pourra être émis après cette date. En cas d'indisponibilité, le remplacement sera autorisé à condition que la demande en soit formulée par écrit. En cas d'annulation de la manifestation pour des raisons indépendantes de sa volonté, Syntec-Ingénierie ne saurait être tenue pour responsable.

### INSCRIPTION SUR LE SITE : rencontres-ingenerie2009.com

Des réception de la validation par mail de l'inscription, vous recevrez une facture à régler immédiatement.  
Toute inscription non réglée au plus tard le 1<sup>er</sup> octobre ne sera pas prise en compte.

- Je reconnais avoir pris connaissance des conditions de paiement ci-dessus.
- Je choisis comme mode de paiement :
  - Chèque
  - Virement

# recommandations aux auteurs

## CONTEXTE GÉNÉRAL

Les Annales du BTP sont avant tout une revue technique francophone s'adressant à un public d'ingénieurs et de décideurs oeuvrant dans les multiples secteurs du BTP au sens le plus large du terme, à savoir la construction, le bâtiment, les travaux publics, l'ingénierie, les infrastructures urbaines et territoriales.

Les grands enjeux sous-tendus dans tout article pouvant paraître dans la revue sont à mettre en regard avec les problématiques d'aujourd'hui, progrès et innovation technologiques, développement économique dans le respect de l'environnement, valorisation des produits de la recherche dans le monde professionnel, défense du secteur de la construction dans l'économie mondiale...

Les auteurs sont invités à prendre en considération ces aspects dans toute leur diversité. Beaucoup d'articles en effet ne manqueront pas de se baser sur une présentation de travaux de recherche, qu'elle soit fondamentale ou appliquée. Néanmoins, à la différence d'une revue scientifique, les Annales attendent de ses contributeurs plus une description exhaustive de l'intérêt que leurs travaux pourraient présenter à la communauté professionnelle qu'une description précise de leur cheminement intellectuel.

Quand un article est le prolongement d'un colloque ou d'une rencontre scientifique, l'auteur devra donc veiller dans la réécriture à ne pas trop détailler sa démarche, mais à montrer l'intérêt de sa recherche pour le lectorat de la revue, en montrant en particulier dans l'introduction et la conclusion quels étaient ses grands objectifs. Il ne s'approfondira pas plus que nécessaire sur l'aspect scientifique, sachant que le lecteur ne sera pas forcément un spécialiste de sa discipline. En un mot l'auteur doit chercher à vulgariser son discours.

## PRÉSENTATION DU MANUSCRIT

Le texte doit être soumis sous format électronique .doc ou .odt envoyé au rédacteur en chef François BUY-LEBODIN à l'adresse [annalesbtp@gmail.com](mailto:annalesbtp@gmail.com)

En cas de refus de transmission pour cause de lourdeur des fichiers, l'auteur pourra envoyer un cédérom à **M. BUYLE-BODIN, rédacteur en chef de la revue Annales du BTP, Polytech'Lille – Université Lille 1, Cité Scientifique, 59655 Villeneuve-d'Ascq Cedex.**

Afin de faciliter la diffusion du savoir, l'éditeur n'exige pas des auteurs une mise en forme particulière de leur article. Aucune contrainte de longueur n'est posée, mais l'idéal est aux alentours de 15 pages en arial 10 interligne simple.

Les unités de mesures et les symboles doivent respecter les règles typographiques internationales.

Il est nécessaire de préciser :

- le titre en français et en anglais ;
- le ou les auteurs : nom, prénom, titres, coordonnées ;
- un résumé de 15 lignes maximum en français et en anglais ;
- les figures et photographies originales peuvent être fournies à part en .eps, .tif ou .jpg. Elles seront publiées en noir et blanc et doivent donc être d'un bon niveau de gris, au moins 400 dpi ;
- une illustration caractéristique de l'article pourra figurer en couleur sur la une de couverture et devra donc être d'une résolution maximale. Ne pas oublier de mentionner les crédits photographiques.

## FONCTIONNEMENT DE LA RELECTURE

Le rédacteur en chef accuse réception du manuscrit et lance la phase d'approbation. Il s'appuie pour la relecture et la sélection finale des articles sur un comité comprenant des experts reconnus de la profession, ainsi que des membres des conseils scientifiques des principales associations du BTP partenaires des Annales.

Le rédacteur en chef de la revue fait part à l'auteur de la décision de publier ou non le texte, il précise éventuellement les corrections à apporter.

Le rédacteur en chef se charge de la transmission du manuscrit à l'éditeur.

**AGPA Editions, 4, rue Camélinat, 42000 Saint-Etienne.**

L'auteur recevra gratuitement 10 exemplaires du numéro de la revue dans lequel est publié son article.