

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة 8 ماي 1945 قالمة

Université 8 mai 1945 Guelma

PROJET PNR

SITUATION ACTUELLE DU PROJET:

Intitulé du PNR

TRAVAUX PUBLICS

Code du Projet (Réservé à l'administration)

Nouveau projet :

☒

Projet reformule:

☐

(Joindre une copie de la notification de l'avis de reformulation)

1.1. Domiciliation du projet

Laboratoire LGCH - Université 8 mai 45 Guelma

1.2. Identification du projet

1.2.1- Nature de la recherche

Fondamentale ☐

Appliquée ☒

Développement ☐

Formation ☒

Titre du projet :	Renforcement des structures en béton armé par placage de lamelles en composite Dimensionnement et méthode de mise en œuvre
Acronyme du projet :	---
Intitulé du thème :	Thème 4 : Techniques de réparation, de réhabilitation et de renforcement des ouvrages
Intitulé de l'axe :	Axe 4 : Réhabilitation des ouvrages
Intitulé du domaine :	Travaux Publics
Mots-clés (12 max)	Renforcement- Béton armé Composite - Lamelle Modélisation – Dimensionnement Endommagement – Structure
Durée estimée du projet	24 mois

1.2.2 Résumé du projet (250 mots)

L'entreprise **ETB-MOKHNACHE** leader, dans la région, dans le domaine de la construction, utilise pour le renforcement et la réparation des éléments structuraux en béton la technique de chemisage des éléments dégradés par le béton armé. Cette technique ; certes qu'elle n'est pas couteuse, du fait des matériaux utilisés, et elle ne nécessite pas de la main d'œuvre qualifiée. Par contre elle présente des inconvénients majeurs; à s'avoir :

- L'augmentation considérable des sections donc du poids de la structure, d'où la diminution des espaces.
- La nécessité de mettre hors service l'ouvrage à renforcer pendant la durée des travaux.
- La nécessité de coffrages et d'une mise en œuvre souvent difficile.
- Le problème d'adhérence entre l'ancien et le nouveau béton.
- La redistribution des charges additives non maîtrisée.

Vu ces problèmes, et d'autres, l'entreprise **ETB-MOKHNACHE** veut développer un autre procédé de réparation et de renforcement, à savoir celui de l'utilisation des matériaux composites. Cette technique consiste à coller des tissus de composites au niveau des zones dégradées dans le but d'augmenter leur résistance.

Les problèmes rencontrés par l'entreprise sont les suivants :

- L'absence d'une réglementation algérienne dans ce domaine.
- L'absence de méthodes de dimensionnement de type réglementaire (Algérienne)
- L'absence d'abaque de dimensionnement
- L'absence d'une méthodologie de réparation adéquate.
- L'absence de la main d'œuvre qualifiée dans le domaine

Le laboratoire de Génie civil et d'hydraulique de Guelma a une certaine expérience dans le domaine de réparation et de renforcement des structures en béton armé par des lamelles en composites. Le professeur GUENFOUD et son équipe ont déjà travaillé dans le domaine depuis plusieurs années. Voir les références suivantes :

Madi Rafik

Renforcement d'une poutre en béton armé par lamelles composites –Etude expérimentale et numérique

Thèse de doctorat ; Université de Guelma, Juillet 2009, Encadreur Pr. GUENFOUD Mohamed

Beddiar Abdelhakim

Renforcement de poutres en béton armé à l'aide de matériaux composites

Thèse de magistère, Université de Biskra, Juin 2004, Encadreur Pr. GUENFOUD Mohamed

Madi Rafik & M. Guenfoud

Simulation numérique d'une poutre en béton armé renforcée par matériaux composites

Fifth International Congress on Materials Science and Engineering FICMSE08, 22-24 Novembre 2008, Guelma, Algérie,

www.univ-guelma.dz/.../cisgm5/

Beddiar Abdelhakim & GUENFOUD Mohamed

Renforcement des ouvrages par placage d tissu composite (Cas d'une salle omnisport à Boumerdes)

Journée d'Etude sur le séisme du 21 mai de boumerdes, 31 mai 2004, Guelma

Madi Rafik & Guenfoud Mohamed

Simulation numérique d'une poutre en béton armé renforcée par matériaux composites

Algerian Journal of Advanced Materials 5, 201, 2008

www.univ-tlemcen.dz/.../subscription.htm

Madi Rafik, Guenfoud Mohamed & Nouaouria Mohamed Salah

Behaviour of Reinforced Concrete beams reinforced by composites materials

International Review of Mechanical Engineering. Vol.2, N°4 2008

web.engr.oregonstate.edu

http://www.praiseworthyprize.com/IREME_vol_2_n_4.html

Rafik Madi & Mohamed Guenfoud

Etude à la rupture d'une poutre en béton armé renforcée par des lamelles en fibre de carbone

Sciences, Technologies & Développement, N°5, 2009, Revue de l'ANDRU, Alger

R. Madi & M. Guenfoud

Etude à la rupture d'une poutre en béton armé renforcée par des lamelles en fibres de carbone

Sixième Conférence Internationale sur la Science des Matériaux (CSM6), Beyrouth - Liban, 16-18 Juillet 2008

www.ul.edu.lb/autre/csm6.doc

Madi Rafik & M. Guenfoud

Simulation numérique d'une poutre en béton armé renforcée par matériaux composites

Fifth International Congress on Materials Science and Engineering FICMSE08, 22-24 Novembre 2008, Guelma, Algérie

R. Madi, M. Guenfoud, A. Benmarce & A. Benouis

Dimensionnement en flexion d'une poutre en béton armé renforcée par des lamelles en matériaux composites
SNGC'07, 20-21 Novembre, Annaba 2007, Algérie

www.univ-annaba.org/SEMINAIRE%20GC2007.pdf

Madi Rafik & M. Guenfoud

Etude de l'effet du renforcement avec des matériaux composites sur des poutres en béton armé
Séminaire National de Génie Civil SNGC08, Chlef, 15-16 décembre 2008

www.Univ-Chlef.dz

Madi Rafik & Guenfoud Mohamed

Réhabilitation par matériaux composites des poutres en B.A

Congrès Algerien de Mécanique, CAM2009, 23-26 Novembre 2009, Biskra, Algérie

www.cam2009.com

Madi Rafik & Guenfoud Mohamed

Comportement en flexion-Cisaillement des poutres en béton armé renforcées par matériaux composites
1er Symposium Méditerranéen de Géo-engineering SMGE 09, 20-21 Juin 2009, USTHB, Algérie

www.usthb.dz/evenements/SMGE09.pdf

Madi Rafik & Guenfoud Mohamed

Analyse du comportement des poutres en béton armé renforcées par matériaux composites

Colloque Euro-méditerranéen dans le cadre du congrès Français de Mécanique

24-28 août 2009, 861-S22, Marseille, France

C'est pour cette raison que l'entreprise **ETB-MOKHNACHE** a fait appel au Laboratoire LGCH afin de concrétiser son développement et son savoir faire dans le domaine du renforcement et réparation des éléments structuraux dégradés.

Nous nous présentons dans la suite du document le projet en détail.

Depuis son invention, le béton a toujours été considéré comme le matériau de construction des ouvrages de génie civil par excellence. La principale qualité du béton est son excellente résistance à la compression mais son principal défaut est sa faible résistance à la traction qui ne représente environ que 10% de sa résistance en compression. Le béton armé est né avec l'idée d'introduire quelques barres en acier à l'intérieur de ce dernier et le problème de faible résistance en traction du béton fut ainsi résolu. La nouvelle pierre artificielle a envahi notre habitat et s'est transformée en élément essentiel de nos vies quotidiennes. La plupart des infrastructures et des superstructures ont été, sont et seront pendant longtemps construites en utilisant le béton comme constituant principal. La plus grande partie des ouvrages de génie civil est conçue pour durer 100 ans en moyenne, mais le béton est un matériau relativement fragile, puisque environ 30% des ouvrages nécessitent une réparation pour assurer la sécurité des usagers avant d'arriver à leur limite de vie utile. De nombreuses études sur les bétons ont été déjà réalisées, mais il subsiste encore beaucoup de questions quant aux comportements, aux méthodes d'évaluation et aux techniques de réparation des bétons armés endommagés. C'est pour cette raison que ce projet est formulé. La majorité des ouvrages de génie civil (85% environ) sont construits en béton armé, comme par exemple les trois écluses du Canal de Panama : "Mira flores", "Pedro Miguel" et "Gatún", les sept piles du viaduc de Millau de forme pyramidale ; le plus grand bâtiment administratif des Etats- Unis "Le Pentagone"... L'état actuel des ouvrages (ouvrages d'art et bâtiments) en Algérie est préoccupant. En effet, plusieurs d'entre eux montrent des signes de détérioration importante. Les causes sont nombreuses: Augmentation de la surcharge routière, la corrosion, vieillissement des matériaux, les chocs, les accidents et les erreurs commises lors de la construction... Dans le but d'éviter les reconstructions, il est impératif de trouver des moyens efficaces pour réhabiliter et/ou renforcer les ouvrages existants. Le présent projet de recherche concerne l'aspect renforcement des ouvrages. Plus particulièrement, il porte sur le renforcement des poutres en béton armé. La méthode de renforcement des ouvrages en béton par collage de matériaux composites est une pratique qui connaît actuellement un essor important. Dans cette optique, nous nous proposons d'apporter une contribution à l'analyse du comportement des poutres en béton armé renforcées par matériaux composites. Après avoir examiné les limites technologiques des différentes techniques de renforcement, le bilan bibliographique repose sur l'analyse des méthodes proposées pour le calcul et le dimensionnement des structures renforcées, en particulier dans le cas des poutres en béton armé.

Ce Projet a les objectifs majeurs suivants :

- Analyser l'influence de deux techniques de réparation (Collage d'une plaque en composite et collage de tissu en composite) sur les modes endommagement d'une poutre en béton armé.
- Présenter des modèles fiables pour la modélisation des poutres en béton armé renforcées par des composites.
- Mettre une méthode adéquate pour le dimensionnement des renforts en composite des poutres endommagées.
- évaluer l'évolution de l'endommagement par des techniques différentes :
 - l'inspection visuelle,
 - l'émission acoustique.

La première partie du projet concerne une étude bibliographique sur les mécanismes de rupture d'une poutre en BA classique et sur les mécanismes de rupture d'une poutre en BA renforcée par le collage de composite. Des techniques d'évaluation de l'endommagement du béton seront abordées. Concernant la réparation du béton par des matériaux composites, les méthodes du collage d'une plaque en composite et de collage de tissu en composite seront considérées. Ainsi, les méthodes de calcul de type réglementaire aux Etats Limites Ultimes (ELU) recommandées par l'EUROCODE 2 (EC2), les règles du Béton Armé aux Etats Limites (BAEL 91) et l'Institut Américain du Béton (ACI 318) pour la détermination du moment fléchissant ultime et de la résistance à l'effort tranchant d'une poutre en BA seront à tenir en compte. De même, les calculs des poutres en BA renforcées par le collage de structures en matériaux composites sur la face tendue à l'ELU proposés par l'Association Française de Génie Civil (AFGC) et la Fédération Internationale du Béton (FIB) vont être étudiés. La deuxième partie, à savoir la partie expérimentale, concerne la méthodologie qui va être suivie pour toute la phase expérimentale. Les démarches à réaliser et les protocoles expérimentaux à suivre vont être exposés. Les résultats des essais à effectuer pour la détermination des matériaux à utiliser pour la construction des éprouvettes (poutres) seront présentés. La charge ultime théorique par rapport au moment fléchissant et aux efforts tranchants des éprouvettes seront calculée en suivant les recommandations faites par l'EC 2, le BAEL 91 et l'ACI (318 et 440). La troisième partie concerne les essais préliminaires et ceux de pré fissuration (poutres endommagées). Les essais préliminaires vont être réalisés afin de choisir le dimensionnement des éprouvettes le plus adapté à nos objectifs. Une fois les dimensions des poutres fixées elles sont ensuite construites à **ETB-MOKHNACHE**. Les essais de pré fissuration vont être réalisés en flexion trois points et quatre points jusqu'à deux niveaux différents de fissuration. Le but principal des essais de pré-fissuration est d'endommager mécaniquement les éprouvettes pour évaluer a posteriori la résistance ultime des poutres en BA réparées par des matériaux composites. La partie quatre s'intéresse aux méthodes de réparation, les résultats et les analyses des essais de flexion sur les poutres réparées. Les méthodes de réparation à utiliser sont le collage de plaque en carbone et de tissu en composite dans la zone tendue de la section transversale de l'éprouvette. La méthode de l'émission acoustique va être utilisée pour ausculter les éprouvettes (vis-à-vis de la fissuration).

1.3. Problématique du projet

Sommaire (250 mots)

Un ouvrage de génie civil est dimensionné pour une durée de vie de cent ans en moyenne. Toutefois, plusieurs types de désordres viennent réduire cette durée de vie prévisionnelle et aujourd'hui, un ouvrage sur trois nécessite une maintenance pour assurer la sécurité des usagers. La maintenance des ouvrages de génie civil consiste à les protéger en assurant une meilleure étanchéité ou en limitant la corrosion, à les réparer en cherchant à compenser les pertes de rigidité ou de résistance dues à la fissuration, à les renforcer en améliorant les performances et la durabilité des ouvrages. C'est un problème de plus en plus préoccupant dans la mesure où le coût des ouvrages neufs est de plus en plus élevé et les conditions de réparation de plus en plus difficiles. Parmi les techniques disponibles, l'une des plus efficaces pour les désordres structurels est la réparation de structures en béton armé dégradées par placage extérieur en acier. Toutefois, un inconvénient majeur est la difficulté de manipulation des plaques en acier compte tenu de leur poids, ainsi que les problèmes de corrosion. Depuis une dizaine d'année, une alternative est proposée : renforcer ou réparer les ouvrages en béton par des matériaux composites collés extérieurement sur les structures dégradées. Les matériaux composites, en particulier à base de fibres de carbone, de par leur rigidité spécifique, présentent un grand intérêt pour la réparation. De plus, malgré leur prix élevé, ils présentent un avantage économique car ils peuvent être mis en œuvre directement sur les structures par moulage au contact, procédé appelé aussi polymérisation in-situ ou stratification directe. Ceci permet de réduire considérablement les coûts liés à la manipulation des matériaux ainsi que les problèmes liés aux interruptions de trafic (pour le cas des ouvrages d'arts).

Cependant, la réparation par matériaux composites exige que les bureaux d'études disposent de nouveaux outils de conception et d'évaluation de la performance et de la durabilité des structures. Cette problématique, qui est à l'origine de ce travail, dépasse largement le cadre du génie civil. Elle concerne également la mécanique expérimentale des structures puisqu'il s'agit tout d'abord de comprendre le comportement mécanique complexe d'une structure en béton armé réparée par un matériau composite.

Pour cette raison, le travail décrit par la suite repose principalement sur une synergie de compétences résultant de la

collaboration entre le secteur universitaire (le laboratoire LGCH de Guelma) et le secteur socio-économique à savoir **ETB-MOKHNACHE** de thématiques complémentaires :

- le Laboratoire de Génie Civil et d'Hydraulique de l'université 8 mai 45
- l'entreprise **ETB-MOKHNACHE**

L'entreprise **ETB-MOKHNACHE** utilise, pour renforcer ou réparer des ouvrages en béton dégradés, un procédé de stratification directe : le procédé (Renforcement d'Ouvrages par Composites Collés). Son développement commercial passe par une validation expérimentale fondée sur une expertise précise. Or, le laboratoire LGCH a une expérience reconnue dans l'utilisation de méthodes de renforcement par matériaux composites et les méthodes d'auscultations pour caractériser le comportement de matériaux et de structures composites. De plus, le LGCH a déjà réalisé plusieurs études sur les composites appliqués à la réparation des ouvrages (voir § 1.5.3 Principales références bibliographiques). Ainsi, pour toutes ces raisons, le partenariat entre le LGCH et **ETB-MOKHNACHE** va être le moteur de ce travail.

L'objectif du travail se résume à l'amélioration des règles de dimensionnement des réparations par composites et de permettre l'évaluation de l'efficacité d'un renforcement ou d'une réparation.

1.4. Objectifs du projet

Lister les objectifs scientifiques, techniques, technologiques, socio-économiques et/ou socioculturels. (250 mots)

Scientifiques:

- Etude du comportement des poutres en béton armé renforcée par PRF (flexion+cisaillement);
- Contribution à l'élaboration des directives de dimensionnement des renforcements et réparations en PRF;
- Participation aux colloques nationaux et internationaux;

TECHNIQUES

- Elaboration d'un guide pour le dimensionnement renforts pour renforcements et réparations en PRF;
- Préparation des catalogues pour le renforcement et la réparation en PRF des poutres;
- Assistance technique pour les différents agents qui s'occupent des travaux de réhabilitation en PRF.

Economique :

- Une meilleure maîtrise du rapport qualité/prix de l'entretien des poutres dans les ouvrages d'art et d'habitation;
- Une amélioration du cadre de vie et de la protection de l'environnement;
- Une amélioration de la sécurité des ouvriers sur chantiers;
- Une réduction de la durée de réalisation des travaux de réhabilitation en FRP par rapport aux procédés traditionnels surtout après les séismes;
- La création des postes d'emploi pour les spécialistes dans le domaine de réhabilitation en FRP.

Technologique:

Ce projet apportera des solutions concrètes:

Dans le diagnostic des pathologies des ouvrages endommagés en Algérie;

Dans le choix des méthodes de réparation et de renforcement des structures endommagées;

Dans le calcul des dimensionnements des structures à renforcer ou à réparer.

1.5. Description du projet

1.5-1- Etat des connaissances sur le sujet (500 mots)

Depuis l'introduction des PRF dans les métiers de génie civil, d'innombrables études ont été effectuées pour étudier l'utilisation de ces matériaux dans la réhabilitation des structures en béton armé. Les avantages du collage de plaques de PRF pour le renforcement des structures sont très nombreux et compensent largement le coût initial des matériaux. Légèreté, insensibilité à la corrosion, facilité et rapidité d'exécution sont les principaux atouts de cette méthode comparée par exemple au cas pratique rapporté par Henwood et O'Connell (1994).

Comme toute innovation technique, l'utilisation des plaques de PRF a fait l'objet de plusieurs recherches afin d'en connaître les différents aspects et comportements ultimes. Les plaques de renforcement sont à base de fibres de carbone, de verre ou d'aramide. Ces produits peuvent être en forme de tissu non imprégné qui est découpé en lamelles selon les dimensions voulues. Ces produits peuvent aussi être sous forme de plaque pultrudées et entièrement finis. Les deux types de plaques sont finalement composés de fibres continues très résistantes et une matrice de résine époxy. Les plaques ont

en général, un comportement linéaire élastique jusqu'à la rupture, sans palier de ductilité.

Diab et coll. (1984) ont effectué l'une des premières études concernant cette méthode de réhabilitation par collage de plaque en PRF. Neuf poutres de 3200 mm de longueur ont été renforcées. Certaines poutres ont subi des chargements avant le renforcement et les autres sont restées intactes. Les essais ont montré une augmentation de la charge ultime de 29.9% pour les poutres qui ont subi un préchargement et 15.6% pour les poutres intactes. La flèche a diminué de 23% pour les premières et de 14.6 pour les secondes. Les auteurs ont suggéré d'utiliser des plaques plus minces et d'étendre le renforcement au-delà de la région du moment élevé.

Saadatmanesh et Ehsani (1990) ont effectué une étude pour déterminer la colle époxydique la plus appropriée pour le collage des plaques en PRF sur les surfaces de béton. Ils ont alors testé, en flexion, quatre poutres (90x150x1525) mm, renforcées par des plaques à base de fibres de verre. Ces plaques ont été collées aux poutres de béton par différents types d'adhésifs. Les essais ont montré la fiabilité d'une colle époxydiques caoutchouteuse, dure, relativement visqueuse et qui possède une consistance semblable à celle d'une patte de ciment.

Les mêmes chercheurs en 1991, ont étudié des poutres renforcées par des plaques en fibres de verre. Une poutre en T et cinq poutres rectangulaires ont été renforcées, sur leur partie tendue par des plaques de 6 mm d'épaisseur ($E_p=37$ GPa; $f_{pu}=400$ MPa). L'âme de la poutre en T et les poutres rectangulaires avaient une portée de 4570 mm et une section de (455x205) mm. L'aile de la poutre en T mesurait (75x610) mm. Une poutre a servi pour étudier le sous dimensionnement en cisaillement. Deux des cinq poutres rectangulaires ont été cambrées avant le collage des plaques. Les auteurs ont conclu que le gain de résistance en flexion a été doublé pour la poutre en T et quadruplé pour les poutres rectangulaires. La membrure a faiblement augmenté la résistance en flexion.

An et coll. (1991), ont développé un modèle analytique pour prédire les courbures en fonction des moments appliqués sur des poutres, de section rectangulaire ou en T, renforcées par des plaques en PRF. Le modèle théorique suppose une adhérence parfaite entre le béton et la plaque et il est basé sur l'équilibre des forces et la compatibilité des déformations. Le modèle prévoit un important gain de résistance pour une poutre faiblement armée. Une comparaison effectuée avec les résultats expérimentaux obtenus par Saadatmanesh et Ehsani (1991), a montré une bonne concordance avec les résultats théoriques.

Ritchie et coll. (1991) ont étudié l'influence de la nature et des propriétés des plaques en PRF sur le renforcement externe des poutres en béton armé. Pour cela, ils ont testé 16 poutres (150x300x2450 mm, $f_{c28}=40$ MPa, $A_s=255$ mm², $A_v=15$ mm², $s=60$ mm). Ces poutres ont été surdimensionnées en cisaillement pour avoir uniquement une rupture en flexion. Pour le renforcement, ils ont utilisé des plaques à base de fibres de verre ($E_p=11$ à 30 GPa; $f_{pu}=160$ à 590 MPa), de fibres de carbone ($E_p=54$ à 118 GPa; $f_{pu}=590$ à 1500 MPa), et de fibres d'aramide ($E_p=72$ GPa; $f_{pu}=1180$ MPa). Les épaisseurs variaient entre 1 et 8 mm, leur longueur entre 1, 7 et 2,4 m et leur largeur était de 150 mm. Les chercheurs ont ancré les plaques de deux façons: par simple prolongement des plaques jusqu'aux appuis et par collage de cornières en L sur les faces verticales aux extrémités des poutres. La première méthode a évité le déchirement du béton dans 50% des cas alors que la seconde l'a fait dans seulement 25% des cas. Les auteurs ont conclu qu'il était préférable de prolonger les plaques jusqu'aux appuis au lieu de mettre des ancrages.

Meier et Kaiser (1991) rapportent les premiers grands travaux, de même que les premières applications sur chantier, réalisés par les Laboratoires Fédéraux d'essais sur les matériaux en Suisse (EMPA), sur le renforcement des poutres en béton armé par des plaques de PRF collées par une résine d'époxy, effectués en 1987. Des essais sur 26 poutres de 2 m et sur une poutre de 7 m de long ont été ainsi effectués. Ces poutres ont été comparées avec d'autres poutres sans renforcement. Les plaques étaient à base de fibres de carbone, et avaient une épaisseur qui variait entre 0.3 et 1 mm. La couche de 0.3 mm était suffisante pour doubler la résistance ultime des poutres courtes, alors qu'une couche de 1 mm sur la poutre longue de 7 m augmenté la résistance de seulement 22%. Cependant, les auteurs ont remarqué que le renforcement par des plaques en PRF a permis de réduire considérablement la progression des fissures dans toutes les poutres, en plus d'une diminution importante de la flèche à la rupture.

Meier (1992) a montré que l'utilisation des plaques en fibres de carbone ($E_p=115$ GPa; $f_{pu}=1482$ MPa) pour le post-renforcement de structures en béton armé a pour résultats d'augmenter la résistance à la flexion. Pour cela, il a testé des poutres de 2 m de longueur, renforcées par des lamelles de 0.3 mm d'épaisseur. Des poutres de 7 m de longueur, renforcées avec des lamelles de 1 mm d'épaisseur ont été aussi testées. Enfin, des poutres de 2 m de longueur sans renforcement ont servi pour comparer les résultats. Les poutres de 2 m avec renforcement ont montré un gain de 100% de résistance en flexion contre 22% pour celles de 7 m. Les ruptures étaient des ruptures en flexion.

Une étude réalisée par McKenna en 1993, avait pour objet l'influence du nombre de lamelles appliquées (entre 1 et 6) et l'orientation des fibres composant les lamelles (0°, +15°/-15° ou +30°/-30°). Les essais ont inclus 30 poutrelles en béton plein (150x150x1000) mm et 18 poutres (150x300x2000) mm en béton armé. Les résultats ont montré que la résistance en flexion augmentait proportionnellement par rapport au nombre de lamelles. D'autre part, les poutres renforcées avec des fibres dont l'orientation étaient de ±15° ou ±30° ont émis des sons dès l'apparition des premières fissures sur le béton des poutrelles et ont augmenté la résistance en flexion des poutres en béton armé.

Deblois et coll. (1993), ont étudié le renforcement des poutres en béton armé par des plaques à base de fibres de verre unidirectionnelles et bidirectionnelles. Les épaisseurs des plaques variaient entre 4.75 et 6.35 mm. Les chercheurs ont testé six poutrelles d'une longueur d'un mètre et de section carrée de 125 mm de côté, ainsi que six poutres rectangulaires de 4,1 m de longueur et d'une section de 200 sur 300 mm. Pour le collage des plaques sur les poutres, deux méthodes ont été utilisées: l'utilisation d'une résine époxy et la combinaison de la résine et de boulons d'ancrage. Des plaques en PRF ont été aussi collées sur les faces verticales de certaines poutrelles. Les essais sur poutrelles ont montré que le renforcement avec une plaque unidirectionnelle augmente la résistance de la poutre de 18% et l'ajout d'un autre

renforcement sur les faces verticales augmente la résistance de 58%. L'utilisation des plaques bidirectionnelles pour renforcer les poutrelles a augmenté la résistance de 32% et l'ajout de boulons augmente la résistance de 38%. Les poutres ont été renforcées par des plaques bidirectionnelles et par une combinaison d'une plaque bidirectionnelle et d'une autre unidirectionnelle. Le renforcement bidirectionnel a augmenté la résistance des poutres de 65% alors que la combinaison, bidirectionnelle et unidirectionnelle a augmenté la résistance des poutres de plus de 100%.

Dans le groupe ISIS Canada, plusieurs projets ont été réalisés depuis 1994 pour étudier le renforcement des poutres en béton armé avec des plaques en PRF. Les poutres et les plaques ont été placées sous différentes configurations qui comprenaient des longueurs, des épaisseurs, des largeurs et des orientations de fibres variées. Les dimensions des poutres correspondaient aux exigences des appareils d'expérimentation disponibles au laboratoire. Les ancrages ainsi que les modèles analytiques ont aussi fait l'objet de plusieurs études au laboratoire par les membres du groupe (Nitereka, 1995; Chicone, 1997). En 1994, les essais effectués dans le groupe, se sont tous terminés par des ruptures dans l'interface béton-plaque (M'Bazaa, 1995; Missihoun, 1995). Les résultats de ces tests ont montré un gain important de résistance en flexion. Ils ont par ailleurs permis de vérifier que les longueurs des plaques n'avaient aucun effet sur les courbes charge-flèche. L'orientation des fibres des plaques en PRF semble accélérer la rupture finale en augmentant le nombre de fissures dans le béton (Missihoun, 1995). Des poutres similaires à celles testées en 1994, on fait l'objet d'essais en 1996 afin de mieux comprendre le mode de rupture par décollement et étudier les différents systèmes d'ancrages (Chicone, 1997). La résistance et la ductilité en flexion ont été améliorées. D'autres configurations ont été utilisées pour les essais en 1995, mais cette fois avec des poutres fissurées avant le renforcement. Ces fissures initiales dans le béton ont faiblement influencé le mode de rupture et la rigidité des poutres.

D'autres tests, incluant des poutres avec diverses configurations d'armature et des sections en T, ont été effectués en 1997 (Lamothe, 1998; Lapiere, 1998). Les ancrages étaient améliorés et étendus pour le renforcement en cisaillement. Les renforcements externes des poutres ont été ancrés par des bandes en U collées aux extrémités et d'autres par des lamelles équidistantes sur toute la longueur des faces verticales. La poutre sans ancrage a montré un gain en résistance de 84%. Les poutres renforcées et avec ancrages aux extrémités et équidistants ont eu un gain de 143% et 168% respectivement.

En plus du renforcement à la flexion une poutre en béton armé doit être dimensionnée pour développer sa pleine capacité en flexion et ainsi assurer une rupture ductile sous une charge extrême. En effet, si une poutre est déficiente en cisaillement est surchargée, une rupture soudaine en cisaillement pourrait survenir, ce qui s'avérerait très dangereux. Plusieurs techniques de renforcement externe en cisaillement ont été utilisées sur des poutres en béton armé.

AL-Sulaimani et coll.(1994) ont réalisé une étude sur la réparation en cisaillement de poutres en béton armé, à l'aide de matériaux composites à base de fibres de verre ou d'époxy. En vue de déterminer quelle serait la meilleure technique de renforcement en cisaillement, un total de seize poutres en béton armé de 1,2 m de portée a été fabriqué. Les poutres ont été dimensionnées afin que la rupture se produise en cisaillement. Avant d'être réparées avec des composites, les poutres ont été chargées jusqu'à l'apparition des premières fissures en cisaillement. Les poutres ont ensuite été réparées selon diverses configurations de renforcement en flexion et en cisaillement divisées en quatre groupes: 1) poutres de contrôle sans réparation en cisaillement; 2) poutres réparées avec des bandes équidistantes; 3) poutres réparées avec des bandes continues; et 4) poutres réparées avec des bandes continues en U. Deux sous-groupes sont présent dans chaque groupe: a) poutres sans renfort en flexion, b) poutres avec renfort en flexion. Il semblerait que seules les deux poutres réparées en cisaillement par des bandes continues en U aient permis d'atteindre une rupture ductile en flexion.

Pour ce type de renforcement en cisaillement, le gain de résistance pour la poutre non renforcée en flexion est de 45%, alors que celui de la poutre renforcée en flexion est de 93%. Les autres poutres ont enregistré des gains de résistance en cisaillement, mais n'ont pas permis d'atteindre la rupture en flexion.

Chajes et coll. (1995) ont étudié l'efficacité de différents types de renforcement en cisaillement de poutres en béton armé en utilisant des matériaux composites. Douze poutres de 1,2 m de portée ont été préfabriquées avec une déficience en cisaillement. Elles ont ensuite été renforcées avec des bandes continues de composite en forme de U sur toute leur longueur. Différents matériaux composites à base de fibres de verre (0°-90°), d'aramide (0°-90°), ou de carbone (0°-90° et 45°-135°) et imprégnés de résine époxy ont été employés comme renfort. Toutes les poutres se sont brisées en cisaillement à la suite du développement de sévères fissures diagonales en cisaillement. Les poutres renforcées ont pourtant obtenu des gains de résistance, allant de (60 à 150) % par rapport à celles non renforcées.

D'autres travaux ont confirmé les grandes lignes des résultats obtenus par les auteurs cités précédemment. Sato et coll. (1996) ont effectué des essais sur des poutres renforcées par des bandes en U uniformément espacées, ce qui a aussi permis d'identifier divers modes de rupture lors du développement de fissures de cisaillement.

Taljsten (1997) a expérimenté différentes techniques de collage sous pression, ainsi que l'effet de l'angle de collage des bandes de renforcement. Umezu et coll. (1997) ont étudié le renforcement en utilisant des bandes d'aramide. Satto et coll. (1997 a, 1997b) ont précisé la localisation des ruptures dans des renforcements en cisaillement de poutres en T et discuté de divers mécanismes d'ancrage.

Ze Yi Wu et coll. 2004 ont fait une étude expérimentale de poutres courtes en béton armé pré-fissurées (150x200x700) mm, puis renforcées par matériaux composites à base de fibres de carbones sous chargement quasi statique et de fatigue.

Tania Croston et coll. (2006) ont fait l'analyse de l'influence de deux techniques de réparation (insertion d'une tige en composite et collage d'une plaque en composite) sur les modes endommagement d'une poutre courte pré-fissuré ou non, l'évaluation de l'endommagement par trois techniques différentes (inspection visuelle, inspection par le microscope optique à longue distance et l'émission acoustique) et l'application des concepts de la fiabilité mécanique pour estimer la probabilité de défaillance du système mécanique considéré.

Madi R. et coll. (2007) Ont étudié analytiquement et numériquement le comportement des poutres en béton armé (100x150x1500) mm renforcées réparées par matériaux composites (fibres de carbonées), couplage flexion et cisaillement: des lamelles (S 512) pour la flexion et le tissu (Sikawrap hex 230) pour le cisaillement.

1.5-2- Méthodologie détaillée (300 mots)

Cette recherche s'enchaîne comme suit :

- Mettre un plan d'étude
- Voir les besoins en matériaux pour la préparation des spécimens d'essais (Ciment, sable, gravier, armature et surtout les matériaux nécessaires pour le renforcement tel que la colle et les matériaux composites)
- Voir les besoins en matériels d'essais (Presses, machine d'essais...)
- Calibrage des machines.
- Voir les besoins en machines et logiciels de simulation
- Faire un dimensionnement analytique et théorique pour la Fabrication des éprouvettes d'essais.
- Faire une analyse théorique et analytique pour la recherche des phénomènes de rupture
- Faire une modélisation numérique (étude par éléments fins).
- Faire un choix des procédés de construction des éprouvettes et un choix des caractéristiques des matériaux.
- Calcul de la proportion des constituants du béton, construire le coffrage, le ferrailage et le bétonnage et assurer le mûrissement des éprouvettes
- Préparations des éprouvettes et faire un plan d'expérience sur la base de l'étude analytique et de la modélisation numérique
- Réalisation des essais :
 - Réglages concernant les essais (machine, paramètres et configuration), les moyens de mesure, le microscope et l'émission acoustique.
 - Faire les essais de caractérisation (essai de compression et de flexion)
 - faire les essais non destructifs d'homogénéisation
 - Faire les essais d'endommagement préliminaire des spécimens
 - Faire les essais des spécimens renforcés.
- Analyse des résultats (Analytiques, modélisations et expérimentaux)
- Sur la base des résultats précédents nous terminons ce projet par :
 - La mise en place d'un guide pratique pour la réalisation des renforcements
 - La mise en place d'un guide de dimensionnement des renforcements en composites
 - Des abaques pratiques utilisables par des ingénieurs
 - Des modèles numériques pour la modélisation des essais de renforcements sans passer par des essais expérimentaux/

Rédaction du rapport final.

1.5-3- Principales références bibliographiques

Madi Rafik

Renforcement d'une poutre en béton armé par lamelles composites –Etude expérimentale et numérique
Thèse de doctorat ; Université de Guelma, Juillet 2009, Encadreur Pr. GUENFOUD Mohamed

Beddiar Abdelhakim

Renforcement de poutres en béton armé à l'aide de matériaux composites
Thèse de magistère, Université de Biskra, Juin 2004, Encadreur Pr. GUENFOUD Mohamed

Madi Rafik & M. Guenfoud

Simulation numérique d'une poutre en béton armé renforcée par matériaux composites
Fifth International Congress on Materials Science and Engineering FICMSE08, 22-24 Novembre 2008, Guelma, Algérie,
www.univ-guelma.dz/.../cism5/

Beddiar Abdelhakim & GUENFOUD Mohamed

Renforcement des ouvrages par placage d tissu composite (Cas d'une salle omnisport à Boumerdes)
Journée d'Etude sur le séisme du 21 mai de boumerdes, 31 mai 2004, Guelma

Madi Rafik & Guenfoud Mohamed

Simulation numérique d'une poutre en béton armé renforcée par matériaux composites

Algerian Journal of Advanced Materials 5, 201, 2008

www.univ-tlemcen.dz/.../subscription.htm

Madi Rafik, Guenfoud Mohamed & Nouaouria Mohamed Salah

Behaviour of Reinforced Concrete beams reinforced by composites materials

International Review of Mechanical Engineering. Vol.2, N°4 2008

web.engr.oregonstate.edu

http://www.praiseworthyprize.com/IREME_vol_2_n_4.html

Rafik Madi & Mohamed Guenfoud

Etude à la rupture d'une poutre en béton armé renforcée par des lamelles en fibre de carbone

Sciences, Technologies & Développement, N°5, 2009, Revue de l'ANDRU, Alger

R. Madi & M. Guenfoud

Etude à la rupture d'une poutre en béton armé renforcée par des lamelles en fibres de carbone

Sixième Conférence Internationale sur la Science des Matériaux (CSM6), Beyrouth - Liban, 16-18 Juillet 2008

www.ul.edu.lb/autre/csm6.doc

Madi Rafik & M. Guenfoud

Simulation numérique d'une poutre en béton armé renforcée par matériaux composites

Fifth International Congress on Materials Science and Engineering FICMSE08, 22-24 Novembre 2008, Guelma, Algérie

R. Madi, M. Guenfoud, A. Benmarce & A. Benouis

Dimensionnement en flexion d'une poutre en béton armé renforcée par des lamelles en matériaux composites

SNGC'07, 20-21 Novembre, Annaba 2007, Algérie

www.univ-annaba.org/SEMINAIRE%20GC2007.pdf

Madi Rafik & M. Guenfoud

Etude de l'effet du renforcement avec des matériaux composites sur des poutres en béton armé

Séminaire National de Génie Civil SNGC08, Chlef, 15-16 décembre 2008

www.Univ-Chlef.dz

Madi Rafik & Guenfoud Mohamed

Réhabilitation par matériaux composites des poutres en B.A

Congrès Algerien de Mécanique, CAM2009, 23-26 Novembre 2009, Biskra, Algérie

www.cam2009.com

Madi Rafik & Guenfoud Mohamed

Comportement en flexion-Cisaillement des poutres en béton armé renforcées par matériaux composites

1er Symposium Méditerranéen de Géomécanique SMGE 09, 20-21 Juin2009, USTHB, Algérie

www.usthb.dz/evenements/SMGE09.pdf

Madi Rafik & Guenfoud Mohamed

Analyse du comportement des poutres en béton armé renforcées par matériaux composites

Colloque Euro-méditerranéen dans le cadre du congrès Français de Mécanique

24-28 août 2009, 861-S22, Marseille, France

Sharif A., Al-Sulaimani G.J., Basunbul I.A., Ghaleb B.N. " Strengthening of initially loaded reinforced concrete beams using FRP plates", ACI structural journal, March-April 1994, pp160-168.

Chajes M.J., Januszka T.F., Metz R., Thomson T.A., Finch W.W. " Shear strengthening of reinforced concrete beams using externally applied composite fabrics", ACI Structural journal, May-June 1995, pp295-302.

Quantrill R. J., Hollaway L.C. Throne A.M. " Experimental and analytical investigation of FRP strengthened beam response : part II", Magazine of concrete research, 1996, 48,N°. 177, Dec., pp343-351.

Spadea G., Bencardino F., Swamy R. N. "Structural behavior of composite RC beam with externally bonded CFRP", ASCE Journal of composites for construction, August 1998, pp132-137.

Rahimi H., Hutchinson A. "Concrete beams strengthened with externally bonded FRP plates", ASCE Journal of composites for construction, February 2001, pp44-56.

Fanning P.J., Kelly O. " Ultimate response of RC beams strengthened with CFRP plates", ASCE Journal of composites for construction, May 2001, pp.122-127.

Sebastian W.M. " Significance of midspan debonding failure in FRP-plated concrete beams, ASC Journal of composite for construction", July 2001, pp792-798.

Hollaway L.C., Leeming M.B. "Strengthening of reinforced concrete structures using externally-bonded FRP composites in structural and civil engineering". Woodhead publishing limited, Cambridge England, First published 1999, reprinted 2001.

Nguyen, D. M., Chan, T. K., Cheong, H. K. "Brittle failure and bond development length of CFRP-concrete beams", Journal of composites for construction, Vol. 5, N° 1, 2001, pp. 12-17.

Buyle-Boudin F., David E., Ragneau E. "Finit element modeling of flexural behaviour of externally bonded CFRP reinforced concrete structur, Engineering Structures 24, 2002, P. 1423-1429.

Buyukoztuk O., Gunes O., Karace E. "Progress on understanding débonding problems in reinforced concrete and steel members strengthened using FRP composites. Construction and building materials, 18, 2004, p. 9-19.

1.6. Impacts attendus

Impacts directs et indirects (Scientifiques, socio-économiques, socioculturels)

- Scientifiques:

- Contribution au développement de la recherche dans le domaine d'utilisation des matériaux composites dans le génie civil;
- Vulgarisation de l'information sur la réhabilitation des poutres en béton armé par PRF.
- La contribution à l'élaboration d'un règlement algérien dans le domaine de la réhabilitation des ouvrages endommagés
- La rédaction de recommandation quant aux méthodes de réparation adoptées
- Le suivie de chantier

- Recherches :

Mise en place d'une banque de donnée et une plateforme de travail pour les scientifiques et les chercheurs dans le domaine de réhabilitations des poutres en PRF et encadrement des doctorants.

Economique :

Ce sujet contribuera à:

- Une meilleure maîtrise du rapport qualité/prix de l'entretien des ouvrages d'art et d'habitation;
- Une amélioration du cadre de vie et de la protection de l'environnement;
- Une amélioration de la sécurité des chantiers
- Réduction du cout de réparation
- Diminution du temps d'intervention
- Mise en service de plusieurs ouvrages de génie civil et de travaux publics dégradés (Qui sont soumis pour démolition).

1.7. Planning des taches / année

Vu que le tableau du planning des taches est très serré, nous avons utilisé le format libre suivant.

Semestre Un (01)

- Mettre un plan d'action et distribution des tâches sur les membres
- Dénombrements des besoins en matériaux (ciment, sable, gravier, armature, composite, colle...
- Dénombrement des besoins en matériels d'essais et vérification des mises en service des machines (Les presses, les appareillages, ...)
- Calibrage des machines
- Dénombrement des besoins en outils de calcul et logiciels de simulation
-

Semestre deux (02)

- Faire le dimensionnement analytique et théorique réglementaire pour la fabrication des spécimens et des éprouvettes d'essais.
- Faire une analyse théorique et analytique pour la recherche des phénomènes de rupture
- Faire une modélisation numérique (étude par éléments fins).
- Faire un choix des procédés de construction des éprouvettes et un choix des caractéristiques des matériaux.
- Calcul de la proportion des constituants du béton, construire le coffrage, le ferrailage et le bétonnage et assurer le mûrissement des éprouvettes

Semestre Trois (03)

- Préparations des éprouvettes et faire un plan d'expérience sur la base de l'étude analytique et de la modélisation numérique
- Réalisation des essais :
 - Réglages concernant les essais (machine, paramètres et configuration), les moyens de mesure, le microscope et l'émission acoustique.
 - Faire les essais de caractérisation (essai de compression et de flexion)
 - faire les essais non destructifs d'homogénéisation
 - Faire les essais d'endommagement préliminaire des spécimens
 - Faire les essais des spécimens renforcés.
- Analyse des résultats (Analytiques, modélisations et expérimentaux)

Semestre Quatre (04)

- Sur la base des résultats précédents nous terminons ce projet par :
 - La mise en place d'un guide pratique pour la réalisation des renforcements
 - La mise en place d'un guide de dimensionnement des renforcements en composites
 - Des abaques pratiques utilisables par des ingénieurs
 - Des modèles numériques pour la modélisation des essais de renforcements sans passer par des essais expérimentaux/
- Rédaction du rapport final.

Taches	semestre 1	semestre 2	semestre 3	semestre 4
2)				
3)				
4)				

Validation				
------------	--	--	--	---

MODELE DE PRESENTATION DE L'EQUIPE DE RECHERCHE

1. Identification du porteur (chef) de projet

Nom & Prénom	GUENFOUD Mohamed		
Grade	Professeur		
Spécialité	Génie Civil		
Statut	Enseignant chercheur(1) ☒	hercheur permanent(2) ☐	Associé(3) ☐ Autre(4) ☐
Email	Gue2905m@yahoo.fr		
Adresse professionnelle	Laboratoire LGCH, Université de Guelma BP 401 Guelma 24000		
Contacts	Tel : 037215848	Fax : 037215848	GSM : 0771851941

Diplômes Obtenus (Graduation, Post-Graduation)	Année	Etablissement	
1 (Bac.)	Mathématique	1980	Lycée Boumarouane Annaba
2 (L,M,Ing)	Ingénieur Génie Civil	1985	Université d'Annaba
3 (doct.)	DEA (Diplôme d'études approfondies)	1986	INSA de Lyon
4	Docteur	1990	INSA de Lyon

Participation à des programmes de recherche (nationaux, Internationaux, multisectoriels)		
Intitulé du Programme	Année	Organisme
Tassili	2003-2007	CMEP-MESRS
CNRS-DPGRF	2008-2010	MESRS

Lister vos trois derniers travaux les plus importants (recherche/recherche développement)

1	Rafik Madi & Mohamed Guenfoud Etude à la rupture d'une poutre en béton armé renforcée par des lamelles en fibre de carbone Sciences, Technologies & Développement, N°5, 2009
2	Madi Rafik, Guenfoud Mohamed & Nouaouria Mohamed Salah Behaviour of Reinforced Concrete beams reinforced by composites materials International Review of Mechanical Engineering. Vol.2, N°4 2008 http://www.praiseworthyprize.com/IREME_vol_2_n_4.html
3	Madi Rafik & Guenfoud Mohamed Simulation numérique d'une poutre en béton armé renforcée par matériaux composites Algerian Journal of Advanced Materials 5, 201, 2008 www.univ-tlemcen.dz/.../subscription.htm

Visa du Chef d'établissement

Date :

de rattachement :

Signature :



2. Identification du partenaire socio-économique du projet							
Nom & Prénom	MOKHNACHE Mabrouk						
Grade	--						
Spécialité	Génie Civil						
Statut	Enseignant chercheur(1) ☐ Chercheur permanent(2) ☐ Associé(3) ☐ Autre (4) ☒ x						
	Chef d'entreprise						
Email							
Adresse professionnelle	Coopérative El-Michaal N°31 GUELMA 24000						
Contacts	Tel : 037236277		Fax : 037236277		GSM : 0661368428		
Diplômes Obtenus (Graduation, Post-Graduation)	Année		Etablissement				
1(Lic,M,Ing)	Ingénieur		1979		U. Constantine		
2(Doct.)							
Participation à des programmes de recherche (nationaux, Internat., Sectoriels)							
Intitulé du Programme			Année		Organisme		
A) Lister vos deux derniers travaux d'intérêt socio-économiques							
1	Réalisation de plusieurs ouvrages de Génie Civil						
2							
B) Autres Projets dans lesquels le partenaire du projet est impliqué							
Intitulé	Ministère concerné	Type de Projet(*)				Durée du projet	Année de démarrage
		A	B	C	D		

(1) Concerne les chercheurs universitaires (université, centre de recherche, école, institut).

(2) Concerne les chercheurs permanents (centre, unité, institut de recherche)

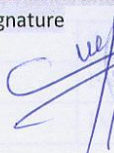
(3) Concerne les chercheurs associés (établissement de rattachement où le chef du projet exerce les fonctions de chercheur associé).

(4) Préciser la fonction des personnels administratifs (cadre supérieur, fonctionnaire supérieur, etc).

Visa du Partenaire Socio-économique

Date :

Signature

Visa du Chef d'établissement de rattachement :

Date :

Signature

3. Chercheurs impliqués dans le projet (une fiche par chercheur)

Nom & Prénom	Madi Rafik		
Grade	Maître de conférences		
Spécialité	Génie Civil		
Statut	Enseignant chercheur(1) ☐ Chercheur permanent(2) ☐ Associé(3) ☐ Autre (4) ☐		
Email	madirafik2000@yahoo.fr		
Adresse professionnelle	Université de Guelma Laboratoire LGCH, BP 401 Guelma 24000		
Contacts tel :	Tel : 037215848	Fax : 037215848	GSM : 0662122775
Diplômes Obtenus (Graduation, Post-Graduation)	Année	Etablissement	
1	Ingénieur	1987	Université Annaba
2	Magistère	2004	Université de Guelma
3	Docteur	2009	Université de Guelma
Participation à des programmes de recherche			
Intitulé du Programme		Année	Organisme
CNEPRU		2007	MESRS
CNEPRU		2009	MESRS
A) Lister vos deux derniers travaux les plus importants			
1	Madi R., Guenfoud M., "Etude à la rupture d'une poutre en béton armée renforcée par des lamelles en fibres de carbone", Revue Technologie et développement, ANDRU, Volume n° 4, 2008.		
2	Madi R., Guenfoud M., Nouaouria M. S. "Behaviour of reinforced concrete beams reinforced by composite materials", International Review of Mechanical Engineering (IREME), Volume 2, N°4, Juillet 2008.		
B) Lister les autres projets dans lesquels le chercheur est impliqué			

C) Tâches affectées au chercheur (à mentionner clairement):			
1	Analyse analytique des poutres renforcées par des matériaux composites		
2	Préparation des éprouvettes		
3	Déroulements des essais		

Visa du Chef d'établissement

Date :

de rattachement :

Signature :



Nom & Prénom	FERHANI Kamel		
Grade	Doctorant		
Spécialité	Génie civil		
Statut	Enseignant chercheur(1) ☐ Chercheur permanent(2) ☐ Associé(3) ☐ Autre (4) ☒ x		
	Doctorant		
Email	Fer23000@gmail.com		
Adresse professionnelle	Laboratoire LGCH, Université de Guelma BP 401, Guelma 24000		
Contacts	Tel : 037215848	Fax : 037215848	GSM : 0551918548
Diplômes Obtenus (Graduation, Post-Graduation)	Année	Etablissement	
1(Lic,M,Ing)	Licence D'enseignement en Sciences Appliquées et Technologie	1987	Université Badji Mokhtar Annaba
2(Doct.)	Magister	2010	Université de Guelma
Participation à des programmes de recherche			
Intitulé du Programme		Année	Organisme
ETUDE du COMPORTEMENT au FEU des COLONNES en BETON, en ACIER et MIXTES		2007	CNEPRU
A) Lister vos deux derniers travaux les plus importants			
1	Etude de l'absorption d'eau du béton autoplçant		
2	Etude de l'absorption capillaire des BAP		
B) Lister les autres projets dans lesquels le chercheur est impliqué			

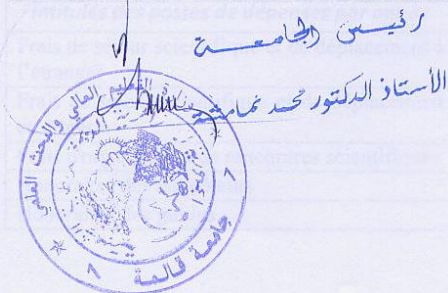
C) Tâches affectées au chercheur (à mentionner clairement):			
1	Préparations des spécimens		
2	Réalisation des expériences		
3	Modélisations des essais		

Visa du Chef d'établissement

Date :

de rattachement :

Signature :



1. Identification du porteur (chef) de projet

Nom & Prénom	GUENFOUD Mohamed		
Grade	Professeur		
Spécialité	Génie Civil		
Statut	Enseignant chercheur(1) ☒ hercheur permanent(2) ☐ Associé(3) ☐ Autre(4) ☐		
Email	Gue2905m@yahoo.fr		
Adresse professionnelle	Laboratoire LGCH, Université de Guelma BP 401 Guelma 24000		
Contacts	Tel : 037215848	Fax : 037215848	GSM : 0771851941
Diplômes Obtenus (Graduation, Post-Graduation)		Année	Etablissement
1 (Bac.)	Mathématique	1980	Lycée Boumarouane Annaba
2 (L,M,Ing)	Ingénieur Génie Civil	1985	Université d'Annaba
3 (doct.)	DEA (Diplôme d'études approfondies)	1986	INSA de Lyon
4	Docteur	1990	INSA de Lyon
Participation à des programmes de recherche (<i>nationaux, Internationaux, multisectoriels</i>)			
Intitulé du Programme		Année	Organisme
Tassili		2003-2007	CMEP-MESRS
CNRS-DPGRF		2008-2010	MESRS
Lister vos trois derniers travaux les plus importants (recherche/recherche développement)			
1	Rafik Madi & Mohamed Guenfoud Etude à la rupture d'une poutre en béton armé renforcée par des lamelles en fibre de carbone Sciences, Technologies & Développement, N°5, 2009		
2	Madi Rafik, Guenfoud Mohamed & Nouaouria Mohamed Salah Behaviour of Reinforced Concrete beams reinforced by composites materials International Review of Mechanical Engineering. Vol.2, N°4 2008 http://www.praiseworthyprize.com/IREME_vol_2_n_4.html		
3	Madi Rafik & Guenfoud Mohamed Simulation numérique d'une poutre en béton armé renforcée par matériaux composites Algerian Journal of Advanced Materials 5, 201, 2008 www.univ-tlemcen.dz/.../subscription.htm		

Visa du Chef d'établissement

Date :

de rattachement :

Signature :

3. Chercheurs impliqués dans le projet (une fiche par chercheur)

Nom & Prénom	Madi Rafik		
Grade	Maître de conférences		
Spécialité	Génie Civil		
Statut	Enseignant chercheur(1) ☐ Chercheur permanent(2) ☐ Associé(3) ☐ Autre (4) ☐		
Email	madirafik2000@yahoo.fr		
Adresse professionnelle	Université de Guelma Laboratoire LGCH, BP 401 Guelma 24000		
Contacts tel :	Tel : 037215848	Fax : 037215848	GSM : 0662122775
Diplômes Obtenus (Graduation, Post-Graduation)	Année	Etablissement	
1	Ingénieur	1987	Université Annaba
2	Magistère	2004	Université de Guelma
3	Docteur	2009	Université de Guelma
Participation à des programmes de recherche			
Intitulé du Programme		Année	Organisme
CNEPRU		2007	MESRS
CNEPRU		2009	MESRS
A) Lister vos deux derniers travaux les plus importants			
1	Madi R., Guenfoud M., "Etude à la rupture d'une poutre en béton armée renforcée par des lamelles en fibres de carbone", Revue Technologie et développement, ANDRU, Volume n° 4, 2008.		
2	Madi R., Guenfoud M., Nouaouria M. S. "Behaviour of reinforced concrete beams reinforced by composite materials", International Review of Mechanical Engineering (IREME), Volume 2, N°4, Juillet 2008.		
B) Lister les autres projets dans lesquels le chercheur est impliqué			

C) Tâches affectées au chercheur (à mentionner clairement):			
1	Analyse analytique des poutres renforcées par des matériaux composites		
2	Préparation des éprouvettes		
3	Déroulements des essais		

Visa du Chef d'établissement

Date :

de rattachement :

Signature :

Nom & Prénom	FERHANI Kamel		
Grade	Doctorant		
Spécialité	Génie civil		
Statut	Enseignant chercheur(1) ☐ Chercheur permanent(2) ☐ Associé(3) ☐ Autre (4) ☒ x		
	Doctorant		
Email	Fer23000@gmail.com		
Adresse professionnelle	Laboratoire LGCH, Université de Guelma BP 401, Guelma 24000		
Contacts	Tel : 037215848	Fax : 037215848	GSM : 0551918548
Diplômes Obtenus (Graduation, Post-Graduation)		Année	Etablissement
1(Lic,M,Ing)	Licence D'enseignement en Sciences Appliquées et Technologie	1987	Université Badji Mokhtar Annaba
2(Doct.)	Magister	2010	Université de Guelma
Participation à des programmes de recherche			
Intitulé du Programme		Année	Organisme
ETUDE du COMPORTEMENT au FEU des COLONNES en BETON, en ACIER et MIXTES		2007	CNEPRU
A) Lister vos deux derniers travaux les plus importants			
1	Etude de l'absorption d'eau du béton autoplaçant		
2	Etude de l'absorption capillaire des BAP		
B) Lister les autres projets dans lesquels le chercheur est impliqué			

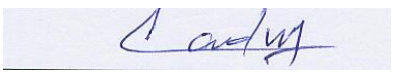
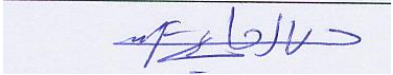
C) Tâches affectées au chercheur (à mentionner clairement):			
1	Préparations des spécimens		
2	Réalisation des expériences		
3	Modélisations des essais		

Visa du Chef d'établissement Date :

de rattachement : Signature :

4. Composante de l'équipe de recherche

(Tableau anonyme : six personnes au maximum dont 3 chercheurs confirmés. Inscrire le responsable du projet en début de liste, ne pas inscrire de nom, ni l'intitulé de l'établissement de rattachement)

Grade universitaire ou scientifique	Dernier diplôme obtenu	Tâche principale affectée dans le projet	Emargement
1-Professeur	Docteur	Rédaction des rapports et coordination entre les membres et le partenaire socioéconomique	
2-Maître de Conférences	Docteur	Faire les essais et la simulation numérique	
3-Doctorant	Magistère	Préparation des prototypes et réalisation des essais	
4-			

-Ne pas inscrire dans ce tableau les noms des membres de l'équipe, ni leurs établissements de rattachement.

-Indiquer en tête de liste les informations relatives au porteur (chef) de projet.

5. Equipements scientifiques disponibles

5.1- Matériel existant pouvant être utilisé dans l'exécution du projet

Nature	Localisation	Observations
Presse Hydraulique de grande capacité	Laboratoire de Génie civil et d'hydraulique (LGCH)	Opérationnelle
Presse universelle	LGCH	Opérationnelle
Portique d'essai universel	LGCH	Opérationnel
Malaxeur	LGCH	Opérationnel
Tamiseuse	LGCH	Opérationnelle
Chambre Climatique	LGCH	Opérationnelle
Appareil ultrasonique	LGCH	Opérationnelle

5.2 – Matériel et Mobilier de Bureau à acquérir pour l'exécution du projet

Nature	Montant en DA	Destination	Observations

Détailler la liste des matériels et mobiliers dont les montants sont mentionnés dans l'annexe financière.

5. Annexe financière : Budget et postes de dépenses prévisionnels (exprimés en DA)

Intitulés des postes de dépenses par année	1 ^{ère}	2 ^{ème}
Frais de séjour scientifique et de déplacement à l'étranger	1.000.000,00	1.000.000,00
Frais de séjour scientifique et de déplacement en Algérie	500.000,00	500.000,00
Frais d'organisation de rencontres scientifiques	500.000,00	500.000,00
Honoraires des enquêteurs	00	00
Honoraires des guides	00	00

Frais de travaux et de prestations	200.000,00	200.000,00
Matériels et instruments scientifiques	1.000.000,00	1.000.000,00
Matériel informatique	500.000,00	500.000,00
Matériels d'expérience (animaux, végétaux, etc..)	00	00
Mobilier de bureau et de laboratoire	00	00
Entretien et réparation	00	00
Produits chimiques	300.000,00	300.000,00
Produits consommables	500.000,00	500.000,00
Composants électroniques, mécaniques et audio- visuels		
Accessoires et consommables informatiques	50.000,00	50.000,00
Papeterie et fournitures de bureau	20.000,00	20.000,00
Périodiques		
Ouvrages et documentation scientifiques et techniques	200.000,00	200.000,00
Logiciels		
Impression et Edition		
Affranchissements Postaux	00	00
Communications téléphoniques, Fax, Internet	10.000,00	10.000,00
Droits de douanes, Assurances	00	00
Carburant	00	00
TOTAL DES CREDITS OUVERTS :	4.780.000,00	4.780.000,00

Remarque : Les besoins financiers en devises doivent être exprimés en Dinars Algériens, après conversion au taux de change en cours.

ATTESTATION DE DOMICILIATION DU PROJET

Nous soussignés, membres de l'équipe de recherche impliqués dans l'exécution du projet de recherche intitulé :

**Renforcement des structures en béton armé par placage de lamelles en composite
- Dimensionnement et méthode de mise en œuvre -**

attestons que le projet cité ci-dessus a été présenté sous l'égide de ⁽¹⁾ :

Laboratoire de Génie Civil et d'Hydraulique.

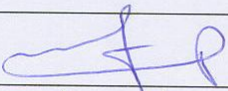
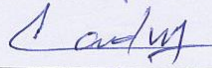
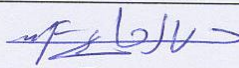
Université 8 Mai 1945 à Guelma

avec notre consentement.

Nous attestons de notre accord pour sa domiciliation au sein de l'organisme pilote désigné par la Direction Générale de la Recherche Scientifique et du Développement Technologique pour assurer le suivi de l'exécution du projet suscité.

A Guelma le 12 Octobre 2010

Membres de l'équipe de recherche intervenant dans l'exécution du projet :

Noms et prénoms	Signatures
Pr. GUENFOUD Mohamed	
Madi Rafik	
Ferhani Kamel	

(1) Indiquer l'intitulé de l'établissement de rattachement du responsable du projet ou de l'établissement où ce dernier exerce des fonctions de chercheur associé.

ATTESTATION D'ACCEPTATION
des modalités de soumission et d'exécution de projet

Nous soussignés, membres de l'équipe de recherche impliqués dans l'exécution du projet de recherche intitulé :

Renforcement des structures en béton armé par placage de lamelles en composite
- Dimensionnement et méthode de mise en œuvre -

Soumis dans le cadre de l'avis d'appel à propositions de projets de recherche lancé par la Direction Générale de la Recherche Scientifique et du Développement Technologique, et relatif au Programme National de Recherche (PNR) :

Intitulé PNR :	Renforcement des structures en béton armé par placage de lamelles en composite - Dimensionnement et méthode de mise en œuvre -
Domaine :	Travaux Publics
Axe :	Axe 4 : Réhabilitation des ouvrages
Thème :	Thème 4 : Techniques de réparation, de réhabilitation et de renforcement des ouvrages

attestons que nous ne sommes pas impliqués dans un autre projet en cours d'exécution dans le cadre des avis d'appels relatifs au Programme National de Recherche.

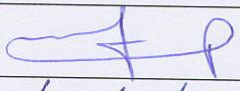
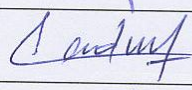
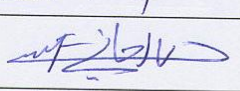
Confirmons Mr, Mme, Melle :

Pr. GUENFOUD Mohamed

dans sa qualité de responsable du projet jusqu'à la fin de la durée de ce dernier, sauf cas de force majeure. Nous attestons par ailleurs de notre disponibilité à participer à l'exécution du projet conformément à la réglementation en vigueur durant toute la durée qui lui est impartie.

A Guelma le 12 Octobre 2010

Membres de l'équipe de recherche intervenant dans l'exécution du projet :

Noms et prénoms	Signatures
Pr. GUENFOUD Mohamed	
Madi Rafik	
Ferhani Kamel	

(1) Indiquer l'intitulé de l'établissement de rattachement du responsable du projet ou de l'établissement où ce dernier exerce des fonctions de chercheur associé.

ATTESTATION DE DEPOT
de projet de recherche dans le cadre des PNR

Je soussigné : Pr. GUENFOUD Mohamed

Fonction : Directeur du Laboratoire LGCH à l'Université de Guelma

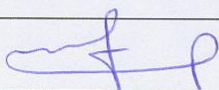
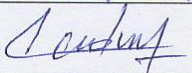
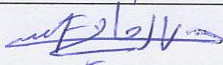
Atteste du dépôt, sous ma direction, du projet de recherche intitulé :

Renforcement des structures en béton armé par placage de lamelles en composite
- Dimensionnement et méthode de mise en œuvre -

dans le cadre du programme national de recherche (PNR) suivant :

Intitulé PNR :	Renforcement des structures en béton armé par placage de lamelles en composite - Dimensionnement et méthode de mise en œuvre
Domaine :	Travaux Publics
Axe :	Axe 4 : Réhabilitation des ouvrages
Thème :	Thème 4 : Techniques de réparation, de réhabilitation et de renforcement des ouvrages

Membres de l'équipe de recherche intervenant dans l'exécution du projet :

Noms et prénoms	Signatures
Pr. GUENFOUD Mohamed	
Madi Rafik	
Ferhani Kamel	

Cette attestation a été délivrée pour servir et faire valoir ce que de droit.

A Guelma le 12 Octobre 2010