

Le bloc ACCROPODE™ II

« Un concentré de technologie, d'expérience et d'économie en un seul bloc de carapace »





Technologie, expérience et rentabilité en un même bloc de béton pour carapace de digue:

Le bloc ACCROPODE™ II

De : Michel Denechere, CLI (Concrete Layer Innovations)
michel.denechere@concretelayer.com

Introduction

Les carapaces dites monocouche qui protègent les digues exposées à la houle sont constituées de blocs en béton non armé conçus spécialement pour être disposés en une seule couche. L'expérience montre que ce type de carapace est aussi fiable que les systèmes classiques en bicouches tout en étant plus économique.

Inventé en 1981 par Sogreah Consultants (SOGREAH), en France, la technique ACCROPODE™ s'appuyait déjà sur des recherches approfondies et une expérience considérable acquise avec le bloc Tétrapode inventé par SOGREAH en 1952.

Parmi les autres blocs de carapace proposés, le bloc CORE-LOC™, inventé par l'US Army Corps of Engineers et breveté en 1995, est l'un des blocs les plus économiques du marché, et idéal pour des conditions de houle moyenne du fait d'un indice de vides élevé et donc une dissipation accrue.

Breveté en 1996, le bloc ECOPODE™ du fait de son aspect rocheux et de sa couleur modulable permet une meilleure intégration dans le site en partie visible des ouvrages.

En s'appuyant sur un grand nombre de projets, la forme du bloc ACCROPODE™ a été améliorée pour donner naissance au bloc ACCROPODE™ II. Inventé et breveté par SOGREAH en 1999 pour les sites particulièrement exposés et des conditions de mise en oeuvre particulièrement difficiles, son développement industriel a été finalisé en 2003 – 2004.

Le bloc ACCROPODE™ II comme les autres blocs ci-dessus est distribué par CLI (Concrete Layer Innovations) filiale de Sogreah Consultants.





Historique du développement

Pionnière de la technologie monocouche, depuis sa création en 1981, la technique ACCROPODE™ est devenue la référence pour les carapaces de digues modernes.

Dès les années 80, la monocouche ACCROPODE™ a été une réussite. La profession, reconnaissant la validité des recherches sur la technique monocouche, a pu apprécier ses avantages ; d'où l'accroissement régulier du nombre de références ACCROPODE™ qui se porte à plus de 180 à ce jour.

Aujourd'hui, le nombre de projets ACCROPODE™ réalisés avec succès dans le monde entier constitue une preuve incontestable que les entreprises et maîtres d'ouvrages ont fait confiance dans les mérites de la technique monocouche.

CLI à travers ces blocs a acquis une expérience sur plus de 240 projets de digues dans le monde. Une réflexion continue sur une vingtaine d'années a permis d'optimiser le concept et les qualités du bloc ACCROPODE™. Cette réflexion a, dans un premier temps, été intégrée dans la conception du bloc ECOPODE™, puis dans la conception de la seconde génération de bloc ACCROPODE™ connue sous le nom « ACCROPODE™ II ». Le bloc ACCROPODE™ II apporte une meilleure performance hydraulique, une plus grande robustesse et facilité de pose. Ces aspects ont été vérifiés et validés depuis 2003 par le biais d'études spécifiques et en conditions réelles de chantier.

Aujourd'hui les marques et technologies ACCROPODE™ sont protégées dans le monde. Les licences d'utilisation sont délivrées par CLI et une assistance technique est systématiquement fournie par CLI à toute entreprise qualifiée en travaux maritimes pour adapter cette technologie aux conditions d'exécution du site et pour apporter des solutions adaptées. Pour cela CLI améliore continuellement sa connaissance dans le domaine des digues à talus à travers les projets et les études de recherche et développement.



ACCROPODE™



ACCROPODE™ II





Les qualités du bloc ACCROPODE™ II

Une nouvelle forme

La nouvelle forme du bloc ACCROPODE™ II, est une évolution de la forme du bloc ACCROPODE™, cette évolution étant issue de l'expérience accumulée sur l'ensemble des blocs CLI. Les grandes surfaces planes ainsi que les angles droits ont été remplacés par de plus petites surfaces et de nombreux chanfreins. De plus, la forme générale du bloc a été repensée afin d'améliorer les aspects suivants:

- Performance hydraulique de la carapace;
- Intégrité structurelle du bloc;
- Méthodes constructives.

Une performance hydraulique améliorée

La nouvelle forme du bloc ACCROPODE™ II permet d'obtenir lors de la pose des blocs une meilleure capacité d'imbrication améliorant la tenue de la carapace vis-à-vis de la houle.

En effet les essais en modèle réduit 2D et 3D ont démontré une nette amélioration de la stabilité au regard des critères usuels tel que les extractions, oscillations et tassements sur le talus.

En conséquence le coefficient de stabilité K_D , apparaissant dans la formule de Hudson, a pu être augmenté, tout en conservant une large marge de sécurité.

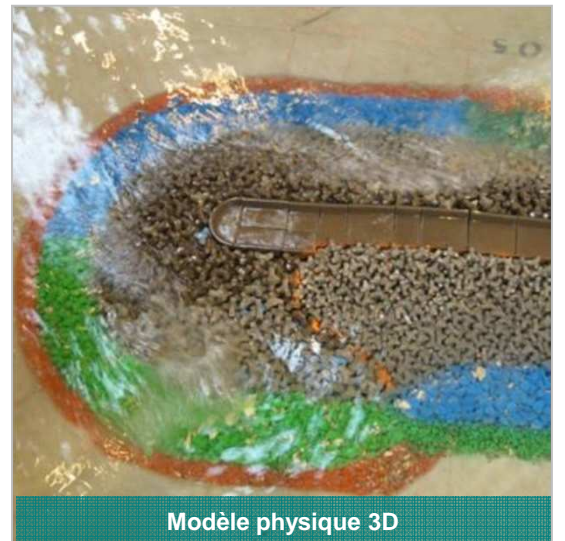
Au stade de l'étude les valeurs de K_D à prendre en compte dans les cas ordinaires sont de 16 en section courante et de 12,3 en musoir.

Une plus grande robustesse

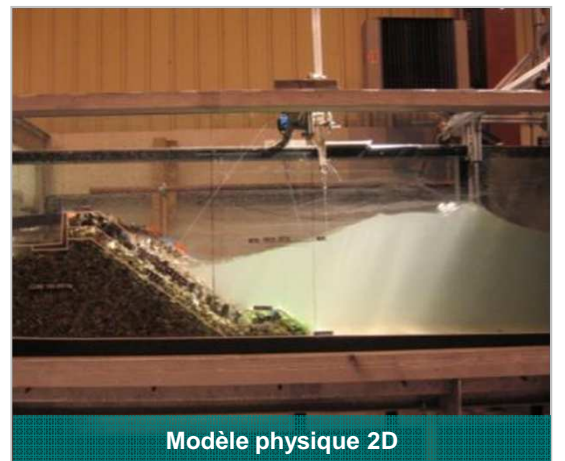
L'amélioration de la robustesse est le fruit de recherches et de programmes de développement pour optimiser la forme initiale du bloc ACCROPODE™.



Détails du bloc ACCROPODE™ II



Modèle physique 3D



Modèle physique 2D



Les études aux éléments finis ont permis de montrer les zones de faible ou de forte concentration des contraintes et de redistribuer la matière en conséquence, tout en limitant les angles trop prononcés et grandes surfaces planes.

Ces modifications sur la forme du bloc ont permis d'obtenir une meilleure robustesse par rapport aux autres blocs de carapace monocouche, y compris le bloc ACCROPODE™ (reconnu pour sa solidité), ainsi qu'un décoffrage aisé et rapide; ces résultats ont été confirmés en conditions réelles sur chantier, jusqu'à de très grandes tailles de bloc.

Les pyramides placées à différents endroits du bloc outre leur rôle d'accroche sont des amortisseurs contre les chocs pouvant se produire lors de la mise en place des blocs ou pendant une forte tempête.

Une plus grande facilité de pose et peu d'entretien

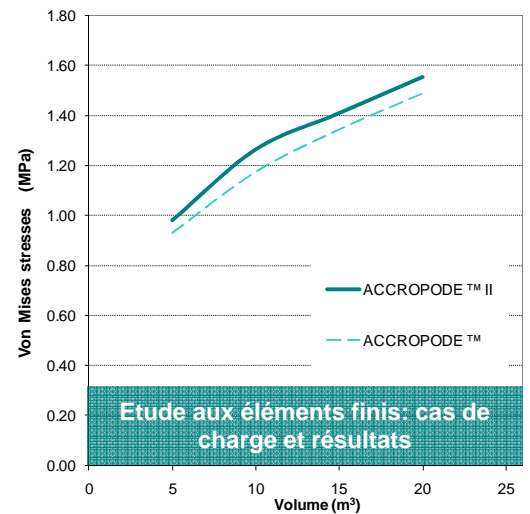
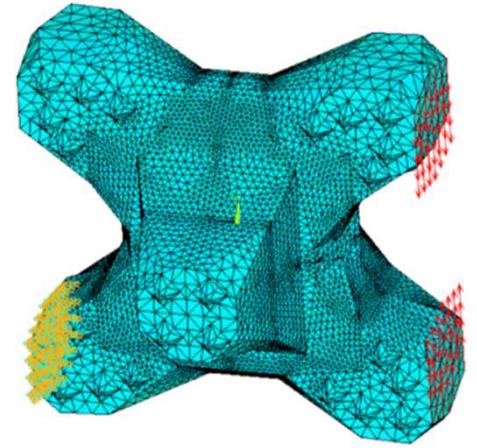
La forme du bloc ACCROPODE™ II, la maille de pose ainsi que le placement aléatoire limitent les règles de pose à respecter, notamment en terme d'orientation de bloc, et permettent une meilleure imbrication limitant les tassements ultérieurs de la carapace.

L'expérience a prouvé que le bloc ACCROPODE™ de première génération permettait de répondre pleinement aux exigences des projets, et en particulier n'a pas nécessité à ce jour de travaux d'entretien majeurs.

De ce fait, le bloc ACCROPODE™ II apportant des améliorations en termes de stabilité hydraulique, de robustesse et qualité de pose nécessitera encore moins d'entretien que le bloc de première génération. Tout cela à condition que:

- Les conditions de houle de projet soient correctement déterminées ;
- Les recommandations de conception soient prises en considération;
- Les spécifications de résistance du béton soient respectées ;
- La qualité de pose recommandée soit obtenue,

C'est dans ce but que CLI met en place une assistance technique à tous les stades du projet.



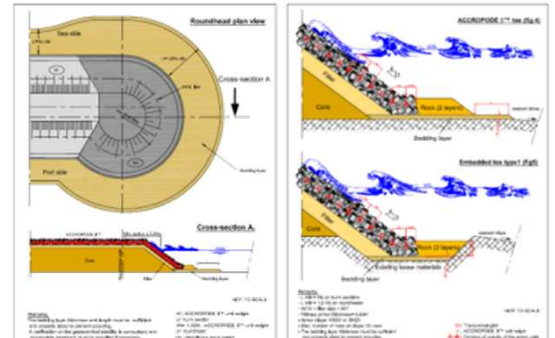


Assistance technique à base de connaissance

Des services techniques personnalisés en fonction des besoins de chaque client sont proposés, dès la phase de conception, en passant par les études sur modèles physiques et jusqu'à la fin de la construction, en répondant aux exigences de qualité, de sécurité et d'économie des projets :

- Des solutions ACCROPODE™ II ainsi que des commentaires sur la conception sont proposés gratuitement et sans obligation aux différents stades du projet (avant projet sommaire, appel d'offres travaux...) permettant aux Maîtres de l'Ouvrage, Maîtres d'Œuvre, concepteurs et Entreprises intéressés d'apprécier les avantages tout en bénéficiant d'un retour d'expérience acquis sur de nombreux projets.
- La modélisation physique est fortement recommandée pour l'optimisation du projet. Des maquettes de blocs sont fournies à tout laboratoire hydraulique qualifié. Si nécessaire, un technicien de CLI se déplacera au laboratoire afin de fournir une assistance à la pose des maquettes.
- Des prestations techniques sont fournis sur le terrain au cours des phases majeures de construction. Des conseils pratiques sont donnés sur la fabrication, la maintenance et la pose. Un spécialiste de CLI est chargé d'assister l'entreprise pour chaque projet spécifique, de la fabrication à de la pose des blocs, guidant ainsi les entreprises à mettre en œuvre les technologies de la manière la plus appropriée. L'assistance technique CLI est particulièrement efficace lorsqu'elle est portée en début de travaux, voire avant la phase d'organisation de chantier, afin de faire les choix les plus appropriés (matériel et méthodes). Il est recommandé d'associer les spécialistes CLI aussitôt que possible à l'organisation des travaux de fabrication et pose des blocs.

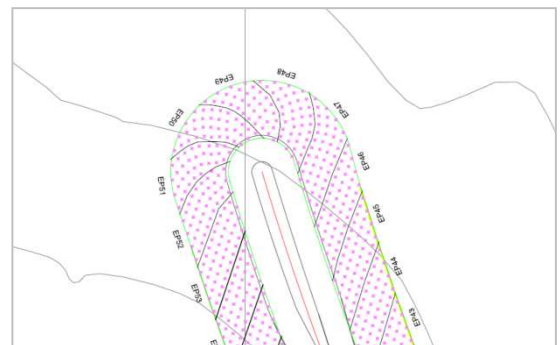
L'expérience acquise en conception, en laboratoire et sur le terrain au cours de nombreuses années dans les conditions de projets les plus diverses sont ainsi mises à disposition de l'utilisateur.



Documentation technique ACCROPODE™ II



Assistance à la pose des maquettes



Plan de pose fourni à l'entreprise



Assistance à l'entreprise sur le chantier



Economies et gain de temps

La technique ACCROPODE™ II ainsi que les services associés proposés par CLI permettent de réaliser des économies aux différents stades de votre projet.

Au stade de la conception la bonne stabilité à la houle du bloc ACCROPODE™ II accompagné d'une assistance basée sur une longue expérience permet d'optimiser les volumes de béton, et de gagner du temps afin d'arriver rapidement à un ouvrage stable et économique.

Au stade de la construction l'assistance technique de CLI auprès de l'entreprise permet d'optimiser le couple qualité - temps d'exécution, sur la préparation du chantier, la fabrication des blocs, ainsi que sur la pose. La technique ACCROPODE™ II permet également de réduire les durées de pose.

A plus long terme, la robustesse du bloc et le faible entretien qu'il nécessite permettent de construire des ouvrages pérennes qui limiteront les coûts d'entretien.

Partenariats

Dans sa recherche de solutions CLI développe des partenariats avec des spécialistes de haut niveau. C'est pourquoi CLI est en mesure de répondre rapidement à toute demande particulière sur tous les sujets liés aux carapaces en blocs artificiels.

Quelques partenaires

- Imperial College
- Itsaca
- Mesuris
- Plongeurs experts
- Fabricants de coffrages
- Laboratoires d'hydrauliques

En bref

Pionnière de la technologie monocouche, la technique ACCROPODE™ est devenue la référence en matière de protection de carapace moderne.

Une réflexion continue depuis les années 80, dans le but d'améliorer cette technique, soutenue par des études spécifiques ont données naissance au bloc ACCROPODE™ II, hydrauliquement plus performant, plus robuste, plus simple d'utilisation et plus économique que son prédécesseur.

CLI continue sur la base des projets monocouches et des études de recherche et développement d'améliorer ses connaissances dans le domaine des carapaces en blocs artificiels afin de fournir les meilleurs services à chacun de ses Clients.

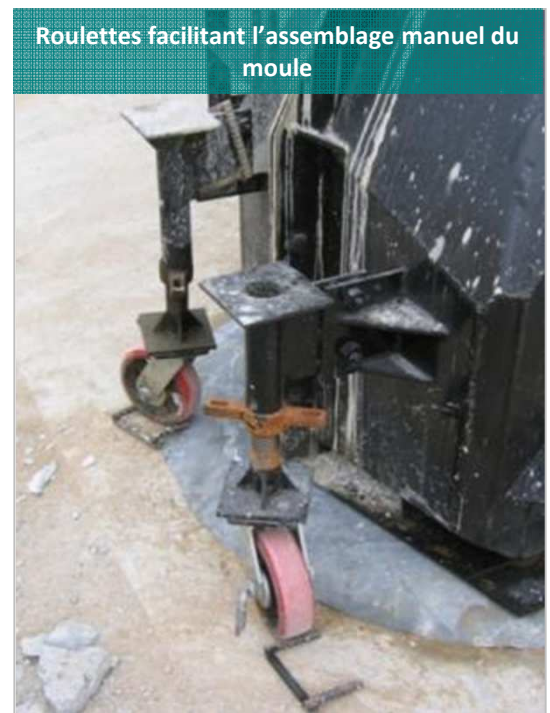
Références

- Catalogue et brochures CLI édités en septembre 2004.
- Le bloc de carapace ACCROPODE™II. Premiers résultats de l'analyse par éléments finis, de M. Fons et P. Wniecki, septembre 2004.

Références ACCROPODE™ II

N° de projet	Projets Maritimes Réalisés avec la Technique de Carapace Monocouche ACCROPODE™ II	Tailles de blocs utilisés (m³)	Année	Profond. d'eau Max	Essais en modèle	
				h(m)	2D	3D
11	Italie – Aspra – Brises-lames détachés au large	4	En préparation	-	Non	Oui
10	EAU – Abu Dhabi – Zakum artificial islands	4	2011	-	Oui	Oui
9	EAU – Abu Dhabi - Satah Al Raz Booth (SARB)	3	2011	-	Oui	Oui
8	Cap Vert – Vale de Cavaleiros – Extension au nord du port commercial existant situé à l'ouest de l'île de Fogo (au sud de l'archipel du Cap Vert). L'agrandissement comprend le prolongement de 300m de la digue principale et la construction d'une contre digue au nord par profondeur -5m	3/6	2010	5,5	Non	Oui
7	France – Cerbère – Reconstruction de la structure existante en enrochements endommagée durant la tempête de déc. 08	9	2010	11,0	Non	Oui
6	Inde – Kattupalli – - Chantiers navals. Nouveau port situé au nord de Chennai sur la côte Est de l'Inde - Deux digues de plus de 2 km de long protégées en section courante par une carapace ACCROPODE™ et aux musoirs avec des blocs ACCROPODE™ II (seconde génération)	4/6	2010	12	Non	Oui
5	Bénin – Port de Cotonou – Extension de l'épi de sable à l'extrémité Sud du port réduisant le transport des sédiments le long de la côte et à l'entrée du port	3/4	2009	12	Non	Oui
4	Maroc – Marchica - Nouvel aménagement de la passe d'entrée de la lagune - Deux jetées protégées en ACCROPODE™ II se prolongeant chacune de 500 m en mer	2/4	2008	8,5	Non	Oui
3	Italie – Marina d'Ospedaletti – Nouveau port de plaisance près de San Reno Liguira – Dignes de 1200 m de long – Les blocs ACCROPODE™ II sont placés dans la partie immergée de l'ouvrage avec des blocs ECOPODE™ au- dessus	4/6/8	2008	10,6	Non	Non
2	Corée du Sud - Busan Geoje tunnel - Protection de la partie la plus exposée de la section immergée du tunnel	11/15/20	2007	22,2	Non	Oui
1	Angola - Jetée de la base UFL de Dalia - Renforcement de l'ouvrage vertical existant par un talus protégé avec des blocs ACCROPODE™ II sur plus de 300 m	8	2007	8,6	Non	Oui

ACCROPODE™ II Méthodes de production





Tapis de sable



Mise en place du moule



Coulage du béton



Mise en place du béton dans le moule



Fenêtre de vibration sur le dessus du nez



Système de décoffrage



Décoffrage du bloc



½ moule en levé



Ouverture d'un coffrage de 20m³



Projection d'un produit de cure



Produit de cure projeté su un bloc fraîchement fabriqué



Bloc récemment fabriqué



Transport par chariot élévateur d'un bloc de 11 m³



Transport des blocs



Transport sur un semi-remorque



Elingage d'un bloc



Vue d'une zone de fabrication



Coulage de bloc



Plateforme de stockage



Stockage des blocs ACCROPODE™ II



Pose des blocs ACCROPODE™ II unit



Pose des blocs ACCROPODE™ II unit



Vue d'une carapace ACCROPODE™ II



Vue d'une carapace ACCROPODE™ II



Vue d'une carapace ACCROPODE™ II



Vue d'une carapace ACCROPODE™ II



CLI - Concrete Layer Innovations
B. P. 50510
37205 Tours Cedex 3
France

Tél. : +33 (0)2 47 74 18 10

Fax : +33 (0)2 47 74 18 12

Courriel: <mailto:cli@concretelayer.com>

Site internet: www.concretelayer.com

