



La mer accessible à tous : Les systèmes de tensegrité déployables au service de l'autonomie

Frédéric Jamin, Julien Averseng, Jérôme Quirant, Sarah Vigan-Amouri

► To cite this version:

Frédéric Jamin, Julien Averseng, Jérôme Quirant, Sarah Vigan-Amouri. La mer accessible à tous : Les systèmes de tensegrité déployables au service de l'autonomie. Handicap 2016 : la recherche au service de la qualité de vie et de l'autonomie, Jun 2016, Paris, France. <hal-01412454>

HAL Id: hal-01412454

<https://hal.science/hal-01412454v1>

Submitted on 8 Dec 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

La mer accessible à tous

Les systèmes de tenségrité déployables au service de l'autonomie

Frédéric JAMIN, Julien AVERSENG et Jérôme QUIRANT
Laboratoire de Mécanique et Génie Civil
UMR UM-CNRS 5508
Université de Montpellier
34095 Montpellier Cedex 5 - France
frederic.jamin@umontpellier.fr

Sarah VIGAN-AMOURI
SATT AxLR
CSU – Bâtiment 6
950 rue de Saint Priest
34090 Montpellier - France
sarah.vigan@axlr.com

Résumé — Cet article présente une solution technique innovante permettant l'accès et l'immersion en toute autonomie des personnes à mobilité réduite. Il s'agit d'une structure légère déployable permettant de réaliser un ponton utilisable par tous et pouvant donner accès à de multiples activités nautiques (baignade, toboggan, embarquement, etc.). La pliability du système est un atout qui a pour but de faciliter le stockage, le transport, l'installation sur site mais aussi sa libération en fin de concession à chaque saison. La structure porteuse est une grille de tenségrité qui permet de maintenir un plancher rigide et stable au dessus de l'eau tout en minimisant le poids et, par sa transparence, l'effet des actions dues à la houle. Ce système modulaire permet par assemblage, de constituer des cheminements de grandes longueurs sur tout profil de terrain, donnant accès à des zones de baignade de profondeur suffisante.

Mots Clefs — mer, plage, baignade, structure déployable

I. INTRODUCTION

L'adoption de la loi du 20 juin 1936 [1] instituant le droit d'un congé payé annuel par le gouvernement a permis à de nombreux citoyens de partir en vacances et de découvrir les plages des côtes bretonnes et normandes. En 2014, les vacanciers choisissent à 72 % la France dont la destination préférée pour la période estivale reste le bord de mer (61 %) devant la campagne (16 %), la ville (13 %) et la montagne (10 %) selon une étude réalisée par le cabinet Protourisme.

Pour les personnes en situation de handicap, 52% partent en vacances au moins une fois par an et le bord de mer est également leur destination favorite (43%). En France métropolitaine, selon une étude de l'INSEE en 2007, 5,8% de la population active de 15 à 64 ans déclarent avoir une ou plusieurs déficiences motrices et 18,4% de la population à 65 ans et plus. Selon certaines estimations, la proportion de personnes âgées serait de 30,6 % en 2035 et de 31,9 % en 2050. De fait, l'enjeu touristique vis-à-vis de la baignade en mer pour les personnes à mobilité réduite (incluant les personnes en situation de handicap physique et les personnes âgées ayant des difficultés à se mouvoir) est réel.

Depuis la parution de la loi n°2005-102 du 11 février 2005 [2] et du décret n°2006-555 modifié [3,4], les nouvelles constructions sont tenues de respecter les règles d'accessibilité mentionnées dans l'arrêté du 1^{er} août 2006 modifié [5,6] relatif aux établissements recevant du public (comme les « restaurants

de plage ») et aux installations ouvertes au public (comme les sanitaires publics aux abords des plages). Les plages sont considérées comme des espaces publics conformément aux décrets n°2006-1657 et n°2006-1658 [7,8] et dès lors doivent répondre à l'arrêté du 15 janvier 2007 modifié [9,10]. Contrairement à la demande forte du législateur de mettre en conformité l'ensemble des établissements recevant du public, le texte réglementaire concernant les voiries et les espaces publics ne prévoit que la mise en place d'un plan de mise en accessibilité qui n'est applicable que si des travaux sont prévus. Dès lors, la mer reste inaccessible en toute autonomie aux personnes à mobilité réduite.

Pourtant, quelques communes du littoral investissent pour donner accès à la plage et à la baignade mais les dispositifs offerts se limitent à des tapis de plage et des fauteuils spécifiquement étudiés (tiralo©, amphiby© ou hippocampe©) qui sont souvent perçus comme des équipements médicaux puisque la présence d'accompagnants valides est indispensable pour entrer et sortir de l'eau. Quelques initiatives ont été proposées pour donner pleinement accès à cet espace public dans le respect de l'environnement comme, par exemple, le projet « un fauteuil à la mer » dans la commune de Giens. Néanmoins, sur les bords de mer s'ajoute la problématique du respect de la loi du 3 janvier 1986 [11] relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral. Une des conditions majeures à respecter est que les équipements ou installations doivent être démontables et transportables, ne comportant aucun élément de nature à les ancrer durablement au sol et doivent être conçus de manière à permettre un retour du site à l'état initial en fin de concession.

Après une synthèse sur le constat de non accessibilité à la baignade en mer pour les personnes à mobilité réduite jusqu'au concept du projet « la mer pour tous », nous présentons l'étude de marché en mettant en avant les points forts et les points faibles du concept. Ensuite, nous décrivons succinctement le cahier des charges à respecter pour répondre aux exigences réglementaires, normatives et architecturales du projet. Dès lors, nous détaillons notre solution technique basée sur l'extension d'une structure de tenségrité fixe baptisée « Tensarch » en lui permettant une complète pliability afin de respecter le cahier des charges présenté. Nous terminons par les perspectives où nous prévoyons notamment une première mise en place sur site dans le courant de l'année.

II. DU CONSTAT AU CONCEPT

Dans l'eau, nous sommes tous égaux : « Tout corps plongé dans un fluide reçoit de la part de ce fluide une force verticale, vers le haut dont l'intensité est égale au poids du volume de fluide déplacé ». Cet énoncé, qui est communément connu sous le nom de principe d'Archimède, n'exclut personne. Pour le bien être et la santé, les bienfaits de l'eau sont largement utilisés par la balnéothérapie. Dans un cadre thérapeutique pour les personnes handicapées, elle permet la relaxation, la stimulation sensorielle et la motricité car l'eau est une médiation incontournable dans la prise en charge de certaines pathologies. Dès lors, pourquoi ne pas donner un accès libre et permanent pour tous à une ressource gratuite dénommée « la mer » ? Plusieurs raisons peuvent expliquer cet état de fait :

- des raisons techniques : l'accès à la plage est souvent barré par des barrières, les fauteuils roulants s'enlisent dans le sable et on ne peut pas rentrer dans l'eau,
- des raisons psychologiques des personnes à mobilité réduite : peur d'aborder la foule lorsque vous vous sentez exclus ou peur de montrer son handicap dans un lieu où règne le culte du corps parfait,
- des raisons idéologiques des autres usagers : peur de la différence et de la contagion.

Pour répondre à ce constat, un recueil de bonnes pratiques [12] apporte des solutions pour permettre, à toute personne en situation de handicap, un accès libre et en toute autonomie à la plage et à la mer, y compris à la baignade, et ce sans aucune stigmatisation. L'objectif est de développer un nouveau concept combinant accessibilité, design et revalorisation des bords de mer en répondant à plusieurs problématiques sociétales : le tourisme et le handicap, la mobilité et le vieillissement de la population, l'insertion des sportifs handicapés et l'égalité de tous face aux plaisirs de l'eau. Ainsi, la qualité des espaces créés répondra aux attentes des vacanciers dans une approche sociale et innovante (Fig. 1).

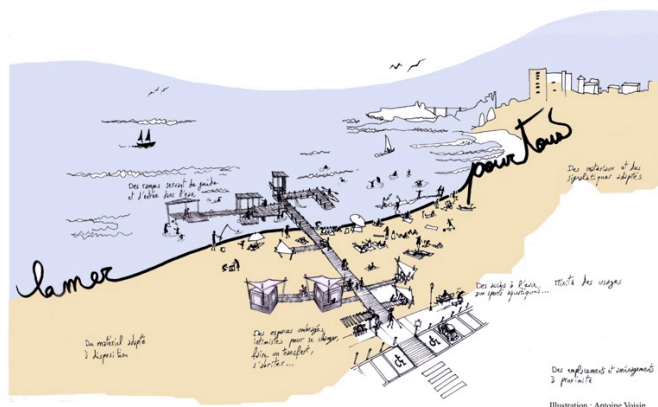


Fig. 1. Le projet «La mer pour tous»

Ce concept propose, outre de fournir un accès praticable et des équipements permettant la mise à l'eau des personnes en situation de handicap, d'offrir un espace ludique et convivial en y associant des espaces de jeux (toboggan) ainsi que des espaces d'embarquement pour la pratique de multiples activités nautiques (jet-ski, canoë-kayak, paddle, etc.).

III. L'ÉTUDE DE MARCHÉ

En 2014, une étude de marché sur le concept « la mer pour tous » a été menée sur un panel de personnes en situation de handicap physique ainsi que vers des représentants de collectivités locales et territoriales de l'Hérault.

A. Les personnes en situation de handicap physique

Dans cette étude, 29 personnes de plus de 15 ans (Tab. 1) ont été interrogées dont 52% de femmes et 48% d'hommes.

TABLE I. TRANCHE D'ÂGE DES PERSONNES INTERROGÉES

15 – 29 ans	30 – 49 ans	50 – 65 ans	+ 65 ans
10 %	38 %	35 %	17 %

La majorité des personnes interrogées fréquente le bord de mer, plus que la plage, et s'y rend plus souvent en dehors de la saison estivale ; seul les moins de 30 ans vont plus souvent à la plage en été. Sur les dispositifs disponibles actuellement pour l'accessibilité des plages, ils apprécient les efforts entrepris (tapis de plage et fauteuils spécifiquement étudiés pour l'immersion dans l'eau), mais l'accès à l'eau reste encore difficile puisque les installations existantes ne vont pas jusqu'à la mer.

A la présentation du concept, les personnes en situation de handicap interrogées répondent :

- le bénéfice principal apporté est bien apprécié et 83% d'entre eux seraient prêts à utiliser l'installation,
- l'implantation dans un lieu accessible à tous est préférée à un lieu réservé aux personnes en situation de handicap, mais le site choisi doit quand même être assez calme, garantir un accueil agréable et des prestations adaptées aux personnes à mobilité réduite en priorité,
- le soutien des personnes en situation de handicap est très fort et se traduit par des intentions d'utilisation et de participation financière très élevées : 93% d'entre eux seraient prêts à payer une cotisation de 15 € / an.

B. Les collectivités locales et territoriales

Dans cette étude, une dizaine de collectivités ont été consultées sur le concept dont des communes du littoral héraultais, la Direction Départementale des Territoires et de la Mer et le conseil général de l'Hérault ainsi que Hérault tourisme.

Les points forts retenus ont été le dispositif novateur de mise à l'eau permettant une plus grande autonomie des utilisateurs, la complémentarité avec les équipements existants pour les plages labellisées et la présence de fonctions ludiques (embarquement pour activités de glisse, jeux pour enfants, etc.) pouvant servir à un autre public que les personnes à mobilité réduite.

Les points faibles mis en avant ont été le manque de finalisation sur les plans technique et juridique, la nécessité de surveillance et d'entretien d'un tel équipement et le manque de site vierge à équiper puisque toute demande d'implantation d'une structure passe par la concession des plages en mairie.

Concernant l'éventuelle participation financière des collectivités sur ce projet, la « labellisation » du concept en proposant un niveau d'accessibilité supérieur aux dispositifs existants permettrait au projet d'être soutenu et financé. Cependant, les budgets alloués pour l'accessibilité des plages resteront faibles en comparaison aux établissements recevant du public (devant être mis en conformité) et aux voiries qui restent deux pôles d'investissement prioritaires. De plus, les collectivités anticipent un coût d'investissement assez élevé (supérieur à 15000 €).

IV. LE CAHIER DES CHARGES

À la présentation du concept et aux remarques édictées dans l'étude de marché, la structure de ponton et ces équipements doivent répondre à un cahier des charges strict et complexe.

Tout d'abord, d'un point de vue réglementaire :

- la loi du 3 janvier 1986 [11] relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral : tout aménagement dans le cadre de concession de plage doit pouvoir être démontable sans laisser d'éléments pouvant nuire à l'environnement,
- le décret n°2006-608 du 26 mai 2006 [13] relatif aux concessions de plage,
- l'arrêté du 15 janvier 2007 modifié [9,10] : tous les éléments doivent respecter les prescriptions techniques en termes de repérage, de guidage, de caractéristiques dimensionnelles et de sécurité d'usage.

Ensuite, d'un point de vue normatif :

- la NF X35-109 [14] : le poids des éléments démontés de la structure doit rester dans les limites acceptables de port de charge occasionnel,
- les Eurocodes : les charges permanentes, d'exploitation et les effets de houle et des courants marins ne doivent pas porter préjudice à la stabilité de l'ouvrage.

Enfin, d'un point de vue architectural :

- la structure doit rester stable en toute circonstance ce qui proscrit la solution technique de ponton flottant,
- la structure doit pouvoir s'adapter à la topographie de chaque site et être modulaire avec des éléments pouvant être ajoutés ou retirés à la guise,
- la partie immergée du ponton ne doit pas causer de préjudice à autrui et doit se fondre dans l'environnement,
- la plateforme doit être au minimum à 30 cm au-dessus du niveau de la mer à marée haute et l'immersion dans la mer des personnes à mobilité réduite doit être effectuée avec une profondeur d'eau minimale de un mètre cinquante.

À partir de l'ensemble de ces éléments, nous avons pu proposer une solution technique innovante issue d'une recherche académique au sein du Laboratoire de Mécanique et de Génie Civil.

V. LA SOLUTION TECHNIQUE DÉVELOPPÉE

La solution technique proposée pour répondre au cahier des charges repose sur une structure légère « pliable/dépliable ». L'intérêt est de pouvoir passer d'une configuration plus ou moins compacte, occupant un volume réduit (configuration pliée) à une configuration d'utilisation occupant un grand volume (configuration dépliée), et vice-versa. Le pliage a essentiellement pour but de faciliter le transport et le stockage en se présentant sur une forme de fagot de volume et de poids limités. Le dépliage permet d'accélérer la mise en place du système dans sa configuration d'utilisation en prenant la forme d'une grille spatiale sur laquelle un platelage peut être installé ainsi que l'ensemble des équipements. Parmi ces équipements, un ascenseur (ou une rampe) situé en bout de ponton et au dessus de la zone de baignade permettra à une personne à mobilité réduite de s'immerger en fauteuil en toute autonomie.

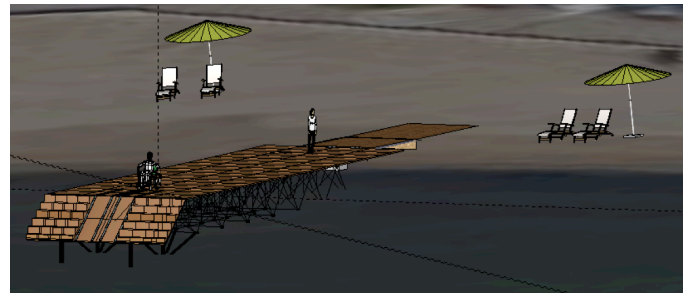


Fig. 2. Vue d'ensemble du projet

La structure principale, plane et d'épaisseur uniforme, est posée sur des appuis ponctuels de hauteur réglable afin de s'adapter au relief du terrain. Ces appuis seront des ancres de type Skrew utilisés fréquemment pour l'amarrage des bateaux en mer sur fond sablonneux.

A. La structure originelle : Tensarch

Le système à la base de cette solution à géométrie variable est une grille de tensegrité développée dans le cadre du projet Tensarch en 2000 [15] (Fig. 3) ayant fait l'objet d'un brevet d'invention en 2002 [16]. Le principe de tensegrité, qui fut développé dans les années 50, repose sur l'auto équilibre stable d'un réseau discontinu de composants linéaires comprimés, généralement des barres, à l'intérieur d'un réseau continu tendu, formé de câbles [17].

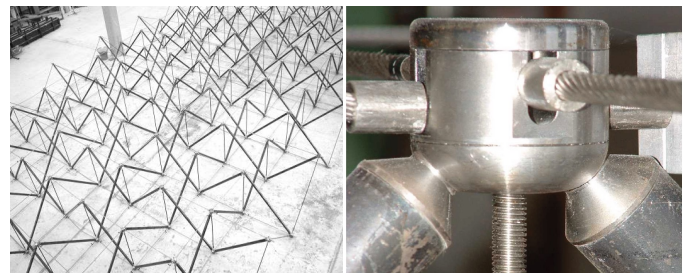


Fig. 3. La grille de Tensegrité Tensarch à nœuds fixes

Ce principe est tout à fait analogue aux systèmes gonflables, formés d'un milieu comprimé (air ou autre fluide) à l'intérieur d'une enveloppe étanche tendue.

La topologie du système Tensarch s'inspire du tissage : le réseau comprimé est formé de sous-ensembles continus de barres reliant alternativement des nœuds d'une nappe à l'autre, à l'image des fils de chaîne et de trame qui forment les tissus. Ces ensembles comprimés sont maintenus à l'intérieur d'un réseau tendu de câbles constitué de deux nappes horizontales et d'éléments traversants, dit tendeurs, entre les nœuds de chaque nappe (Fig. 3). Ce système est modulaire car des grilles de toutes dimensions peuvent être formées en juxtaposant le nombre suffisant de modules de base dans les deux directions du plan [18].

Ce type de système a été choisi car il apparaît tout à fait adapté au cahier des charges du projet. Il permet d'abord de constituer une surface d'utilisation rigide et stable. De plus, par l'usage de câbles en tant qu'éléments tendus, la structure en semi-immersion offre naturellement une certaine transparence vis-à-vis des actions dues à la houle. La topologie est extensible et autorise, par assemblage de sous-structures ou modules, la constitution de cheminements de longueur quelconque. Enfin, la présence de câbles rend surtout le système léger et, grâce à des nœuds adaptés, aisément pliable, ce qui permet de construire des modules compacts portables.

B. La structure déployable : approche numérique

En amont de la réalisation de tout prototype et pour étudier la faisabilité du projet, une étude numérique de la mise en œuvre de la structure fut menée. Le cas d'étude est une grille plane occupant 6x4 unités cubiques de 80 cm de côté, permettant de couvrir une surface d'environ 15 m².

La procédure de déploiement, qui permet de passer d'une forme de « fagot » à la géométrie finale, est inspirée des études cinématiques menées par Smaili et al. [19] sur le pliage de différentes topologies de grilles planes de tensegrité, notamment Tensarch (Fig. 4). Dans cette proposition, le fagot initial est constitué de tous les éléments à l'exception des tendeurs verticaux qui servent à la mise en tension et au réglage de l'autocontrainte. En effet, le pliage n'est possible que sous contraintes nulles, dans un état de forme non déterminé.

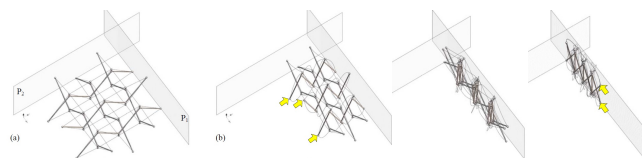


Fig. 4. Principe de pliage de grille Tensarch

Le montage de cette structure se déroule en trois étapes :

- le fagot, de forme compacte, est d'abord déployé de manière approchée dans le plan,
- les tendeurs verticaux sont mis en place entre les nœuds en vis-à-vis, ce qui permet d'atteindre la géométrie finale,
- la structure est mise en tension et rigidifiée par action sur les éléments tendeurs.

Nous présentons différents états du mode de déploiement proposé (Fig. 5). Ces vues sont issues d'une simulation numérique du pliage d'une grille, réalisée de l'état déployé (6)

vers l'état de fagot (1). Dans le modèle utilisé [20], tous les nœuds de la nappe supérieure sont bloqués verticalement, suspendus à une altitude fixe afin que le moteur du mouvement soit le poids propre seul. Le calcul est mené en dynamique explicite sur un modèle simple de type masse-ressort dans lequel les câbles sont modélisés comme une chaîne de 8 éléments de type barre. Cette simulation permet de montrer que le pliage ou le déploiement sont, dans cette première approche avec un modèle simple où tous les éléments sont parfaitement articulés entre eux, des processus ne demandant qu'un minimum d'effort et menant à une configuration compacte. En réalité, les liaisons des barres aux nœuds sont semi-rigides voire articulées mais souvent selon un seul axe. De plus, la rigidité flexionnelle des câbles n'est pas totalement négligeable, particulièrement en état plié. En considérant cela, il semble toutefois envisageable d'aboutir à une configuration similaire à l'étape 2 (Fig. 5).

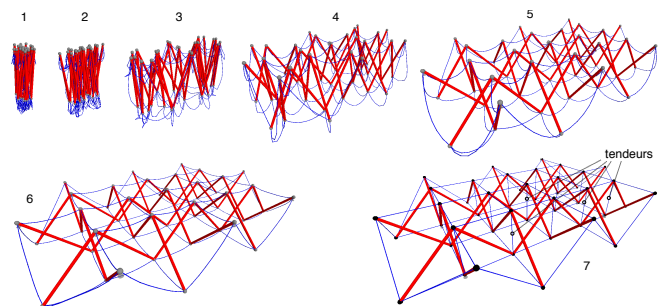


Fig. 5. Étapes du dépliage (1 à 6) et état géométrique final (7)

Afin de pouvoir former un fagot à l'état plié, il a été nécessaire d'adapter le nœud développé pour la grille Tensarch. Deux barres concourantes en un même point devaient pouvoir être repliées côte à côte. Pour cela, un nouveau nœud a été conçu de telle sorte qu'une des deux barres soit encastrée et l'autre articulée (Fig. 6).

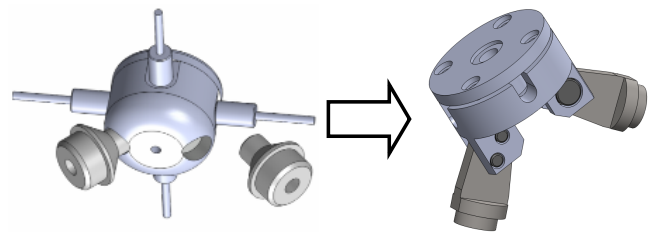


Fig. 6. Adaptation du nœud de la grille Tensarch pour la pliabilité

La liaison des câbles concourant au nœud reste inchangée, leur souplesse permettant naturellement le pliage à l'état de fagot. Un modèle volumique du nœud et des pièces d'assemblage avec les barres ont été réalisés en CAO dans le but de construire une maquette.

C. La réalisation d'une maquette

Afin de présenter un modèle physique sur lequel valider le concept et le mode de montage proposé, nous avons réalisé une première maquette à échelle 1/2. Le modèle de nœud, constitué du corps et des embouts de barres, a été directement produit en Acrylonitrile Butadiène Styrène (polymère thermoplastique) par la technique d'impression 3D par ajout de matière (Fig. 7).

Les barres sont constituées de tubes PolyVinyl Chloride de diamètre 10 mm et les tendeurs verticaux sont des tiges filetées. Les autres composants tendus sont fait à partir de fil de tendeur élastique, très souple axialement afin de limiter les efforts dans les barres et surtout les liaisons.

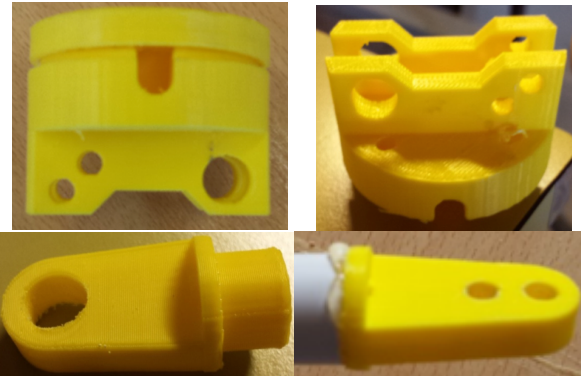


Fig. 7. Nœuds et embouts de barres en ABS réalisés par prototypage 3D

Lors du premier montage, un dispositif de maintien a été mis en œuvre pour un assemblage dans la géométrie déployée et la mise en tension du système. Cela a été rendu nécessaire par la fragilité des nœuds, car malgré une très bonne reproduction des formes, le processus d'impression par couches successives ne permet pas de reconstituer un matériau au comportement isotrope. La géométrie finale a pu être assemblée en prenant quelques précautions (Fig. 8).

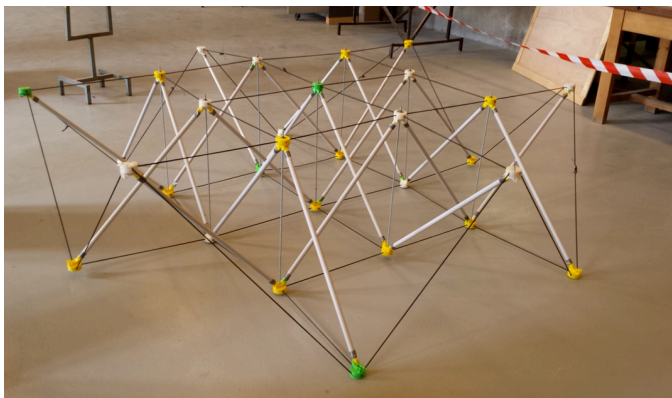


Fig. 8. Vue d'ensemble de la maquette réalisée par prototypage 3D

L'expérimentation du pliage de la maquette selon le mode proposé était le second objectif d'importance dans ce projet [21]. Malgré quelques ruptures dans des éléments d'assemblage, la grille a pu être repliée sous la forme d'un fagot (Fig. 11) sans grandes difficultés.

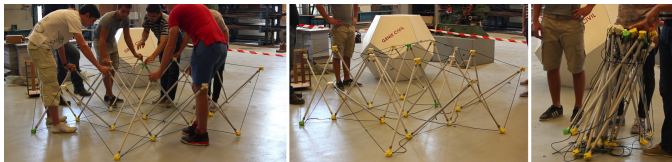


Fig. 9. Pliage de la maquette

VI. PERSPECTIVES

Un second prototype en matériau métallique a été réalisé avec des barres en aluminium de diamètre 40 mm et 2 mm d'épaisseur ainsi que des câbles en acier de diamètre 5 mm. Le prototype, d'une masse de 40 kg pour une surface de 16 m², est le premier démonstrateur robuste construit validant le concept.

A ce jour, des modifications substantielles sur les principaux éléments composant la structure ont été apportées pour :

- optimiser le pliage de la structure afin d'obtenir le fagot (1) tel que décrit à la figure 5,
- faciliter le montage et le démontage de la structure illustrés à la figure 9,
- supporter un platelage stable et rigide sur toute la surface de la structure,
- adapter le système d'appui au sol (ancrage Skrew) à notre structure,
- mettre en place les équipements annexes pour répondre au concept « la mer pour tous ».

Dans le courant de l'année, nous prévoyons de réaliser des relevés topographiques de différentes plages sur la côte languedocienne pour choisir un site adéquat à la mise en place d'une première structure complète. Néanmoins, la solution technique proposée est en cours de dépôt de brevet ce qui nous oblige à ne pas divulguer nos dernières avancées sur ce projet.

VII. CONCLUSION

Après un rapide présentation du concept « la mer pour tous », nous avons présenté l'étude de marché en donnant les points forts et les points faibles du concept. Pour répondre au cahier des charges strict d'un point de vue sécuritaire et complexe d'un point de vue réglementaire et normatif, nous avons proposé une solution technique issue d'une recherche académique sur les structures de tensegrité en y associant la problématique de pliage de ces éléments. Les premières études de faisabilité sont très encourageantes et, avec l'amélioration en cours des éléments constitutifs de la structure, devront permettre de franchir un grand pas vers l'accessibilité de la mer pour tous.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier le département Génie Civil de l'IUT de Nîmes ainsi que Nîmes Métropole pour leurs investissements financiers pour la réalisation des prototypes.

REFERENCES

- [1] Loi du 20 juin 1936 institution d'un congé payé annuel dans l'industrie, le commerce, les professions libérales, les services domestiques et l'agriculture. JORF du 26 juin 1936 p 6698.
- [2] Loi n°2005-102 du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées, JORF n°36, 12 février 2005, NOR : SANX0300217L.
- [3] Décret n°2006-555 du 17 mai 2006 relatif à l'accessibilité des établissements recevant du public, des installations ouvertes au public et des bâtiments d'habitation et modifiant le code de la construction et de l'habitation, JORF n°115, 18 mai 2006.

- [4] Décret n°2007-1327 du 11 septembre 2007 relatif à la sécurité et à l'accessibilité des établissements recevant du public et des immeubles de grande hauteur, modifiant le code de la construction et de l'habitation et portant diverses dispositions relatives au code de l'urbanisme, JORF n°211, 12 septembre 2007.
- [5] Arrêté du 1er août 2006 fixant les dispositions prises pour l'application des articles R. 111-19 à R. 111-19-3 et R. 111-19-6 du code de la construction et de l'habitation relatives à l'accessibilité aux personnes handicapées des établissements recevant du public et des installations ouvertes au public lors de leur construction ou de leur création, JORF n°195, 24 août 2006.
- [6] Arrêté du 30 novembre 2007 modifiant l'arrêté du 1er août 2006 fixant les dispositions prises pour l'application des articles R. 111-19 à R. 111-19-3 et R. 111-19-6 du code de la construction et de l'habitation relatives à l'accessibilité aux personnes handicapées des établissements recevant du public et des installations ouvertes au public lors de leur construction ou de leur création, JORF n°0294, 19 décembre 2007.
- [7] Décret n°2006-1657 du 21 décembre 2006 relatif à l'accessibilité de la voirie et des espaces publics, JORF n°0297, 23 décembre 2006.
- [8] Décret n°2006-1658 du 21 décembre 2006 relatif aux prescriptions techniques pour l'accessibilité de la voirie et des espaces publics, JORF n°0297, 23 décembre 2006.
- [9] Arrêté du 15 janvier 2007 portant application du décret n°2006-1658 du 21 décembre 2006 relatif aux prescriptions techniques pour l'accessibilité de la voirie et des espaces publics, JORF n°29, 3 février 2007.
- [10] Arrêté du 18 septembre 2012 modifiant l'arrêté du 15 janvier 2007 relatif aux prescriptions techniques pour l'accessibilité de la voirie et des espaces publics, JORF n°0229, 2 octobre 2012.
- [11] Loi n°86-2 du 3 janvier 1986 relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral, JORF du 4 janvier 1986 p 200.
- [12] La mer ouverte à tous, Montpellier, Editions de l'Espérou, 2001.
- [13] Décret n° 2006-608 du 26 mai 2006 relatif aux concessions de plage, JORF n°123, 28 mai 2006.
- [14] NF X35-109, Ergonomie - Manutention manuelle de charge pour soulever, déplacer et pousser/tirer - Méthodologie d'analyse et valeurs seuils, Octobre 2011.
- [15] R. Motro, Tensarch Project, Fifth International Conference on Space Structures, Guilford (U.K.), 2002.
- [16] CNRS - Tissage et Enduction Serge Ferrari SA - Inventeurs : V. Raducanu, R. Motro, brevet d'invention n°FR2823287A1, 9 avril 2001
- [17] R. Motro, Tensegrity, Structural systems for the future, Hermès Pinton Sciences, 250 pp, 2003.
- [18] J. Quirant, M.N. Kazi-Aoual, R. Motro, Designing tensegrity systems: the case of a double layer grid. Engineering Structures, 25(9), 2003, p. 1121-1130
- [19] A. Smaili, R. Motro, Foldable/unfoldable curved tensegrity systems by finite mechanism activation, Journal of the International Association for Shell and Spatial Structures, 47 (155), 2007.
- [20] J. Averseng, J. Quirant, J.-F. Dubé, Interactive dynamic design and analysis of tensegrity systems, International Journal of Space Structures, vol. 27 (2), 2012, p. 97-105.
- [21] <http://transfert.lmgc.univ-montp2.fr/~quirant/Ponton.mp4>