

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ÉCOLE POLYTECHNIQUE D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME

epau



Laboratoire Architecture Construction et Environnement

**Mémoire pour l'obtention
du diplôme de
MASTER EN ARCHITECTURE**

Option : Architecture construction et Environnement

Thème

**Les Structures textiles en architecture et leur
intégration au contexte Algérien**

Présenté et soutenu

le 04 mars 2018 par :

LABZOUZI Mohamed

Encadré par : Mr. BOUZID Farid

Devant le jury composé de :

Présidente : Dr MEZOUARI Fadila

Examineur : Dr HASSAINE Saïd

Examineur : Mr GUERROUCHE Kheir-Eddine.

Remerciement

Tout d'abord je remercie dieu le tout puissant de m'avoir donné la volonté et le courage nécessaire pour pouvoir mener à bien ce travail

Je remercie particulièrement mes parents pour leurs sacrifices et soutiens, comme tous les membres de ma famille.

Je tiens à exprimer ma gratitude et mes sincères remerciements à mon encadreur de mémoire Mr BOUZID Farid pour tout le temps qu'il m'a consacré, ces directives, et pour ses encouragements tout le long de ce travail

Je tiens aussi à remercier toutes personnes qui m'ont aidé de près ou de loin

Un énorme merci à tous

Résumé

Aujourd'hui, les structures textiles constituent une tendance d'architecture marquante à travers le monde sous le nom de l'architecture textile. L'intégration des textiles à l'architecture, y compris les processus, les techniques et les matériaux impliqués, a une longue histoire qu'a commencée des premiers habitats, à savoir les tentes préhistoriques qui comprennent les yourtes de Mongolie, le tipi nord-américain et la tente noire d'Arabie. Suite aux avancées technologiques, les structures textiles ont pu parcourir un long chemin et ils donnent naissances actuellement à des projets architecturaux de grande envergure et de formes complexes.

L'architecture textile à travers ses structures ont donnent naissances actuellement à des œuvres architecturales, à travers le monde .De nombreuses caractéristiques rendent les structures textiles très attrayantes pour les architectes. Elles ont de nombreux avantages, tels que leur grande échelle et leurs exigences de construction simples. Elles peuvent aussi être facilement démontés et transportées, ce qui signifie qu'elles ont de nombreuses applications et utilisations possibles. En outre, ils sont réputés pour leur sécurité et leur fiabilité, ce qui leur confère un attrait particulier pour les structures à grande échelle. D'un point de vue économique, ils sont très économes en énergie et relativement peu coûteux à construire. Ainsi, ils ont un attrait esthétique et sont considérés comme des œuvres d'arts. Toutes les fonctionnalités mentionnées ci-dessus représentent la raison derrière leur utilisation en projets de construction, d'urbanisme, de patrimoine ainsi dans les projets des cas d'urgences. De plus, elles permettre une grande variété d'applications. Avec les innovations et le développement des technologies architecturales, plus de designs commenceront à être intégrés dans la conception de bâtiment moderne.

En revanche, de telle architecture s'avère presque absents dans notre contexte local et la production architecturale algérienne reste limitée et conditionnée par les matériaux et techniques de constructions relativement traditionnelles. L'objectif est de former une trousse d'information concernant l'architecture textile, de mettre en lumière le sujet et de démontrer la capacité d'utiliser les matériaux textiles en architecture ainsi que les différentes opportunités et solutions innovantes qu'ils présentent .Nous tentons la mise en pratique du sujet traité en proposant l'intégration des matériaux textile en architecture locale dans des projets différents en allant de l'échelle du bâtiment vers l'aménagement urbain .Pour conclure par un l'élaboration d'un guide qui sert de référence aux architectes et ingénieurs comptants intégrer les textiles dans leurs projets, ce guide englobe les différentes étapes pour la réalisation d'une structure textile et constitue une synthèse des différentes informations acquises.

Mots clés : Architecture textile , structures textiles

ملخص

في الوقت الراهن الهياكل المعمارية النسيجة أضحت اتجاها معماريا لافتا في جميع أنحاء العالم تحت مسمى "الهندسة المعمارية النسيجية". إن دمج المنسوجات في الهندسة المعمارية، له تاريخ طويل يتجذر من أولى أنواع المساكن، والتي كانت عبارة عن خيام ما قبل التاريخ التي تشمل خيم يورت المنغولية، و خيم تيبتي للهنود الحمر والخيمة العربية السوداء. ونتيجة للتقدم التكنولوجي، قطعت هياكل المنسوجات شوطا طويلا وهي تشهد حاليا إنشاء مشاريع معمارية هائلة الحجم ومعقدة الأشكال.

لقد ولدت هندسة النسيج من خلال هياكلها المميزة أعمالا معمارية في مختلف أنحاء العالم، والعديد من الميزات تجعل هياكل النسيج جذابة للغاية للمهندسين المعماريين. نذكر منها القدرة على تغطية مساحات واسعة دون الحاجة لكميات هائلة من المواد الإنشائية. ويمكن أيضا تفكيكها بسهولة ونقلها، مما يعني أن لديها العديد من التطبيقات والاستخدامات. وبالإضافة إلى ذلك، فهي معروفة بمعايير السلامة العالية كمقاومة الزلازل والحرائق، مما يجعلها مناسبة بشكل خاص للبنى التحتية الواسعة النطاق كالملاعب والمطارات. من الناحية الاقتصادية، كما أنها فعالة جدا في اقتصاد الطاقة وغير مكلفة نسبيا للبناء. دون نسيان جانبها الجمالي الجذاب إذ ليست مجرد هياكل إنشائية وإنما تعتبر قطعاً فنية. جميع الميزات المذكورة تمثل السبب وراء استخدامها في مشاريع البناء، والتخطيط الحضري، والتراث، وكذلك في مشاريع الطوارئ. وبالإضافة إلى ذلك، فإنها تستخدم في مجموعة واسعة من التطبيقات. مع الابتكارات وتطوير التقنيات المعمارية سيشهد مجال الهندسة المعمارية ظهور المزيد من التصاميم المنسجمة مع تصميم المباني الحديثة.

من ناحية أخرى، فإن هذه العمارة غائبة تقريبا في السياق المحلي، إذ لا يزال الإنتاج المعماري الجزائري محدودا ومرتبطا بمواد وتقنيات بناء تقليدية نسبيا. هدفنا يتجلى في تشكيل مجموعة معلومات عن الهندسة المعمارية النسيجية، وإظهار القدرة على استخدام المواد النسيجية في الهندسة المعمارية، فضلا عن الفرص المختلفة والحلول المبتكرة التي تقدمها. كما سنحاول أن نقوم بتبني الموضوع باقتراح دمج مواد نسيجية في الهندسة المعمارية المحلية في مشاريع مختلفة الحجم من المباني إلى التخطيط الحضري.

وختاما، قمنا بإنشاء دليل مرجعي يخدم المهندسين المعماريين ومهندسي التصميم والمدنيين بهدف تحفيزهم على دمج المواد النسيجية في مشاريعهم، ويغطي هذا الدليل مختلف الخطوات التي تمر بها عملية إنشاء الهياكل النسيجية.

الكلمات المفتاحية: الهندسة النسيجية، الهياكل النسيجية،

Abstract

Today, fabric structures are a striking architectural trend around the world under the name of "**textile architecture**". The integration of textiles in architecture, including the processes, techniques and materials involved, has a long history that began from the first habitats of early civilisation, namely prehistoric tents that include Mongolian yurts, the North-American tipi and the Arabic black tent. As a result of technological advances, textile structures have come a long way and they are giving birth to large-scale architectural projects and complex shapes.

Textile architecture through its structures have given birth to many architectural works around the world. Many features make textile structures very attractive to architects. They have many advantages, such as their large scale and simple construction requirements. They can also be easily disassembled and transported, which means they have many applications and uses. In addition, they are known for their safety and reliability, which makes them particularly attractive for large-scale structures. From an economic point of view, they are very energy efficient and relatively inexpensive to build. Thus, they have an aesthetic appeal and are considered as pieces of art. All the features mentioned represent the reason behind their use in construction projects, urban planning, historical project as well as in emergency projects. In addition, they allow a wide variety of applications. With the innovations and the development of the architectural technologies, more designs will begin to be integrated into modern building design.

On the other hand, such architecture is almost absent in our local context and Algerian architectural production remains limited and conditioned by relatively traditional building materials and techniques. The aim is to form an information kit about textile architecture and demonstrate the ability to use textile materials in architecture as well as the different opportunities and innovative solutions they present. We try to put into practice the subject treated by proposing the integration of textile materials in local architecture in different projects going from the scale of the building to the urban planning. To conclude with a development of a guide that serves As a reference for architects and design engineers integrating textiles into their projects, this guide covers the different steps involved in creating a textile structure and summarizes the various information acquired.

Key words : Textile architecture , fabric structure

Table des matières

Remerciement	ii
Résumé	ii
ملخص	ii
Abstract.....	3
Table des matières	4
Liste des figures.....	7
Liste des tableaux	15
INTRODUCTION GENERALE	17
1. Introduction	18
2. Problématique.....	19
3. Hypothèses	20
4. Objectifs	20
5. Méthodologie de recherche	21
6. Structure du mémoire	22
CHAPITRE I : EVOLUTION PROCESSUELLE DE L'ARCHITECTURE TEXTILE	24
Introduction	25
I.1. Origines : Les tentes	26
I.2. De l'antiquité au modernisme	29
I.3. Après la 2eme guerre mondial.....	32
I.4. Au 3eme millénaire	37
Conclusion.....	39
CHAPITRE II : NOTIONS-CLES LIEES AU STRUCTURES TEXTILES	40
Introduction	41
II.1.Classification des structures à membranes textiles.....	42
II.1.1.Classification selon la forme des surfaces	42
II.I.2.Classification selon le principe de portance	43
II.2.Les membranes textiles.....	45
II.2.1.Composition	45
II.2.2.Types de membranes textiles	45
II.3. Critère de choix des membranes.....	51
II.3.1.Propriétés mécaniques.....	51
II.3.2.Résistance aux intempéries	52
II.3.3.Résistance au feu.....	53
II.3.4.Isolation thermique	55
II.3.5.Propriétés optiques	55

II.3.6. Propriétés Acoustique	56
II.3.7. Couleur	57
II.3. Eléments d'une structure textile	58
II.3.1. L'ossature	58
II.3.2. Les Câbles	59
II.3.3. Les éléments de connexion	61
Conclusion	64
CHAPITRE III : UTILISATION DES TEXTILES EN ARCHITECTURE	65
Introduction	66
III.1. Avantages et Opportunités d'utilisations des textiles en architecture	67
III.1.1. Création de nouvelles formes	67
III.1.2. Légèreté et sécurité	68
III.1.3. Régulation de la lumière	68
III.1.4. Transportabilité et rapidité de montage	69
III.1.5. Régulation acoustique	70
III.1.6. Bénéfices économiques	70
III.2. Domaines d'utilisations	71
III.2.1. Les équipements	71
III.2.2. Aménagements extérieurs	74
2.3 Constructions évènementielles	76
2.4 Architecture d'urgence	76
III.3. Analyse des exemples	77
III.3.1. Dôme du millénaire à Londres (L'O2 Arena)	77
III.3.2. Burdj Al Arabe à Dubaï	78
III.3.3. Terminal Hadj .Aéroport de Djeddah. Arabie Saoudite	81
III.3.4. Allianz Aréna à Munich	84
Conclusion	86
CHAPITRE IV : L'ARCHITECTURE TEXTILE DANS LE CONTEXT LOCAL	87
Introduction	88
IV.1. La production architecturale local	89
IV.2. Structures textiles en Algérie	90
IV.2.1. Le questionnaire	91
IV.3. Projet 1 : Couverture des tribunes du stade « Zougari Tahar » à Relizane	96
IV.3.1. Présentation de la ville	96
IV.3.2. Présentation du stade	97
IV.3.3. Démarche du Projet	100
IV.3.4. Avantages et inconvénients de la structure textile utilisé	110
IV.3.5. Finalité du projet	112

IV.4. Projet 2 : Aménagement urbain à El Annasser .Alger	117
IV.4.1. Présentation du site.....	117
IV.4.2. Présentation de l'assiette d'intervention.....	117
IV.4.3. Auvent de la bouche de métro N°1 (Sortie vers la place des Fusillés).....	118
IV.4. 4. Auvent de la bouche de métro N°2 (Sortie vers la rue Mohamed Boudjatit)	119
IV.4.5. Abri urbain.....	120
IV.5. Guide de réalisation d'une structure textile tendue.....	121
Conclusion	124
CONCLUSION GENERALE	125
Limites et perspectives de la recherche	127
Bibliographie	129
Annexes	136
Annexe 1 : Questionnaire	137
Annexe 2 : Photos du stade Zougari Tahar à Relizane - Etat actuelle.....	141
Annexe 3 : Projet de couverture du stade Zougari Tahar à Relizane	142

Liste des figures

Figure	Titre	Source	page
Fig. 01	Yourte Mongol	COUCHAUX Denis. Habitats nomades, Editions Anarchitecture, Paris 2011	24
Fig. 02	Montage d'une yourte	https://fr.wikipedia.org/wiki/Yourte	24
Fig. 03	Intérieur d'une yourte (un 'ger') en Mongolie	www..wikidia.org/wiki/Fichier:Mongolie_-_int%C3%A9rieur_d%27une_yourte.	25
Fig. 04	Tipi au musée de Stockholm	www.nonsensopedia.wikia.com/wiki/Plik:EMTipi.JPG	25
Fig. 05	Etapas de construction d'un Tipi	www.amerindien.e-monsite.com/pages/les-habitations-amerindiennes	25
Fig. 06	Tente Noire des nomades	www.nomadsfestival.wordpress.com/photos/khaima-des-nomades-3879/	26
Fig. 07	Dessin d'une tente noire	www.arch.mcgill.ca/prof/sijpk/arch528/fall2001/lecture2/set-15.html	27
Fig. 08	Colisée de Rome		28
Fig. 09	Colisée après reconstitution 3D	www.maquettes-historiques.net/	28
Fig. 10	Vue de l'intérieur après une reconstitution	www.velario-colosseo-velarium-colosseum.com/	28
Fig. 11	Etapas d'installation de Velum	www.velario-colosseo-velarium-colosseum.com/	28
Fig. 12	Tentes cramoisies d'Henri VII.	DREW, Philip. 2008. Structures tendus, une nouvelle architecture. [trad.] Christine Piot. s.l. : Actes Sud, 2008. p.19	29
Fig. 13	Pavillon des temps nouveaux	www.fondationlecorbusier.fr	29
Fig. 14	Vue de l'extérieur du pavillon des temps nouveaux	www.fondationlecorbusier.fr	30
Fig. 15	Dessins architectural du pavillon	www.archdaily.com/2782/zenith-strasbourg-massimiliano-fuksas (consulté le 7 nov 2017	30
Fig. 16	Intérieur du pavillon	www.archdaily.com/2782/zenith-strasbourg-massimiliano-fuksas	30
Fig. 17	Kiosque de musique à Cassel	Mémoire :Expérimentation et modélisation du comportement des structures gonflables sous chargement aéroélastique aux états -limites	31
Fig. 18	Tanzbrunnen	https://www.mimoa.eu	32
Fig. 19	Le Tanzbrunnen après rénovation	Serge Ferrari , The architecture book. www.sergeferrari.com	32
Fig. 20	Vue sur le pavillon de l'Allemagne à l'Expo 67	www.archdaily.com/623689/ad-classics-german-pavilion-expo-67-frei-otto-and-rolf-gutbrod	33
Fig. 21	Matérialisation du concept d'harmonisation entre Terre et eau par la création d'un parcours minéral qui entoure le projet	www.archdaily.com/623689/ad-classics-german-pavilion-expo-67-frei-otto-and-rolf-gutbrod	34
Fig. 22	Vue de l'intérieur du pavillon	www.archdaily.com/623689/ad-classics-german-pavilion-expo-67-frei-otto-and-rolf-gutbrod	34

Fig. 23	Plan et section du pavillon	www.flickrriver.com/photos/pageworld/sets/72157628450535153/	34
Fig. 24	Pavillon Fiji à Osaka.Japon	www.pinterest.fr/pin/414823815651309439/ Consulté le 09 11 2017	35
Fig. 25	Façade principal du pavillon Fuji	www.structurae.info/ouvrages/pavillonfujiaexpositionuniverselledosaka	35
Fig. 26	Plan de rez de chaussé du pavillon Fujii	www.structurae.info/ouvrages/pavillonfujiaexpositionuniverselledosaka	35
Fig. 27	Complexe d'EDEN Projet .Royaume unis	www.edenproject.com	36
Fig. 28	Stade Moses Mabhinda. Afrique du sud	www.archdaily.com/44595/south-africa-world-cup-2010-moses-mabhida-stadium-gmp-architekten	36
Fig. 29	Cour de la sainte mosquée du Prophète	www.architectmagazine.com/project-gallery/medina-haram-piazza	37
Fig. 30	Parasols enfermé	www.architectmagazine.com/project-gallery/medina-haram-piazza	37
Fig. 31	Aréna d'Amazonia à Manaus .Brésil	www.structurae.info/ouvrages/arena-da-amazonia	37
Fig. 32	Schéma d'une Surface anticlastique	https://membranestructures.wordpress.com/page/2/	39
Fig. 33	Schéma d'une Surface synclastique	https://membranestructures.wordpress.com/page/2/	39
Fig. 34	Formes de bases des surfaces anticlastiques	BRIDGENS B, GOSLING P,BORCHALL M. 2004. Membrane material behaviour:concepts, practice and developments. s.l. : The Structural Engineer, 2004, p21.	40
Fig. 35	Schéma de distinction entre une surface anticlastique et synclastique	www.romualdorivera.wordpress.com/2014/10/09/tensile-membrane-structures/	40
Fig. 36	Vue de l'extérieur Salle de sport à Niort. France	www.duol.eu .	41
Fig. 37	L'intérieur de la salle est aménagé en terrains de tennis	www.duol.eu .	41
Fig. 38	Description technique de la structure gonflable	www.duol.eu .	41
Fig. 39	Composition du textile technique	Serge Ferrari , The architecture book. www.sergeferrari.com	42
Fig. 40	Coupe schématique d'un coussin ETFE triple couches	Auteur	45
Fig. 41	Coupe schématique d'un coussin ETFE double couches	Auteur	45

Fig. 42	Panneaux photovoltaïques flexibles intégrés dans la couverture du stade de Mercedes Aréna à Stuttgart	CREMERS, J, et F. LAUCH. «PV FLEXIBLES –photovoltaics integrated in translucent PTFE and transparent ETFE membranes structures .» <i>SOLAR</i> . Janvier2008. www.researchgate.net/publication/301561230	46
Fig. 43	Stade de Mercedes Benz Aréna à Stuttgart .Allemagne	CREMERS, J, et F. LAUCH. «PV FLEXIBLES –photovoltaics integrated in translucent PTFE and transparent ETFE membranes structures .» <i>SOLAR</i> . Janvier2008. www.researchgate.net/publication/301561231	46
Fig. 44	Centre Pompidou de Metz .France	www.centrepompidou-metz.fr	48
Fig. 45	Déchirure de la toile en PTFE	www.fr.wikiarquitectura.com/b%C3%A2timent/centre-pompidou-metz/	49
Fig. 46	Composant d'un câble en acier	www.wikipedia.org/wiki/C%C3%A2ble_de_traction	49
Fig. 47	Coupe schématique d'un câble	www.din.de/en/getting-involved/standards-committees/nad/standards	49
Fig. 48	Soudure de membrane	www.soudureplastique.ma	51
Fig. 49	Schémas de connexion membranes par couture	www.fabricarchitect.com/components-and-details.html	51
Fig. 50	Installation de la membrane du dôme du millénaire	www.hopkins.co.uk/projects/3/94/	52
Fig. 51	Schémas de connexion par un joint mécanique	www.hopkins.co.uk/projects/3/94/	52
Fig. 52	Couverture des tribunes du Lord	www.hopkins.co.uk/projects/3/94/	52
Fig. 53	Schémas de connexion mécanique par une plaque de serrage	www.hopkins.co.uk/projects/3/94/	52
Fig. 54	Connexion avec des pinces de serrage	www.fabricarchitecturemag.com/2010/01/01/tension-structure-connection-details	53
Fig. 55	Connexion de poche en tissu	www.fabricarchitecturemag.com/2010/01/01/tension-structure-connection-details	53
Fig. 56	Essai de traction biaxiale	www.dx.doi.org/10.1016/j.compositesa.2014.07.015	54
Fig. 57	Diagramme Temps-tension d'un essai de traction biaxiale	STRANGHONER N& UHLEMANN J. Prospect for European Guidance for the Structural Design of Tensile Membrane Structures .Editions Office de publications d'union européenne.2016, Luxembourg P.227	55
Fig. 58	Schémas de fonctionnement de l'appareil	www.q-lab.com/fr-fr/resources/standards/category/q-sun-xenon-arc-test-chambers	56
Fig. 59	L'enceinte de vieillissement accéléré ARTACC	www.stationdebandol.com	56
Fig. 60	Essai de résistance au feu	www.cripim.fr	57

Fig. 61	Stade olympique de Munich. Vue de l'intérieur	www.olympiapark.de	62
Fig. 62	Stade olympique de Munich.	www.olympiapark.de	62
Fig. 63	Vue de l'intérieur du Zénith	www.archdaily.com/2782/zenith-strasbourg-massimiliano-fuksas	63
Fig. 64	Zénith de Strasbourg	www.archdaily.com/2782/zenith-strasbourg-massimiliano-fuksas	63
Fig. 65	DC concert House en nuit	www.jeannouvel.com/projects/salle-symphonique-de-la-radio-danoise/	64
Fig. 66	DC concert House. Copenhague Danemark	www.jeannouvel.com/projects/salle-symphonique-de-la-radio-danoise/	64
Fig. 67	Mobile Art a New york en 2010	www.zaha-hadid.com/architecture/chanel-art-pavilion	65
Fig. 68	Mobile Art par Zaha Hadid à Paris en 2011	www.zaha-hadid.com/architecture/chanel-art-pavilion	65
Fig. 69	Medi Restaurant à New York	www.decoustics.ca/project-gallery/Medi-Restaurant,-NY Consulté	65
Fig. 70	Salle de lecture au village olympique de Munich	www.sylviekrueger.de	65
Fig. 71	Disposition des rideaux textile	www.sylviekrueger.de	65
Fig. 72	Stade du Roi Fahd	www.stadiumguide.com/king-fahd-international-stadium	67
Fig. 73	Vue de l'intérieur du stade	www.stadiumguide.com/king-fahd-international-stadium	68
Fig. 74	Façade du stade	www.stadiumguide.com/king-fahd-international-stadium	68
Fig. 75	Centre nautique national à Pékin .Chine	http://www.infoimmo.fr/le-water-cube/water-cube-21-02-13/	68
Fig. 76	Traitement d'angle	www.thecreativeindustries.co.uk/industries/design/design-case-studies/	69
Fig. 77	Élément de façade	www.commons.wikimedia.org/wiki/File:Construction_beijing_2008_water_cube	69
Fig. 78	L'enveloppe offre un bon éclairage le jour	http://www.thecreativeindustries.co.uk/industries/design/design-case-studies/design-case-tristram-carfrae	69
Fig. 79	Salle omnisports San Cayetano	www.iasoglobal.com/fr/projet/collge-san-cayetano	69
Fig. 80	Intérieur de la salle	www.iasoglobal.com/fr/projet/collge-san-cayetano	69
Fig. 81	Vue sur le Parking MAKRO	www.iasoglobal.com/fr/projet/collge-san-cayetano	70
Fig. 82	Intégration du parking au centre commercial	www.iasoglobal.com/fr/projet/collge-san-cayetano	70
Fig. 83	Arrêt de Bus à Aarau	www.archdaily.com/473610/aarau-bus-station-canopy-vehovar-and-jauslin-architektur	70
Fig. 84	Plan d'auvent	www.archdaily.com/473610/aarau-bus-station-canopy-vehovar-and-jauslin-architektur	70
Fig. 85	Ruine couverte par un toit membranaire à Malte	www.maltacultureguide.com/index.php?page=article&article_id=28	71

Fig. 86	Toit du Hagar Qim et Mnajdra	www.maltacultureguide.com/index.php?page=article&article_id=29	71
Fig. 87	La tente événementielle Valhalla	www.specialstructures.com/valhalla-worlds-largest-portable-structure.html	72
Fig. 88	Modèle numérique du Valhalla	www.specialstructures.com/valhalla-worlds-largest-portable-structure.html	72
Fig. 89	Vue de l'intérieur du Valhalla	www.specialstructures.com/valhalla-worlds-largest-portable-structure.html	72
Fig. 90	L'intérieur de l'hôpital Saint John's	www.dailymail.co.uk/news/article-1393192/Joplin-tornado-Tent-hospital-set-WEEK-citys-medical-center-destroyed.html	72
Fig. 91	Hôpital mobile de Saint John's	www.dailymail.co.uk/news/article-1393192/Joplin-tornado-Tent-hospital-set-WEEK-citys-medical-center-destroyed.html	72
Fig. 92	Dome du millénaire	www.theo2.co.uk	76
Fig. 93	Plan du Niveau 0 du dôme	https://en.wikiarquitectura.com/wp-content/uploads/2017/01/Millenium-Dome_planta	76
Fig. 94	Modélisation 3D du dôme	https://en.wikiarquitectura.com/wp-content/uploads/2017/01/Millenium-Dome_sec_2	76
Fig. 95	Trou du 50 m du diamètre	https://www.gettyimages.com/photos/london-millennium-dome	76
Fig. 96	Coupe partielle du dôme	https://en.wikiarquitectura.com/wp-content/uploads/2017/01/Millenium-Dome_DIBJ-1	76
Fig. 97	Burj Al Arab	http://www.safari-uae.com/tour-dubai/	76
Fig. 98	Vue du ciel sur l'hôtel	www.scribd.com/doc/61292707/Design-and-Construction-of-Burj-AlArab	77
Fig. 99	Croquis de l'hôtel .Schéma d'enseillement et de circulation	https://sites.google.com/site/ae390spring2012burjalarab/architectural-systems/1-drawings-diagrams	78
Fig. 100	Coupe Transversal	https://sites.google.com/site/ae390spring2012burjalarab/architectural-systems/1-drawings-diagrams	78
Fig. 101	Système de blocs en nid d'abeilles	Burj Al Arab 7 Star Hotel Construction. Réalisé par National Geographic. 2015	78
Fig. 102	Plan schématique d'un étage	www.uaeinteract.com	79
Fig. 103	Projection sur la façade textile	www.stylepark.com/en/hightex/ptfe-coated-glass-fabric-burj-al-arab	79
Fig. 104	Terminal Hadj	https://www.archdaily.com	80
Fig. 105	Des pèlerins au Hadj Terminal	https://www.archdaily.com	80
Fig. 106	Structure d'un module de 21 tentes	www.greatbuildings.com	81
Fig. 107	Coupe transversal du Hadj terminal	www.greatbuildings.com	81
Fig. 108	Système de support de la couverture	www.archdaily.com/777599/ad-classics-hajj-terminal-king-abdulaziz-airport-som/565166d3e58ece0aa400010a-ad-classics-hajj-terminal-king-abdulaziz-airport-som-photo	81
Fig. 109	Éclairage nocturne	https://www.archdaily.com/777599/ad-classics-hajj-terminal-king-abdulaziz-airport-som/565166d3e58ece0aa400010a-ad-classics-hajj-terminal-king-abdulaziz-airport-som-photo	81
Fig. 110	Schéma de ventilation	https://www.archdaily.com/777599/ad-classics-hajj-terminal-king-abdulaziz-airport-som/565166d3e58ece0aa400010a-ad-classics-hajj-terminal-king-abdulaziz-airport-som-photo	81

Fig. 111	Allianz Aréna de Munich	www.allianz-arena.com	82
Fig. 112	Drapeau Bavarois	www.royal-flags.co.uk	82
Fig. 113	Éclairage nocturne lors des matchs de l'équipe d'Allemagne	www.fcbayern.com	83
Fig. 114	Variations de couleurs d'éclairage selon les équipes	www.allianz-arena.com Adapté par auteur	83
Fig. 115	La façade peut être éclairée de plusieurs façons	Auteur prise de 30-12-2017	83
Fig. 116	Coupe 3D du stade	https://fr.wikiarquitectura.com/wp-content/uploads/2017/01/Allianz_Arena_Plano_3	83
Fig. 117	Coupe partielle	www.wikiarquitectura.com/wp-content/uploads/2017/01/Allianz_Arena_Plano_2	83
Fig. 118	Détail de façade	www.wikiarquitectura.com/wp-content/uploads/2017/01/Allianz_Arena	84
Fig. 119	Tente événementielle en membrane de PVC pour location	www.ouedkniss.com	87
Fig. 120	Stand d'exposition au palais des expositions .Alger	auteur, 28-11-2017	87
Fig. 121	Chapiteaux en membrane de PVC. Exposition du livre à Ruisseau .Alger	auteur, 13-01-2018	98
Fig. 122	Intérieur du restaurant, Toile de PVC fixé sur ossature en aluminium	auteur, 30-11-2017	98
Fig. 123	Restaurant installé au palais des expositions .Alger	Auteur, 30-11-2017	98
Fig. 124	Vue aérienne de la ville de Relizane	Google earth Adapté par Auteur	94
Fig. 125	Vue satellite sur le complexe sportif Zouggari	Google earth Adapté par Auteur	94
Fig. 126	Stade Zouggari lors d'un match	www.facebook.fr/rcrelizane	96
Fig. 127	Schéma d'orientation recommandée des stades	CHARLES R. & BOTTA R. & RUBEN R .Stades de football, Recommandations et exigences techniques. Publication officielle de la Fédération internationale de Football association 5e édition .Editions FIFA .Zurich, Suisse 2010 P.35	96
Fig. 128	Schéma 3D d'une partie des gradins	Auteur	97

Fig. 129	Gradins sur déblais	Auteur	97
Fig. 130	Partie couverte des tribunes	Auteur	97
Fig. 131	Vue du stade à partir du tunnel des vestiaires	Auteur, 2018	97
Fig. 132	Tribune atour de la piste d'athlétisme	Auteur, 2018	97
Fig. 133	Des photos du stade prise lors des différentes périodes (février, Mars et mai)	Auteur	97
Fig. 134	Photos de la phase de prise des mesures	Auteur, 2018	98
Fig. 135	Elaboration des dessins techniques .Plan et coupe du stade	Auteur, 10-01-2018	99
Fig. 136	Elaboration du dessin technique de plan du stade	Auteur, 10-01-2019	99
Fig. 137	Deux propositions pour couvrir les tribunes du stade	Auteur	100
Fig. 138	Tente nomade	https://fr.wikipedia.org/wiki/Culture_algérienne	101
Fig. 139	Vue sur le stade de l'extérieur	Auteur, 2018	102
Fig. 140	Tracé géométrique du plan	Auteur	102
Fig. 141	Esquisses de départ à main levée	Auteur	103
Fig. 142	Maquette 3D du stade	Auteur	103
Fig. 143	Rose des vents à Relizane	www.cstb.fr	104
Fig. 144	Schéma d'écoulement du vent dans un stade	Auteur	104
Fig. 145	Schéma d'écoulement des vents souhaitable pour notre projets	Auteur	104
Fig. 146	Module angulaire	Auteur	105
Fig. 147	Module linéaire	Auteur	105
Fig. 148	Schéma d'implantations des deux variantes de modules conçus	Auteur	105

Fig. 149	Maquette 3D d'assemblage de la couverture	Auteur	105
Fig. 150	Plan d'assemblage de la couverture	Auteur	105
Fig. 151	Diagramme de températures et précipitations moyennes à Relizane	www.meteoblue.com/fr/meteo/prevision/modelclimate/relizane_alg%C3%A9rie_2483668	106
Fig. 152	Diagramme d'ensoleillement	www.meteoblue.com/fr/meteo/prevision/modelclimate/relizane_alg%C3%A9rie_2483669	106
Fig. 153	Composants de l'élément porteur principal	Auteur	108
Fig. 154	Ossature de la couverture .Vue de face	Auteur	108
Fig. 155	Ossature de la couverture .vue axonométrique	Auteur	108
Fig. 156	Ossature de la couverture .Vue en plan	Auteur	109
Fig. 157	Vue globale sur le stade	Auteur	112
Fig. 158	Plan de masse du stade	Auteur	113
Fig. 159	Façade ouest du stade	Auteur	114
Fig. 160	Vue sur façade sud du stade	Auteur	114
Fig. 161	Vue sur élément structurel. Le mat secondaire	Auteur	115
Fig. 162	Vue sur élément structurel. Traitement d'un nœud structurel	Auteur	115
Fig. 163	Vue de l'intérieur .Tribunes couverts	Auteur	116
Fig. 164	Vue sur une entrée vers les tribunes .façade sud-ouest1	Auteur	116
Fig. 165	Vue satellite sur le quartier EL Annasser.Alger	Google earth Adapté par Auteur	117
Fig. 166	Place les fusillés	Google earth Adapté par Auteur	117
Fig. 167	Bouche de métro N°1. sortie vers la place des fusillés .	Auteur	118
Fig. 168	Proposition de l'installation d'un auvent au bouche de métro N°1	Auteur	118

	.sortie vers la place des fusillés		
Fig. 169	Bouche de métro N°2 . sortie vers la rue Mohamed Boudjatit	Auteur	118
Fig. 169	Bouche de métro N°2 . sortie vers la rue Mohamed Boudjatit .	Google earth	119
Fig. 170	Proposition de l'installation d'un auvent au bouche de métro N°2 .sortie vers la rue Mohamed Boudjatit	Google earth	119
Fig. 171	Espace de détente non protégé	Auteur	120
Fig. 172	Proposition d'installation d'un abri de repos	Auteur	120

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Source	Page
Tableau 1	Comparaison entre les différents types des membranes textiles	Auteur .Décembre 2017	48
Tableau 2	Classification des matériaux selon la norme allemande	Norme allemande DIN 4102-1 Adapté par auteur	53
Tableau 3	Classification des matériaux selon la norme française	Norme française NF P 92 503-507 Adapté par auteur	53
Tableau 4	Grille de construction du questionnaire	Auteur .Septembre 2017	91
Tableau 5	Comparaison entre la structure textiles et la structures métallique	Auteur .Février 2018	111

INTRODUCTION GENERALE

1. Introduction

Le textile au sens propre du mot peut être observé comme un ensemble complexe de fibres assemblés qui ne présente pas uniquement un matériau mais un système sophistiqué. Il a toujours entretenu des liens étroits avec l'homme, des vêtements à l'architecture, il fut à la base des premiers habitats, à savoir les tentes préhistoriques qui comprennent les yourtes de Mongolie, le tipi nord-américain et la tente noire d'Arabie. Suite aux avancées technologiques, les structures textiles ont pu parcourir un long chemin et ils donnent naissances actuellement à des projets architecturaux de grande envergure et de formes complexes.

Aujourd'hui, les structures textiles constituent une tendance d'architecture marquante à travers le monde sous le nom de l'architecture textile, un terme qui se réfère à l'intersection des deux milieux de textile et de l'architecture, son développement débuta durant les années 1950's par Frei Otto l'architecte allemand, le pionnier de l'architecture textile et structures tendues. Elle a affirmé sa place en architecture en raison des atouts qu'elle présente, les structures textiles sont légères et, grâce à un poids propre minimal, non seulement elles économisent de la matière, mais elles offrent également de grandes portées libres. L'attrait esthétique de ces structures est inégalé et elles connaissent une grande application pour les projets emblématiques.

Si les textiles sont largement exploités par les architectes à travers le monde c'est sans doute suite à leurs apports dans le domaine de l'architecture et les solutions qu'elles présentent dans certaines situations, l'esthétique, la légèreté ainsi que la liberté spatiale que les structures textiles offrent sont aujourd'hui enviées et recherchées. Elles connaissent des champs d'application étendus et à diverses échelles, en particulier dans les bâtiments publics de grande envergure tels que les stades et les aéroports. La plupart des tissus utilisés sont recyclables, ce qui les rend écologiques. Les structures rétractables, par exemple, sont une option appropriée pour les espaces multifonctionnels et pour les différences climatiques. Le temps d'érection rapide et le poids léger de ces structures les rendent utiles comme solution pour les besoins d'espace d'urgence, et ces aspects doivent être étudiés plus particulièrement dans le domaine de la gestion des catastrophes.

Ce n'est encore que le début, et beaucoup d'apprentissage et de recherche nous attendent. Ce n'est qu'une question de temps avant que le monde de l'architecture textile trouve sa place dans le paysage architectural et urbain dans notre pays car à mesure que le monde devient un petit village, la même technologie peut être accessible à tous, quel que soit l'endroit et avec l'usage intensif actuel des structures textiles dans les pays développés, l'Algérie peut également l'accueillir à bras ouverts.

2. Problématique

L'intérêt porté à ce sujet de recherche découle d'une réflexion induite d'une observation faite sur les techniques de construction répandues actuellement en Algérie, caractérisées par une certaine rigidité dans la plus part du temps, et les matériaux de construction utilisés qui connaissent en quelque sorte une répétitivité, en plus de leurs inconvénients liés. d'une part, aux caractéristiques physique et performances mécaniques (masse volumique, élasticité poids propre , dureté et inflexibilité etc.) et d'une autre part, à l'aspect économique et même environnemental , l'ensemble de ces caractéristiques constituent un obstacle pour l'architecte lors de sa conception et limite sa créativité et innovation dans un temps ou la structure du bâtiment et ses différentes techniques de construction sont censées présenter un aspect flexible qui s'adapte à la volonté de l'architecte, en revanche.

Les matériaux et les techniques de construction dans le monde ne cessent pas d'évoluer afin d'être au service de l'architecture et le matériau textile en fait partie, qui, suite aux performances qu'il présente en terme de souplesse, légèreté, flexibilité et même résistance, est exploité par les architectes donnant naissance à de nombreuses formes architecturales fluides et d'expressions structurelles diverses. l'utilisation des matériaux textiles en architecture est un sujet qui n'a pas suscité autant d'attention durant notre formation et reste obscur malgré les différents avantages et solutions innovatrices qu'il présente de point de vue formel et structurel, or, en comprenant mieux les principes, les matériaux, les atouts et les défis de l'utilisation des structures textiles en architecture que nous pouvons améliorer nos conceptions et idées architecturales.

Nous nous sommes dès lors intéressés à mettre en lumière ce sujet en se posant la question suivante

Comment les matériaux textiles peuvent-ils être utilisés en architecture ?

Afin de répondre à notre problématique et arriver à mieux appréhender l'usage des matériaux textile en architecture, plusieurs interrogations se sont présentées à nous :

- **Quelle est l'histoire de l'utilisation des textiles en architecture ?**
- **Quels sont les principaux types de structures textiles ?**
- **Quels sont les opportunités et les avantages de l'utilisation des matériaux textiles en architecture ?et quels sont leurs domaines d'utilisation ?et quel est leur apport ?**
- **Quelle est la place des matériaux textiles dans la production architecturale algérienne ?**

3. Hypothèses

En vue de répondre aux questionnements posés et afin de mener notre recherche, nous avançons les hypothèses suivantes :

- Les matériaux textiles peuvent être au service de l'architecture suite à leurs caractéristiques mécaniques, thermiques ainsi qu'acoustique, la légèreté d'un textile et sa capacité à modifier sa forme (souplesse et flexibilité) lui permettent de présenter une diversité formelle et de s'adapter aux différentes formes conçues et recherchés par l'architecte. En outre, la protection qu'il offre contre la chaleur et le froid et l'absorption de bruit en plus de son aspect esthétique font du textile un matériau intéressant en architecture.
- La production architecturale locale ne suit plus les différentes innovations et évolution que connaît le domaine du bâtiment et de l'architecture, dès lors l'usage des matériaux textiles en architecture dans notre contexte local est pratiquement absent suite au manque de connaissances dans ce domaine par les producteurs de l'espace eux-mêmes.

4. Objectifs

Ce mémoire de recherche est élaboré dans le but d'atteindre un objectif général qui est de former une trousse d'information concernant l'architecture textile, de mettre en lumière le sujet et de démontrer la capacité d'utiliser les matériaux textiles en architecture ainsi que les différentes opportunités et solutions innovantes qu'ils présentent.

Pour répondre à cet objectif général, nous nous sommes fixés un ensemble d'objectifs opérationnels qui orientent notre travail :

- Parvenir à comprendre les différentes notions théoriques des matériaux textiles et son évolution historique.
- Dégager les différentes propriétés et potentialités des matériaux textiles et démontrer leurs performances en architecture.
- Etudier et évaluer l'usage des matériaux textile dans la production architecturale algérienne.
- Essayer de mettre en pratique les informations acquises en intégrant les matériaux textiles dans des projets architecturaux locaux.

5. Méthodologie de recherche

Afin de répondre à nos questionnements et atteindre nos objectifs déjà fixés, nous avons mené ce travail en se basant sur une approche hypothético-déductive, cette dernière consiste à élaborer une ou

plusieurs hypothèses et les confronter par la suite à une réalité dans le but de les confirmer ou les infirmer.

En parallèle, nous avons fait appel à une méthode quantitative qui nous aide à s'approfondir et mieux comprendre le sujet, en outre cela nous permet une meilleure explication et interprétation des données. Dans notre travail, cette méthode est matérialisée par le biais d'un questionnaire.

Notre travail de recherche est mené en 3 étapes complémentaires :

1. **Etape Théorique** : dans cette première étape nous nous sommes intéressés à bien comprendre les différentes notions et concepts relatifs à notre thème de recherche qui est les matériaux textiles et leur usage en architecture , étudier et développer son évolution historique ainsi que ses différentes caractéristiques , en mettant en avant ses avantages et inconvénients. Durant cette étape nous nous sommes basés sur la recherche bibliographique et la consultation des différents types de documents qui traitent de notre sujet.
2. **Etape analytique** : cette étape est basée sur l'analyse des exemples de projets architecturaux internationaux qui ont fait appel aux matériaux textiles. L'ensemble des exemples étudiés se trouvent dans un contexte similaire au contexte local. Chacun de ces exemples présente une particularité par rapport à leur usage des matériaux textiles où ces derniers viennent comme réponse et solution à une problématique spécifique (conditions climatiques, diversité formelle et conceptuelle, sismicité et résistance...etc.)
A travers les informations et les enseignements tirés de chacun de ces exemples nous parviendrons à une meilleure compréhension des différentes caractéristiques et performances des matériaux textiles.
3. **Etape empirique** : dans cette dernière étape nous avons essayé de mettre en pratique les différentes informations acquises des deux étapes précédentes en un essai d'application et d'usage de matériaux textiles dans un projet existants (stade) dans notre contexte local (Ville de Relizane) Ainsi de proposer quelques possibilités d'utilisation des structures textiles dans les aménagements urbains (Place des fusillés à Ruisseau .Alger). Puis, nous avons élaboré un guide pour la réalisation d'une structure textile.

Techniques de collecte et analyse des données :

Nous avons deux types de données :

- **Les données secondaires** : qui constituent l'ensemble des données existantes et collectées issues soit de :

- La recherche bibliographique et la consultation de tous documents relatifs à notre thème de recherche (ouvrage, article, revues etc.), ainsi que la comparaison faite entre les différentes sources consultées, en outre, la rareté des documents disponibles en langue française relativement au thème a impliqué une traduction et une réinterprétation de ceux disponibles dans la plus part du temps en langue anglaise et allemande.
- La collecte et récupération des données et documents auprès des différentes sources et organismes, qui sont :

- Direction de l'urbanisme· l'architecture et de la construction. Relizane

- Direction des équipements publics .Relizane

- Direction de jeunesse et sport

- Service d'urbanisme de l'APC de Relizane

- **Les données primaires** : constituées de données récoltées par le chercheur lui-même.

Les techniques utilisées sont :

6. Le questionnaire : qui est une technique de collecte de données de la méthode quantitative. Nous avons élaboré un questionnaire destiné aux personnes du domaine (Etudiants d'architecture et génie-civil, les pratiquants du métier d'architecte et ingénieur ainsi que les entreprises de réalisation dans le domaine du bâtiment), cette technique nous a permet de connaitre le degré de connaissance du thème que nous traitons, qui est les matériaux textiles, dans notre contexte et cela à travers des données chiffrées exploitées par la suite dans notre recherche afin d'expliquer les résultats obtenus.
7. Le relevé technique : suite à la non disponibilité des plans et dossier graphique complet du projet (stade) sur lequel nous avons intervenu afin d'élaborer notre essai d'application, un relevé architectural était effectué en trois phases : phase esquisse et photos, phase mesure, et enfin la phase du dessin technique
8. La prise de photos : dans le but d'enrichir et personnaliser notre travail, nous avons essayé, tant que c'est possible, de prendre des photos et essentiellement dans la partie pratique ou des photos étaient essentielles afin de mieux présenter le projet.

6. Structure du mémoire

Notre mémoire se compose, outre l'introduction générale et la conclusion générales, de quatre chapitres :

Chapitre 1 : Evolution processuelle de l'architecture textile

Dans ce premier chapitre nous allons aborder l'évolution historique de l'architecture textile en décrivant comment les matériaux textiles ont pu s'imposer dans le domaine de l'architecture, à partir

des tentes vernaculaire aux structures textiles de grandes portées et de haute technologie de la période contemporaine. Dans un premier lieu nous nous intéressons aux origines de cette architecture pour passer par la suite au processus de développement de l'architecture textile de l'antiquité jusqu'à nos jours, et cela en se s'appuyant sur un ensemble d'exemples des différentes périodes

Chapitre 2 : Notions-clés liées aux structures textiles

Il s'agit dans ce chapitre de cerner théoriquement les différentes notions liées à l'architecture textile où nous essayerons de présenter dans le détails les différentes caractéristiques des matériaux textiles avant d'aborder leur intégration en architecture, dans une première partie nous allons voir les différents types de structures textiles existantes et leurs particularités, pour passer par la suite à la présentation des membranes textiles ainsi que les différents critères qui conditionnent le choix des membranes où plusieurs paramètres doivent être pris en considérations afin de parvenir au type de membranes textiles adéquat.

Dans une seconde partie, nous nous intéressons aux différents éléments qui composent une structure textile outre les membranes

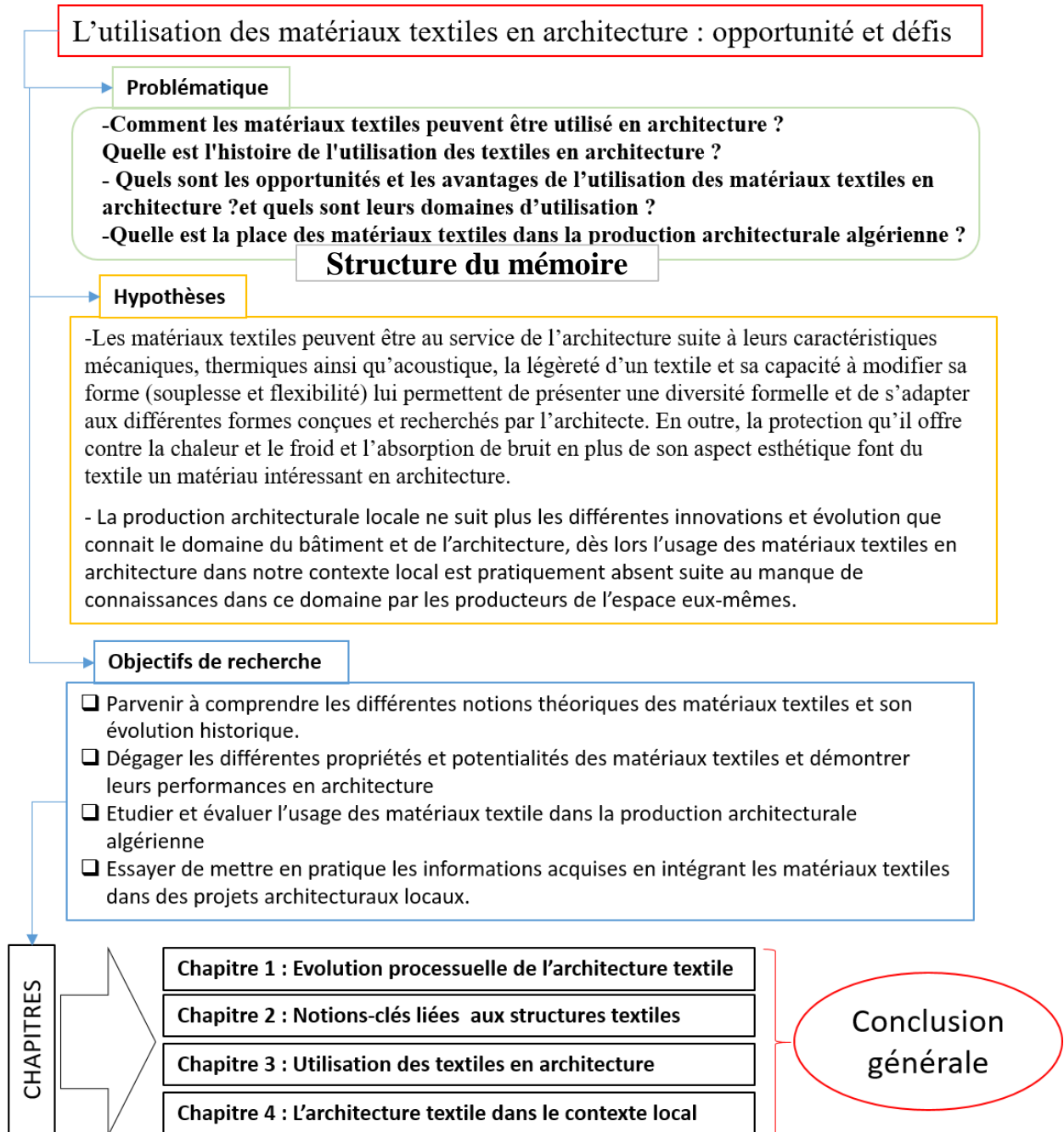
Chapitre 3 : Utilisation des textiles en architecture

Ce chapitre porte sur l'utilisation des textiles en architecture où nous allons aborder en premier lieu les différents avantages et opportunités de l'utilisation des matériaux textiles en architecture et leur apport sur différents aspects (formel, structurel, acoustique, thermique, économique Etc). Par la suite nous allons voir les multiples domaines d'utilisation des structures textiles à deux échelles différentes, celle du bâtiment et celle de la ville. Enfin nous concluons ce chapitre par une partie analytique, dans cette partie nous tenterons d'analyser des exemples de projet architecturaux, un ensemble de quatre projets qui intègrent les matériaux textiles où ces derniers viennent comme réponse à divers problèmes et contraintes propres à chaque projet.

Chapitre 4 : L'architecture textile dans le contexte local

Le dernier chapitre est consacré au travail pratique. dans une première partie nous allons présenter un bref aperçu sur la production architecturale locale et ses caractéristiques pour s'intéresser par la suite à la place de l'architecture textile en Algérie en se basant sur nos outils de collecte de données et l'analyse des résultats qui découlent du questionnaire élaboré, dans un second temps, nous tentons la mise en pratique des enseignements tirées des trois premiers chapitres et cela en proposant l'intégration des matériaux textile en architecture locale dans des projets différents en allant de l'échelle du bâtiment vers l'aménagement urbain et qui sont : la couverture des tribunes du stade « Zouggar Tahar » à Rélizane, aménagement urbain à la place des fusillés à El Annasser à Alger . Pour

conclure par un l'élaboration d'un guide qui sert de référence aux architectes et ingénieurs comptants intégrer les textiles dans leurs projets, ce guide englobe les différentes étapes pour la réalisation d'une structure textile et constitue une synthèse des différentes informations acquises.



**CHAPITRE I : EVOLUTION PROCESSUELLE DE
L'ARCHITECTURE TEXTILE**

Introduction

L'intégration des textiles à l'architecture, y compris les processus, les techniques et les matériaux impliqués, a une longue histoire, mais largement négligée. Ce n'est que récemment que des théoriciens, des architectes, des ingénieurs, des designers textiles, des spécialistes des matériaux et des artistes ont exprimé un intérêt pour cette confluence.¹ En réalité le textile a toujours eu une relation étroite avec l'architecture à travers différentes époques, ainsi, une rétrospective des utilisations précédentes des textiles en architecture et leur évolution s'avère être une étape indispensable afin de comprendre les enjeux actuels et même futurs.

Nous tenterons, dans ce premier chapitre, de retracer l'histoire de l'architecture textile en décrivant comment les matériaux textiles ont progressivement devenu une composante de l'architecture, pour ce faire, nous allons percevoir en premier lieu les origines de l'intégration du textile en architecture et leurs premières utilisations, pour passer par la suite à étudier le processus de développement de cette architecture à travers l'histoire, dans un intervalle temporelle allant de l'antiquité jusqu'à nos jours divisée en trois parties distinctes qui représentent les grandes périodes de l'histoire, et cela en se s'appuyant sur un ensemble d'exemples des différentes périodes.

¹ GARCIA, M. «Architecture + Textiles = Architextiles.» Architectural Design, 2006 p.04

I.1. Origines : Les tentes

Les tentes sont un excellent exemple d'architecture vernaculaire, ils font partie de notre architecture traditionnelle. Ils ne sont pas le premier type d'habitation de l'humanité, mais ce sont le premier type d'habitation utilisant le textile comme couverture. Dans certaines tentes, le textile fait partie de la structure porteuse. Les qualités des tentes sont très semblables à celles recherchées dans l'architecture contemporaine ; Légèreté, souplesse et même portabilité.

Selon le climat, les matériaux disponibles, les modes de vie, différents modèles de tentes ont été inventés. Parmi les plus intéressants, citons :

I.1.1 La Yourte (ger):

La yourte² est l'élément le plus important de la vie nomade mongole. Plus d'un million de Mongols continuent à vivre dans leur habitat traditionnel, que ce soit les nomades à la campagne ou les habitants permanents des villes et villages



Fig. 1 : Yourte Mongol³



Fig. 2 : Montage d'une yourte⁴

Elle est constituée⁵:

- d'un sol en bois, du moins dans les yourtes fixes,
- de poteaux et poutres en bois de saule pour le plafond,
- d'un treillis en bois pour les parois, il est déployé selon un plan circulaire,
- le toit est formé par une sorte de roue,
- d'une porte.

² Inscrit comme Patrimoine culturel immatériel UNESCO depuis 2013, photo prise par : P. Lechien le 11 juin 2011

³ COUCHAUX Denis. Habitats nomades, Ed : Anarchitecture, Paris 2011 P.04-13

⁴ <https://fr.wikipedia.org/wiki/Yourte> Consulté le 21-10-2017

⁵ Vidéo : Montage d'une yourte en Mongolie - Les passeurs de Cultures, YouTube, 3 octobre 2014 (https://youtu.be/foOL_uOF9ap0) consulté le 21-10-2017

- de toiles de feutre pour les murs et le toit. Ces toiles sont fixées sur le treillis grâce à des Bandes et de sangles. La toile du sommet peut être maniée de l'extérieur afin de créer une ouverture qui sert de cheminée et de lucarne,

La structure en bois pèse entre 100 et 150 kilos, et les toiles de feutre environ 100 kilos. Le transport est assuré par deux chameaux ou trois chevaux (aujourd'hui des camions). La structure peut durer une vie humaine, mais la toile de feutre doit être remplacée au bout d'une dizaine d'années.⁶



Fig. 3 : Intérieur d'une yourte (un 'ger') en Mongolie

I.1.2 Le Tipi

L'habitat traditionnel des indiens des plaines américaines. C'est une tente de forme conique composée de longues perches de bois appuyées les unes sur les autres puis recouvertes de peaux d'animaux. La figure 4 illustre les étapes de réalisation d'un Tipi. Il existe différentes grandeurs de Tipi. Le choix de la toile sera en fonction de l'usage, une toile forte et imperméable sera nécessaire si c'est pour un

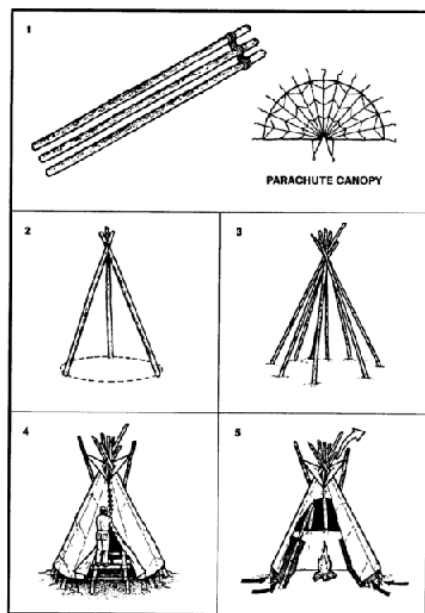


Fig. 4 : étapes de construction d'un Tipi



Fig. 5 : Tipi au musée de Stockholm

usage toutes saisons, par contre, si ce n'est que pour quelques emplois en bonne saison, une toile plus légère conviendra.⁷ De nos jours le tipi est aussi utilisé pour l'hébergement touristique, dans ce cas les guides utilisent le terme « Insolite » ou « Glamping »⁸.

⁶ « La Yourte nomade de Mongolie (Ger) ». <http://www.absolu-voyages-mongolie.com/yourte-mongolie.html> consulté le 22-10-2017

⁷ DUBOIS Daniel et BERGER Yves, *Les Indiens des Plaines*, Ed : Rocher, Paris 2001, P.128

⁸ Tipi, <https://fr.wikipedia.org/wiki/Tipi> consulté le 21-10-2017

I.1.3 La tente noire (Guitoune)

Nommée aussi « Kheima » C'est la tente traditionnelle utilisée par les nomades dans les zones désertiques et arides de la Mauritanie et du Maroc ⁹.

De ces trois modèles, seul le dernier correspond véritablement à une architecture à membrane car il y a interdépendance entre celle-ci, les mâts et les câbles. Dans la yourte, la couverture de feutre n'a pas de fonction structurale, elle est simplement posée sur une structure en bois indépendante. Idem pour le tipi qui consiste en un simple cône fait de longues perches de bois que viennent recouvrir des peaux de bison. ¹⁰

La tente noire a envahi une longue et mince bande de l'Atlantique au Tibet. Elle tient son nom de la couleur des chèvres dont les poils servent à réaliser la couverture (certains ajoutent un peu de laine de mouton, ou de chameau). Les fibres sont filées puis tissées grossièrement en une longue bande d'une dizaine de mètres de longueur et d'une trentaine de centimètres de largeur. Plusieurs bandes semblables sont cousues côte à côte pour former un grand rectangle, et un ou deux de ces rectangles servent à couvrir une tente.



Fig. 6 : Tente Noire des nomades

Un certain nombre de perches servent quant à elles de mâts de soutien. Deux ou trois supportent la partie centrale sommitale, d'autres les angles. Elles sont reliées par un réseau de cordes et fixées au sol par de longs haubans qui assurent un ancrage solide. Une fois posée sur l'ossature, le poids important de la couverture (tellement qu'il faut un, voire deux, robustes animaux pour la transporter : chameaux, dromadaires...) met en tension les câbles. La tente prend alors sa forme définitive et acquiert sa résistance par le jeu réciproque entre le poids de la membrane, la tension des câbles, et la compression des mâts. Par conséquent, bien qu'elle ne soit pas elle-même en tension, la membrane est bien ici un élément de structure autant qu'un élément de forme et de protection, contrairement à ce qui se passe dans un tipi ou une yourte. Les tentes noires traditionnelles occupent un carré de 4 à 12 mètres de côté pour une hauteur maximale de 2 à 2,5 mètres, assez faible pour conférer un profil aérodynamique. Le tissage est intentionnellement lâche pour laisser circuler l'air et permettre aussi l'évacuation de la fumée. En cas de pluie, les fibres gonflent en absorbant l'eau, ce qui referme les pores et procure une certaine étanchéité (À condition que l'averse ne dure pas trop longtemps. Cette

⁹ QUEFFELEC Ambroise, *Le français en Algérie : Lexique et dynamique des langues*, Ed : Duculot Bruxelles, 2002

¹⁰ VAHI, Zartarian 2007 . « Principe des structures architecturales légères, troisième partie: structure à membrane tendue ». [En ligne] . Consulté le 07-10-2017 (www.co-création.net/architecture/livre-1-3)

tente est plus appropriée aux régions arides qu'aux régions pluvieuses).¹¹

Même si le bois servant à faire les mâts est rare, l'élément le plus critique de cette structure est bien évidemment la membrane. Sa durée de vie est relativement courte, guère plus de 5 ans, et elle nécessite de fréquentes réparations. Voilà probablement qui explique qu'elle n'ait pas survécu à la sédentarisation, surtout lorsqu'il y a besoin de couvrir des surfaces importantes telles que granges à foin, greniers à grains, etc., bien protégées autant des intempéries que des rongeurs.¹²

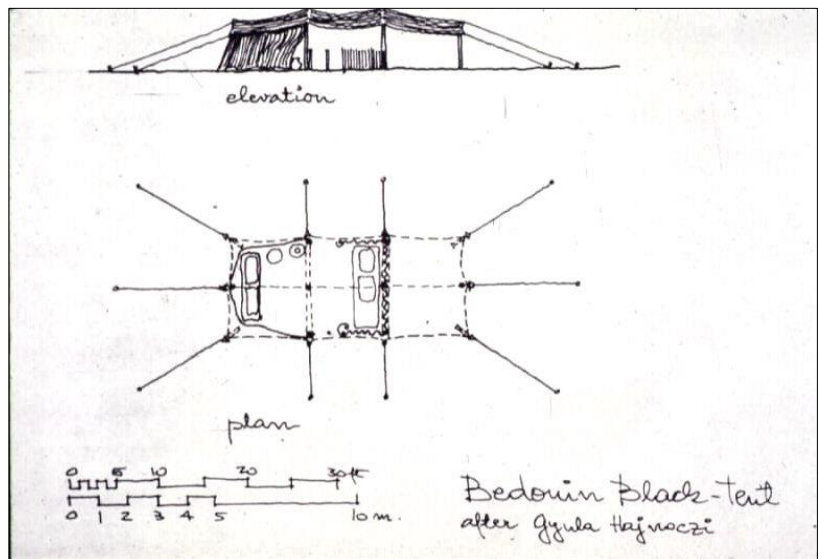


Fig. 7 : Dessin d'une tente noire

I.2. De l'antiquité au modernisme

I.2.1 Velum du colisée

L'une des premières apparences de textiles en construction vient du colisée de Rome. Il est mentionné dans plusieurs écrits que le bâtiment était recouvert d'une nuance textile rétractable appelée « Velum » ou « Vela »

« Au sommet de ce colossal édifice, une rangée de consoles servait à soutenir le velum, gigantesque "tente" formée de milliers de bandes de toiles pour protéger les spectateurs du soleil et des intempéries, manœuvrée par une centaine de marins formés uniquement pour ce service et qui appartenaient à la flotte militaire de Misène, établie dans le Golfe de Naples »¹³



Fig. 8 : Colisée de Rome

Coordonnées : 41° 53' 25" N, 12° 29' 32" E
Lieu : Rome. Italie
Construction : entre 70 et 80 Av J-C
Rénové : 18eme siècle
Architecte chargé de rénovation : Stern y Vafiaier
Capacité : 50 000 places

¹¹ QUEFFELEC, Ambroise, et al. . *Le français en Algérie. Lexique et dynamique des langues*, Louvain-la-Neuve. Ed : De Boeck-Duculot-AUF, 2002.

¹² VAHI, Zartarian. 2007. Principe des structures architecturales légères, troisième partie: structure à membrane tendue. [En ligne] 2007. [Consulté : 07 10 2017.] <http://www.co-création.net/architecture/livre-1-3>.

¹³ MACUAULAY D. , *Une cité romaine*, Ed :Deux coqs d'or. Paris,1974 (www.data.bnf.fr/12622282/david_macaulayr)



Fig.9 : Colisée après reconstitution 3D

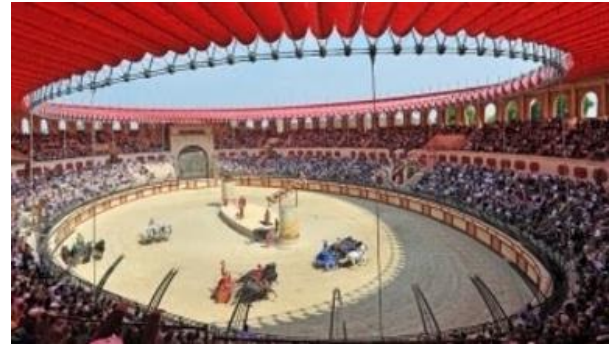


Fig. 10 : Vue de l'intérieur après une reconstitution

La question qui se pose est « Comment pouvait-on tirer le velum ? » La plus crédible réponse était celle de René Chambon¹⁴. Ses calculs démontrent sans contestation possible qu'il y a 2000 ans les Romains pouvaient couvrir les tribunes du Colisée, et à fortiori celles de moindre dimensions des quelques 300 théâtres et amphithéâtres éparpillés dans l'immense Empire, avec des toiles de lin, dépliables et repliables comme des rideaux de théâtres, portées par des cordes en chanvre accrochées à des mâts en bois implantés au sommet de l'édifice. Démonstration validée par Bureau Veritas et une modélisation de Dassault Systèmes, leader mondial en logiciels de pointe. Ils ont expliqué comment aux gradins du Colisée, le public pouvait être protégé des ardeurs du soleil. Cela au moyen de 240 gros mâts en bois, 240 toiles de lin de 2 x 50 m, 50 km de cordes en chanvre de 8 à 10 mm et 150 à 200 m de cordes en chanvre de 80mm.¹⁵

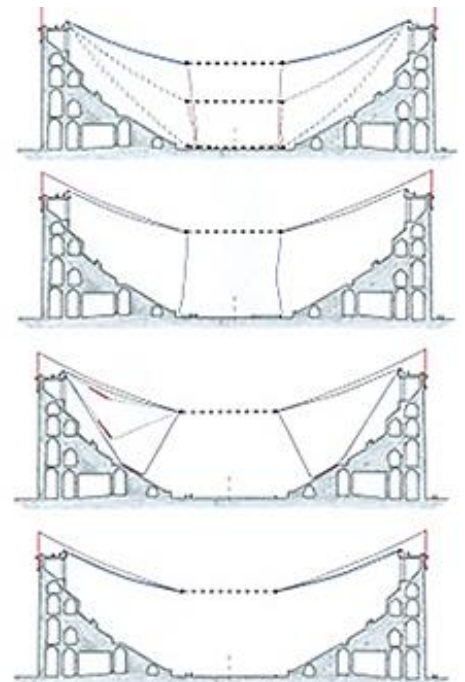


Fig. 11 : Etapes d'installation de Velum

1.2.2 Les Tentes géantes

Les tentes étaient bien connues dans les cours royales de l'Europe. Les cours royales ont leur part dans l'architecture textile à travers le développement des bâtiments provisoires pour accueillir des activités d'entraînements. Pendant la période de la Renaissance et les temps baroques, les tentes ont démontré leur puissance en arrangeant des événements dans tout l'empire.

Au cours du XIIe siècle, d'élégantes tentes royales sont devenues à la mode en Europe occidentale. Ces structures de «nouveau» sont devenues progressivement plus grandes et plus ornées au XVIe

¹⁴ Professeur chercheur à l'institut de la technologie à Grenoble .France

¹⁵ CHAMBON René. « VELARIUM DU COLISEE Fin de l'énigme ». [En ligne] Consulté : 15 11 2017. www.velario-colosseo-velarium-colosseum.com.

siècle, devenant des symboles de frivolité et de richesse lors d'événements spéciaux et de tournois. Leur apparence était cependant plus architecturale que «tentes», avec des murs verticaux et des toits à forte pente. Les fameuses rencontres «Champ du Tissu d'Or»¹⁶ entre François Ier et Henri VII en 1520 étaient glorieusement symptomatiques de cette tendance. Une splendide tente (voir fig. 12) de 46m de long, décoré avec de fleurs de lis française et de roses des Tudors, se compose de quatre pavillons en enfilade , reliés entre eux par des galeries basses ,et flanqué de part et d'autres de cinq groupes de tentes à toit en forme d'ombrelle. Sur le faîtage, une suite de dix-huit sculptures d'animaux emblématiques de la royauté orne les sommets des mats.¹⁷



Fig. 12 : Tente cramoisies d'Henri VII

1.2.3 Pavillon des temps nouveaux .Paris 1937

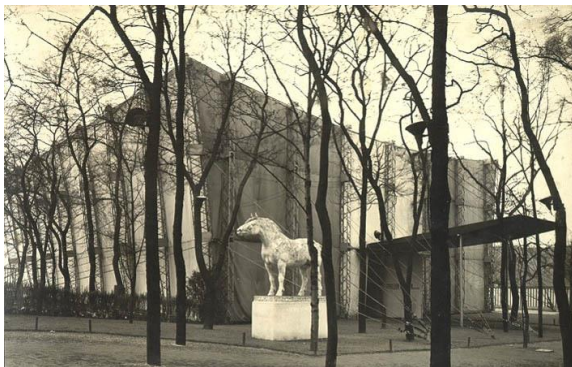


Fig. 13 : Pavillon des temps nouveaux

Nom : Pavillon des temps nouveaux
Type d'ouvrage : Hall d'exposition
Coordonnées : 48° 51' 44" N, 2° 17' 17,7" E
Lieu : Paris .France
Construction : 1937
Architectes : Le Corbusier et Pierre Jeannaret
Surface couverte : 1200 m²

Conçu par le Corbusier et Pierre Jeannaret , le pavillon des Temps Nouveaux prend forme telle une tente soutenue par près de trente pylônes de métal ainsi qu'un complexe réseau de câble et de tubes d'acier. L'innovation était de détacher le textile de la structure, ce qui donnait une impression de flottement dans le vide¹⁸

¹⁶ CHARLES De Linas, *Anciens Vêtements Sacerdotaux Et Anciens Tissus Conserves En France ,1863* .Ed : Hachette 2013 .P.38

¹⁷ DREW Philip. *Structures tendus, une nouvelle architecture* .Traduit par PIOT Christine . Ed : Actes Sud ,2008 P.19

¹⁸ LEMOSQUET L. *Pavillon des Temps Nouveaux, 1937*, Ed :Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Paris,2005

Le pavillon des Temps Nouveaux, l'un des plus importants de l'Exposition Internationale de 1937 à Paris, a pour ambition de montrer comme la nouvelle architecture, qu'on qualifie alors de « moderne », se met à la disposition du peuple français pour améliorer son quotidien.¹⁹

Ainsi, à l'intérieur du pavillon, des stands proposent de découvrir des analyses sur la « Ville fonctionnelle » destinées à s'adapter aux besoins actuels des Français tout en leur apportant confort et modernité.

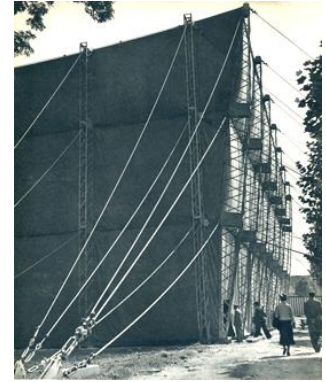


Fig. 14 : Vue de l'extérieur du pavillon des temps nouveaux

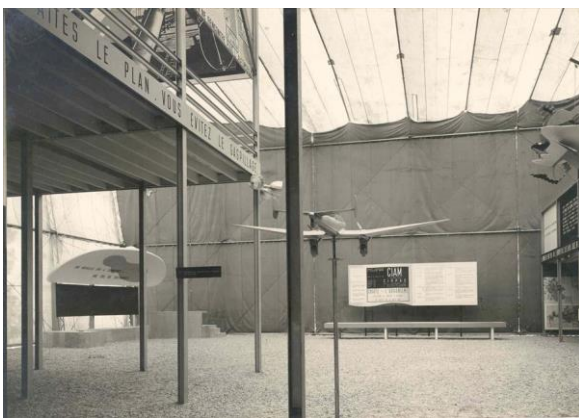


Fig. 15 : Intérieur du pavillon des temps nouveaux

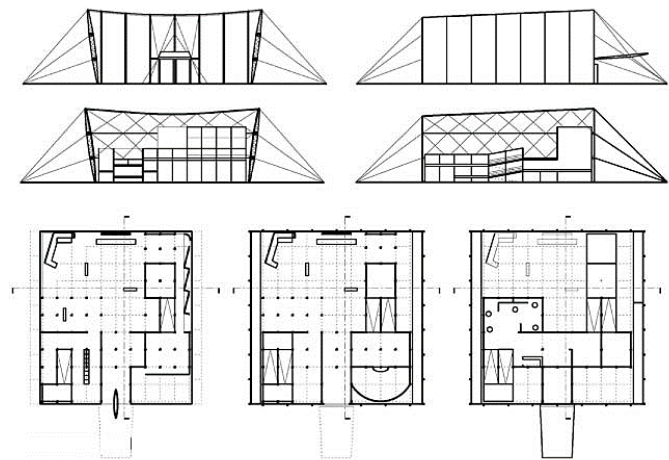


Fig.16 : Dessins architectural du pavillon

I.3. Après la 2eme guerre mondiale

C'est après la fin de la deuxième guerre mondiale que les progrès de l'utilisation des textiles dans l'architecture se sont accélérés. L'usage intensif du textile et du tissu pour des objectifs militaires a également affecté l'intérêt de l'utilisation de ces matériaux pour la vie civile.

I.3.1 Kiosque de musique à Cassel .Allemagne 1955



Fig. 17 : Kiosque de musique à Cassel

<p>Nom : Kiosque de music Type d'ouvrage : Kiosque de music Coordonnées : 51° 19' 11" nord, 9° 29' 52" est Lieu : Cassel .Allemagne Construction: 1955 Architects: Frei Otto et Peter Stromeyer Surface couverte :</p>

¹⁹LE CORBUSIER., *Vers une architecture*. Ed: Arthaud Flammarion Paris, France ,2005

L'une des premières conceptions et les plus simples de structures de membrane tendu au 20^{ème} siècle est le kiosque à musique de l'Exposition Fédérale des Jardins en 1955 à Kassel en Allemagne réalisé par Frei Otto. Cette structure pure était une surface minimale avec quatre points créant un toit de membrane en forme de selle. Deux mâts de compression mince créé les deux points élevés et les câbles de tension les deux points bas, les quatre points nécessaires pour la construction de la structure textile. La membrane de tissu de coton a été tendue entre ces points.²⁰

L'intérêt d'Otto par les structures tendues a vu le jour lors de ces expériences au cours de la seconde Guerre mondiale. Otto a été capturé et emprisonné dans un camp de prisonniers près de Chartres, en France, où il a dirigé la construction d'abris en forme de tente pour d'autres prisonniers en utilisant des moyens matériels limités²¹. Après la fin de la guerre, il a focalisé ces efforts dans l'architecture. Son principe de conception était simple ; créer une architecture guidée par la conservation des ressources, l'intelligence structurelle et l'efficacité de la construction, Otto croyait que les structures textiles tendus promettaient une solution architecturale de bon marché, durable et très polyvalente.²²

1.3.2 Tanzbrunnen à Cologne 1957



Fig. 18 : Tanzbrunnen .Scène de danse à Cologne

Nom : Tanzbrunnen
Type d'ouvrage : Scène pour orchestre, piste de danse
Coordonnées : 50° 56' 47" N, 6° 58' 19" O
Lieu : Cologne. Allemagne
Construction : 1957
Architects: Frei Otto
Surface couverte : 500 m²

Ce projet est une tente en forme d'étoile, qui mesure jusqu'à onze mètres de haut, couvre une superficie d'environ 500 mètres carrés²³. Le design a été développé sous forme de premières formes de voile de Frei Otto. Une plate-forme pour la danse a été couverte d'un toit d'une forme ondulatoire symbolise une robe drapée dans le tourbillon de la danse²⁴. Des câbles intégrés à la membrane. Un anneau de câble central a porté les câbles de crête radiale et de vallée couvrant les six points hauts et six points bas de la structure La membrane de tissu de coton a été tendue entre le centre, les points élevés

²⁰ OTTO Frei. *Complete works: light weight construction natural design*. Berlin , Germany. Birkhauser, 2005 P.31

²¹ "Pritzker Prize for Frei Otto, German Architect, Is Announced After His Death. POGREBIN Robin,. 2015. New York : s.n., 10 03 2015, New York Times. Consulté le 01 Dec 2017 (http://www.nytimes.com/2015/03/11/arts/design/frei-otto-german-architect-wins-pritzker-prize-posthumously.html?_r=0)

²² OTTO Frei. *Complete works: light weight construction natural design*. Berlin , Germany. Birkhauser, 2005 P.32

²³ <https://www.mimoa.eu/projects/Germany/Cologne/Tanzbrunnen>. Consulté le 09-11-2017

²⁴ OTTO Frei. *Complete works: light weight construction natural design*,Ed : Birkhauser, Berlin, Allemagne ,2005. P.63

soutenus par des mâts et les point bas tendus avec des câbles .Les câbles de crête courbés vers le haut supportent le poids des charges de neige. Les câbles de vallée courbés vers le bas supportent des charges d'aspiration dues au vent.

Une première rénovation a eu lieu en 1971. En raison de défauts structurels, il a dû être démantelé en 1993 .En 2001, il pourrait être reconstruit après une rénovation complète basée sur les modèles historiques²⁵.



Fig. 19 : Le Tanzbrunnen après rénovation

I.3.3 Pavillon de l'Allemagne de l'Ouest à l'Expo Montréal 1967

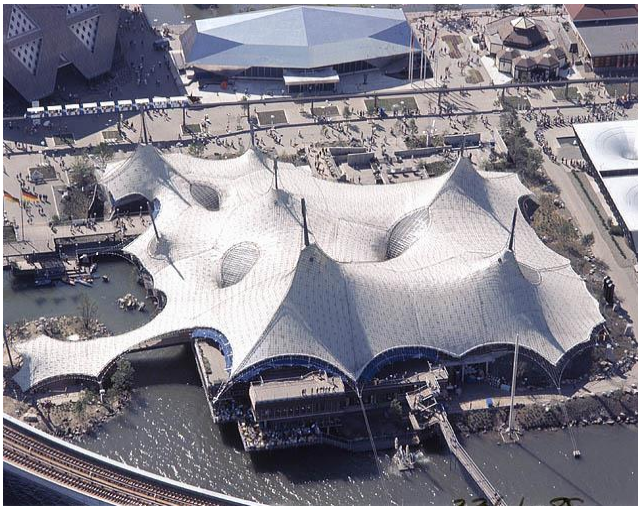


Fig. 20 : Vue sur le pavillon de l'Allemagne a l'Expo 67

Nom : Pavillon Allemagne à EXPO 67
Type d'ouvrage : Hall d'exposition
Coordonnées : 45° 31' 00"N, 73° 32' 08" O
Lieu : Montréal .Canada
Construction : 1967
Architectes : Frei Otto et Rolf Gutbrod,
Ingénieurs : Leonhardt et André
Surface couverte : 8000 m²
Hauteur des mats: 14 à 38 mètres

Le tournant décisif de la carrière de Frei Otto – couverte par l'annonce de Pritzker en 2015 ⁻²⁶est venu il y a presque cinquante ans à l'expo 'l'Exposition universelle 67 à Montréal ²⁷, Canada. En collaboration avec l'architecte Rolf Gutbrod, Otto était responsable du pavillon d'exposition de la république Fédérale d'Allemagne ; Il a conçu un pavillon qui a apporté ses expériences dans l'architecture textile à l'étape internationale pour la première fois. Le thème de l'Exposition universelle de Montréal était «Terre des Hommes» inspirée par la relation et l'interdépendance entre la terre et l'humanité, Frei Otto a conçu, avec Rolf Gutbrod dans leur projet séquence imaginative de paysages créés par l'homme ²⁸, se chevauchant et se rapprochant les uns des autres, et s'harmonisant

²⁵ Tanzbrunnen <https://de.wikipedia.org/wiki/Tanzbrunnen> , Consulté le 09-11-2017

²⁶ POGREBIN Robin , « Pritzker Prize for Frei Otto, German Architect, Is Announced After His Death », New York Times: s.n. 10-03-2015. New York., Consulté le 01-12-2017 (http://www.nytimes.com/2015/03/11/arts/design/frei-otto-german-architect-wins-pritzker-prize-posthumously.html?_r=0)

²⁷ DREW Philip. Structures tendus, une nouvelle architecture. Traduit par Christine Piot, Ed : Actes Sud, 2008.P. 37

²⁸ LANGON David .« Pavillon Allemand,Expo67 ,Frei Otto et Rolf Gutbrod ».Archdaily ,27-04-2015 consulté le 23-10-2017 (<https://www.archdaily.com/623689/ad-classics-german-pavilion-expo-67-frei-otto-and-rolf-gutbrod>)

avec le cadre naturel de la terre et de l'eau qui l'entoure (voir fig. 23). Un paysage de toits aux courbes curvilignes s'étendait largement sur une plate-forme sculptée et des terrasses d'exposition surélevées. Le pavillon a été l'un des points forts architecturaux de l'Expo et, sans aucun doute, c'était un véritable chef-d'œuvre de l'architecture légère.

Le système structurel se compose du treillis en acier précontraint et de la membrane textile précontrainte suspendue (polyester enduit de pvc). Une peau blanche et translucide brillante avec des boucles oculaires transparentes, poussées vers le haut par huit points hauts du mât et tirées vers le bas en forme d'entonnoir des points ²⁹Tous placés librement à l'intérieur d'un pourtour périphérique, créant un immense espace intérieur diversifié de près de 8000 m² couvert, ouvert tout autour vers l'extérieur, délimité par une retenue de 2,25 m de haut. ³⁰(fig. 22).

Le délai pour la conception et la réalisation du pavillon était strictement limité à quatorze mois .Le défi était le développement de la forme, pour clarifier les détails structurels, pour fabriquer les parties de la

structure et de l'intérieur en Allemagne, et tout expédier à Canada et l'assembler sur place. La préfabrication totale du réseau de câbles, des mâts et de la membrane de toit a permis d'ériger le pavillon dans un délai relativement court de seulement huit semaines , y compris déjà cinq semaines nécessaires pour accomplir progressivement l'état final de précontrainte dans le réseau de câbles et la

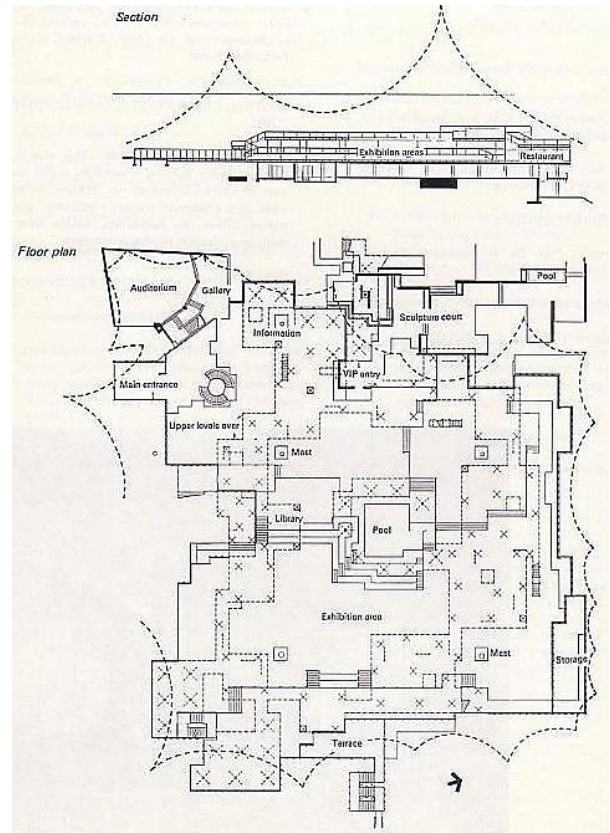


Fig. 21 : Plan et section du pavillon



Fig. 22 : Vue de l'intérieur du pavillon



Fig. 23 : Matérialisation du concept d'harmonisation entre Terre et eau par la création d'un parcours minéral qui entoure le projet

²⁹ DESWARTE Sylvie & LEMOINE Bertrand . *L'architecture et les ingénieurs. Deux siècles de réalisations.* Ed : Le Moniteur, 1997 ,Paris .France ,P.76

³⁰ DREW Philip. *Structures tendus, une nouvelle architecture.* Traduit par Christine Piot, Ed : Actes Sud, 2008,P.38

³¹ LANGON David .Pavillon Allemand,Expo67 /Frei Otto et Rolf Gutbrod .*Archdaily* ,27 Avril 2015 consulté le 23 oct 2017 (<https://www.archdaily.com/623689/ad-classics-german-pavilion-expo-67-frei-otto-and-rolf-gutbrod>)

1.3.4 Pavillon Fuji à l'Exposition Universelle Osaka 1970



Nom : Pavillon Fuji
Type d'ouvrage : Hall d'exposition
Coordonnées : 34°41'38"N 135°30'8"E
Lieu : Osaka .Japon
Année d'achèvement : 1970
Architecte : Yutaka Murata
Ingénieur : Mamoru Kawaguchi
Surface couverte : 3369 m²
Hauteur : 31,60 m

Fig. 24 : Pavillon Fuji à Osaka. Japon

Un autre exemple d'utilisation des matériaux textiles est le pavillon Fuji à Osaka .Japon . Les concepteurs du pavillon d'exposition ont préféré de développer l'ambiance en plein air et ont décidé de construire une «structure à tubes gonflés à l'air»³². La forme a été obtenue par un assemblage de 16 tubes en forme d'arche (chacun mesurant 4 m de diamètre et 72 m de longueur). Ils ont été disposés le long de la circonférence d'un cercle ayant un diamètre extérieur de 50 m. Les tubes à air, alignés, étaient reliés par des bandes horizontales de 50 cm de largeur. Même si elle tenait une forme organique, elle pouvait encore être transformée en une forme géométrique tridimensionnelle³³. Une structure de membrane gonflée à l'air est composée de structures de tension pure, en utilisant l'équilibre de la force d'air comprimé et la force de traction du matériau de la membrane³⁴. La pression d'aire est contrôlée mécaniquement par rapport aux variations de forces externes appliquées sur la structure. ³⁵

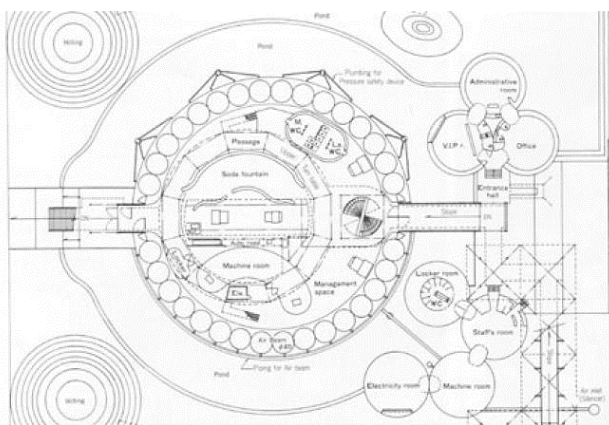


Fig. 25 :Plan rez de chaussé du pavillon Fuji

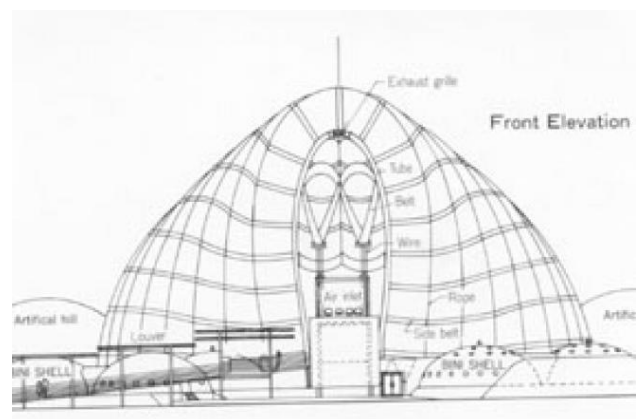


Fig. 26 : Façade principal du pavillon Fuji

³² BLEMENTHAL M, et al. « Matières plastiques 5. Techniques et architecture ». Avril 1971, Vol. 3, P.76.

³³ MOLLAERT, Marijke. 2015. EXPO 1970 (OSAKA): FUJI GROUP PAVILION. Tensinet. [En ligne] 2015, consulté le 09-11- 2017. <http://tensinet.com/index.php/projects-database/projects?view=project&id=3765>

³⁴Pavillon Fuji, <https://structurae.info/ouvrages/pavillonfujialexpositionuniversellosedosaka> Consulté le 09-11-2017

³⁵ RASNER David .<https://www.pinterest.fr/pin/414823815651309439> Consulté le 09-11-2017

I.4. Au 3eme millénaire

Au cours des dernières années, l'industrie de structures de tissus est devenue plus expérimentale et attractive .Elle s'est focalisé sur la consolidation des techniques de conception structurelle et le développement des tissus plus performants. Cette consolidation a fourni une base solide à partir de laquelle la taille et la complexité des structures textiles ont augmenté, afin de nous donner les innovations que nous associons actuellement aux structures textiles telles que : le biomes du complexe environnemental d'EDEN Project au Royaume unis ³⁶ , ou le stade de Moses Mabhida à Durban à l'Afrique du sud qui comporte une couverture en membrane textile supporté par un Arc ³⁷. Ainsi l'exemple du stade d'Aréna d'Amazonia au Brésil qui comporte une enveloppe en de 31 000 m² de la membrane textile .ou les parasols rétractables de la sainte mosquée du prophète à Médine .

I.4.1. Eden Project. Royaume Unis 2000



Fig. 27 : Complexe d'EDEN Project .Royaume unis

Nom : EDEN Project
Type d'ouvrage : complexe environnemental
Coordonnées : 50° 21' 43" N, 4° 44' 41" O
Lieu : Saint Austell , Cornwall, Royaume unis
Construction : 1997-2000
Diamètre : 38 - 124 m
Hauteur : max. 50 m
Surface couverte : 39 540 m²

I.4.2. Stade Moses-Mabhida .Afrique du sud 2009



Fig. 28 : Stade Moses Mabhinda. Afrique du sud

Nom : Stade Moses-Mabhida
Type d'ouvrage : Stade de football
Coordonnées : 29° 49' 46" S, 31° 01' 49" E
Lieu : Durban, Afrique du sud
Construction : 2007-2009 ³⁸
Capacité : 70 000 places
 Longueur : 320 m
 Largeur : 280 m
 Hauteur : 45 m, (hauteur de l'arc : 106m) ³⁹
Surface couverte : 46,000 m² ⁴⁰

³⁶ Site officiel : www.edenproject.com consulté le 08-02-2018

³⁷ WARMANN Catherine, « Moses Mabhida Stadium by GMP Architekten » www.dezeen.com/2010/06/04/moses-mabhida-stadium-by-gmp-architekten ,consulté le 08-02-2018

³⁸ Site officiel : www.mmstadium.com consulté le 08-02-2018

³⁹ JORDANA Sebastian , « South Africa World Cup 2010: Moses Mabhida Stadium » .Publié en fevrier 2010 (<https://www.archdaily.com/44595/south-africa-world-cup-2010-moses-mabhida-stadium-gmp-architekten>) consulté le 09-02-2018

⁴⁰ SESSOU Gagnon , « Le Moses Mabhida Stadium » , Publié le 17 janvier 2013 (<http://www.beninfootball.com/le-moses->

I.4.3. Parasols de la Sainte Mosquée du Prophète à Médine



Nom : Parasols de la Sainte Mosquée du Prophète à Médine
Type d'ouvrage : Parasols rétractables
Coordonnées : 24° 47' 18" N, 46° 50' 21" E
Lieu : Medina Mounaouara , Arabie saoudite
Construction : 2010
 Hauteur : 21,7 m
 Dimensions : 26 X 26 m²
Surface couverte : 145 000 m² (260 parasols)

Fig. 29 : Cour de la sainte mosquée du Prophète

Les zones extérieures de la mosquée du Prophète à Médine sont couvertes par 260 parasols ⁴¹. La superficie totale s'établit à 145 000 m². La hauteur des constructions de parasols, lorsqu'elles sont ouvertes, est de 21,70 m - alors que la taille des membranes de parasol est de 26 x 26 m chacune. ⁴² Une fois fermé, chaque parasol est enfermé dans une colonne étroite et élégante .La procédure d'ouverture de la clôture ne prend que trois minutes



Fig. 30 : Parasols enfermé

I.4.4. Stade Aréna d'Amazonia. Brésil 2014



Nom : Aréna d'Amazonia
Type d'ouvrage : Stade de football
Coordonnées : 3° 4'59.93"S 60° 1' 41.22" W
Lieu : Manaus, Amazonas, Brésil
Construction : 2010-2014 ⁴³
Capacité : 43 500 places
 Longueur : 242 m
 Largeur : 201 m
 Hauteur : 32 m
Surface couverte : 25 500 m²
Surface de la membrane : 31 000 m² ⁴⁴

Fig. 31 : Aréna d'Amazonia à Manaus .Brésil

mabhida-stadium) consulté le 09-02-2018

⁴¹ GARCIA, M. «Architecture + Textiles = Architextiles.» Architectural Design, 2006. P.05

⁴² حبيب, خديجة. «شؤون المسجد النبوي الشريف تعلن اكتمال مشروع المظلات العملاقة.» الشرق الأوسط, العدد 11577 (الاثنين 27 شعبان 1431 هـ - اغسطس 2010).

⁴³ FALK Jaeger, 3+1 Stadia for Brazil. Belo Horizonte, Manaus, Brasília + Rio de Janeiro ;Ed. jovis Verlag GmbH, Berlin (Allemagne) P.326 (<https://structurae.info/ouvrages/arena-da-amazonia>) Cosulté le 11-02-2018

⁴⁴ Site officiel : www.FIFA.com Arena amazonia ,Mnaus (<https://www.fifa.com/worldcup/destination/stadiums>) consulté le 11-02-2018

Conclusion

Nous avons pu à travers ce chapitre de tracer et décrire l'évolution de l'architecture textile à partir des tentes brutes de base des nomades aux structures textiles de grandes portées de haute technologie de la période contemporaine. Cette lecture historique nous a permis de réaliser que le textile entretient depuis toujours des rapports étroits avec l'architecture et en particulier avec l'habitat où le premier type d'habitation, à savoir les tentes, utilisaient le textile qui servait de protection. Dans un premier temps l'usage des textiles en construction était limité et ces derniers se manifestaient dans la plus part du temps en couverture, c'est après la fin de la deuxième guerre mondiale que les textiles ont connu une vaste utilisation dans le domaine de l'architecture et leurs champs d'application s'étendent suite aux avancées technologiques ainsi qu'au développement et variété des concepts et formes architecturales.

L'architecture textile n'a pas cessé d'évoluer, aujourd'hui les textiles sont exploités par les architectes dans des projets de grande envergure de nature différentes et de formes architecturales plus complexes, les innovations technologiques et l'expérience gagnée des usages précédents des textiles ont permis le développement des performances de la matière en lui permettant de s'imposer dans le milieu architectural.

En effet, après avoir retracé l'évolution historique de l'usage des textiles en architecture et en se basant sur les exemples traités, nous constatons que leur usage vient constamment comme réponse à la recherche de légèreté et souplesse, de ce fait, afin de comprendre le fonctionnement des matériaux textiles et comment ils parviennent à assurer de telles performances, il est nécessaire de passer par une identification des caractéristiques et différents notions liées à ces matériaux.

**CHAPITRE II : NOTIONS-CLES LIEES AU
STRUCTURES TEXTILES**

Introduction

L'intégration du textile en architecture et son fonctionnement ne peut pas être traité et appréhendé sans passer tout d'abord par une présentation des structures textiles.

L'aspect extérieur des structures textiles révèle d'une simplicité, cependant il s'agit en réalité de structures complexes composées de plusieurs éléments et leurs formes variées sont dues à un ensemble de paramètres, dès lors, le présent chapitre sera consacré à la présentation des structures textiles et les notions clés qui y sont liées ainsi que leurs différentes caractéristiques que d'autres types de structure classiques ne possèdent souvent pas simultanément.

Dans une première partie nous allons voir les différents types de structures textiles existantes qui dépendent de plusieurs éléments que nous expliquons, pour passer par la suite à la présentation des membranes textiles ainsi que les éléments composants des structures textiles.

Dans un second lieu, nous nous intéressons aux différents critères qui conditionnent le choix des membranes textiles où plusieurs paramètres doivent être pris en considérations en sélectionnant le type de textile de membrane à utiliser.

II.1. Classification des structures à membranes textiles

Les structures à membranes textiles peuvent être classées selon la forme des surfaces produites et selon le principe de portance (structure gonflable et structure tendu).

II.1.1. Classification selon la forme des surfaces

Les formes typiques sont des formes avec des surfaces « synclastiques » ou « anticlastiques », dans certains cas, des surfaces plates sont utilisées comme des façades. ^{45 46}

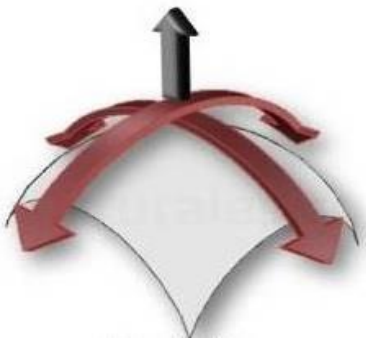


Fig. 32 : Schéma d'une surface synclastique

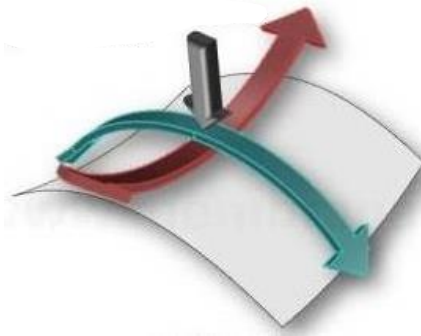


Fig. 33: Schéma d'une surface anticlastique

- **Surface synclastique** : Une surface avec une courbure positive (gaussienne) dans les deux directions principales. Une surface en forme de bulle ou de dôme.
- **Surface anticlastique** : Une surface avec une courbure positive (gaussienne) dans une direction principale et une courbure négative (gaussienne) dans l'autre. Les courbes anticlastiques prennent une grande variété de formes libres, mais ils sont généralement constitués de certaines formes de base (Paraboloïde hyperbolique, le cône, la voûte en berceau)

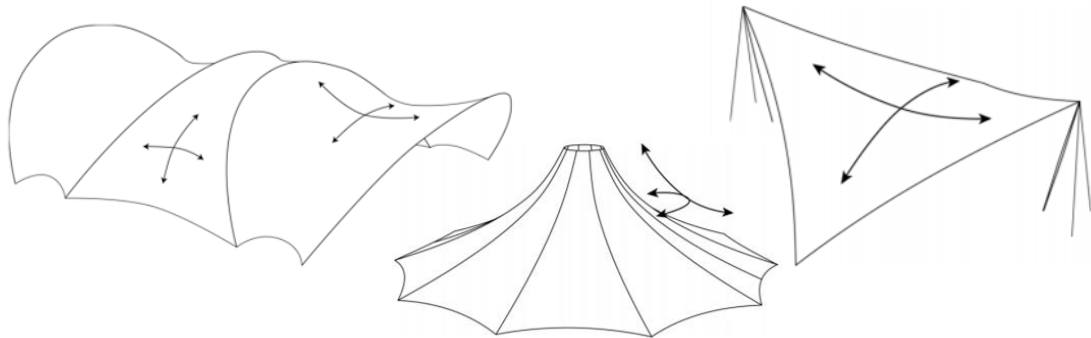


Fig.34 : Formes de bases des surfaces anticlastiques

⁴⁵ DESWARTE Sylvie et LEMOINE Bertrand, *L'architecture et les ingénieurs. Deux siècles de réalisations*. Paris ,Ed : Le Moniteur, 1997.P.46

⁴⁶ STRANGHONER Natalie & UHLEMANN Jörg « Prospect for European Guidance for the Structural Design of Tensile Membrane Structures ». Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2016,P08-14

Le schéma au-dessus illustre bien une moyenne de distinction entre une surface anticlastique et une surface synclastique à travers la forme de la courbe (concave ou convexe).

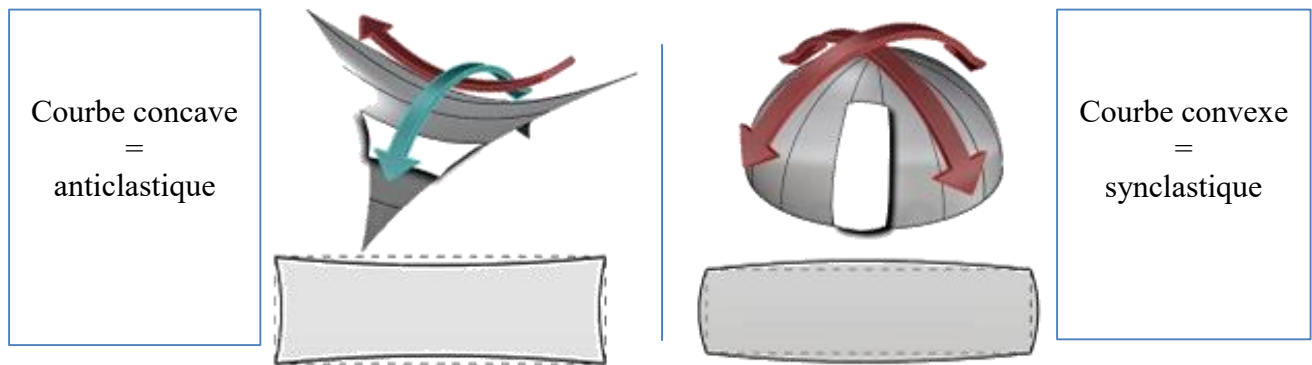


Fig. 35 : Schéma de distinction entre une surface anticlastique et synclastique

Généralement, les structures synclastiques sont gonflables et les structures plates et anticlastiques sont tendues. De ce fait, les Structures textiles peuvent être classées selon leur principe de portance en deux catégories ; structures gonflables et structures tendus.⁴⁷

II.I.2. Classification selon le principe de portance

II.1.2.1 Structures gonflables

Les structures gonflables⁴⁸ sont retenues par la pression de l'air. L'intérieur des structures est pressurisé comme un ballon. Bien que cela puisse sembler inconfortable aux occupants de la structure, la différence de pression n'est pas plus grande que celui des fluctuations barométriques ordinaires. Les utilisations courantes des structures aériennes comprennent les stades de sports, les « bulles » utilisées pour couvrir les courts de tennis et les piscines, ainsi que de nombreux autres abris temporaires.⁴⁹

Fonctionnement : Le principe de statique est le suivant : de l'air sous pression est insufflé dans la partie intérieure des tissus. Il se crée ainsi une prétension surfacique qui confère une stabilité vis-à-vis des charges climatiques, surtout le vent, dont les effets sont dimensionnant. A l'intérieur du bâtiment, une surpression de l'ordre de 1 à 3 mbar et maintenue par une soufflerie⁵⁰.

L'aspect sécurité d'effondrement est également dimensionnant pour ce type de structure. Il s'agit en autres facteur du risque d'incendie, de panne de ventilation, de déchirure de la membrane.

⁴⁷ BRIDGENS B, GOSLING P, BORCHALL M. « Membrane material behaviour: concepts, practice and developments » The Structural Engineer, July 2004.

⁴⁸ BLEMENTHAL, M, et al. 1971. Matières plastiques 5. Techniques et architecture. Avril 1971, Vol. 3, 33, pp. 62-76.

⁴⁹ MUTTONI Aurelio. *L'art des structures*. Traduit par Pierre-Alain Croset. Ed: Presses polytechnique et universitaire romandes, Lausanne .suisse, 2004.P.61

⁵⁰ VIGLO Patrick « Etude technique d'une structure métalo-textile a ossature en alliage d'aluminium » Conservatoire national des arts et metiers .Paris 2013

Enfin, certaines règles de bonne conception limitent à 5, le rapport en longueur et largeur du bâtiment, pour implantation à base rectangulaire ⁵¹.



Fig.36 : Vue de l'extérieur Salle de sport à Niort. France



Fig. 37 :L'intérieur de la salle est aménagé en terrains de tennis

- 1-Toile à double couches
- 2-Système de chauffage et de ventilation
- 3-ventilation de secours
- 4-Système d'ancrage
- 5-Issue de secours
- 6-Porte tournante
- 7-Système d'éclairage

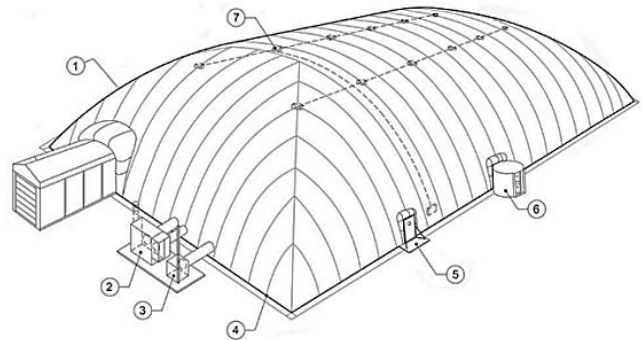


Fig. 38 : Description technique de la structure gonflable

II.1.2.2 Structure tendus

Une structure dite tendu est composé principalement d'une membrane textile soutenu soit par uniquement des câbles de suspension, ou tendue sur des cadres ou ossatures, qui elles même sont composées d'éléments de structure rigide (Eléments barres) ou souple (Câbles), agencés en harmonie de manière à épouser des formes architecturales diverses. La structure en tissu suspendu par des câbles exprime pleinement la beauté de la structure du tissu en explorant de nouvelles formes en fonction du comportement structurel de la membrane. Par contre les structures à ossature, le tissu agit seulement comme une peau de protection posée sur la structure. Étant donné que la structure supportée par des cadres ou ossature est généralement une structure relativement plus stable par rapport à la structure de la membrane suspendue, il est préférable de l'appliquer dans des zones exposées à de très de fort vent ou de la neige.

⁵¹ ONATE B.et BLETZINGER. *Textile Composites and Inflatable Structures V Structural Membranes*. Ed : International Center for Numerical Methods in Engineering. Barcelone, 2011.

II.2. Les membranes textiles

II.2.1. Composition

Les membranes textiles sont souvent précontraintes pour assurer que le tissu reste sous tension dans toutes les conditions de charge et pour réduire les fléchissements.

Les Textiles ont une constitution spécifique. On y distingue généralement:

- Les fils de trames et fils de chaînes, généralement tissés,
- La couche de fond, dit d'« adhésion » qui permet la liaison avec les autres constituants.
- Les couches protectrices (enduction supérieures et inférieures)
- Les revêtements antisalissure.

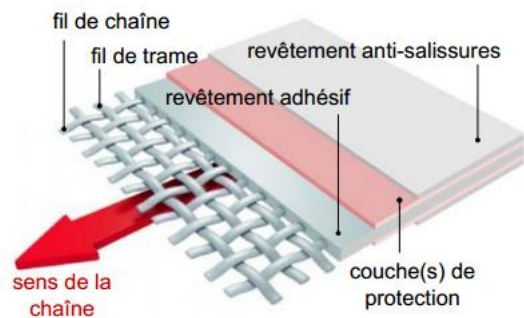


Fig. 39 : Composition du textile technique

Les fibres sont alors soigneusement solidarisiées par tissage afin de former une nappe continue avec entrecroisement à angles droit. Les fibres orientées dans le sens des lisières, soit la longueur du tissu sont appelées fil de chaîne, et celles perpendiculaires à la chaîne sont les fils de trame. On parle ainsi d'armatures de chaîne et de trame.^{52 53}

Des exemples de matériaux de membrane de tissu de revêtement courants comprennent des matériaux de membrane en fibre de verre fabriqués à partir de revêtement de Téflon (généralement appelé matériau de membrane PTFE) et de matériau de membrane en fibre de verre fabriqué en PVC (généralement appelé matériau de membrane en PVC)

II.2.2. Types de membranes textiles

Il existe une large gamme de textiles pour les applications architecturales, leur utilisation est généralement liée à leur comportement en termes de résistance mécanique, protection contre les intempéries, protection contre l'incendie, transmission de la lumière et prix. Parmi les types de textiles souvent utilisés en architecture, nous citons :

⁵² DREW Philip. *Structures tendus, une nouvelle architecture*. Traduit par Christine Piot, Ed : Actes Sud, 2008.P.22

⁵³ BRIDGENS B.et BIRCHALL, M.G. et GOSLING, P. « Tensile fabric structures: Concepts, practice & developments ». *Structural Engineer*. 20-07-2004, P. 20-27.

II.2.2.1. Polyester enduit de PVC (Polyvinylchloride)

Des tissus de polyester enduits de polyvinylchloride (PVC) ont été utilisés et testés depuis les années 1960'. L'utilisation large de ce matériau est due à leur faible coût, ainsi que leur facilité de manipulation. Cependant, leur espérance de vie n'est que de 10 à 15 ans. Le polyester revêtu de PVC a une résistance à la traction de 3100 N / 5cm à 5800 N / cm pour des membranes pesant 800 g/m² à 1000 g/m². Le revêtement de PVC aide le matériau à atteindre une résistance élevée au déchirement pour les chaînes de PVC souple autour des fibres au niveau de la déchirure pour résister à une déchirure supplémentaire. Le PVC présente également une rigidité modérée ainsi qu'un comportement modéré au fluage. Bien que cela nécessite parfois une précontrainte du tissu, le comportement modéré au fluage permet une certaine flexibilité dans la mise en correspondance des composants fabriqués et de petites erreurs dans la fabrication n'entraînent pas de surcharges ou de plis dans le tissu.

Le revêtement en PVC protège le tissu de la dégradation du rayonnement UV pendant environ 10 à 15 ans. Bien que des couches supérieures supplémentaires protégeant du rayonnement UV puissent prolonger la durée de vie du tissu, elles ne sont pas très efficaces. Le polyester enduit de PVC peut atteindre une translucidité légère allant jusqu'à 22% et bien que ce tissu ne soit pas considéré comme incombustible, il est classé comme ignifuge. En raison du fait que des températures élevées créent des trous dans le matériau qui permettent à la fumée et à la chaleur de se dissiper à travers la membrane, sa nature incombustible peut ajouter à la sécurité générale de la structure en cas d'incendie⁵⁴.

La caractéristique la plus attrayante des tissus en polyester enduits de PVC est le faible coût. Le prix des membranes de PVC varie généralement de 3.60 à 15. € du mètre carré pour les matériaux (2,25 à 4 € pour la pose) En 2017⁵⁵.

II.2.2.2. Fibre de verre enduite de PTFE (polytétrafluoroéthylène)

Un autre type de tissu de membrane couramment utilisé est la fibre de verre enduite de polytétrafluoroéthylène (PTFE). Ce matériau a été développé dans les années 70's quand le tissu de fibre de verre a été enduit avec la résine de téflon. Cette nouvelle avancée matérielle était un point de repère à temps pour les structures de tissu de tension car elle était incombustible, résistait à la salissure et promettait une durée de vie de 25 à 30 ans.

⁵⁴ DREW Philip. *Structures tendus, une nouvelle architecture*. Traduit par Christine Piot, Ed : Actes Sud, 2008. P.22

⁵⁵ <https://french.alibaba.com/g/polyurethane-coated-polyester-fabric.html> (consulté 18 10 2017)

Par contre, ce matériau était très coûteux et avait une faible résistance à la fissuration par rapport au tissu de polyester revêtu de PVC. Par conséquent, la fibre de verre revêtue de PTFE est devenue le matériau à utiliser dans les applications architecturales emblématiques de longue durée, tandis que le tissu de polyester enduit de PVC a continué à être utilisé pour des structures portatives temporaires pouvant supporter les effets d'une érection répétée.

La résistance à la traction de la fibre de verre enduite de PTFE est de 8000 N/5cm ou plus pour des membranes pesant 850g/m² avec une épaisseur de 0,15mm⁵⁶. Cette membrane peut résister à un grand écart de la température du -73°C jusqu'à +260°C⁵⁷. Elle possède aussi une bonne résistance aux produits chimiques, aux rayons ultraviolets et à la réflectivité lumineuse. Il a une grande transparence (jusqu'à 50%) En outre, la fibre de verre est vulnérable à l'effet de mèche des bords exposés à l'eau. Cela peut être atténué par revêtement hydrofuge.

Le coût du tissu de fibre de verre enduit de PTFE est assez cher. Pour la fabrication complète d'un toit structuré en tissu tendu utilisant un tissu de fibre de verre enduit de PTFE, le coût varie de 150 \$ à 230 \$ / m²- presque dix fois plus que le tissu de polyester enduit de PVC⁵⁸.

II.2.2.3.Film ETFE (Éthylène tétrafluoroéthylène)

L'ETFE en tant que matériau architectural a pris sa place au cours de l'année 1973 à 1974, où il a été une période de crise pétrolière. Les autorités de plusieurs pays, notamment les Etats-Unis, ont jugé essentiel de récolter l'énergie solaire pour remplacer les combustibles fossiles afin de lutter contre la crise. Le film ETFE a été développé par les chercheurs (une forme extrudée d'ETFE) en remplacement du verre dans les capteurs solaires thermiques, les serres, etc. Cette application a rendu l'ETFE plus célèbre, ce qui le conduit à des applications architecturales plus larges⁵⁹.

La résistance à la traction d'un film de 0,1 mm d'épaisseur est de 225 N / 5 cm seulement 5% de tissus enduits de PVC et de PTFE. Ces films continuent à fluer sous la charge, contrairement au tissu de fibre de verre enduit de PTFE. Le film cède après allongement de 3% et se rompt à 200% de sa longueur d'origine. Ce comportement donne au film ETFE une très grande résistance au déchirement⁶⁰. De manière à réguler la quantité de lumière entrant dans le bâtiment, le film peut être imprimé en plusieurs couleurs et formes. Il a une bonne résistance aux rayonnements UV et aux

⁵⁶ YINGYING Zhang, QILIN Zhang, ZHOU Chuanzhi, ZHOU Ying « Mechanical properties of PTFE coated fabrics », Journal of Reinforced Plastics and Composite, Pennsylvania State University, 2010.

⁵⁷ <http://www.ptfe-fabrics.com/ptfe-coated-glass-fabrics> (consulté le 30 oct 2017)

⁵⁸ DREW Philip. *Structures tendus, une nouvelle architecture*. Traduit par Christine Piot, Ed : Actes Sud, 2008.P.22

⁵⁹ FORSTER Aaron M. «Materials Testing Standards for Additive Manufacturing of Polymer Materials.»National Institute of Standards and Technology, USA ,2015

⁶⁰ HUNTINGTON.G. « Tensile fabric structures. Design, Analysis, and Construction » American Society of Civil Engineers, Ed : Reston ,2007.

facteurs environnementaux. Il est acquis que le matériau ETFE à une espérance de vie des 25 ans jusqu'à 50 ans.

L'ETFE peut être installé sur la structure en fonction des exigences d'isolation, d'éclairage et d'esthétique du bâtiment ⁶¹. Ça peut être :

Monocouche : un film unique de film ETFE est installé. Il est connecté à la structure primaire et renforcé au moyen de câble métallique ou d'aluminium ou d'acier léger.

Multicouche : Pour les doubles et triple couches d'ETFE, des coussins gonflés sont créés. Ces coussins sont remplis d'air à basse pression. Ce sont les critères qui fournissent la résistance thermique et la stabilité dans la structure.

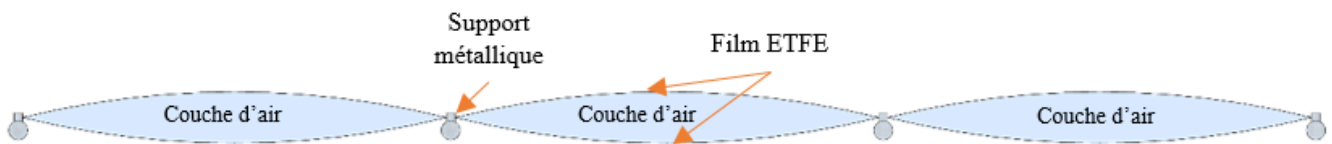


Fig.40 : Coupe schématique d'un coussin ETFE double couches

(Source : Auteur Décembre 2017)

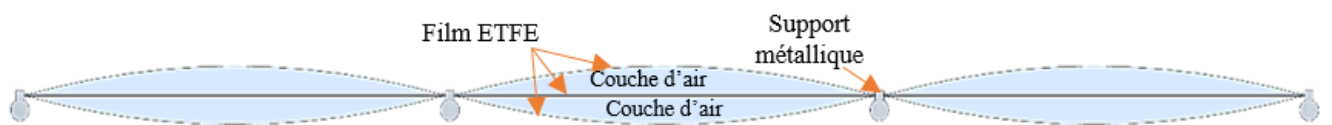


Fig. 41 : Coupe schématique d'un coussin ETFE triple couches

(Source : Auteur Décembre 2017)

Les coussins gonflables sont ultralégers et permettent des portées importantes. Les coussins rectangulaires peuvent avoir une largeur d'environ 4 mètres et une longueur (en théorie) non limitée. Les coussins triangulaires ou circulaires permettent des portées encore plus importantes. Sur le plan économique, la légèreté du système, 1,5 à 2kg/m² (Le film ETFE Pèse 200 à 350 gr/m²)⁶², permet dans beaucoup de cas une économie substantielle de la construction des structures de support. Il offre aussi une économie de coûts de consommation énergétique et de maintenance. Le Prix du matériau se varie selon ses caractéristiques entre 200 € et 300 € ⁶³

⁶¹ FOSTER, B. et MOLLAERT, M. « Engineering fabric architecture ». European design guide for tensile surface structures, Ed : Tensinet. 2004, P.25-42.

⁶² ENGELSMANN, S. et PETERS, S. et SPALDING, V. *Plastique en architecture et construction*. Ed : Birkhauser ,Basel, Suisse , 2010.

⁶³ <https://french.alibaba.com/g/etfe-foill.html> (consulté 18 10 2017)

II.2.2.4. La membrane Photovoltaïque (PV)

La recherche et le développement ont conduit à plusieurs innovations récentes dans les types de membranes utilisées en architecture textile. Les développements récents les plus excitants incluent la technologie du photovoltaïque intégré qui permet d'intégrer directement les cellules solaires dans les matériaux de la membrane⁶⁴. Les PV Flexibles ⁶⁵peuvent être stratifiés entre deux couches d'une feuille ETFE, ou collés sur une membrane PTFE translucide. Ce sont des cellules photovoltaïques extrêmement minces, très flexibles et très légères composées de cellules solaires en couches minces de siliciums amorphes extrêmement flexibles noyés dans un film de polymère fluoré. Les cellules photovoltaïques qui en résultent n'ont qu'une épaisseur d'un micron et se présentent sous la forme d'un rouleau pouvant être coupé à la longueur voulue⁶⁶. Ces nouveaux modules photovoltaïques flexibles conviennent parfaitement aux structures à membrane, qui ont souvent de grandes surfaces exposées au soleil. Il est enfin possible de mettre des PV sur des surfaces qui ne peuvent pas accueillir de panneaux solaires lourds, conventionnels et rigides. Non seulement ces systèmes permettent de produire de l'électricité sur des surfaces flexibles, mais dans les composants de construction translucides, ils peuvent également réduire le chauffage solaire en fournissant un ombrage des intérieurs et ainsi minimiser les charges de refroidissement et la consommation d'énergie ⁶⁷.

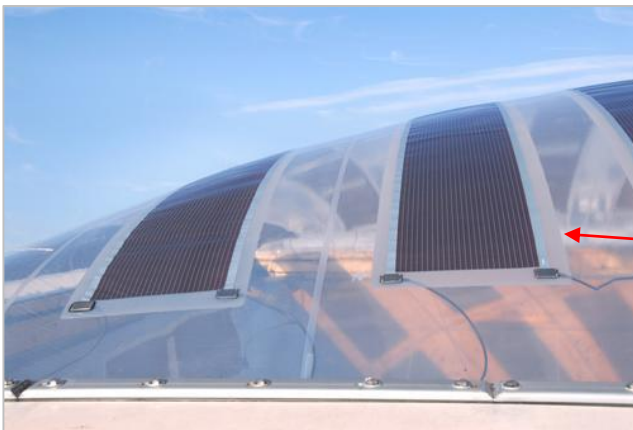


Fig. 42 : Panneaux photovoltaïques flexibles intégrée dans la couverture du stade de Mercedes Aréna à Stuttgart



Fig. 43 : Stade de Mercedes Benz Aréna à Stuttgart .Allemagne

⁶⁴ DREW Philip. *Structures tendus, une nouvelle architecture*. Traduit par Christine Piot, Ed : Actes Sud, 2008.P.23

⁶⁵ WEBER Meike, et SCHITTICH Chrisyian. «DETAIL :Review of architecture and construction details :Roofs.» Ed :DETAIL, 2015 ,P. 88-94

⁶⁶ CREMERS, J, et F. LAUCH. «PV FLEXIBLES –photovoltaics integrated in translucent PTFE and transparent ETFE membranesstructures.»SOLAR.Janvier2008. www.researchgate.net/publication/301561230 (consulté 12 01 2018)

⁶⁷ Detail. «Integration of Photovoltaics in Membrane Structures.» 01-05-2009 (www.detail-online.com/article/integration-of-photovoltaics-in-membrane-structures-13805) consulté 12-01-2018

II.2.2.5. Comparaison entre les différents types des membranes textiles

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des différents propriétés et caractéristiques des trois matériaux textiles les plus utilisés en architecture, à travers la lecture de plusieurs documents, afin de faciliter la comparaison entre eux.

Propriétés	Polyester enduit de PVC	Fibre de verre enduit de PTFE	Film ETFE
Résistance à la tension	3100- 5800 N/5cm	1000- 8000 N/5cm	1000-5000 N/5cm
Poids	0,8 -1 kg /m ²	0,85- 1,6 kg/m ²	0,20-0,35 kg/m ²
Résistance au rayons UV	bonne	Excellente	Excellente
Translucidité	0-22 %	Jusqu'à 50 %	Jusqu'a 98 %
Couleurs	Blanc, possibilité d'être teinté par autres couleurs (la teinte réduit la longévité)	Beige blanchi à blanc, possibilité de personnaliser la couleur	Possibilité de personnalisé la couleur ou d'imprimé des motifs
Propriété autonettoyante	Bonne (nettoyage annuel recommandé)	Excellente (surface glissante)	Excellente (surface glissante)
Résistance au feu	Bonne	Incombustible	Incombustible
Recyclage	Bon	moyen	Excellent
Espérance de vie	10-15 ans	25 -30 ans	25-50 ans
Prix (en 2017)	3,15 – 15 Euro /m ²	150 -230 Euro /m ²	200- 300 Euro /m ²
Faiblesse	-Durabilité relativement faible	- Nécessite une manipulation prudente, sensible aux dégâts d'eau et aux déchirures	-Les coussins déforment la vue -Facile à couper ⁶⁸

Tableau 1:Comparaison entre les différents types des membranes textiles

(Source : Auteur .Décembre 2017)

⁶⁸ <http://www.etferoof.com> (consulté le 17 /11/2017)

II.3. Critère de choix des membranes

Plusieurs paramètres doivent prendre en considérations en sélectionnant le type de textile de membrane à utiliser. Les critères les plus importants sont les propriétés mécaniques du matériau, sa résistance aux intempéries, au feu, Ainsi que ses propriétés thermiques, optiques et acoustique. Prenant en considération aussi la faisabilité économique d'utilisation du matériau.

Pour les matériaux couramment utilisés dans les structures à membrane textiles, tels que le PVC, Le PTFE et l'ETFE, les comportements et caractéristiques ont été bien enregistrées. Toutefois, pour les nouveaux matériaux et applications innovantes, il existe une large gamme de tests qui peuvent être effectuées pour avoir une idée des propriétés et des qualités du matériau. ⁶⁹

II.3.1. Propriétés mécaniques

Les propriétés mécaniques plus importantes pour le concepteur sont la résistance à la traction, qui mesure la force nécessaire à la rupture du matériau et la résistance au déchirement, qui est la résistance à la propagation d'une fissure existante et les propriétés élastiques, telles que la rigidité, ce qui est le rapport entre le module d'élasticité et l'aire de la section transversale des fibres ⁷⁰. Ces propriétés sont mesurées par un certain nombre de tests effectués à travers plusieurs méthodes, parmi ces méthode, nous citons la méthode de l'échantillon plat cruciforme .Elle est effectuée dans un essai de traction biaxiale ⁷¹. Comme le montre la Figure 44. Cette méthode suppose que l'échantillon est un plan élastique anisotrope. Il est fixé sur un appareil qui se compose de quatre vérins hydrauliques indépendants, L'essai est utilisé pour déterminer la résistance de fils de trame ou fils de chaîne à une charge avant la déchirure. L'essai est effectué avec le rapport de charge de pré-tension chaîne / trame de 1/1

- il est composé de 5 cycles de chargement à vitesse constante
- la force nominale appliquée par cycle est de 0,25 kN
- la force maximale appliquée par cycle est égale à 5% de la résistance à la traction dans le sens de la chaîne et de la trame.⁷²

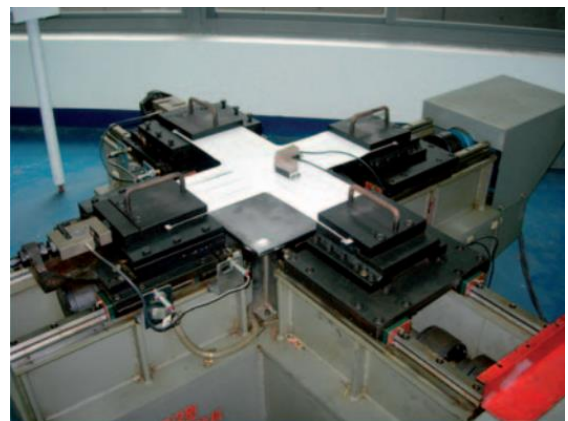


Fig. 44 : Essai de traction biaxiale

⁶⁹ BERGER Horst. *Light Structures, Structures of Light: The art and engineering of tensile architecture*. Basel ,Switzerland: Birkhauser, 1996. P.27

⁷⁰ BRIDGENS B & COLMAN A. & GOSLING P.& JOU G. & HSU X. « Shear behaviour of architectural fabrics subjected to biaxial tensile loads » . Newcastle University ,United Kingdom ,2014.

⁷¹ YINGYING Zhang, QILIN Zhang, ZHOU Chuanzhi ,ZHOU Ying « Mechanical properties of PTFE coated fabrics » , Journal of Reinforced Plastics and Composite ,Pensylvania State University, 2010 .

⁷² Selon la norme européenne EN ISO 899-1:2003 (<http://eurocodes.jrc.ec.europa.eu>)

Lorsqu'il s'agit de traitements des données biaxiales, il y a plusieurs manières d'interprétation telles qu'un diagramme de temps-tension ou un graphique global de contrainte-tension .La figure 45 présente les résultats d'un essai exécuté sous forme d'un diagramme de temps-tension par rapport aux charges appliqués .Les résultats obtenus seraient comparé à des résultats spécifiés dans les normes européennes et nationales telle que EN 1875-3 et DIN 53363 . À l'origine, la norme DIN 53363 ne s'applique qu'aux films ETFE.

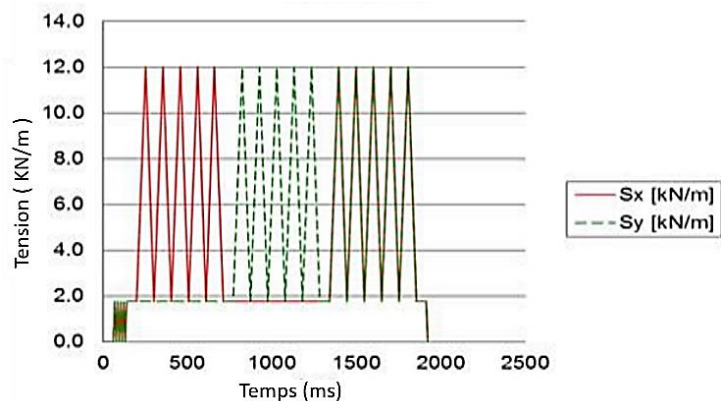


Fig. 45: Diagramme Temps-tension d'un essai de traction biaxiale

73

II.3.2.Résistance aux intempéries

Les membranes textiles, en tant que système de couverture du bâtiment ou façades, sont souvent directement exposées à l'environnement atmosphérique extérieur. Ils ont affecté par des phénomènes naturels tels que la lumière du jour, la variation de température, la pluie et l'érosion par la poussière.

L'apparence et la couleur, la luminosité et la résistance du matériau se dégrade progressivement avec le temps. La résistance aux intempéries du matériau de membrane est un indice complet qui décrit ses années de service, sa résistance au vieillissement, sa capacité d'auto-nettoyage et son atténuation d'intensité.⁷⁴

Actuellement, des expériences de vieillissement météorologique sont souvent effectuées pour évaluer la résistance aux intempéries d'un matériau de membrane. D'une manière générale, des essais portant sur l'effet du vieillissement climatique naturel et du vieillissement artificiel des intempéries sont réalisés. Les tests de laboratoire adoptent souvent des expériences de vieillissement climatique accélérées artificiellement, appelées expérience de vieillissement de la lampe au xénon. La source lumineuse de la lampe à arc au xénon est adoptée pour illuminer la membrane en permanence, tout en contrôlant la température, l'humidité, l'énergie rayonnante, le cycle des précipitations et le temps

⁷³ STRANGHONER Natalie & UHLEMANN Jörg. Prospect for European Guidance for the Structural Design of Tensile Membrane Structures .Editions Office de publications d'union européenne.2016, Luxembourg

⁷⁴ KOTTAS Dimitris, *Matériaux, impact et innovation*. Links, 2011

pour imiter et renforcer les principaux facteurs environnementaux tels que la lumière, la chaleur, l'oxygène et l'humidité. Dans des conditions climatiques naturelles, la vitesse de vieillissement d'un échantillon et les différences de résistance à la traction d'un échantillon sous énergie radiante au cours du temps sont considérées comme un indicateur de la résistance aux intempéries.⁷⁵

L'ARTACC est un appareil destiné à réaliser des tests de photovieillissement selon les normes ISO 105 B02 -10 ainsi la norme ISO 4892-1 .Il permet de reproduire certains phénomènes naturels responsables des altérations chimiques des matrices polymères et des additifs, et ceci en accélérant considérablement par rapport aux agents naturels, les cinétiques de dégradations⁷⁶.



Fig.46 :L'enceinte de vieillissement accéléré ARTACC

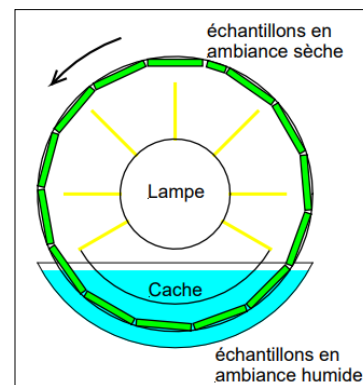


Fig.47 : Schémas de fonctionnement de l'appareil

II.3.3.Résistance au feu

La membrane a une bonne performance en termes de résistance au feu. Le substrat du matériau de la membrane est lui-même incombustible et ignifuge. La fibre de verre est un matériau incombustible tandis que la fibre de polyester est un matériau incombustible. Lorsque le matériau de la membrane est appliqué dans des bâtiments semi-ouverts tels que les couvertures des parkings extérieurs, les auvents des installations publiques et dans des structures temporaires, la prise en considération de la sécurité ignifuge peuvent être négligé⁷⁷.

Par contre, lorsque le matériau de membrane est appliqué dans un système de toiture de bâtiments totalement fermés et permanents, l'ignifugation d'un matériau de membrane en termes d'ignifugation, de volume de fumée, de toxicité et d'effondrement de la structure doit être prise en compte de manière exhaustive⁷⁸.

⁷⁵ <http://www.q-lab.com/fr-fr/resources/standards/category/q-sun-xenon-arc-test-chambers> consulté le 07-11-2017

⁷⁶ www.stationdebandol.com consulté le 07-11-2017

⁷⁷ KOTTAS Dimitris, *Matériaux, impact et innovation*. Ed :Links, 2011.

⁷⁸ CAJOT L et MEYER U. et VASSART O.et ROBERT F. « Eurocodes: Background & Applications Structural Fire Design ». Publications Office of the European Union , Luxembourg., 2014.

En Algérie, il n'existe pas encore une norme qui définit les classes de comportement au feu pour les matériaux textiles utilisés en constructions ⁷⁹. Les normes souvent utilisées en Europe sont la norme allemande DIN 4102-1 ⁸⁰ (la membrane utilisée doivent être classé B1) ainsi que la norme française NF P 92 503-507 (la membrane utilisée doivent être classé en M2). Ces normes spécifient les exigences et les méthodes d'essai pour chaque classe.

Parmi les méthodes utilisées pour tester la résistance au feu d'un matériau, on place un échantillon dans un support à échantillon à 30° au-dessus d'un radiateur qui émet de la chaleur. Une petite flamme au butane est appliquée directement sur la surface du tissu. Les aspects suivants sont enregistrés : - durée de la flamme ; - production de gouttes incandescentes ; - longueur/largeur de l'échantillon endommagé.



Fig. 48: Essai de résistance au feu.

Classe de matériaux de construction		Désignation
Classe A	A1	Matériau non combustible
	A2	
Classe B	B1	inflammable
	B2	Inflammable
	B3	Facilement inflammable

Tableau 2: Classification des matériaux selon la norme allemande

Méthode	Classes				
		aucune ignition de la membrane	aucune ignition de la membrane	Ignition de la membrane	Ignition de la membrane
NF P92 – 505	-	aucune ignition de la membrane	aucune ignition de la membrane	Ignition de la membrane	Ignition de la membrane
NF P92-503	Pas de gouttelettes	gouttelettes non brûlantes	gouttelettes brûlantes	gouttelettes non brûlantes	gouttelettes brûlantes
Temps d'ignition ≤ 5 sec	M1	M1	M2	M4	M4
Temps d'ignition > 5 sec Longueur endommagée < 350 mm	M2	M2	M3	M4	M4
Temps d'ignition > 5 sec Longueur endommagée [450-600] mm ; profondeur < 90mm	M3	M3	M4	M4	M4
NF P92 - 504	-	-	M4	M4	M4

Tableau 3 : Classification des matériaux selon la norme française

⁷⁹ La norme ISO 834 en vigueur en Algérie ne traite pas les matériaux membranaires composites utilisés en architecture

⁸⁰ Norme allemande DIN 4102-1 (<http://www.firetc.net/firetesting/show.php?itemid=663> consulté le 27-10-2017)

II.3.4. Isolation thermique

Les performances d'isolation thermique des bâtiments dotés de structures textiles sont médiocres. Les matériaux membranaires souvent utilisés ne peuvent pas très bien limiter l'impact de l'environnement interne. Le coefficient de conductibilité thermique du matériau de membrane monocouche est important et la consommation de réfrigération est également élevée.⁸¹

Par conséquent, il est souvent appliqué aux bâtiments ouverts ou dans les zones avec un climat plus chaud. Lorsque la propriété d'isolation thermique d'un bâtiment doit être élevée, une structure de membrane à deux couches ou à plusieurs couches peut être adoptée. En général, il devrait y avoir une couche d'air 25 à 30 cm entre deux membranes. La rosée condensée à l'intérieur de la surface de la membrane pose un problème qui doit être pris en compte. Lorsqu'une structure de membrane est appliquée sur des bâtiments avec des sources plus importantes d'humidité intérieure comme une piscine ou un jardin botanique par exemple, l'air humide se transforme facilement en rosée au contact de la surface interne de la membrane. Par conséquent, des mesures telles que la ventilation intérieure, l'installation d'une évacuation d'eau froide condensée ou d'un système de circulation d'air doivent être prises en compte.⁸²

II.3.5. Propriétés optiques

Les propriétés optiques du matériau de la membrane font référence aux effets du matériau de la membrane sur la lumière de différentes bandes d'ondes, y compris des propriétés telles que la réflexion, la transmission, l'absorption et la diffusion. Différents matériaux de membrane présentent de grandes différences dans la réflexion, l'absorption et la transmission de la lumière dans chaque bande d'ondes. En général, le matériau de la membrane présente une transmission de la lumière relativement bonne. La transmittance de la lumière naturelle du matériau de membrane de tissu peut atteindre 20%. Cependant, dans les bâtiments à double membrane, construits conformément à des propriétés d'isolation thermique relativement élevées, le facteur de transmission de la lumière atteint 4% à 8%. Cependant, le facteur de transmission de la lumière de l'ETFE peut atteindre 95%, ce qui dépasse celui du verre transparent⁸³.

À l'intérieur du bâtiment, la lumière de transmission des bâtiments produit une lumière uniformément diffusé. La lumière n'a aucune ombre, aucun éblouissement et aucune direction

⁸¹ BLEMENTHAL, M et HUIDOBRO M, et FABRY E. «Matières plastiques 5.» Techniques et architecture, Avril 1971, Ed :Bordas,P.62-82.

⁸² Burj Al Arab 7 Star Hotel Construction.. Mega structures Documentary. Réalisé par National Geographic 2015. (<https://www.youtube.com/watch?v=gBfzTQeWCv0>)Consulté le 25-11-2017.

⁸³ KATLENBACH Frank . *Translucent Materials*.Ed:Birkhauser . Basel,Boston,Berlin , 2004.

significative, ainsi elle est douce et uniforme. Pendant les heures de jour, il satisfait les exigences de lumière de diverses activités d'intérieur. Par conséquent, les structures à membrane sont spécialement appliquées aux bâtiments qui exigent des spécifications d'éclairage plus élevées, telles que les installations sportives, les halls d'exposition et les patios. De plus, pendant la nuit, la surface des bâtiments à structure membranaire peut dégager une lumière douce, ce qui peut être avantageux en termes de publicité et en augmentant la facilité avec laquelle les bâtiments sont identifiés. Lorsque l'éclairage intérieur est utilisé, les lampes doivent être placées à une distance appropriée de la surface de la membrane pour empêcher la chaleur dégagée par les lampes de saisir la surface de la membrane.

II.3.6. Propriétés Acoustique

Les propriétés acoustiques du matériau de la membrane sont similaires à ses propriétés optiques et comprennent des propriétés de réflexion (réverbération) et de perte de transmission pour les diverses fréquences des ondes sonores. Les propriétés de réverbération et d'absorption acoustique déterminent de manière exhaustive la qualité du son et les propriétés d'insonorisation des bâtiments à structure textile. Le matériau de la membrane monocouche a des propriétés acoustiques médiocres et peut résulter en de forts échos et une faible absorption acoustique⁸⁴.

Pour ce qui concerne la vibration des ondes sonores, les tissus ont une réflectivité très forte qui augmente le niveau de bruit à l'intérieur des bâtiments. Les bâtiments à forme concave interne, en particulier, tels que les structures gonflables ou les structures membrane supportées par une arche, le plafond peut collecter les ondes sonores reflétées pour avoir un impact supplémentaire sur l'environnement acoustique intérieur. Cependant, cette capacité d'isolation acoustique relativement médiocre détermine que les structures de membrane ne sont pas appliquées aux installations de construction qui exigent une réduction élevée du bruit.

Les méthodes de détermination de l'indice d'affaiblissement acoustique des parois, ainsi que les calculs nécessaires concernant l'isolement des parois vis-à-vis de bruit aérien sont déterminés en Algérie par le document technique réglementaire : DTR C 3.1.1⁸⁵

En général, des mesures architecturales correspondantes doivent être prises pour améliorer l'environnement acoustique des bâtiments à structure textile. Par exemple, l'ajout d'un tissu de fond léger et poly-poreux à la membrane peut efficacement réduire la réflexion de l'onde sonore et augmenter l'atténuation de la transmission des ondes sonores. Peut-être un écran acoustique qui est accroché au plafond de la structure de la membrane peut augmenter l'absorption des ondes sonores.

⁸⁴ BENDIXEN Cecilie, « La forme textile du son ». Académie royale des beaux-arts, Copenhague, Danemark, 2012.

⁸⁵ Norme algérienne NA 6901 équivalente à la norme française NF S31-057 (1982)

Un Changement de la forme incurvée du plafond de sorte que la direction de la réflexion est modifiée aura également un impact. En outre, un revêtement de membrane d'absorption acoustique spécialisé peut apparemment réduire la réverbération pour augmenter l'absorption acoustique. Cependant, lors du choix de ces solutions techniques, il faut tenir compte de l'impact de ces méthodes sur les performances de la structure membranaire par rapport à l'éclairage et à la résistance au feu

II.3.7.Couleur

Les tissus peuvent être colorés ou imprimés afin d'obtenir des propriétés narratives ou pour participer à la régulation de l'éclairage et des propriétés thermiques des structures. Le polyester enduit de PVC est le matériau le plus polyvalent en matière de coloration et offre le plus grand choix d'options. Le film ETFE aussi peuvent être imprimé .Par contre, la fibre de verre enduit de PTFE ne peut pas être imprimé, mais il est disponible dans une grande variété de couleurs. Les couleurs sont utilisées pour obtenir des effets visuels forts, elles affectent également les propriétés thermiques de la structure.

Un contrôle de qualité peut être fait par des tests de bonne tenue des vernis selon la méthode ISO 2409

II.3.Eléments d'une structure textile

II.3.1.L'ossature

En architecture, l'ossature est la partie porteuse qui assure la stabilité d'une structure. Les composants d'une ossature peuvent être en béton armé, en métal ou en bois. Les membranes textiles présentent l'avantage d'être mis en œuvre sur tous les types de support quel que soit le matériau.

L'ossature métallique est la plus privilégiée pour plusieurs raisons telle que la grande portée.⁸⁶

Nous citons le projet de *centre Pompidou de Metz* en France, Conçu en 2003 par les architectes Shigeru Ban et Jean de Gastines en collaboration avec Philip Gumuchdjian. Il présente une mixité des matériaux qui composent son ossature (bois, métal et béton armé) . Le projet inauguré en 2010 a une forme organique matérialisé par une toiture faite d'une charpente en bois .⁸⁷

La charpente en bois, terminée en juillet 2009, consiste en un assemblage innovant et inédit, composé de 650 tonnes de bois qui s'entrecroisent pour former un maillage hexagonal. Elle est recouverte d'une membrane en PTFE qui a la particularité d'être auto-nettoyante , de protéger des rayons du soleil tout en offrant une transparence la nuit .⁸⁸



Fig. 49 : Centre Pompidou de Metz .France

Durant les premiers jours de décembre 2010, au droit de l'un des poteaux munis de résistances et de fils chauffants devant assurer l'écoulement en cas de chutes de neige, l'accumulation de neige a causé une déchirure de près de 2,50 m dans la toile, au niveau de la jonction de la membrane avec l'anneau d'acier. Cet incident, qui s'est produit au-dessus du sol extérieur, a semblé sans gravité, mais la toiture s'est à nouveau éventrée le 20 décembre, provoquant des infiltrations d'eau dans le bâtiment . La toile s'est également déchirée en mars 2013, après de fortes chutes de neige.⁸⁹



Fig. 50 : Déchirure de la toile en PTFE

⁸⁶ DUJIOANNI Jacques & CHESSA Miléna & MIGUET Laurent & BOURGUET V. «Construction textile.» Architecture et techniques, 14-12-2007 .Paris .France : Le moniteur 2007

⁸⁷ Site officielle : <http://www.centrepompidou-metz.fr> Consulté le : 16-01-2018

⁸⁸ ESCOLIN, Bertrand. «Centre Pompidou Metz : le génie civil de la grande nef s'achève.» Le moniteur des travaux publics et du bâtiment, 12-05-2009.France 2009.P.10.

⁸⁹ Lemoniteur.fr, « La neige endommage la couverture du centre Pompidou-Metz », 7 décembre 2010

Bien que les différents matériaux d'ossatures sont connus par leurs propriétés physiques et qu'ils soient utilisés conformément aux connaissances existantes pour chacun d'entre eux, leur utilisation dans les structures textiles exigera des conceptions spécifiques, des calculs et des détails constructifs dans chaque cas.

II.3.2. Les Câbles

Outre le tissu à membrane, les câbles⁹⁰ utilisés dans la structure doivent également être sélectionnés. La résistance et la durabilité, ainsi que la flexibilité et les rayons de courbure jouent un rôle important dans le processus de sélection. Les câbles, sont généralement fabriqués en acier galvanisé ou en acier inoxydable, Dans certains cas, des matériaux synthétiques artificiels sont utilisés en combinaison avec des raccords en acier inoxydable ou galvanisé⁹¹.

Les câbles d'acier sont constitués par des «brins», composés à la fois de plusieurs fils métalliques torsadés autour d'un noyau en spirale, avec la fonction de positionner les brins de fil pour répartir les efforts appliqués au câble.

Un câble métallique avec des fils externes minces est recommandé d'être choisi pour que le câble soit flexible, et le contraire pour un câble plus rigide. Notant que plus les fils externes ne sont pas fins, plus la résistance à l'abrasion sera faible.

Il existe différents agencements de fils qui alternent et combinent des épaisseurs de fils égales ou différentes, remplissant des espaces vides entre les fils des câbles, obtenant de meilleurs résultats concernant la corrosion interne par contact, en plaçant les fils plus épais à l'extérieur (voir fig.52).

Ames de câbles : Les câbles avec un noyau de fibre sont plus flexibles ; ils peuvent être fabriqués à partir de fibres naturelles ou de fibres artificielles (polypropylène) Tandis es câbles métalliques à âme en acier sont moins flexibles et plus résistants.

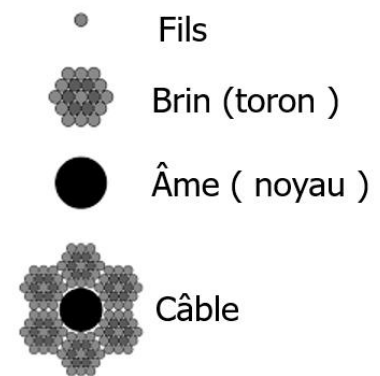


Fig.51 : Composant d'un câble en acier

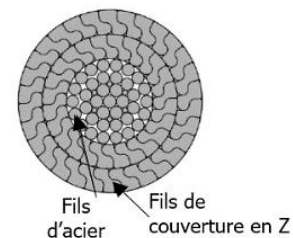


Fig. 52 : Coupe schématique d'un câble

⁹⁰Norme européenne : EN 12385-10:2003 Steel wire ropes - Safety - Part 10: Spiral ropes for general structural applications <https://www.din.de/en/getting-involved/standards-committees/nad/standards>

⁹¹Norme AFNOR « Câble en acier » <https://www.boutique.afnor.org/norme/nf-en-12385-10/cables-en-acier-securite-partie-10-cables-spiraloidaux-pour-applications-generales-de-structures/article/880489/fa104179>

Choix des câbles : Plusieurs facteurs doivent être pris en compte lors de la sélection d'un câble telle que la résistance, le module d'élasticité, la flexibilité, la charge maximale à supporter, la durée de vie et la maintenance du câble sont également des facteurs importants, pour lesquelles le type de câble n'est pas le seul facteur intervenant⁹².

Dans certains cas, les câbles peuvent être recouverts, enduits ou enfermés dans des conduits en plastique, ou peints avec des extrémités esthétiques, pour donner de la couleur et améliorer leur durée de vie.

Les câbles en fibres : Pour la sélection de câbles fabriqués à partir de matériaux synthétique, il existe plusieurs choix avec une grande variété de diamètre, résistance, élasticité, etc. Nous citons les principaux matériaux utilisés dans la fabrication des câbles :

Polypropylène: résistant au sel (ne durcit pas), hydrofuge, une faible résistance aux rayons UV.

Polyéthylène: ne se décompose pas, bonne résistance à la traction, une faible résistance aux rayons UV. Ne pourrait pas.

Polyester: faible élasticité, résistant au sel, résistant aux rayons UV, bonne résistance à l'abrasion et à la traction.

Polyamide ou nylon: plus élastique que le polyester, il soutient les forces d'arrachement, bonne résistance aux rayons UV.

Kevlar ou Aramide: cinq fois plus résistant que l'acier à même poids, traitement difficile aux nœuds, la capacité de plier est assez limitée, faible résistance aux rayons UV, Difficulté de finitions (le Kevlar ne fusionne pas) Il est utilisé avec un revêtement de polyester.

⁹² WEBER, Meike, et Chrisyian SCHITTICH. «DETAIL :Review of architecture and construction details :Roofs.» DETAIL, 2015: 88-94.

II.3.3. Les éléments de connexion

Les connexions⁹³ sont l’endroit où se réunissent toutes les forces qui agissent sur et dans une structure tendue, C’est où le succès du design est fait ou perdu. Les problèmes qui se produisent dans une structure textile se trouvent le plus souvent à l’interface entre différents systèmes.

Les structures textiles peuvent être décrites comme une combinaison de trois de ces systèmes : une membrane de tissu, la structure porteuse qui ancre et supporte la membrane et les câbles d’attache. Dans chacun de ces trois systèmes se trouve un certain nombre de connexions importantes et cruciales.⁹⁴

II.3.3.1. Membrane à membrane :

En raison de la limitation de taille, les tissus doivent être reliés ensemble pour couvrir une grande surface. Il y a essentiellement trois méthodes de connexion

II.3.1.1.1 Connexion Thermique (à chaud):

C’est une soudure par chaleur entre les bords de deux bandes de membrane. Elle est souvent utilisée pour les membranes de polyester enduit de PVC et de la fibre de verre enduite de PTFE. La résistance est fortement liée à la qualité de la liaison thermique et de la largeur de recouvrement.⁹⁵



Fig.53 : Soudure de membrane

II.3.1.1.2 Connexion par couture :

La couture est une méthode de connexion solide, mais elle pourrait aussi être facilement endommagée. Il est couramment utilisé avec la liaison à chaud pour le polyester enduit de PVC, afin d’obtenir une meilleure résistance. S’il est utilisé en extérieur, il doit être protégé par une autre couche de PVC provenant des rayons ultraviolets. Cependant, les coutures ne sont recommandées pour les fibres de verre enduites de PTFE.⁹⁶

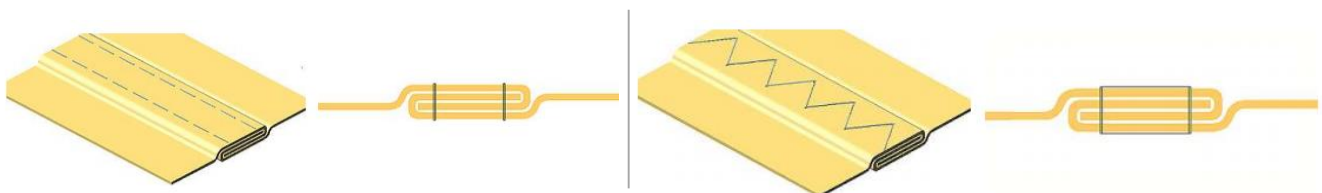


Fig.54 : Schémas de connexion membranes par couture

⁹³ <http://www.fabricarchitect.com/components-and-details.html> Consulté le 17-12-2017

⁹⁴ STRANGHONER Natalie et UHLEMANN Jörg . « Prospect for European Guidance for the Structural Design of Tensile Membrane Structures ». Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2016. P.143-156

⁹⁵ <http://www.soudureplastique.ma> Consulté le 19-12-2017

⁹⁶ STRANGHONER Natalie et UHLEMANN Jörg . « Prospect for European Guidance for the Structural Design of Tensile Membrane Structures ». Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2016. P.157

II.3.1.1.3. Connexion mécanique :

La connexion mécanique⁹⁷ est une liaison par l'utilisation des joints mécaniques pour relier les tissus ensemble. Les tissus sont reliés par une plaque de serrage où les tissus se chevauchent comme elle montre le schéma (fig.56). C'est le type adopté pour les tissus de couverture du dôme du millénaire à Londres (fig. 55)



Fig. 55 : Installation de la membrane du dôme du millénaire

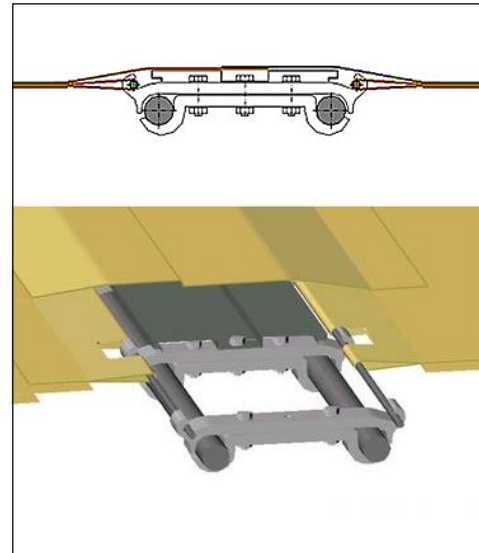


Fig.56 : Schémas de connexion par un joint mécanique

La connexion mécanique peut être effectuée par une plaque de serrage (voir fig. 58) .Ce type de connexion était utilisé pour le tissu de la couverture des tribunes du terrain de cricket de Lord. Mount Stand à Londres (fig 57) ⁹⁸

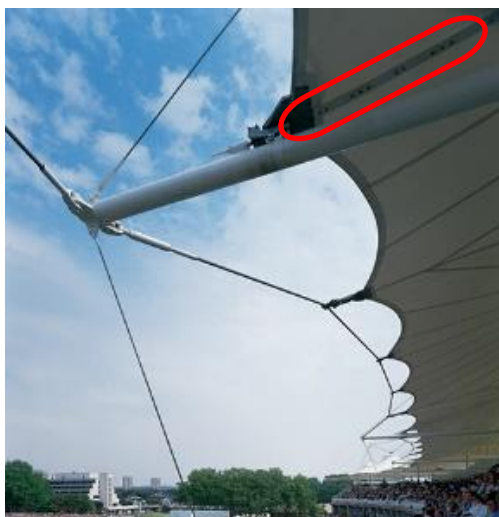


Fig.57 : Couverture des tribunes du Lord

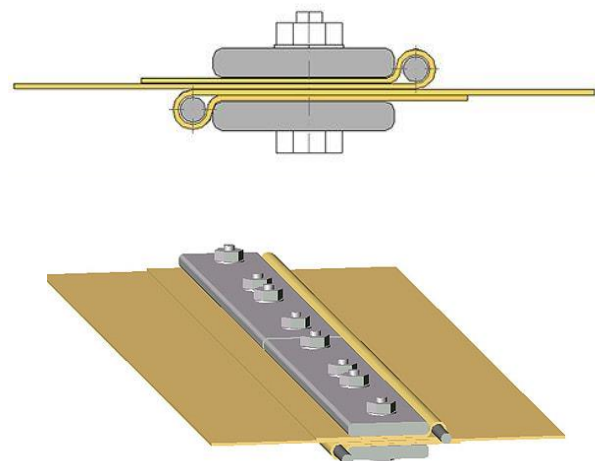


Fig.58 : Schémas de connexion mécanique par une plaque de serrage

⁹⁷ STRANGHONER Natalie et UHLEMANN Jörg, « Prospect for European Guidance for the Structural Design of Tensile Membrane Structures » Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2016, P.147-150

⁹⁸ <http://www.hopkins.co.uk/projects/3/94/> Consulté le 19-12-2017

II.3.3.2. Membrane à câble

Il existe plusieurs méthodes de liaisons entre les bords de la membrane et les câbles^{99 100}. Parmi ces méthodes nous citons :

- **Liaison Poche en tissu avec câble** : Souvent Utilisé avec un tissu de polyester enduit de PVC ou un tissu de fibre de verre enduit de PTFE (Recommandé d'être limité par la longueur de la couture du tissu (fig. 59)

- **Liaison par pinces de serrage** : Si les forces deviennent trop importantes, Il est recommandé de relier entre le câble de bord et le tissu par des pinces de serrage comme elle montre la figure 60.

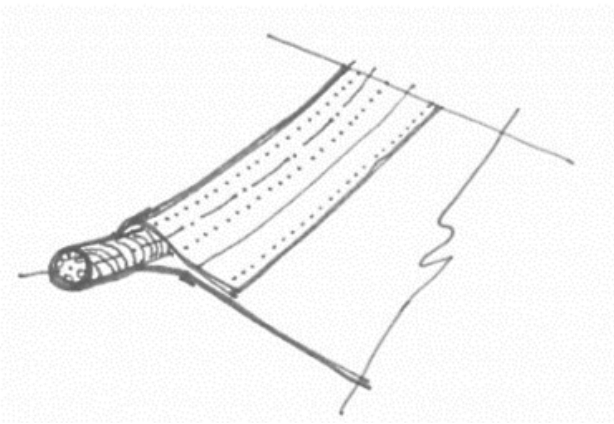


Fig.59 : Connexion en poche en tissu

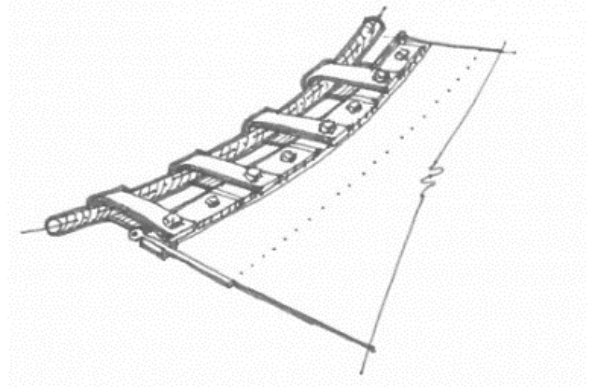


Fig.60 : Connexion avec des pinces de serrage

⁹⁹ STRANGHONER Natalie et UHLEMANN Jörg, « Prospect for European Guidance for the Structural Design of Tensile Membrane Structures » Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2016, P 150-152

¹⁰⁰ Fabric architecture mag. «Tension structure connection details.» Fabric architecture, 01-01-2010, Ed : Industrial Fabrics Association International. (<https://fabricarchitecturemag.com/2010/01/01/tension-structure-connection-details>) Consulté le 17-12-2017

Conclusion

Nous avons pu à travers ce chapitre avoir une meilleure connaissance des différents notions- clés liées à notre thème de recherche .Nous avons en effet pris connaissance sur des aspects techniques important, notamment les différentes types et classifications des structures textiles .Cela nous a permet de mieux comprendre leurs fonctionnement et leurs formes. Ainsi nous avons présenté les types de matériaux textiles les plus utilisés actuellement, leur propriétés et caractéristique.

Dans la plupart des cas, les structures textiles consistent en une structure primaire et secondaire. Elles peuvent posséder une seule structure dans le cas des structures gonflables par exemple.

1. La structure primaire est l'ossature qui est la partie porteuse, elle assure la stabilité du bâtiment. Les composants d'une ossature peuvent être en béton armé, en métal ou en bois.
2. La structure secondaire est la membrane textile que doit être bien sélectionnée afin d'assurer le même niveau de sécurité et de fiabilité de la structure primaire .Plusieurs critères de choix étaient abordés telle que les propriétés mécaniques de la membrane, leur résistance au feu et aux intempéries, leur propriétés acoustique et optiques.

Les structures textiles sont souvent renforcées par des câbles et d'autres éléments de connexion, ils doivent également être sélectionnés selon plusieurs critères. La résistance et la durabilité, ainsi que la flexibilité et les rayons de courbure jouent un rôle important dans le processus de sélection.

Ce chapitre nous a permis d'avoir une idée plus claire sur ce que c'est une structure textile et ses différentes composantes et caractéristiques pour pouvoir passer par la suite aux aspects analytiques de la recherche et les opportunités liées à l'utilisation des matériaux textile en architecture et leurs domaines d'utilisation.

CHAPITRE III : UTILISATION DES TEXTILES EN ARCHITECTURE

Introduction

Le développement technologique et l'amélioration des performances des textiles ont permis à ces derniers d'affirmer leur place en architecture et cela dans des projets architecturaux divers et de grande envergure. Si les matériaux textiles connaissent une vaste utilisation en architecture cela est dû, sans doute, à leurs apports dans le domaine et aux différents avantages qui présentent par rapport aux autres matériaux. En se basant sur les points développés dans les parties antérieures du mémoire et les enseignements que nous en avons pu tirer, nous pouvons affirmer que les structures textiles présentent plusieurs particularités en relation avec leurs propriétés mécaniques, aspect formel et esthétique qui leur permettront d'être exploitées par l'architecte pour la matérialisation de son concept et répondre à certains problèmes. Dans ce chapitre du mémoire, nous essayerons d'atteindre notre objectif principal en indiquant les différents paramètres qui ont donné lieu à l'intégration des matériaux textiles en architecture et comment se fait cette intégration.

Dans un premier lieu, nous allons présenter les différents avantages et opportunités de l'utilisation des matériaux textiles en architecture et leur apport sur un aspect formel, structurel, acoustique, thermique, économique etc. Ensuite nous passons aux domaines d'utilisation des structures textiles à l'échelle du bâtiment ainsi que de la ville.

Nous concluons ce chapitre par une partie analytique, dans cette partie nous tenterons d'analyser des exemples de projet architecturaux, un ensemble de quatre projets qui intègrent les matériaux textiles, ces derniers viennent comme réponse à divers problèmes propres à chaque projet où chacun répond à des contraintes et exigences de son propre contexte.

III.1. Avantages et Opportunités d'utilisations des textiles en architecture

III.1.1. Création de nouvelles formes

La première opportunité avec l'utilisation de textiles est la création de nouvelles de formes, les différents types de textiles cités dans le chapitre précédent II.2.2, ainsi que l'évolution des outils de modélisation et de simulation ont donné la chance aux concepteurs de s'orienter plus vers les formes organiques. Le Complexe sportif olympique de 1972 à Munich conçu par Frei Otto et Günther Behnisch¹⁰¹ (figures 61 et 62) est l'un des meilleurs exemples lorsqu'il s'agit de l'architecture textile. Otto et Behnisch ont conçu une forme qui imitant le drapé et les élévations rythmiques dans les Alpes suisses, une structure suspendue, comme un nuage qui semble flotter au-dessus du point de branchement entre les piscines, gymnase et le stade principal. La construction de toit consiste en un filet de câble recouvert d'un tissu de polyester enduit de PVC et de panneaux en verre acrylique.¹⁰²



Fig. 61 : Stade olympique de Munich.

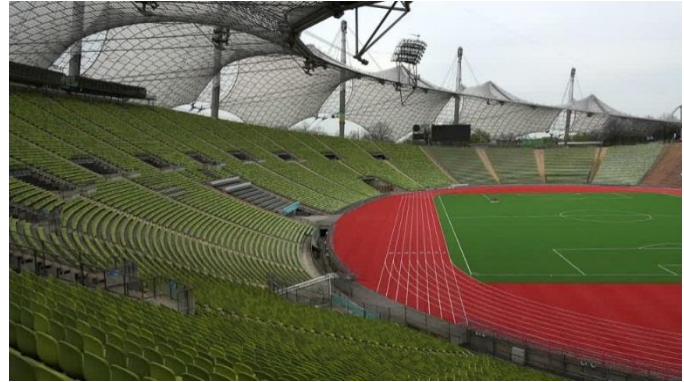


Fig.62 : Stade olympique de Munich. Vue de l'intérieur

Après le pionnier Frei Otto, les constructions en membranes textiles ont connu une amélioration continue grâce aux nouveaux outils numériques, l'évolution des méthodes de calculs et les matériaux utilisées. Citant un projet récent achevé en 2007 « La salle de concert de Zénith » à Strasbourg, France, conçu par l'architecte italien Massimiliano Fuksas,¹⁰³ qui est couverte par la plus grande surface textiles d'un bâtiment en 2008 (12000 m²)¹⁰⁴ en fibre de verre enduite de silicone, étiré au-dessus d'un cadre en acier. Elle est dotée d'une coque en béton et d'une architecture munie d'une toile orange translucide, d'arcs métalliques et d'ellipses décentrées.

¹⁰¹ Site officiel du complexe olympique du Munich : <http://www.olympiapark.de>

¹⁰² LUKE, Fiederer. «AD Classics: Olympiastadion (Munich Olympic Stadium) .» Archdaily. 11-02-2011. www.archdaily.com/109136/ad-classics-munich-olympic-stadium-frei-otto-gunther-behnisch (Consulté le 11-22- 2017)

¹⁰³ VAN UFFELEN Chris. *Fine fabric*. Ed: Braun, 2009. P.10-13

¹⁰⁴ Architecture et techniques « Construction textile » Le moniteur 14 décembre 2007 P.54-56



Fig.63 : Zénith de Strasbourg



Fig. 64 :Vue de l'intérieur du Zénith

III.1.2. Légèreté et sécurité

Une deuxième opportunité est la légèreté des structures textiles. Lorsqu'il s'agit de grandes surfaces des bâtiments qui doivent être recouvertes par un matériau imperméable et translucide, le choix le plus léger est d'utiliser un matériau textile. Par la suite, la construction peut être construite moins lourdement et résistante aux mêmes forces et moins de matériaux de construction sont nécessaires. Leur résistance aux séismes est relativement bonne car ils sont considérés comme des structures souples qui peuvent tolérer une énorme quantité de déplacement et le risque de l'effondrement global de la construction devient faible.¹⁰⁵

III.1.3. Régulation de la lumière

L'utilisation des textiles permet de réguler la lumière du jour et assurer un confort visuel. L'ingénieur Frank Katlenbach explique que les textiles diffusent la lumière et réduisent l'éblouissement¹⁰⁶. Avec l'utilisation importante du verre en architecture, l'accent est mis sur l'optimisation de la lumière naturelle et du chauffage pour réduire le besoin de l'éclairage artificiel et de refroidissement. Cet avantage était exploré dans la DR Concert House de l'architecte français Jean Nouvel à Copenhague, où il a utilisé un tissu de maille translucide en polyester enduit de PVC (figure 65) Le textile avec son aspect bleu ne remplace pas le verre, mais travaille avec lui, car il fournit une protection contre la lumière du soleil et le chauffage et prévient l'éblouissement¹⁰⁷. Les façades deviennent des filtres légers laissant voir la ville au lointain, le canal, les architectures voisines La nuit, ces façades sont aussi supports de projection d'images colorées¹⁰⁸.

¹⁰⁵ BERGER Horst. *Light Structures, Structures of Light: The art and engineering of tensile architecture*. Basel, Switzerland: Birkhauser, 1996.

¹⁰⁶ KATLENBACH, Frank. *Translucent Materials*. Basel, Boston, Berlin: Birkhauser, 2004.

¹⁰⁷ <http://www.jeannouvel.com/projects/salle-symphonique-de-la-radio-danoise/>

¹⁰⁸ Site officiel : www.dr.dk/Koncerthuset/inenglish/koncerthuset_1.html



Fig. 65 : DC concert House. Copenhague Danemark



Fig. 66: DC concert House en nuit

III.1.4. Transportabilité et rapidité de montage ¹⁰⁹

Un autre avantage d'utilisation des matériaux textiles en architecture est la possibilité de transporter l'édifice quel que soit sa taille, L'architecte iraquienne Zaha Hadid a conçu le « Mobile Art pavillon pour Chanel » qui n'a aucun emplacement fixe (Déjà visité Hong Kong, Tokyo, New York et l'institut du monde arabe à Paris) C'est un pavillon sculptural unique créé comme un espace d'exposition et d'événements pour Chanel créé comme une série d'arcs continus, séquençant vers une cour centrale . Les dimensions de ce musée sont de 29 m de largeur, 45 m de longueur, 6 m de hauteur, pour une surface totale de 720 m². Une terrasse d'accès se déploie sur 128 m² et l'atrium central s'étend sur 65 m². L'enveloppe est constituée des matériaux textiles ; des panneaux sandwich de polymère pour les parois et les ouvertures zénithales sont des coussins d'air d'ETFE. ¹¹⁰ Le musée est de fait un assemblage précis de 700 pièces uniques dont la taille maximale est de 3 cm d'épaisseur et d'environ 2,25 m de long, afin d'être transportable en conteneurs. Une fois démonté, le Mobile Art remplit exactement 56 conteneurs et son montage nécessite 15 jours de travail ¹¹¹



Fig. 67 : Mobile Art par Zaha Hadid à Paris en 2011



Fig. 68: Mobile Art a New york en 2010

¹⁰⁹ KRONENBURG R. *Houses in motion, history and developemnt of the protable building*, UK: Academy, London 1995.

¹¹⁰ Site officiel : www.zaha-hadid.com/architecture/chanel-art-pavilion consulté le 11-12-2017

¹¹¹ KRONENBURG Robert. *Flexible, une architecture pour répondre au changement*. Ed :Norma, 2007

III.1.5. Régulation acoustique

L'utilisation des textiles dans l'architecture a des avantages par rapport au confort acoustique, ils permettent de réduire le bruit. L'architecte Cecilie Bendixen explique que les textiles peuvent réguler le son, à la fois grâce aux textiles eux-mêmes, mais aussi à la façon dont ils se forment¹¹². Cette occasion a été explorée dans un projet de restaurant à New York. Etat Unis. Conçu par Bentel Architecture en 2015 (fig.69). Ce restaurant a des Panneaux de plafond incurvés personnalisés finis en tissu de couleur blanche et motardes¹¹³



Fig. 69:Medi Restaurant à New York

Dans le même contexte, l'architecte Sylvie Kruger a proposé l'utilisation des rideaux textiles qui entourent une salle de lecture et de projection au village olympique de Munich en 2012. Deux textiles différents étaient utilisés, Le premiers (en vert sur figure 70) pour minimiser les réverbérations soniques, et le deuxième afin de se protéger des rayons de soleil (en Bleu sur figure 70)¹¹⁴

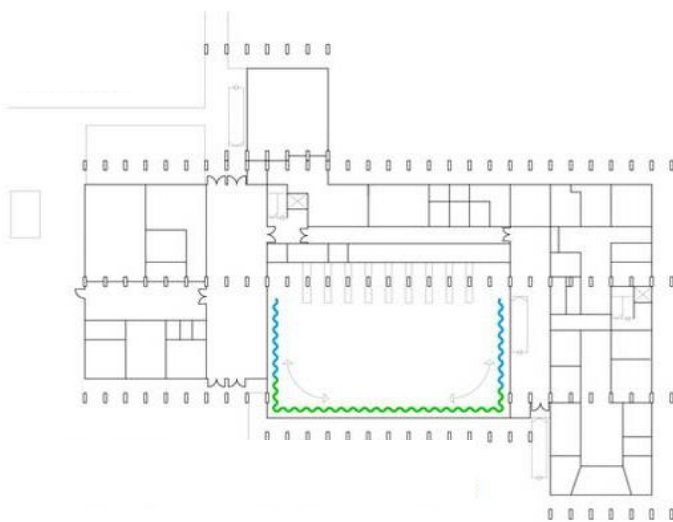


Fig. 70 : Disposition des rideaux textile



Fig. 71 : Salle de lecture au village olympique de Munich

III.1.6. Bénéfices économiques

Bien qu'actuellement, les projets de construction des structures textiles nécessitent un investissement initial important, le coût d'entretien quotidien de ce type de structure est négligeable. Ainsi, à long terme, les avantages économiques sont évidents. Si ce type de structure est appliqué aux bâtiments de grandes portées, Il y'aura des avantages plus évidents dans le prix couts global .Ainsi

¹¹² BENDIXEN Cecilie. « La forme textile du son ». Académie royale des beaux-arts. Copenhague, Danemark , 2012.

¹¹³ <http://www.decoustics.ca/project-gallery/Medi-Restaurant,-NY> Consulté le 24-11-2017

¹¹⁴ KRUGER Sylvie , *Textile Architektur*. Ed:Jovis, Berlin, Allemagne 2009

que l'économie dans la consommation énergétique suit à la translucidité, l'isolation thermique et la possibilité d'intégration des films photovoltaïques flexibles ¹¹⁵.

La légèreté des systèmes constructifs et la facilité de leur montage ont un impact direct sur le coût de la réalisation des projets ; On peut dire qu'il y'aura moins de matériels utilisés pour le transport des matériaux , moins de grues utilisées en chantier , et des délais de réalisation favorable par rapport à d'autres systèmes constructifs tels que les structures de béton armé ¹¹⁶ .

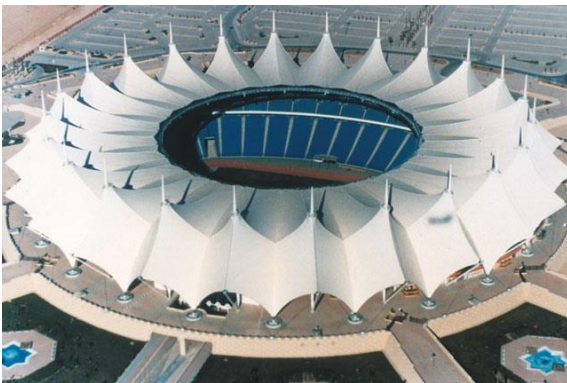
III.2. Domaines d'utilisations

A travers les exemples présentés sur les opportunités de l'utilisation des textiles, ainsi que d'autres exemples qui ont bénéficié de cette architecture .Nous avons choisi de présenter les domaines d'utilisations des textiles en architecture sous forme d'une compilation de projets qui se varient en termes de fonction, taille, contexte, durée de vie.

III.2.1. Les équipements

L'utilisation des matériaux textiles pour couvrir les équipements sportifs devient le choix le plus répandu aux exigences des installations sportives suit à leur possibilité de couvrir des grandes portées

III.2.1.1 Stade International du Roi Fahd



Nom : Stade international du Roi-Fahd
Type d'ouvrage : Stade olympique
Coordonnées : 24° 47' 18" N, 46° 50' 21" E
Lieu : Riyad, Arabie saoudite
Construction : 1983-1987
Membrane utilisé : fibre de verre enduite de PTFE

Fig. 72: Stade du Roi Fahd

Le stade a été construit en 1987, étant parmi les premiers à être recouvert de membrane.¹¹⁷ Les tentes blanches disposées en cercle pour former une fleur géante formant le toit du stade international du Roi Fahd à Riyad témoignent de l'immensité du désert, de la puissance et de la beauté des lois

¹¹⁵ HABERMANN, et R. GONZALO. Architecture et efficacité énergétique. Bâle, Suisse: Birkhauser, 2008.

¹¹⁶ STRANGHONER Natalie et UHLEMANN Jörg, « Prospect for European Guidance for the Structural Design of Tensile Membrane Structures » Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2016

¹¹⁷ www.stadiumguide.com/king-fahd-international-stadium

physiques, et rappellent les tentes bédouines¹¹⁸. Ils protègent les 64 000 spectateurs du soleil et de la chaleur et créent une atmosphère agréable et confortable dans le stade géant d'athlétisme et de football.¹¹⁹

De l'extérieur, la surface du toit, qui mesure plus de 30 000 m², semble être une structure à membrane pure, mais en fait, elle a une structure primaire autosuffisante faite de mâts et de câbles ainsi qu'une structure secondaire séparée, faite de Membrane en fibre de verre enduite de PTFE avec des câbles de bord. Le toit est divisé en 24 éléments identiques, chacun avec un mât de 58 m de haut, également réparti sur un cercle de 246 mètres de diamètre et fixé avec un câble intérieur de 134 m à une hauteur d'environ 33 m au-dessus du terrain. Ses forces déviantes sont transférées vers l'extérieur via des câbles radiaux supérieurs et inférieurs qui ne sont pas connectés.¹²⁰

Le coût de la construction était d'environ 650 millions de riyals saoudiens ou 510 millions de dollars¹²¹.



Fig. 73 : Façade du stade



Fig. 74 : Vue de l'intérieur du stade

III.2.1.2 Centre nautique national du Pékin



Fig. 75 : Centre nautique national à Pékin .Chine

Nom : Centre nautique du Pékin
Type d'ouvrage : Piscine olympique
Coordonnées : 39° 59' 30" N, 116° 23' 03" E
Lieu : Pékin .Chine
Construction : 2003-2008
Dimensions : -Longueur : 117 m
 -Largeur : 117 m
 -Hauteur : 30 m
Membrane utilisé : Film d'ETFE

Le Centre national de natation de Pékin¹²², appelé également « Water Cube » (en français : le cube d'eau) est un centre sportif aquatique d'une capacité de 17 000 place .Il est construit à partir d'une structure très légère qui imite les bulles de

¹¹⁸ HARRIGAN Peter .Riyad .Une oasis, son patrimoine, sa vision Ed :Kitty Carruthers Page 123

¹¹⁹ <http://stadiumdb.com/stadiums/ksa> consulté le 15-01-2018

¹²⁰ <http://stadiumdb.com/stadiums/ksa> consulté le 15-01-2018

¹²¹ <https://www.sbp.de/en/project/king-fahd-international-stadium> consulté le 15-01-2018

¹²² https://fr.wikipedia.org/wiki/Centre_national_de_natation_de_Pékin consulté le 06-02-2018

savon ou encore la constitution des cellules du corps humain. L'enveloppe consiste en deux couches de coussin en film d'ETFE .L'une à l'extérieur, l'autre à l'intérieur d'une ossature de 3,5m d'épaisseur, avec un espace entre les deux couches pour les installations techniques. L'ossature répond à l'exigence de résistance aux forts séismes. Pour envelopper l'ossature à l'intérieur et l'extérieur, il a fallu quatre milles module d'ETFE ; Huit modèles seulement était utilisés pour la toiture et seize modèles identiques pour toute la façade, à l'exclusion des angles¹²³. Grace à l'utilisation du matériau d'ETFE, le bâtiment capte 20 % de l'énergie solaire qui touche ses parois, la consommation énergétique sera réduite de 20 % .L'intérieur est bien éclairé le jour, entrainant des économies d'éclairage jusqu'à 55% .¹²⁴



Fig.76 :L'enveloppe offre un bon éclairage le jour



Fig. 77 : élément de façade



Fig. 78 : Traitement d'angle

III.2.1.3 Salle omnisports San Cayetano



Fig. 79 : Salle omnisports San Cayetano

Type d'ouvrage : Salle omnisport
Coordonnées : 39° 34' 00" nord, 2° 39' 00" est
Lieu : Palma de Mallorca .Espagne
Surface couverte : 766 m²
Matériau utilisé : Tissu de PVC

La couverture de la nouvelle salle omnisports du Collège San Cayetano est fabriquée avec une membrane tendue appuyée sur des arcs et fixée le long de son périmètre inférieur à la structure métallique.

Une structure construite avec des profilés métalliques de section circulaire et carrée, protégée contre l'oxydation au moyen d'un procédé de galvanisation par immersion. La couverture, d'une seule couche, située à l'extérieur, est confectionnée d'une seule pièce. Le périmètre est fixé au moyen d'un profilé en aluminium à double ralingue.¹²⁵



Fig. 80 : Intérieur de la salle

¹²³ Site officiel : <http://www.water-cube.com> consulté le 06-02-2018

¹²⁴ KRAUEL Jacobo. *Structures gonflables*. Ed : Links, 2013. P .104-108

¹²⁵ <https://www.iasoglobal.com/fr/projet/collge-san-cayetano> consulté le 31-01-2018

III.2.2. Aménagements extérieurs

III.2.2.1. Parking du centre commercial MAKRO



Fig.81 : Vue sur le Parking MAKRO

Type d'ouvrage : Parking
Coordonnées : 38.73°4 N 9.21°8 O
Lieu : Lisbonne .Portugal
Surface couverte : 3572 m²
Matériau utilisé : Tissu de PVC

Parmi les simples exemples d'utilisation des matériaux textile, c'est une couverture textile blanche en tissu de PVC pour le parking extérieur du centre commercial¹²⁶. La structure métallique permet de fixer les membranes avec une géométrie qui s'intègre à l'architecture du bâtiment commercial¹²⁷



Fig. 82 : Intégration du parking au centre commercial

2.2.3 Toit du site archéologique « Hagar Qim et Mnajdra »



Fig. 83 : Ruine couverte par un toit membranaire

Type d'ouvrage : Toit
Coordonnées : 35° 49' 40" N, 14° 26' 32" E
Lieu : Qrendi .Malte
Surface couverte : 4820 m²
Matériau utilisé : PTFE

Afin de protéger un site archéologique date de plus de 5000 ans, un toit de membrane en Fibre de verre enduit de PTFE était construit en 2009¹²⁸. L'objectif était de couvrir les ruines prenant en considérations trois conditions dicté par l'UNESCO: le toit devaient être démontable sans laisser d'effets visibles sur le site d'excavation, il devaient s'adapter à l'alignement astronomique des bâtiments du temple afin de ne pas obstruer les jours importants telle que le solstice d'été et d'hiver,

¹²⁶ <https://www.makro.pt/lojas/alfragide> consulté le 10-12-2017

¹²⁷ <https://www.iasoglobal.com/fr/projet/centre-commercial-makro> consulté le 10-12-2017

¹²⁸ <https://www.e-architect.co.uk/malta/hagar-qim-mnajdra> consulté le 31-01-2018

et il était essentiel qu'ils fournissent une protection efficace contre les intempéries.¹²⁹Le toit se compose de deux structures constituées de deux arcs en treillis d'acier centrés, légèrement inclinés vers l'extérieur. Entre les arches et le périmètre, un réseau de câbles avec des membranes est formé.

130



Fig. 84 :Toit du Hagar Qim et Mnajdra

III.2.2.2 Arrêt de bus. Auvent de la gare routière d'Aarau



Fig. 85 : Arrêt de Bus à Aarau

Cet exemple est un auvent de gare d'autobus de forme organique avec une peau réfléchissante et translucide Il offre une protection contre la pluie et la neige .Il est composé d'un grand coussin gonflable d'ETFE enveloppé par un réseau arbitraire de câbles d'acier¹³¹. Les tuyaux de drainage de toit et d'air, ainsi que les systèmes de câblage et de contrôle et de rétroaction sont intégrés de manière invisible dans la structure en acier. Par conséquent, le toit est propre et en même temps visuellement complexe et lisible ¹³²

Type d'ouvrage : Auvent
Coordonnées : 47° 24' nord, 8° 03' est
Lieu : Aarau .Suisse
Surface couverte : 1070 m²
Matériau utilisé : Film ETFE

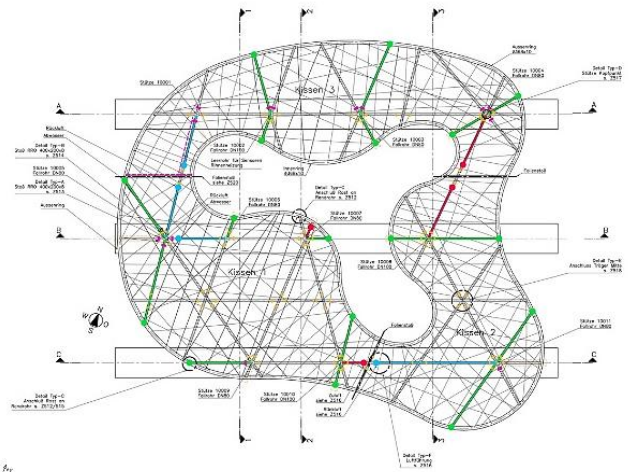


Fig. 861 : Plan d'auvent de l'arrêt

¹²⁹ <http://heritagemalta.org> consulté le 31-01-2018

¹³⁰ http://www.maltacultureguide.com/index.php?page=article&article_id=28 consulté le 31-01-2018

¹³¹ « Aarau Bus Station Canopy » Publié le 05-02-2015 sur <https://www.archdaily.com/473610/aarau-bus-station-canopy-vehovar-and-jauslin-architektur> Consulté le 07-01-2018

¹³² STRANGHONER Natalie et UHLEMANN Jörg, « Prospect for European Guidance for the Structural Design of Tensile Membrane Structures »Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2016. P.200

2.3 Constructions évènementielles

2.3.1 Valhalla (Sheffield 1999)

Le système Valhalla, conçu par Rudi Enos au Royaume-Uni .C'est un édifice modulaire qui peut être érigé selon différents format en fonction des besoins, et qui peut couvrir un terrain de 20252 m² dans sa plus vaste configuration. ¹³³ Le bâtiment utilise jusqu'à 20 mats de 24 mètres de hauteur. Sa structure doit supporter membrane, les installations d'éclairage et de décoration .Ce bâtiments ne requièrent aucune grue extérieure pour son édification car il possède ses propres treuils pour lever la membrane qui peut être translucide selon les exigences de l'événement. ¹³⁴



Fig. 87 : La tente evenementielle Valhalla

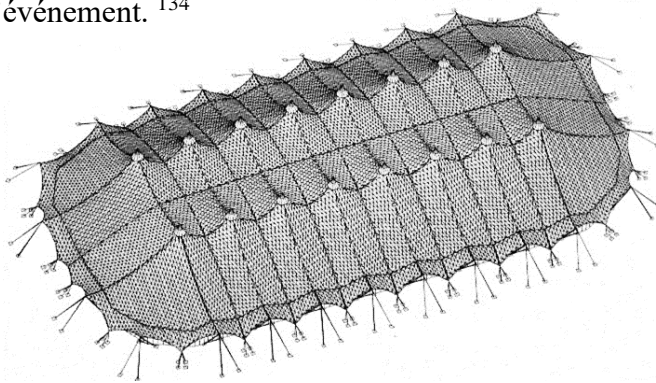


Fig. 88 : Modèle numérique du Valhalla

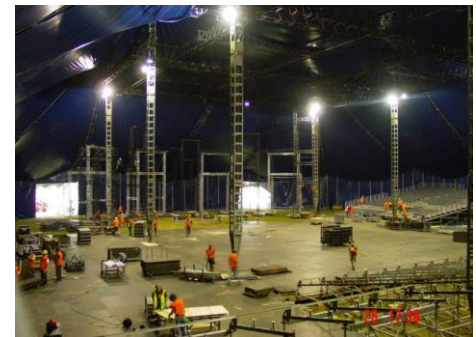


Fig. 89 : Vue de l'intérieur du Valhalla

2.4 Architecture d'urgence

Depuis longtemps, les structures textiles jouent un rôle important lors des cas d'urgences grâce à leur transportabilité et rapidité de montage. Parmi les structures d'urgences, nous citons l'exemple de l'hôpital mobile érigé proche du centre médical de St John's à Missouri aux états unis .Cette installation d'urgence a été assemblée en seulement deux jours en face de l'hôpital détruit à cause d'une tornade, où six patients sont morts quand la tornade a touché le 22 mai 2011. ¹³⁵



Fig. 90 : Hôpital mobile de Saint John's



Fig. 91 :L'intérieur de l'hôpital Saint John's

¹³³ KRONENBURG Robert. *Flexible, une architecture pour répondre au changement*. Ed :Norma, 2007 .P.198

¹³⁴ <http://www.specialstructures.com/valhalla-worlds-largest-portable-structure.html> Consulté le 15-01-2018

¹³⁵ ROBERTS, Fiona. «Joplin's own M.A.S.H: How remarkable tent hospital was set up less than a WEEK after tornado destroyed city's medical center.» Dailymail, 02 06 2011. (<http://www.dailymail.co.uk/news/article-1393192/Joplin-tornado-Tent-hospital-set-WEEK-citys-medical-center-destroyed.html>) consulté le 30-01-2018

III.3. Analyse des exemples

III .3.1. Dôme du millénaire à Londres (L'O2 Arena)



Nom : Dôme du millénaire
Type d'ouvrage : Salle multifonctionnelle
Coordonnées : 51° 30' 10" N, 0° 00' 11" E
Lieu : Péninsule de Greenwich, Londres. Royaume uni
Construction : 1996-1999
Architecte : Richard Rogers
Ingénieur : Buro Happold
Surface : 100 000 m² couverte
Cout de réalisation : 789 million £ (livres pounds)

Fig. 92 : Dôme du millénaire

Cet exemple a été inauguré le 1er janvier 2000, en même temps que le début du nouveau millénaire, en accueillant une exposition qui s'est terminée le 31 décembre de cette année. Son design a été dirigé par Richard Rogers¹³⁶

En 2005, son nom a été officiellement changé pour "The O2" lorsque l'opérateur O2, la filiale espagnole de Telefónica, a acheté le copyright au promoteur original. Ce nom change pour une refonte majeure du site commandée par les nouveaux propriétaires et ne conservant guère plus que la coque du dôme. La rénovation a été faite à un design par Populous, HOK SVE et Buro Happold.

Concept :

La Dôme du millénaire est l'une des plus grandes structures textiles réalisées dans le monde entier. Son image ressemble à une grande tente blanche soumise à 12 tours jaunes d'environ 100 m de hauteur. Chacune de ces tours représente les heures d'une horloge et chaque mois de l'année¹³⁷. Son design original était destiné à accueillir des expositions majeures, mais l'échec à appeler au niveau public a été réutilisé pour des concerts de musique et des événements, à la fois artistiques et sportifs.

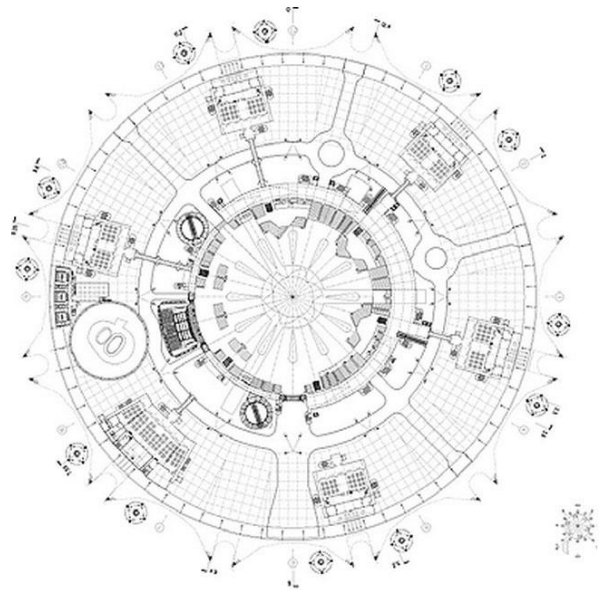


Fig. 93 : Plan du Niveau 0 du dôme

¹³⁶ Site officiel : www.theo2.co.uk (consulté le 13-11-2017)

¹³⁷ HAPPOLD Buro et LIDDEL Ian et WESBURY Paul. «Design and Construction of the Millennium Dome, UK.» Structural Engineering International, 2000: 172-176. (consulté le 13-11-2017)

Le toit, seulement interrompu par un trou à travers lequel un puits de ventilation (voir figure 95), soulevé sur une base circulaire de 365m de diamètre, avec bord ondulé 1km et une hauteur maximale de 50m, fournissant une superficie couverte de 100.000m².¹³⁸

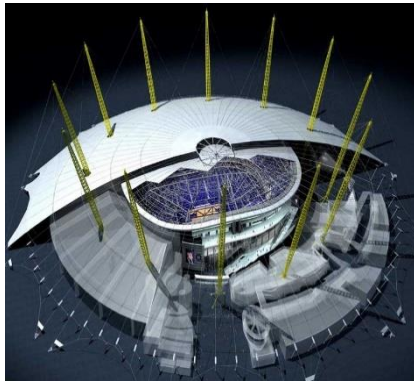


Fig. 94 : Modélisation 3D du dôme



Fig. 95: Trou du 50 m du diamètre

Le couvercle est suspendu et supporté par des câbles à haute résistance allant de l'extrémité extérieure des mâts en acier, qui traversent le tissu (PTFE). Bien qu'il est appelé dôme, il n'est pas autonome et nécessite l'aide d'un réseau de fils attachés aux mâts. Les 12 colonnes de la structure d'une hauteur de 100m¹³⁹.

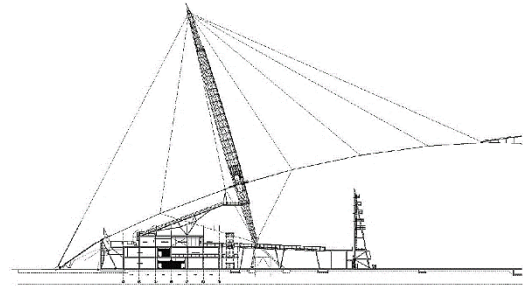


Fig. 96 : coupe partielle du dôme

III.3.2. Burdj Al Arabe à Dubaï



Nom : Burj Al Arab
Type d'ouvrage : Hôtel
Coordonnées : 25° 08' 28" N, 55° 11' 08" E
Lieu : Dubai . Émirats arabes unis
Construction : 1994-1999
Architecte : Tom Wright
Ingénieur : Atkins
Hauteur : de l'antenne 321 m
Hauteur du toit : 210 m
Cout de réalisation : 1 milliard Dollars

Fig. 97 :Burdj Al Arab

¹³⁸ DREW Philip. *Structures tendus, une nouvelle architecture*. Traduit par Christine Piot, Ed : Actes Sud, 2008,P.63

¹³⁹ LIDDELL W et MILLER, W. « The design and construction of the Millennium Dome ». *The Structural Engineer*, No 7,1999,

Le Burdj al-Arab « Tour des Arabes » est un hôtel de luxe .cinq étoiles, proclamé "sept étoiles" par certains journalistes¹⁴⁰, c'était, jusqu'en 2007, le plus haut édifice utilisé exclusivement comme hôtel (maintenant le plus haut est le JW Marriott Marquis -355m- se trouvant aussi à Dubaï¹⁴¹, puis l'hôtel Rose Rayhaan -333m- aussi à Dubaï¹⁴²). C'est un des hôtels les plus reconnaissables au monde. Il est composé de 28 étages en duplex (56 étages) avec une surface au sol de 10 000 m², 60 000 m³ de béton et 9 000 tonnes d'acier renforcé.

La zone de front de mer où se trouvent Burj Al Arab et Jumeirah Beach Hotel s'appelait auparavant Chicago Beach. L'hôtel est situé sur une île de terres récupérée à 280 mètres au large de la plage de l'ancien Chicago Beach Hôtel. Le nom du lieu a ses origines dans la Chicago Bridge & Iron Company qui a déjà soudé des réservoirs géants flottants de stockage d'huile, connus localement sous le nom de *Kazzans* sur le site. Le *Dubaï Chicago Beach Hôtel* est resté le nom du projet public pour la phase de construction de l'hôtel Burdj Al Arab jusqu'à ce que le cheikh Mohammed bin Rashid Al Maktoum annonce le nouveau nom¹⁴³.

Concept :

L'instruction du client (le Prince héritier de Dubaï) consistait à concevoir, non seulement un hôtel, mais aussi un bâtiment monumental. Il est apparu que les concepteurs avaient pour objectif de faire ressortir le bâtiment de tous les autres créés à Dubaï et dans le monde .L'isolement du site a renforcé l'idée de la monumentalité. Les caractéristiques esthétiques et les caractéristiques structurelles sont entrelacées dans ce qui peut être exprimé comme une énorme sculpture de l'art.

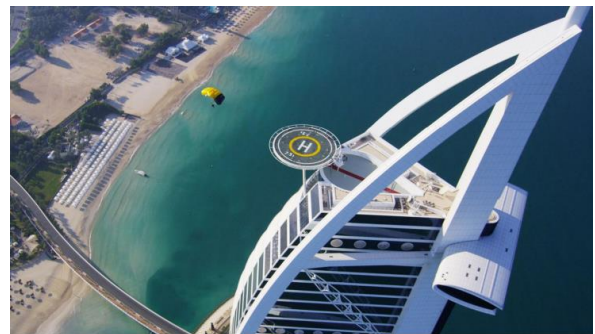


Fig. 98 :Vue du ciel sur l'hôtel

La façade textile agit comme une barrière pour les rayons Ultraviolets indésirables tout en fournissant une illusion architecturale d'une voile d'un bateau. Le restaurant en porte-à-faux est à la fois une innovation structurelle et architecturale. Ainsi que l'aire d'atterrissage pour hélicoptères. Il permet un accès facile par les particuliers.

L'orientation du bâtiment minimise le gain de chaleur pendant les saisons estivales, en raison de l'élévation élevée de la trajectoire du soleil (représentée par des lignes jaunes sur la figure100). La

¹⁴⁰ www.thenational.ae consulté le 25-11-2017

¹⁴¹ "The World's Highest Hotels". Telegraph. Telegraph. (<http://www.telegraph.co.uk/luxury/travel/24088/the-worlds-highest-hotels>) Consulté le 25 /11/2017

¹⁴² <http://www.skyscrapercenter.com/building/rose-rayhaan-by-rotana/369> consulté le 25 /11/2017

¹⁴³ <http://www.dubaiaisitusedtobe.com> consulté le 25 /11/2017

façade sud a la surface la plus exposée. En conséquence, Elle a la capacité maximale pour l'absorption de chaleur.

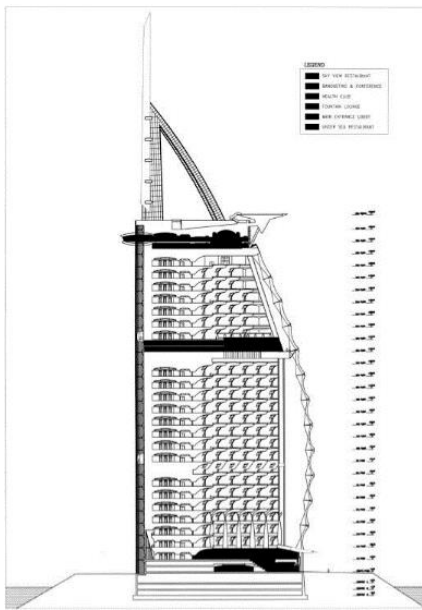


Fig.99 : Coupe Transversal

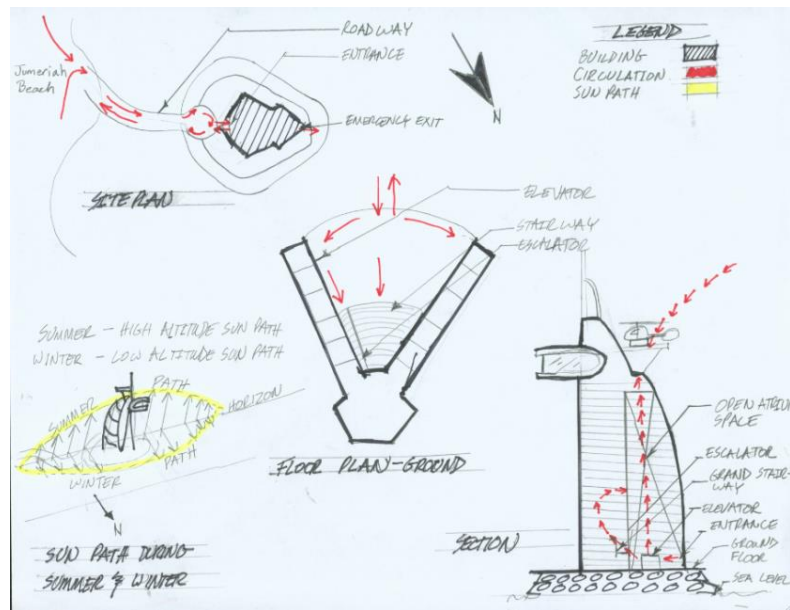


Fig. 100 : Croquis de l'hôtel .Schéma d'enseiement et de circulation

Structure :

Le bâtiment est construit sur du sable. Il est soutenu par 250 colonnes de 1,5 mètre de diamètre qui vont à 45 mètres sous la mer. Comme il n'y a que du sable pour maintenir l'édifice, les colonnes dépendent de la friction.¹⁴⁴

L'un des systèmes les plus novateurs que les ingénieurs structurels utilisaient sur le Burj al-Arab était la manière dont l'érosion était empêchée en utilisant des cercles en béton dans un motif en nid d'abeille autour de l'île (voir figure 101). Ces cercles concrets prennent l'énergie des vagues qui s'écrasent sur eux et la retournent contre la vague elle-même pour dissiper l'énergie et aider à prévenir l'érosion¹⁴⁵. L'île à seulement 7 mètres et demi au-dessus du niveau de la mer était prête en novembre 1995.¹⁴⁶



Fig. 101: Système de blocs en nid d'abeilles

Le projet Lui-même n'est pas situé dans une zone intensive de tremblement de terre. Cependant, le sud de l'Iran qui se trouve à seulement 160 km au nord est soumis à un risque sismique modéré et à son tour qui pourrait créer des secousses à Dubaï si un événement sismique devait se produire en Iran.

¹⁴⁴ <https://sites.google.com/site/ae390spring2012burjalarab> Consulté le 25-11-2017

¹⁴⁵ Burj Al Arab 7 Star Hotel Construction.. Mega structures Documentary. Réalisé par National Geographic 2015. Consulté le 25-11-2017

¹⁴⁶ <http://www.scribd.com/doc/61292707/Design-and-Construction-of-Burj-AlArab> Consulté le 25-11-2017

Le bâtiment est une structure hybride en «V» construite en béton et mélangé avec de l'acier de construction. Le cadre en acier en forme de "V" entoure la tour en béton armé des chambres d'hôtel et des halls d'entrées. Les deux ailes entourent l'espace au centre pour former le plus grand atrium du monde, à environ 180 mètres de hauteur.

Les toits et les murs du bâtiment sont en béton préfabriqué¹⁴⁷

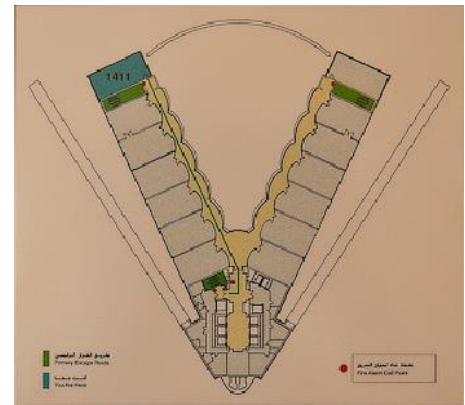


Fig. 102 : Plan schématique d'un étage

Le côté ouvert du plan en forme de V est entouré d'une façade textile de 15 000 m² et 200 m de hauteur. 12 panneaux membranaires tendus à deux couches forment la façade orientée vers le nord, qui entoure le vaste atrium de 18 étages. Dans la soirée, la façade translucide en fibre de verre PTFE devient un gigantesque écran de projection¹⁴⁸. C'est un matériau innovant car non seulement la couleur blanche aide à réduire le transfert de chaleur, mais il réfléchit les rayons du soleil. Le PTFE présente une excellente résistance aux variations de température importantes, aux tempêtes de sable et aux incendies.



Fig. 103: Projection sur la façade textile

III.3.3. Terminal Hadj .Aéroport de Djeddah. Arabie Saoudite



Fig. 104 :Terminal Hadj

Nom : Hadj Terminal .Aéroport Roi-Abdelaziz
Type d'ouvrage : Aéroport
Coordonnées : 21° 41' 55" N 39° 08' 13" E
Lieu : Djeddah .Arabie saoudite.
Construction: 1978- 1981
Architects: SOM (Skidmore, Owings & Merrill) et Berger Geiger et Fazalur Khan
Ingénieurs : Berger Geiger association
Surface couverte : 440 000 m²
Matériau de couverture : Fibre de verre enduit de PTFE

¹⁴⁷ Burj Al Arab 7 Star Hotel Construction.. Mega structures Documentary. Réalisé par National Geographic 2015. Consulté le 25-11-2017

¹⁴⁸ <https://www.stylepark.com/en/hightex/ptfe-coated-glass-fabric-burj-al-arab> .Consulté le 25 Novembre 2017

Le terminal Hadj de l'aéroport international King Abdul Aziz à Djeddah est situé à environ 70 km à l'ouest de la ville sainte de La Mecque. Comme Djeddah est la seule grande ville commerciale proche de la Mecque, tout le trafic aérien à destination de La Mecque arrive à Djeddah et passe par le transport terrestre de Djeddah à La Mecque. Le programme de conception du terminal de Hadj exigeait que l'installation traite un grand nombre de personnes ayant des besoins très diversifiés sur une courte période de temps. Il est prévu que cette installation traitera environ 950 000 pèlerins pendant le Haj en l'an 1985. L'estimation était faite pour que le complexe terminal doive accueillir 50 000 pèlerins à la fois pendant des périodes allant jusqu'à 18 heures à l'arrivée et 80 000 pèlerins pour des périodes allant jusqu'à 36 heures pendant le départ. Ce temps est nécessaire pour le transfert entre le transport aérien et le transport terrestre. Par conséquent, un espace approprié, déterminé pour être environ 5500.000 m², doit être créé qui est adaptable et flexible aux besoins de pèlerins. ¹⁴⁹



Fig. 105 : Des pèlerins au Hadj Terminal

En réponse à ces exigences, un projet de construction d'un terminal linéaire adjacent à l'aérogare a été mis au point, prévoyant une distance de marche minimale pour les pèlerins allant des avions au terminal climatisé, où tous les traitements formels et bagages. Les pèlerins se rendent dans la zone de soutien naturellement ventilée où ils vont s'organiser pour se rendre à La Mecque par voie terrestre, en raison de l'environnement assez rigoureux de Djeddah, le complexe de soutien doit être protéger du soleil par une couverture textile. ¹⁵⁰

Structure : La structure a un modèle répétitif. Le bâtiment est divisé en dix modules (320X137m) Ces modules se composent chacun de 21 unités de tente (45X45m). (figure 106) . Une route d'accès centrale divise la construction en deux. A partir de cet axe, sur les côtés opposés, sont des portes aux avions. (voir figure 107) Les unités de tente dans un module sont suspendues de hauts mâts au coin de la tente. Les mâts intérieurs sur le les bords ou aux coins d'un module sont en groupes de deux ou quatre. ¹⁵¹ Les toits en membrane tendus et formés par 32 câbles radiaux, supportés par des

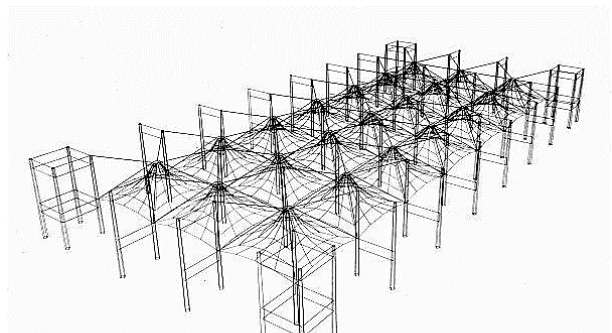


Fig. 106 : Structure d'un module de 21 tentes

¹⁴⁹ DESWARTE Sylvie et LEMOINE Bertrand . *L'architecture et les ingénieurs. Deux siècles de réalisations*. Ed : Le Moniteur ,Paris .France 1997, P. 82

¹⁵⁰ BERGER Horst«Structural form in architecture:Part3. From tent to tensil architecture.» *Structure magazin*, 3 2008:P38

¹⁵¹ www.greatbuildings.com consulté le 13-12-2017

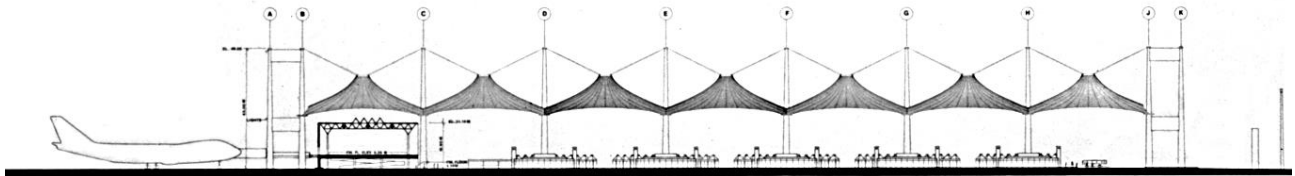


Fig. 107 : Coupe transversal du Hadj terminal

pylônes en acier de 45 mètres de hauteur situés sur une grille carrée de 45 mètres, dont les colonnes vont de 2,50 mètres à leur base à 1,00 mètre en haut. Les câbles en acier rayonnent depuis le haut des colonnes jusqu'à un anneau de tension centrale en acier de 3,96 m de diamètre auquel sont fixés les câbles radiaux en acier. Les caractéristiques de longue portée inhérentes aux structures de câbles en acier permettent d'espacer suffisamment les colonnes. En plus de l'espace libre et ouvert obtenu au niveau de la grande zone d'appui, cela permet une flexibilité maximale dans l'aménagement des différents bâtiments de soutien situés dans la zone d'appui.



Fig. 108: système de support de la couverture

La forme et la hauteur des unités de toit favorisent la circulation de l'air du côté ouvert de la zone de support vers l'anneau de tension en acier ouvert situé au sommet de l'unité de toit (figure 109). Des tours de ventilation mécaniques placées par intermittence entre les colonnes améliorent la circulation de l'air¹⁵². Les problèmes acoustiques créés par les milliers de pèlerins situés sous le toit en toile sont également diminués en raison de la hauteur du toit et des matériaux. Les toits en tissu offrent un abri contre la chaleur intense du désert. Puisque le tissu de fibre de verre enduit de PTFE a une faible transmission de chaleur ; il permet le passage des rayons solaires peu chaude le jour, pendant la nuit, il deviendra une grande surface réfléchissante car les projecteurs montés sur pylône font rebondir la lumière du toit vers le sol (figure 110)¹⁵³. Situé sous le centre commercial paysager, deux grands ventilateurs d'extraction pour chaque module tirent les gaz d'échappement des bus.¹⁵⁴

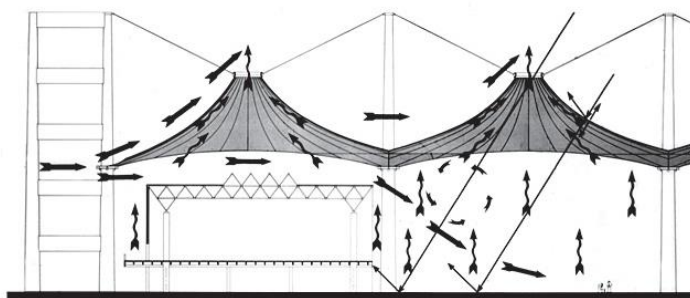


Fig. 109 : Schéma de ventilation



Fig. 110 : Eclairage nocturne

¹⁵² BERGER Horst «Structural form in architecture :Part3 - From tent to tensil architecture.» *Structure magazin*, 3 2008: 38-41.

¹⁵³ https://www.som.com/projects/king_abdulaziz_international_airport_hajj_terminal consulté le 13-11-2017

¹⁵⁴ ADAMS Nicholas. « Skidmore, Owings & Merrill: SOM since 1936. » Ed: Electra, Milan, 2007 P.263

III.3.4. Allianz Aréna à Munich



Nom : Allianz Arena
Type d'ouvrage : Stade de football
Coordonnées : 48° 13' 07" N, 11° 37' 28" E
Lieu : Munich .Allemagne
Construction : 2002-2005
Architecte : Herzog & de Meuron
Ingénieur : Groupe Arup
Capacité : 70 000 places
Cout de réalisation : 346 millions euros
Matériau de couverture : Film d'ETFE

Fig. 111 :Allianz Aréna de Munich

L'Allianz Aréna est situé dans le quartier de Fröttmaning, au nord de Munich, dans le Land allemand de Bavière, en Allemagne ¹⁵⁵. Ce stade est un point de repère important sur la bordure nord de Munich. Le travail de conception a été réalisé par le cabinet Herzog & de Meuron, qui a été choisi en Février 2002. L'assureur Allianz a participé au financement du projet, c'est pourquoi le complexe porte son nom. ¹⁵⁶ Sa construction a commencé le 21 Octobre 2002, avec la pose de la première pierre par Franz Beckenbauer, et a été achevée en Avril 2005. Il a été inauguré le 30 mai 2005. ¹⁵⁷

Concept : Les équipes titulaires du stade sont FC Bayern München et TSV 1860 München. Il est bien connu que les supporters d'équipes de football font leur stade à la maison et donc une icône qui reflète le caractère et la personnalité de l'équipe et ses fans. Le concept proposé par les architectes suisses Herzog et Meuron est de changer l'éclairage de la scène ; par mettant les couleurs de chaque équipe quand ils jouaient à la maison, qui modifie l'apparence du stade complètement.



Fig. 112 : Drapeau Bavarois

La caractéristique la plus frappante est la façade en ETFE, qui peut être éclairée aux couleurs de l'équipe qui joue. Une idée simple mais très efficace rend le stade immédiatement identifiable. Cet aspect renforce l'attrait du stade en tant que monument urbain, même pour les personnes qui ne s'intéressent pas au football. La conception de l'enceinte a évolué d'un arrangement en forme de panier d'éléments en ruban tissé à des coussins en ETFE (en forme de losange modelés de la même manière que le drapeau bavarois (figure 112).



Fig. 113 : éclairage nocturne

¹⁵⁵ Site officiel : www.fcbayern.com Consulté le 06-01-2018

¹⁵⁶ KRONENBURG Robert. *Flexible, une architecture pour répondre au changement*. Ed :Norma, 2007 P.162-164

¹⁵⁷ Site officiel : www.allianz-arena.de Consulté le 06-01-2018



Fig. 114: La façade peut être éclairée de plusieurs façons .Photo personnel prise le 30-12-2017



Fig. 115 : Variations de couleurs d'éclairage selon les équipes

Structure :



Fig. 116: Coupe 3D du stade

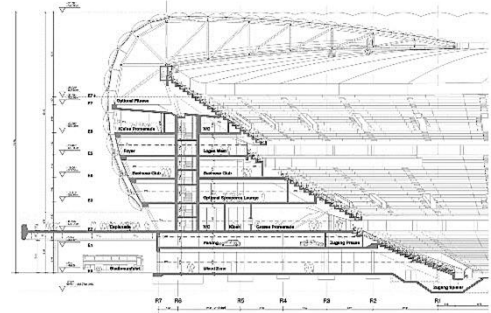


Fig. 117: Coupe partielle

La forme arrondie du stade réduit visuellement le volume d'une structure de 258 m de long et 227 m de large sur 50 m de hauteur divisé en huit niveaux. Pour la construction, environ 120.000 mètres cubes de béton était utilisé pour le stade et 85.000 m³ pour le stationnement. Ainsi que 22.000 tonnes d'acier était utilisée pour la construction de l'ossature du stade et 14.000 t pour la construction de parcs de stationnement, dont la longueur est environ 270.000 m².¹⁵⁸

La façade est composée de 2 760 coussins d'air en ETFE, remplis d'air sec. Ils sont fixés à un treillis de profilé d'acier galvanisé, creux, dans lesquels sont enfilées deux épaisseurs de la membrane ETFE montées sur des profilés d'aluminium extrudé .les coussins sont individuellement réglables pour répondre aux charges du vent. La transparence de la membrane se varie, elle atteint jusqu'au 95% dans certains endroits. Chaque oreiller en forme de losange à une surface de 35 m² et le film ETFE a une épaisseur de 0,2 MM. Le choix de film d'ETFE a été fait, en raison du fait qu'il est Incombustible .d'après les essais, même une cigarette ne peut pas brûler un trou .Il est réfléchissant et isolant acoustique .¹⁵⁹

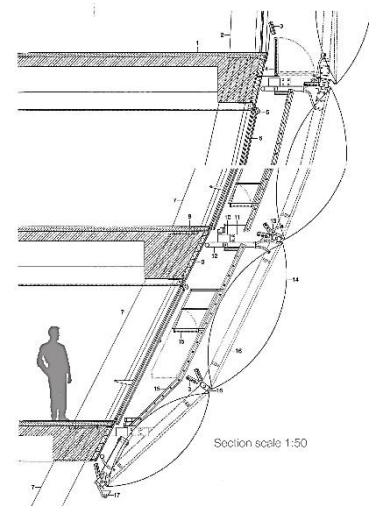


Fig.118 : Détail de façade

En raison de l'emplacement à côté de l'autoroute, la lumière brillante n'était pas autorisée. La surface des coussins est constellée de petits trous servant à la diffusion de la lumière projetée par les néons. Cela permet d'obtenir une couleur uniforme.

¹⁵⁸ GERHARD Mack. *Herzog & de Meuron 1. The Complete Works* . Vol. 4.Ed :Birkhäuser Basel , Boston , Berlin, 2008.

¹⁵⁹ Site officiel : www.allianz-arena.de Consulté le 06-01-2018

Conclusion

A travers ce chapitre nous avons pu identifier les différents avantages et apports des matériaux textiles en milieu architectural, ceux-ci sont liés à la création de nouvelles formes, la légèreté et sécurité, la régulation de la lumière du jour, la régulation acoustique ainsi que la transportabilité et la rapidité de construction et les bénéfices économiques, ces différentes qualités renforcent la créativité architecturale et la concrétisation des différents concepts des architectes et justifient la vaste utilisation des textiles en architecture. En outre, leurs domaines d'utilisation sont multiples, les textiles peuvent marquer leur présence dans le domaine de la construction de différents types de projets, ainsi que dans les aménagements extérieurs.

L'analyse des quatre exemples, qui sont considérés comme des projets emblématiques, nous a permis de constater que les structures textiles peuvent permettre de matérialiser des concepts qui représentent une identité architecturale locale. Chaque projet se différencie de l'autre en termes de forme géométrique et l'intérêt d'utiliser le matériau textile. Prenons l'exemple du PTFE qui a été utilisé pour répondre à des objectifs spécifiques pour chaque projet, il était utilisé dans le dôme du millénaire et l'atrium de Burdj Al Arabe où la différence est que dans le premier il aide à réchauffer l'intérieur, alors la translucidité du matériau reflète la majorité des rayons solaires afin de participer au refroidissement de l'atrium au deuxième. Le Hadj Terminal a une couverture en PTFE aussi, dans ce cas c'est pour profiter de la transmission de la lumière, utiliser moins d'énergie pour l'éclairage ainsi pour refroidir l'intérieur. L'apport des textiles peut dépasser l'échelle du projet architectural en ayant un impact sur une échelle urbaine, tel est le cas pour le stade Allianz aréna qui se compose des coussins gonflables en trois couches d'ETFE translucide qui transforment ses façades en icônes urbaines lumineuses de couleurs différentes selon l'événement.

Après avoir répondu partiellement à notre problématique concernant l'intégration des textiles en architecture et son apport dans le domaine, il est nécessaire de passer à une échelle plus réduite qui est celle du contexte local afin de répondre à notre problématique et évaluer la place des textiles dans la production locale.

**CHAPITRE IV : L'ARCHITECTURE TEXTILE
DANS LE CONTEXT LOCAL**

Introduction

Les éléments développés auparavant dans les chapitres précédents restent théoriques et s'intègre dans un contexte général. De ce fait, un passage à une échelle plus réduite, à savoir notre contexte local est une nécessité afin de mettre en pratique l'ensemble des informations acquises.

Les structures textiles donnent naissances actuellement à des œuvres architecturales, à travers le monde, et ils ont fait preuve de leurs compétences dans le domaine du bâtiment en répondant aux différents enjeux, et en proposant des solutions innovantes pour résoudre des problèmes particulier par rapport à la stabilité, l'esthétique et le confort de la construction, en revanche, de tels matériaux s'avère presque absents dans notre contexte local et la production architecturale algérienne reste limitée et conditionnée par les matériaux et techniques de constructions relativement traditionnelles (béton armé, métal). Ces matériaux et techniques constituent dans la plus part du temps un obstacle pour la matérialisation des concepts et limitent la créativité de l'architecte. De ce fait, ce chapitre a comme objectif de pencher vers le contexte local, d'apporter en premier lieu des éclaircissements et un aperçu sur la production architecturale locale et ses caractéristiques pour passer par la suite à l'état de l'architecture textile en Algérie en se basant sur le questionnaire que nous avons élaboré, dans un second temps, nous tentons la mise en pratique des enseignements tirées des trois premiers chapitres et cela en proposant l'intégration des matériaux textile en architecture locale dans des projets différents en allant de l'échelle du bâtiment vers l'aménagement urbain et qui sont : la couverture des tribunes du stade « Zougari Tahar » à Rélizane, aménagement urbain à la place des fusillés à El Annasser à Alger. Pour conclure par un l'élaboration d'un guide qui sert de référence aux architectes et ingénieurs comptants intégrer les textiles dans leurs projets, ce guide englobe les différentes étapes pour la réalisation d'une structure textile et constitue une synthèse des différentes informations acquises.

IV.1. La production architecturale local

L'architecture algérienne actuellement subit une absence de l'esthétique dans l'environnement bâti et urbain. Cette absence est due au passage de notre architecture par un moment de crise. VIOLET-LE-DUC voit que « *Si l'architecture en est arrivée à un état de crise fort pénible et dangereux c'est qu'on a pas assez songé à lui faire suivre le mouvement intellectuel et matériel de notre temps* »¹⁶⁰ en outre, et selon Dr Djeghar Aicha dans son article « L'architecte et la créativité dans la production architecturale en Algérie », La médiocrité de notre cadre bâti ne peut être que le reflet de nos connaissances et savoirs en la matière, d'autres paramètres peuvent rentrer en jeu tels que la formation universitaire de l'architecte, la centralisation de la décision politique, les normes de la réglementation, la relation maître d'œuvre et maître d'ouvrage, les contraintes économiques et techniques. Dès lors, nous comprenons que la décadence de la production architecturale locale, est due, dans une grande partie, au manque de culture et connaissance architecturale par les architectes eux-mêmes. La production architecturale, par conséquent, est devenue un agencement de constructions plus ou moins fonctionnel dépourvue de toute créativité¹⁶¹, dès lors, l'architecte algérien doit être au courant des innovations que connaissent les techniques de construction, conception et les matériaux de construction de ce temps qui peuvent transformer nos productions architecturales et urbaines en de « Vrais » œuvres architecturales qui combine entre fonction et esthétique en particulier, en plus d'autres aspects dont on cite la sécurité, l'écologie et économie car, et toujours selon Dr Djeghar Aicha, l'architecture est définit comme la composition harmonieuse des fonctions et des géométries dans l'espace. La valeur de l'œuvre est associée à l'impression qu'elle porte dans son expression. En architecture l'impression de l'œuvre est la sensation qu'elle provoque par la fonctionnalité et l'esthétique de son espace.

En projetant cette définition dans notre contexte local, nous pouvant constater rapidement que dans le cadre de la production architecturale algérienne l'œuvre architecturale est loin de se confondre à cette définition. Ainsi on parlera plutôt d'objet architectural que d'œuvre architecturale ou de création architecturale. L'aspect esthétique et créatif est ignoré que ce soit au niveau de l'aménagement urbain, des équipements ou du logement, et cela suite aux éléments cités au préalable qui limitent la production et la créativité de l'architecte et entravent la matérialisation de ses concepts car « L'architecture est la matérialisation du concept », dira Tschumi. A notre sens, la production architecturale est limitée par les matériaux et systèmes de constructions adoptés.

¹⁶⁰ BOUDON P., et P. DEHAYES. *VIOLET-LE-DUC. Le dictionnaire d'architecture*. Ed: Margada, Bruxelles, 1979.

¹⁶¹ DJEGHAR Aicha. « L'architecte et la créativité dans la production architecturale en Algérie. » sciences humaines, 2005: 49-56.

IV.2. Structures textiles en Algérie

Une simple observation de la production architecturale algérienne est suffisante pour affirmer que l'architecture textile n'a pas pu trouver sa place et l'usage des matériaux textiles en architecture est quasiment absent, bien qu'ils répondent aux différents enjeux formels, structurels, fonctionnels et esthétiques. Leur utilisation se limite à quelques installations temporaires telle que les stands d'expositions et les tentes événementielles contrairement à ce que nous avons traité précédemment dans notre travail et aux exemples abordés, où les matériaux textiles connaissent des champs d'application étendus en architecture et marque leur présence sur différentes échelles (bâtiment et aménagement urbain).



Fig. 119 : Stand d'exposition au palais des expositions .Alger .
(Source : Auteur prise le 28-11-2017)



Fig. 120 :Tente événementielle en membrane de PVC pour location
(Source : www.ouedkniss.com consulté le 05-02-2018)



Fig.121 :Chapiteaux en membrane de PVC. Exposition du livre à Ruisseau .Alger (Source : Auteur. Prise le 13-01-2018)



Fig. 122 : Restaurant installé au palais des expositions .Alger
(Source : Auteur ,prise le 30-11-2017)



Fig. 123 : Intérieur du restaurant, Toile de PVC fixé sur ossature en aluminium
(Source : Auteur ,prise le 30-11-2017)

La multifonctionnalité de l'architecture textile nous a mené à s'interroger sur la raison de son absence dans notre contexte et production architecturale locale où l'hypothèse majeure était la négligence des opportunités et solutions que les structures textiles apportent, et le manque de connaissance par rapport à cette dernière. Afin de vérifier notre hypothèse et la confronter à la réalité nous avons élaboré un questionnaire que nous expliquerons son contenu et résultats par la suite.

IV.2.1. Le questionnaire

Définition : Le questionnaire est l'une des trois grandes méthodes pour recueil de données. C'est une méthode de recueil des informations en vue de comprendre et d'expliquer les faits. Les deux autres méthodes les plus couramment utilisées étant l'entretien et l'observation. Si l'entretien et l'observation sont des méthodes individuelles et collectives, le questionnaire est une méthode qui est uniquement collective. C'est une méthode quantitative qui s'applique à un ensemble (échantillon) qui doit permettre des inférences statistiques.¹⁶²

L'objectif du questionnaire, qui a été élaboré en version numérique ¹⁶³ était de confirmer ou infirmer notre hypothèse sur la méconnaissance de l'architecture textile en Algérie. Les personnes choisies comme échantillons d'études (74 personnes) sont des spécialistes du domaine : des architectes, des ingénieurs en génie civile, des étudiants en architecture. Nous allons tenter à travers le tableau au-dessus de présenter la grille qui nous a permis d'aboutir à la version finale du questionnaire.

¹⁶² BERTHIER N, *Les techniques d'enquête en sciences sociales. Méthodes et exercices corrigés*, Ed : Armand Colin .Paris, 1998.

¹⁶³ Questionnaire disponible sur le lien : https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfIrKM2C_NeEFbkgco3Zw-bR6xNdGKzq9rmgl5UPo-kh7HZwA/viewform?usp=fb_send_fb#response=ACYDBNhgZD3xjATfXYHFeqXP2Mku

Objectifs	Paramètres/indicateur	Objet de la question
Avoir des informations sur l'interrogé et la nature de son activité	Informations personnelles	Nom et Prénom
	Nature d'activité	Descriptions de la fonction exercée
Connaitre les différentes caractéristiques des projets conçus par la personne interrogée	Type de projet	les types de projets conçus par la personne interrogée
	Matériaux de construction	les matériaux adoptés pour différentes partie d'un
Tester les connaissances des personnes interrogées sur le thème	Généralité sur les structures textiles	Descriptions de l'architecture textile
		Identifications des projets de structures textiles
	Avoir une idée sur l'utilisation des structures textiles dans le contexte local	Projets de structures textiles conçues
		Projets de structures textiles remarqués en Algérie

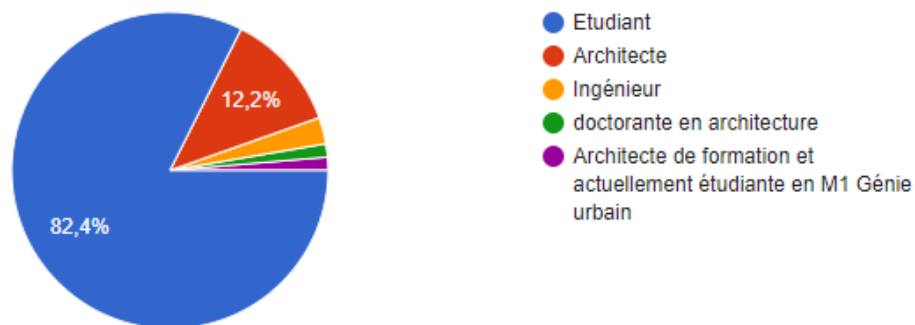
Tableau 4 : Grille de construction du questionnaire (Source : Auteur, Septembre 2017)

Résultats :

Les réponses de l'échantillon de 74 personnes aux questions sont représentées sous forme des graphes en pourcentage,

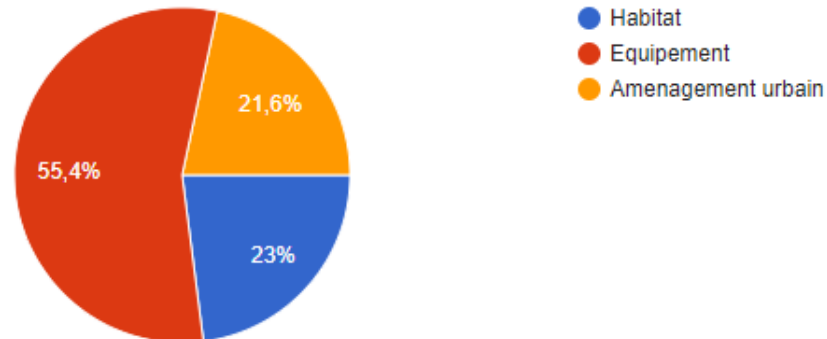
1) Etes vous ?

74 réponses



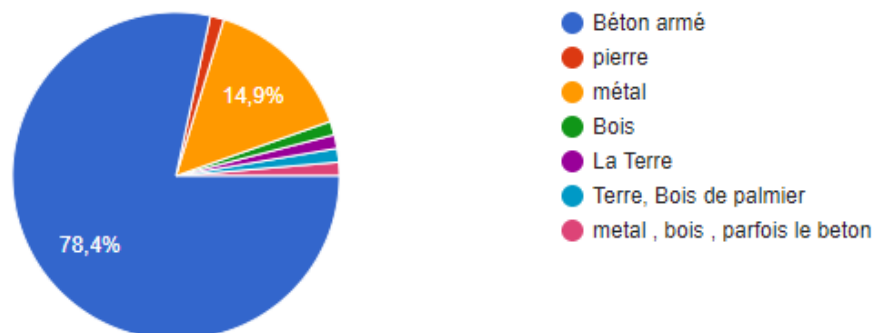
2) Quel type de projets que vous avez souvent conçu ou vous êtes en train de concevoir ?

74 réponses



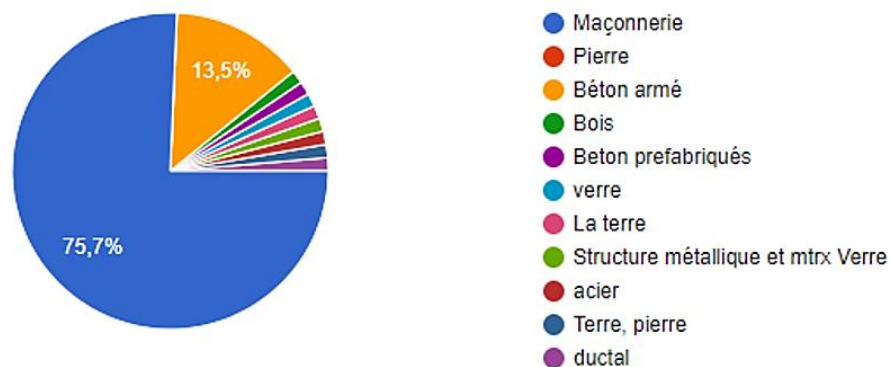
3) Quel est le matériau que vous utilisez le plus pour 'L'ossature' de vos projets ?

74 réponses



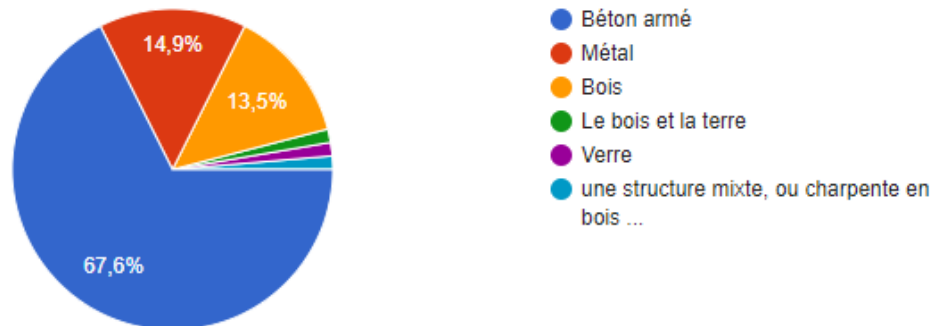
4) Quel est le matériau que vous utilisez le plus pour la réalisation des 'parois' ?

74 réponses



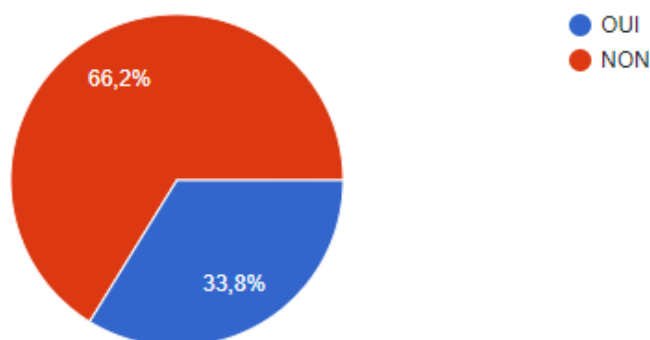
5) Quel est le matériau que vous utilisez le plus pour la réalisation des 'couvertures' ?

74 réponses



6) Avez-vous une idée sur l'architecture textile ?

74 réponses



7) Si oui , que connaissez –vous sur cette dernière ?

21 réponses

(Les 21 réponses sur cette question sont présentées en annexe 1)

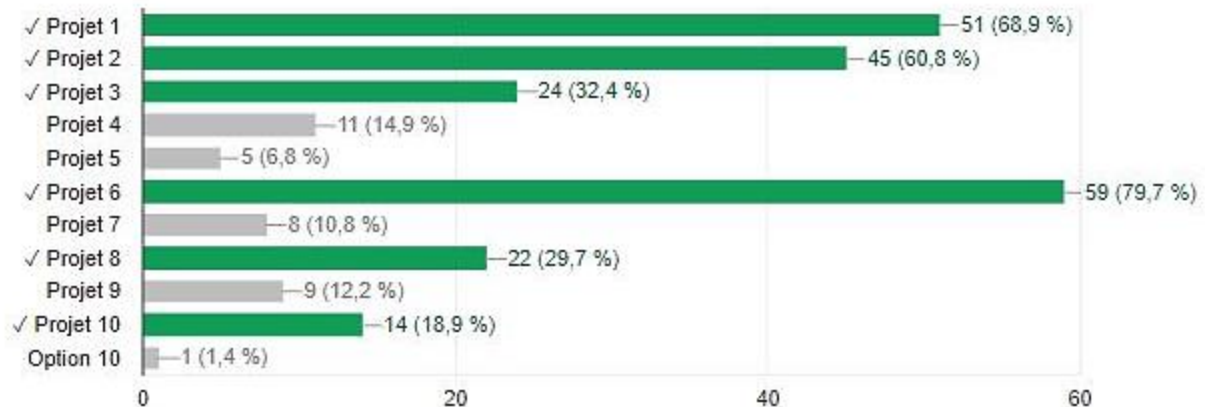
C'est à travers ces deux dernières questions (question 6 et 7) que nous pouvons évaluer et avoir une idée sur le degré de connaissances des personnes questionnées à propos des structures textiles, plus de deux tiers des réponses étaient négatives, seulement 33% des 74 personnes interrogées ont une idée sur l'architecture textile.

Selon les réponses que des personnes ayant répondues par Oui sur la question précédente, l'architecture textile est connue par ses structures tendues, ses formes fluides et organiques. L'information qui a été le plus répétée est que les structures textiles se trouvent en couverture des constructions et elles été observé aussi dans les aménagements extérieurs.

Nous avons constaté que même pour ceux qui ont déjà une idée sur ce que c'est une architecture textile, leur connaissances sont limitées où, mis appart la fluidité des formes et la légèreté pour une ou deux réponses, les autres avantages et apports des structures textiles sont ignorées par les concepteurs de l'espace et les réalisateurs.

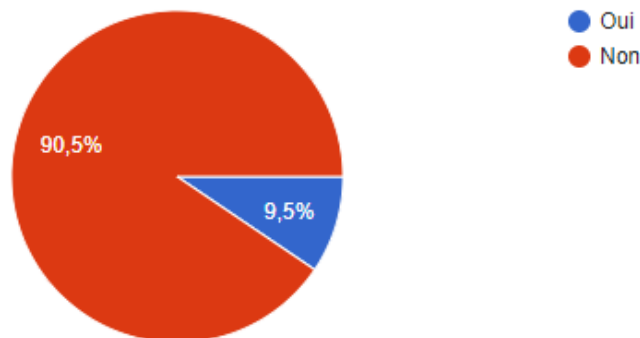
8) Parmi les projets suivants ,pouvez- vous identifier ceux qui présentent une structure textile ?

4 réponses correctes sur 74



9) Avez-vous déjà utilisé ou projeté d'utiliser ce type de structure dans vos projets ?

74 réponses



9-1) Si oui , Lesquels ?

7 réponses

- Bon c'était dans des projets d'atelier (une bibliothèque, une salle omnisport aussi)
- des panneaux métalliques rabattables
- Une Bibliothèque
- pour couvrir un aménagement dans l'espace l'extérieur
- Exposition des vestige
- dans des aménagements urbains
- Façade multicouches

10-1) Si oui , citez quelques exemples

9 réponses

La grande mosquée d'Alger	Faux
La coupole d'Alger mais je n'en suis pas sûr.	Faux
stade de BARAKI, nouveau stade de TIZI-OUZOU	Faux
Cic centre international des conférences	Faux
Le future nouvel aéroport d'Alger	Faux
Showroom mercedes	Correcte
Sheraton de Annaba.	Faux
les Tentes des expositions ou bien des Cirques	Correcte
Les cirques et les panneaux publicitaires peut-être	Correcte

A travers les questions 9 et 10 nous pouvons avoir une idée sur la place de cette architecture dans notre contexte local, où seulement 9% des personnes interrogées (étudiants ou professionnels) ont déjà utilisé les structures textiles dans leurs conceptions, où comptent les utiliser, les projets cités qui ont connu un usage des matériaux textiles sont majoritairement des aménagements extérieurs.

En outre, plus de 87% des personnes questionnées infirment la présence d'une architecture textile en Algérie et ne connaissent aucune réalisation qui a fait appel aux structures textiles.

Suit à une lecture et analyse des résultats de ce questionnaire nous pouvons dire que ce dernier confirme notre hypothèse, à savoir la négligence des opportunités et solutions que les structures textiles apportent, et le manque de connaissance par rapport à ces dernières, et cela par les concepteurs producteurs de l'espace eux-mêmes.

IV.3. Projet 1 : Couverture des tribunes du stade « Zougari Tahar » à Relizane.

IV.3.1. Présentation de la ville



Fig.124 : Limites administratifs de la Wilaya

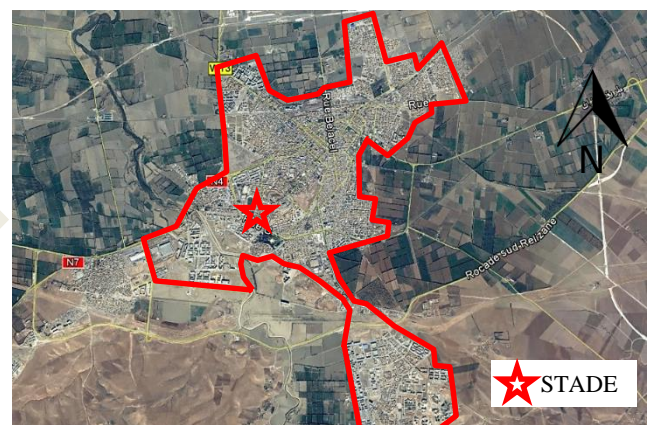


Fig. 125: Vue aérienne de la ville de Relizane

IV.3.2. Présentation du stade

Le Stade de Zouggari Tahar se trouve à la ville Relizane au ouest de l’Algérie, Il fait partie du complexe sportif de la ville qui comporte aussi une salle omnisport, une piscine olympique, deux terrain de tennis, ainsi d’autres aires de sports.

Limites

Nord : Cité Intissar

Est : Parking, Avenue 11 décembre 1961

Ouest : Parking, Jardin Intissar, Boulevard de l’ALN

Sud : Hôtel Mina, Boulevard de l’ALN (Ex RN°4 Alger – Oran)



Fig.126 : Vue satellite sur le complexe sportif Zouggari



Fig. 127 : Stade Zouggari lors d’un match

<p>Nom : Stade Zouggari Tahar Coordonnées : 35° 44' 00" N, 0° 33' 00" E Altitude : 78 m Lieu : Relizane . Algérie Construction : 1985-1986 ¹⁶⁴ Ouverture : 18 mars 1987 (Equipe national d’Algérie 01-03 Olympique Marseille) ¹⁶⁵ Réalisé par : DNC Algérie (Distribution nouvelle pour construction) Capacité : 18 000 places (actuellement)</p>
--

*Pour Plus de photos voir annexe 2

Orientation

Le stade est orienté Nord-sud, C’est une orientation optimal pour un stade de football selon les recommandations de la FIFA ¹⁶⁶, elle permetre l’évite d’éblouissement par le soleil des joueurs et compétiteurs, Le tribune officiel et la chambre des médias se situent au niveau de tribune ouest afin d’éviter la perturbation par le soleil couchant pendant l’après-midi (c’est la période de jouer des matchs officielles souvent en Algérie)

¹⁶⁴ Information fourni par la direction de jeunesse et du sport de Relizane le 17-01-2018

¹⁶⁵ Information fourni par la direction du stade le 17-01-2018 .

¹⁶⁶ CHARLES R. et BOTTA R. et RUBEN R . « Stades de football, Recommandations et exigences techniques ». Publication officielle de la Fédération internationale de Football association 5^e édition .Editions FIFA .Zurich, Suisse 2010 P.35

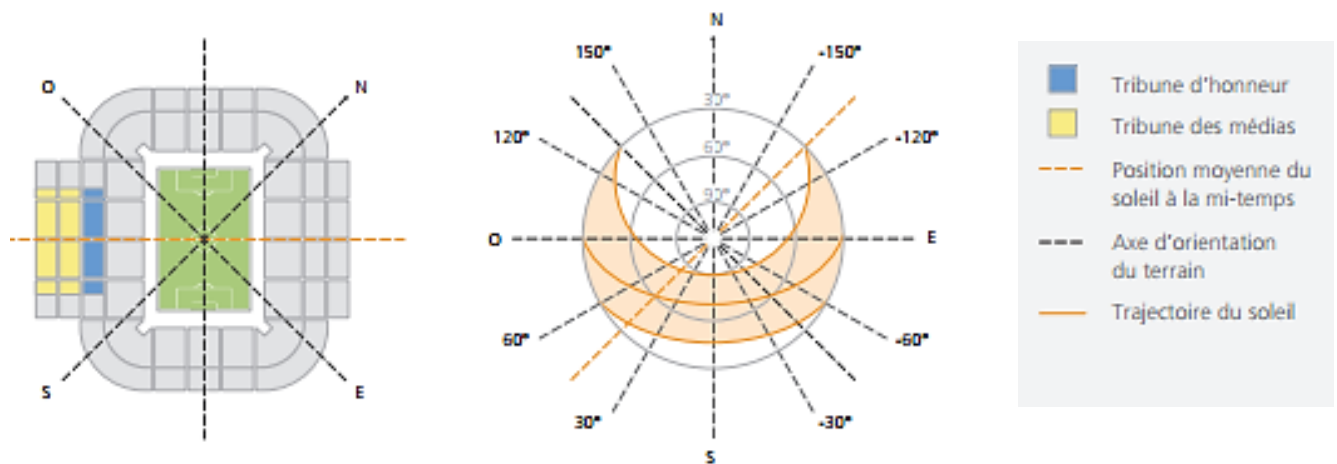


Fig. 128 : Schéma d'orientation recommandée des stades

Structure existante

L'élément de base de la structure du stade est représenté par les gradins .Ils sont réalisés en béton armé, sont construits sur un déblai issu de la partie central de l'assiette du projet qui par la suite a été destinée au terrain de jeu.



Fig. 129 : Gradins sur déblais

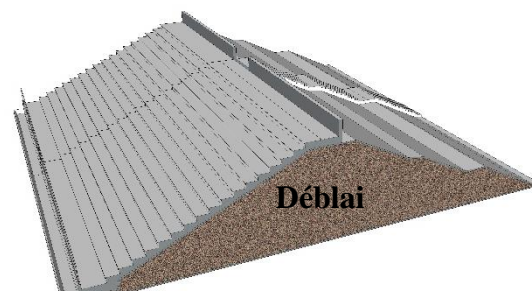


Fig.130 : schéma 3D d'une partie des gradins

Tribune Les tribunes du stade Zouggarri sont implantées autour de piste d'athlétisme, Ils forment une ellipse de trois côté, le quatrième coté est actuellement non construit destiné à l'accès des joueurs au terrain (voir fig. 132) , la tribune officiel est couverte par un système de charpente métallique sur une longueur d'environ 64 mètres .(voir fig.133)

La forme elliptique offre au public du stade une bonne visibilité du terrain de jeu partout.



Fig. 131 : Tribune autour de la piste d'athlétisme



Fig.132 : Vue du stade à partir du tunnel des vestiaires



Fig. 133 : Partie couverte des tribunes



Fig. 134 : Des photos du stade prise lors des différentes périodes (février, Mars et mai)

Le problème d'éblouissement du public par les rayons du soleil lors des matchs de football est toujours posé. ➔ Solution : Intégration d'une couverture aux tribunes

Objectif

L'objectif est de concevoir un toit afin de rendre le stade un monument urbain moderne qui s'adapte à l'évolution des critères des stades .Ainsi pour des raisons purement pratiques telles que la protection contre le soleil ,la pluie ,le vent et assurer un degré d'isolation acoustique vue l'emplacement du stade dans un milieu urbain .

Au plan local, le projet de couverture du stade présente des avantages considérables, parmi lesquels :

- La possibilité d'être mise à disposition d'activité de loisirs, notant que le terrain de jeu est doté d'un gazon artificiel
- l'accès commode à des événements sportifs et à des spectacles de qualité.
- la venue de nouveaux visiteurs, avec des retombées sur l'économie locale, notamment les boutiques et restaurants proche du stade.

- les stades deviennent une nouvelle source de fierté pour la communauté en raison de la spécificité de leur structure et de leurs événements

IV.3.3. Démarche du Projet

Afin d’atteindre les objectifs cités, il est nécessaire de passer par plusieurs phases :

IV.3.3.1. Phase 1 : Relevée architectural du stade

Avant d’arriver à la proposition, les documents graphiques du stade seront nécessaires. Nous étions face au défi de faire un relevé architectural à cause du manque des dessins techniques (Plans, coupes, façades) au niveau des administrations et services consultés à Relizane telle que les services d’urbanisme, l’APC, la direction de la jeunesse et du sport, la direction du stade.



Fig. 135: Photos de la phase de prise des mesures (Source : Auteur .Prise le 10-01-2018)



Fig. 136 : Elaboration des dessins techniques .Plan et coupe du stade

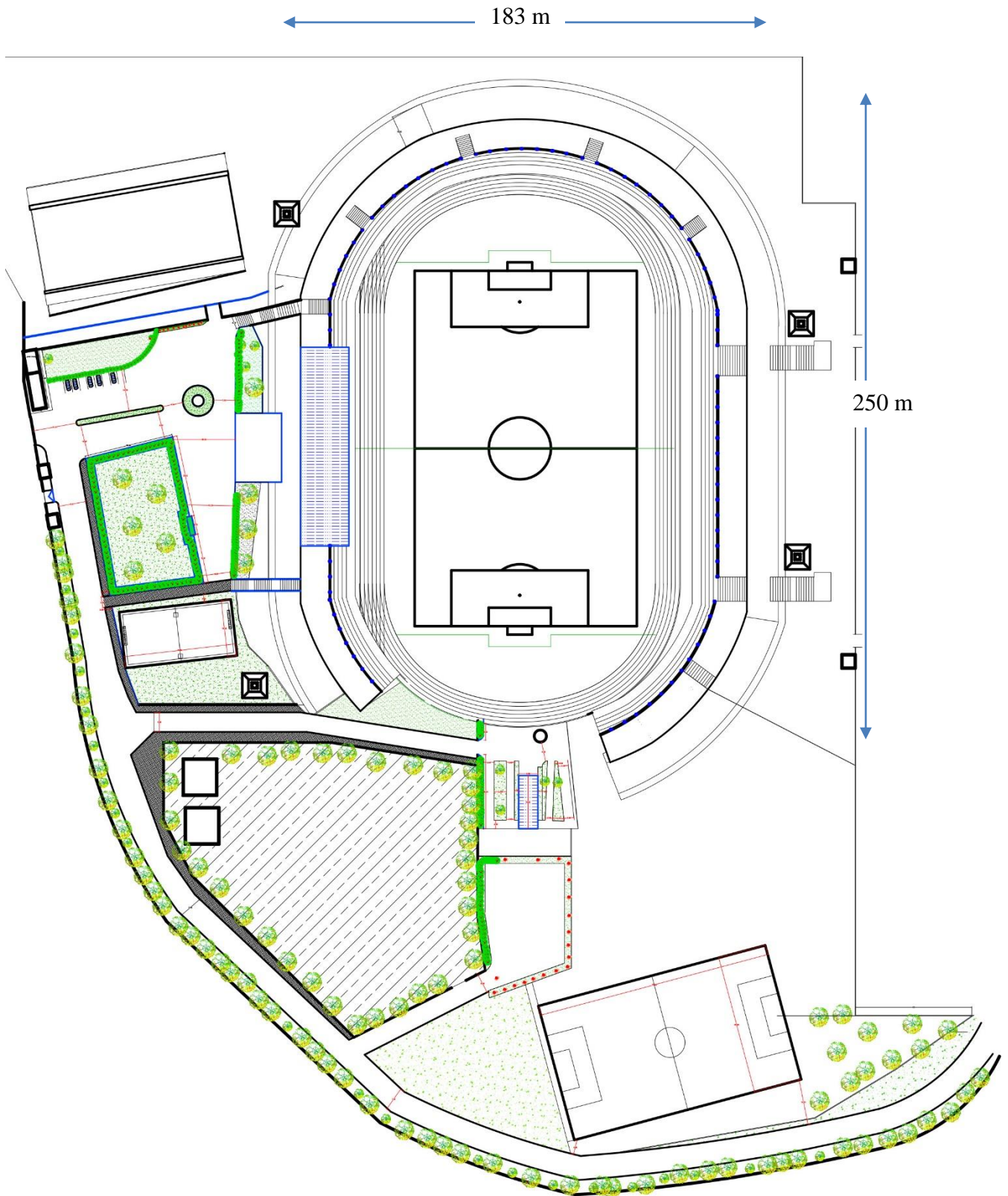


Fig. 137 : Elaboration du dessin technique de plan du stade

Remarque : l'environnement du stade était importé du Plan d'occupation de sol (P.O.S) fourni par la direction d'urbanisme de Relizane. Traité par auteur

Avant d'arriver à la forme finale de la couverture, plusieurs variantes étaient proposées, nous mentionnons deux propositions d'une couverture textile supportée par un module répétitif d'un système d'une charpente métallique.

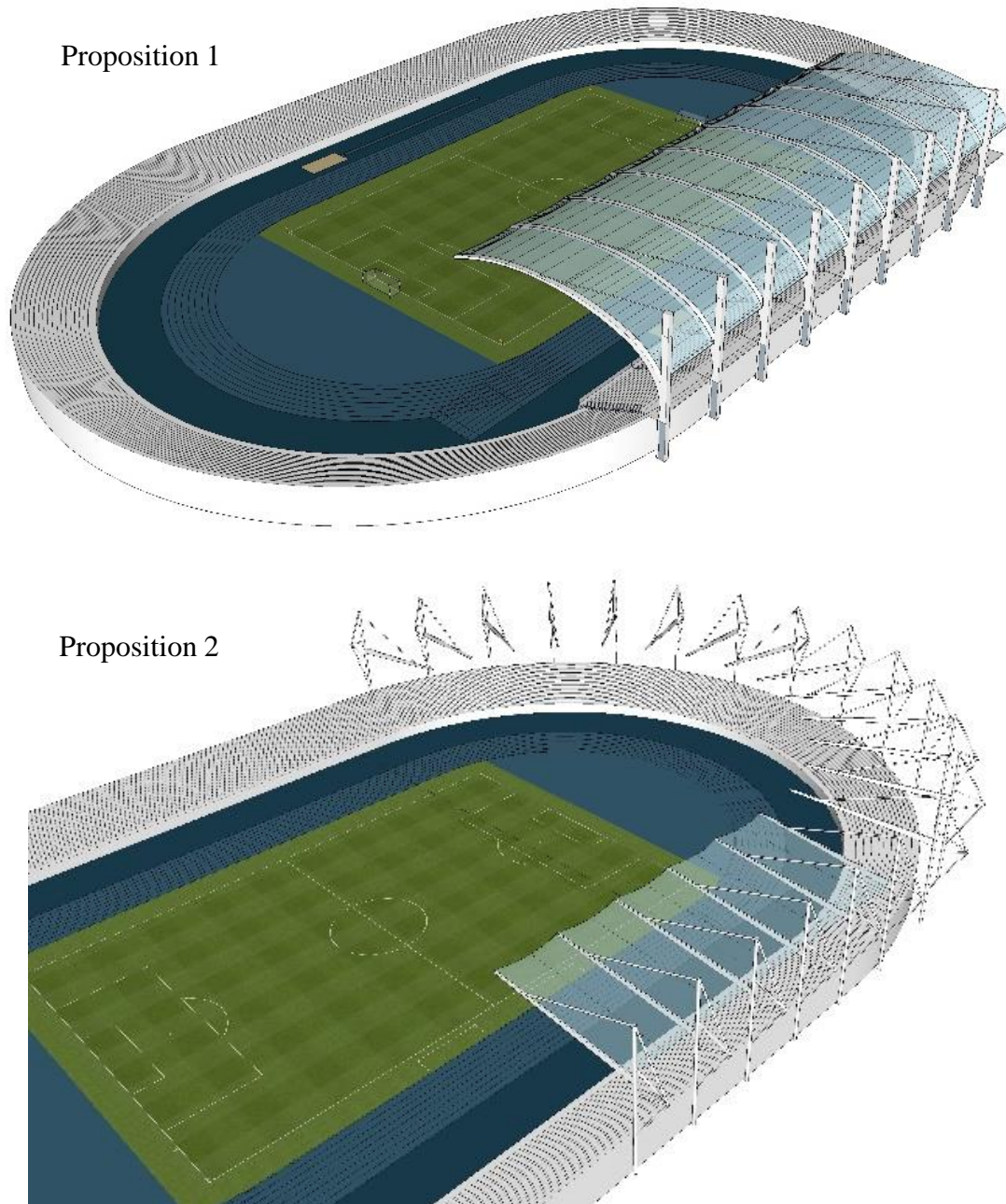


Fig..138 : Deux propositions pour couvrir les tribunes du stade

Ces propositions étaient rejetées pour des raisons techniques : l'absence des éléments porteurs ponctuels pour supporter la structure de la couverture proposée.

Le défi est de concevoir une couverture légère qui répond aux objectifs cités précédemment. Nous avons l'intention de créer un projet qui s'intègre à l'environnement de la ville et fait partie de l'identité local de la région.

A-Concept

Notre choix est fixé sur le concept de la « **Tente nomade** ». Les nomades ont continué de marquer leur passage par la région de Relizane jusqu'au nos jour. Ce concept était adopté déjà dans la couverture du stade international de roi Fahd à l'Arabie Saoudite en 1987 (voir III.2.1.1.).



Fig. 139 : tente nomade

De l'extérieur, il est difficile d'identifier le stade Zougari . Il n'est pas remarquable pour les visiteurs de la ville. La matérialisation de ce concept peut donner une image architecturale au stade qui va devenir un monument urbain.



Fig. 140 : vue sur le stade de l'extérieur

B-Conception formelle

L'idée est de matérialiser notre concept par la création d'une forme architecturale expressionniste et équilibrée du point de vue structurel. Afin d'assurer la stabilité de la forme recherchée, nous avons commencé par la subdivision du terrain du projet par un tracé géométrique basique.

Géométriquement, le stade se compose d'un rectangle et deux demi-cercle identique .c'est un plan de double symétrie axiale. Nous avons devisé le demi-cercle en neuf partie pour avoir des modules de tribunes qui répondent aux recommandations de la FIFA en termes de dimensions et angles.

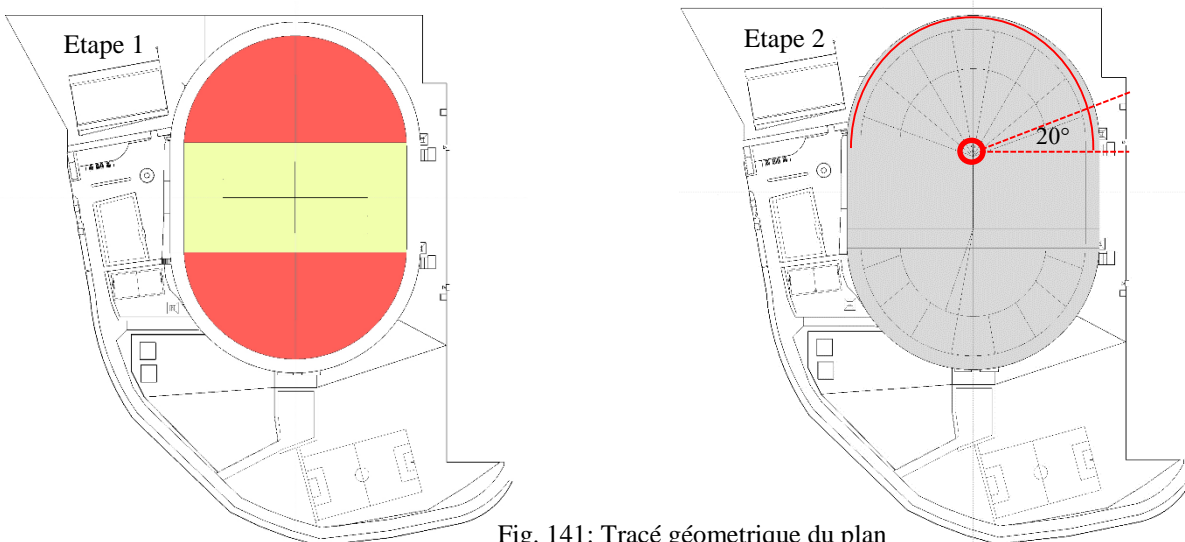


Fig. 141: Tracé géométrique du plan

Après plusieurs esquisses à main levée, nous avons passé à l'esquisse en 3D par ordinateur pour avoir une idée plus claire sur la volumétrie et les proportions de notre projet. Une volumétrie gradins du stade était réalisée pour recevoir ultérieurement la couverture et ses composants (figure 143)

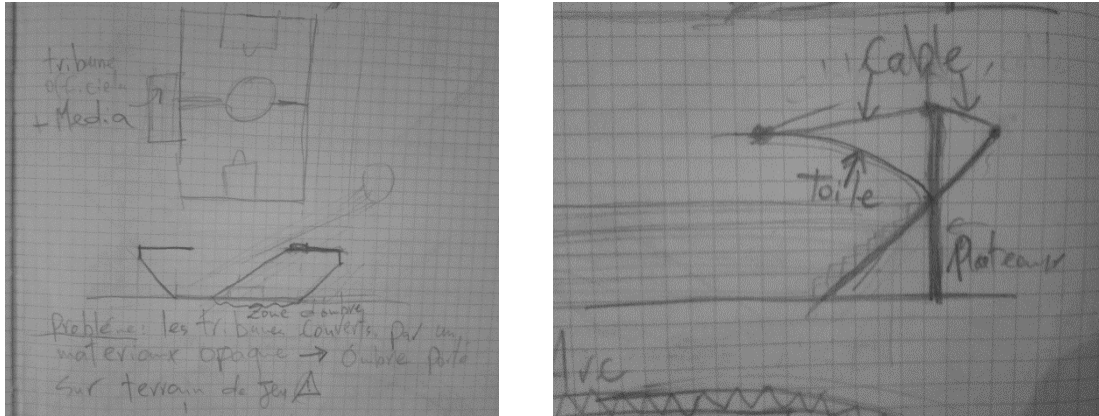


Fig. 142 : Esquisses de départ à main levée

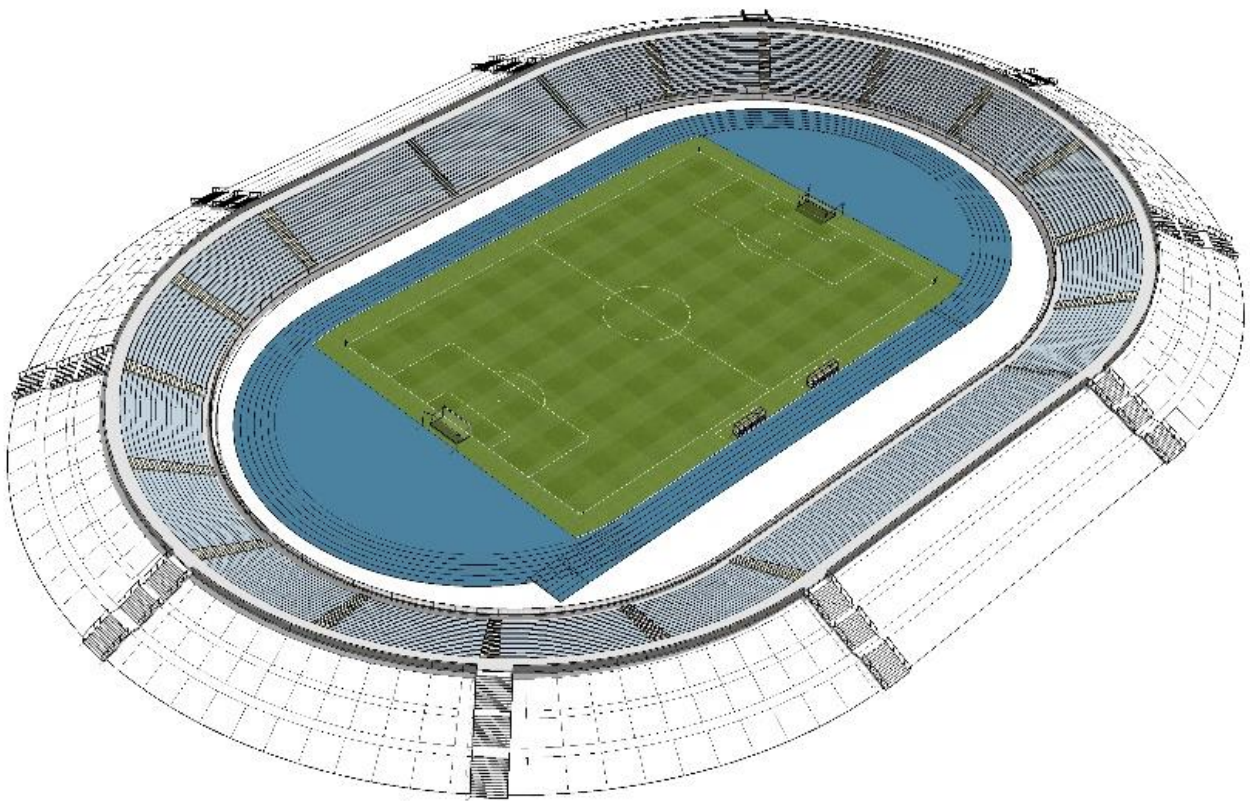


Fig. 143 : Maquette 3D du stade

La conception formelle nécessite de prendre en considération le vent. Pour cela, Nous avons consulté la rose des vents de notre site (figure 144) afin d’assurer un **confort aérodynamique** .

La Rose des Vents pour Relizane montre combien d'heures par an le vent souffle par rapport à l’orientation de notre stade.

Dans un stade couvert, l’écoulement s’établit de la manière décrit dans la figure 145 . La façade au vent est en surpression, l’écoulement s’échappe latéralement .Il peut également s’introduire dans la brèche qui se situe entre la toiture et la tribune .Les tribunes au vent sont en dépression ainsi que le terrain de jeu et les tribunes sous le vent . En toiture , l’écoulement décolle au niveau des angles vifs et induit l’apparition de zones dépressionnaires. ¹⁶⁷

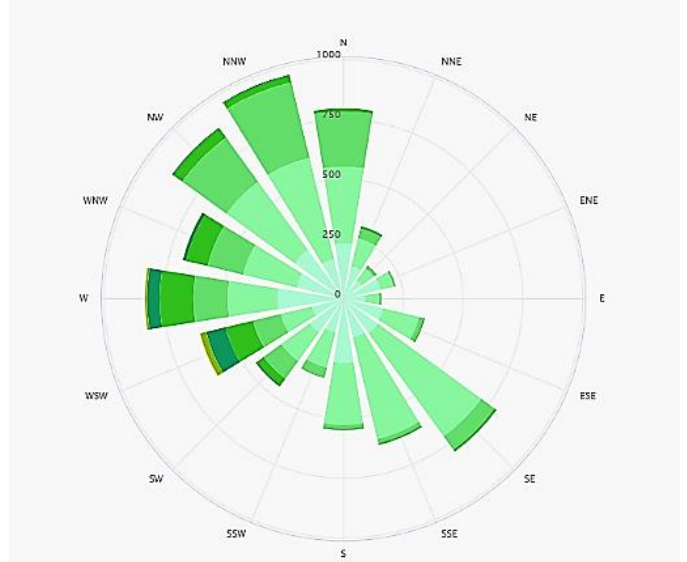


Fig. 144:Rose des vents à Relizane

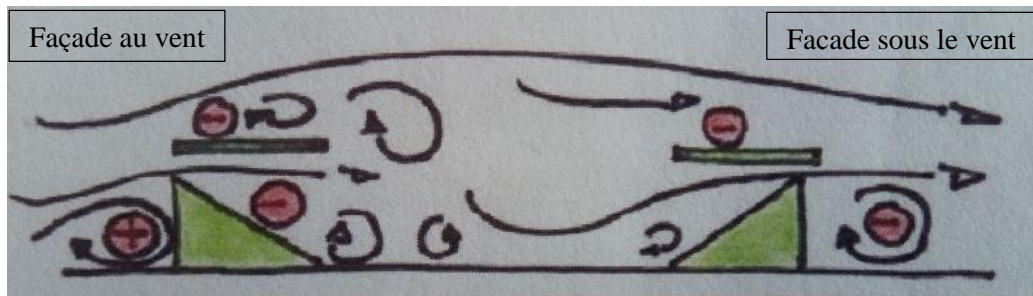


Fig. 145 : Schéma d’écoulement du vent dans un stade

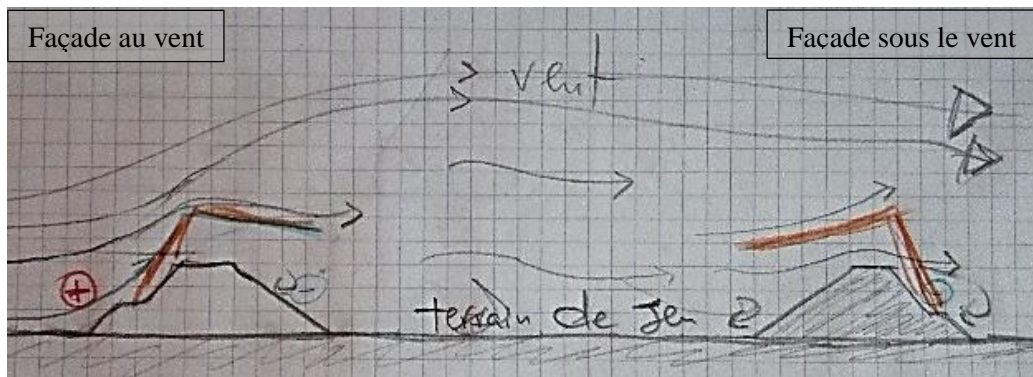


Fig. 146: Schéma d’écoulement des vents souhaitable pour notre projets

¹⁶⁷ AGOTA Szucs & MOREAU Sophie . *Conception des ambiances climatiques, lumineuses et acoustiques des grands stades – Méthodologie et conseils pratiques*. e-cahier du CSTB 3605 - septembre 2007 (www.cstb.fr)

Nous avons continué à chercher la meilleure forme qui matérialise notre concept, assure une stabilité structurelle et économique. Pour un début, un module répétitif peut nous garantir une facilité de fabrication et montage. Nous parlons de la composition d'une couverture par l'utilisation de deux variantes de modules seulement ; Une première couvre la partie linéaire des gradins, et la deuxième conçue pour couvrir les gradins angulaire.

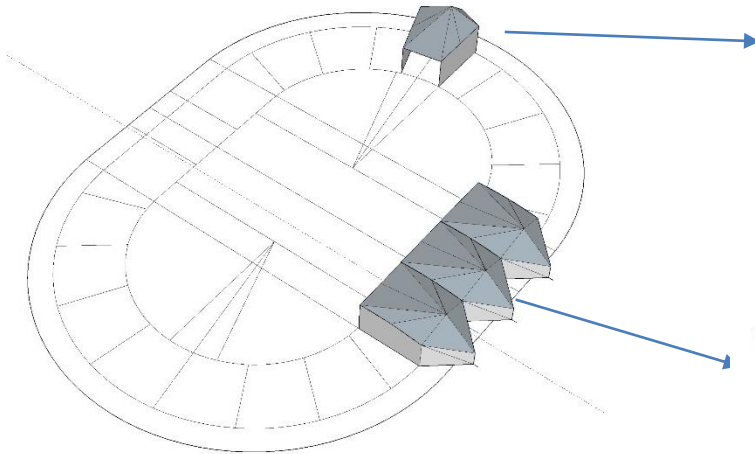


Fig. 146 : schéma d'implantations des deux variantes de modules conçus

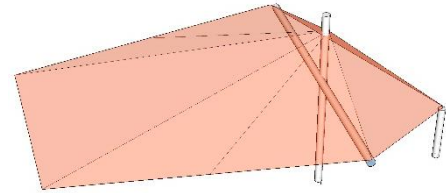


Fig. 147 : Module angulaire

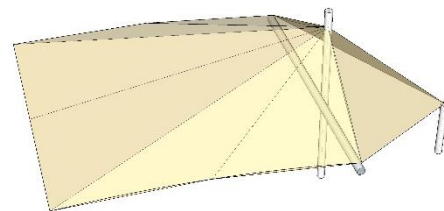


Fig. 148 : Module linéaire

Le résultat de l'assemblage à donner une couverture composée de 18 modules angulaires et 6 modules linéaires.

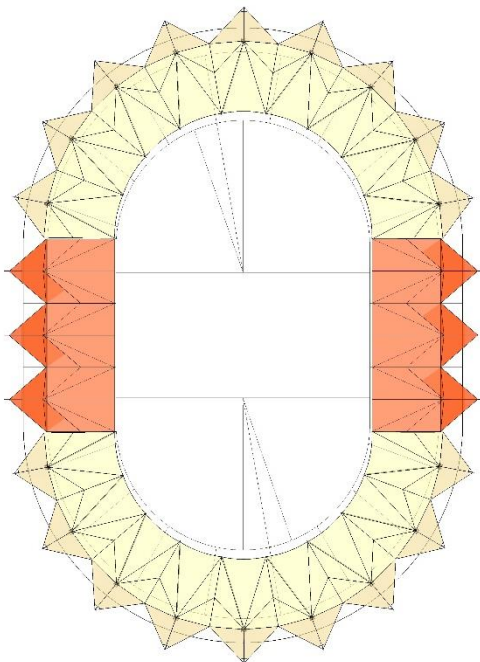


Fig. 149: Plan d'assemblage de la couverture

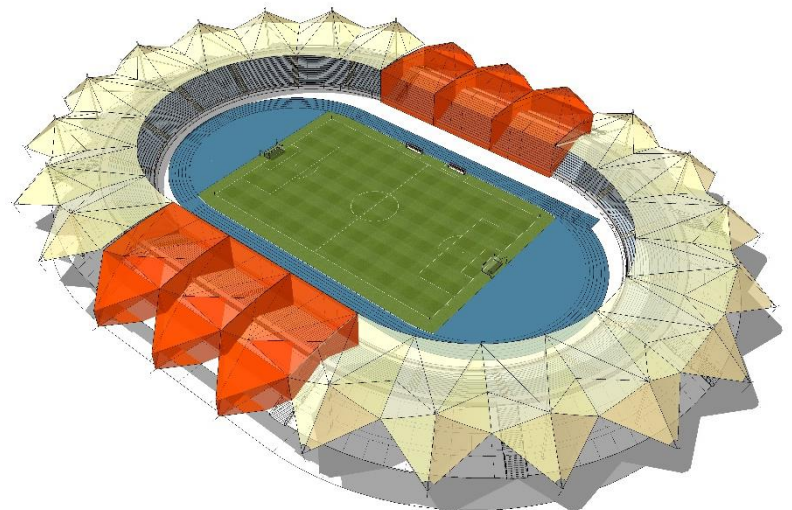


Fig. 150 : Maquette 3D d'assemblage de la couverture

A ce point, les limites du tissu tendu sont déterminées. Ils comprennent les emplacements des colonnes (les mats) et les câbles. Nous passons à une autre étape qui est « le choix de la membrane »

C-Choix de la membrane

Notre site d'intervention présente plusieurs exigences .Afin de faire le 'bon choix ' du matériau, nous avons besoin de connaitre les conditions climatiques de l'environnement.

Températures et précipitations moyennes

La "maximale moyenne quotidienne" (ligne rouge continue) montre la température maximale moyenne d'un jour pour chaque mois pour Relizane. De même, «minimale moyenne quotidienne" (ligne bleu continue) montre la moyenne de la température minimale. Les jours chauds et les nuits froides (lignes bleues et rouges en pointillé) montrent la moyenne de la plus chaude journée et la plus froide nuit de chaque mois des 30 dernières années. Les chutes de neige sont rare, ils ne présents pas un risque de surcharge du poids sur la couverture.

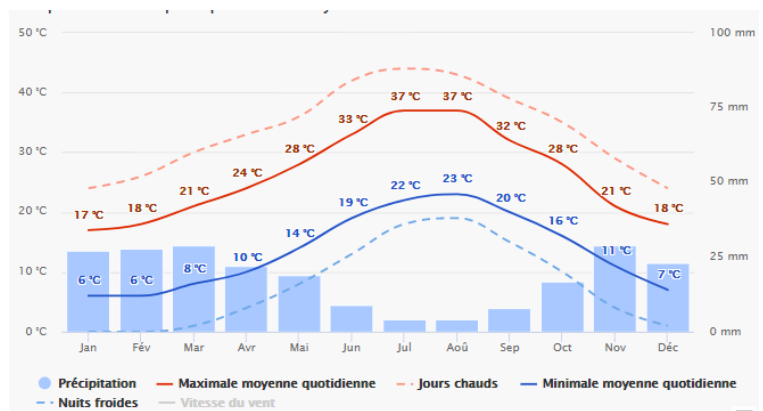


Fig. 151 : Diagramme de températures et précipitations moyennes à Relizane

Ensoleillement :

Le graphique montre le nombre mensuel de jours ensoleillés, partiellement nuageux, nuageux et de précipitations. Les jours avec moins de 20% de la couverture nuageuse sont considérés comme des jours ensoleillés, avec 20-80% de de la couverture nuageuse, comme partiellement ensoleillés et plus de 80% comme nuageux. ¹⁶⁸

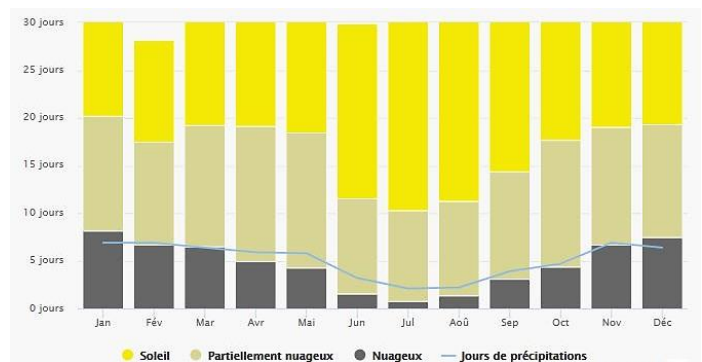


Fig. 152 : Diagramme d'ensoleillement

Synthèse : D'après La lecture des données climatiques du site d'intervention, ainsi pour répondre aux critères du choix de la membrane cités dans le deuxième chapitre de ce mémoire. Le type de

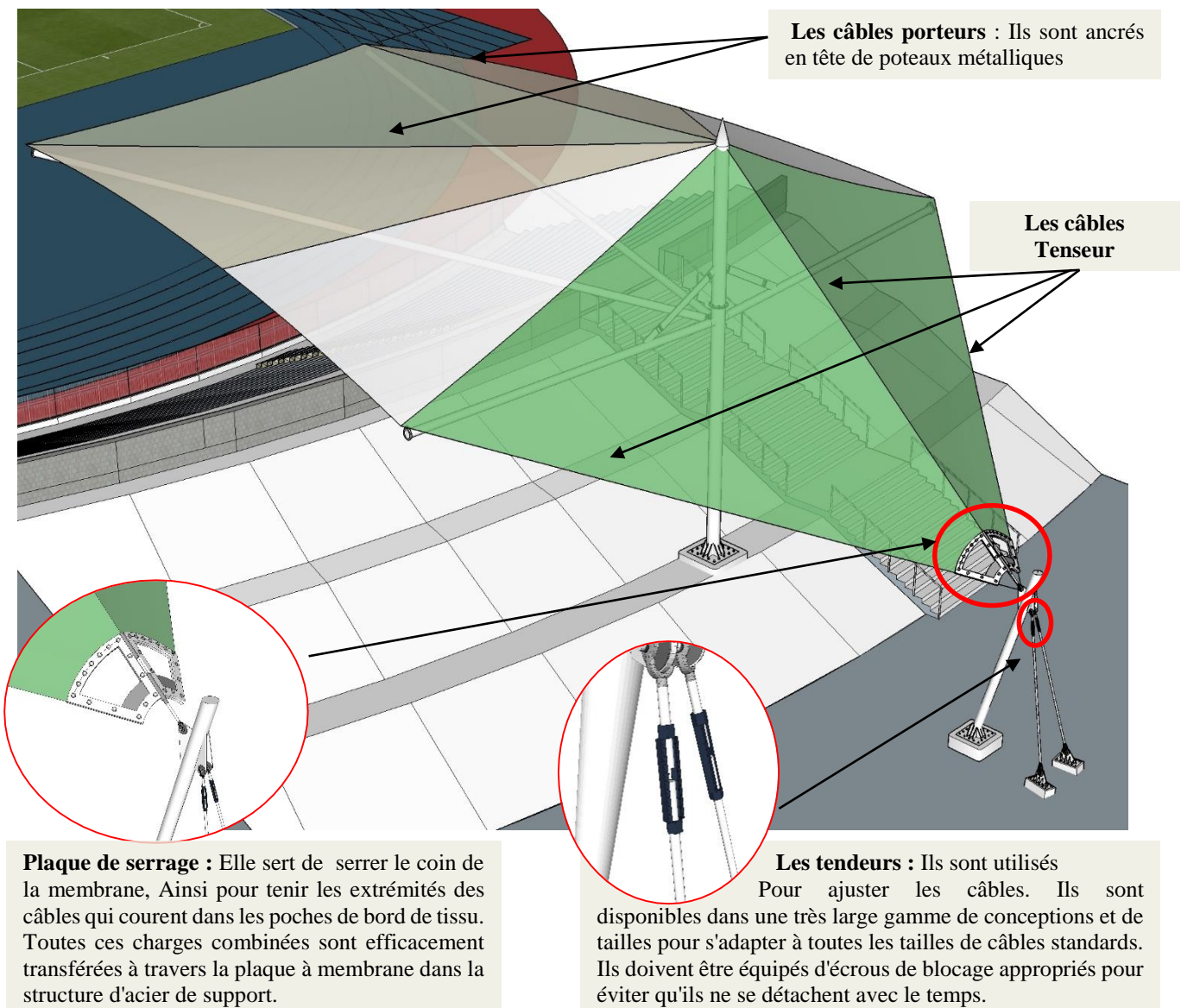
¹⁶⁸ <https://www.meteoblue.com/fr/meteo/prevision/modelclimate/relizane> consulté 18-01-2018

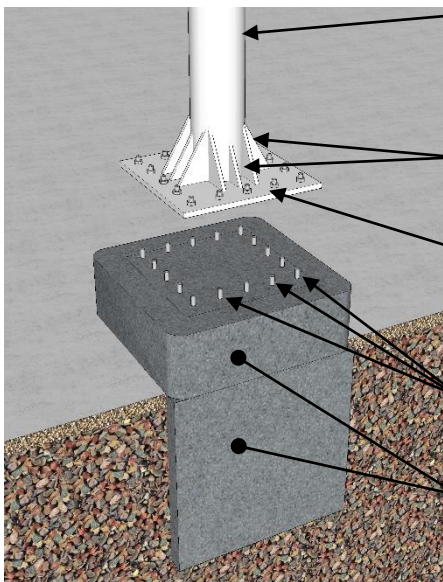
membrane le plus convenable pour notre projet est la fibre de verre enduite de polytétrafluoroéthylène (PTFE) .La Translucidité et les couleurs de la membrane se varie selon son emplacement 15 à 20 %.

D- Conception structurelle

La selection des différents éléments de l'ossature nécessite une bonne collaboration entre le concepteur et les ingénieurs, L'objectif est d'assurer une sécurité structurelle en préservent l'aspect esthétique et fonctionnel du projet. L'absence des règlements de conceptions et de calculs des structures non-linéaire en Algérie nous a obligé de consulter les guides de conceptions européenne et l'EUROCODE.

L'architecte concepteur doit avoir des connaissances sur les éléments qui s'adaptent le mieux avec le projet. Son rôle dans cette étape est de concevoir et choisi certains éléments de la structure. Ils sont dimensionnés approximativement. A travers la modélisation des éléments de notre ossature, les ingénieurs peuvent avoir un point de départ pour dimensionnée précisément les éléments de l'ossature.





Le Mat : c'est l'élément porteur, sous forme de tube métallique de section circulaire, d'une hauteur de 16,5m fixé à la base et stabilisé en haut par des câbles tendus.

Les goussets : ce sont des renforcements latéraux permettent de mieux répartir les forces.

La Platine de base : en métal .Soudée à l'extrémité inférieure du mat pour bien répartir les pressions sur le béton. Elle est fixée au sol par des boulons.

Les tiges d'ancrage fixé dans le béton .Ils sont nécessaires pour fixer et maintenir la partie supérieur poteau en position

Fondation : en béton armé, coulé sur place ou préfabriqué. Pour des raisons techniques et de sécurité, nous avons choisi d'arrondi les coins de la partie supérieure

Fig.153: Composants de l'élément porteur principal

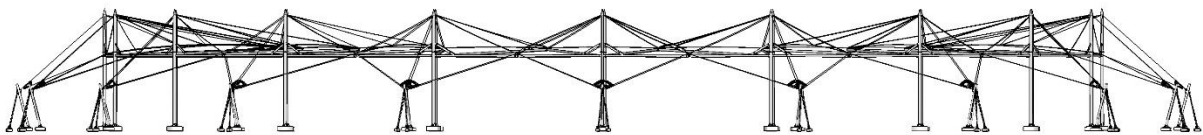


Fig.154 : Ossature de la couverture .Vue de face

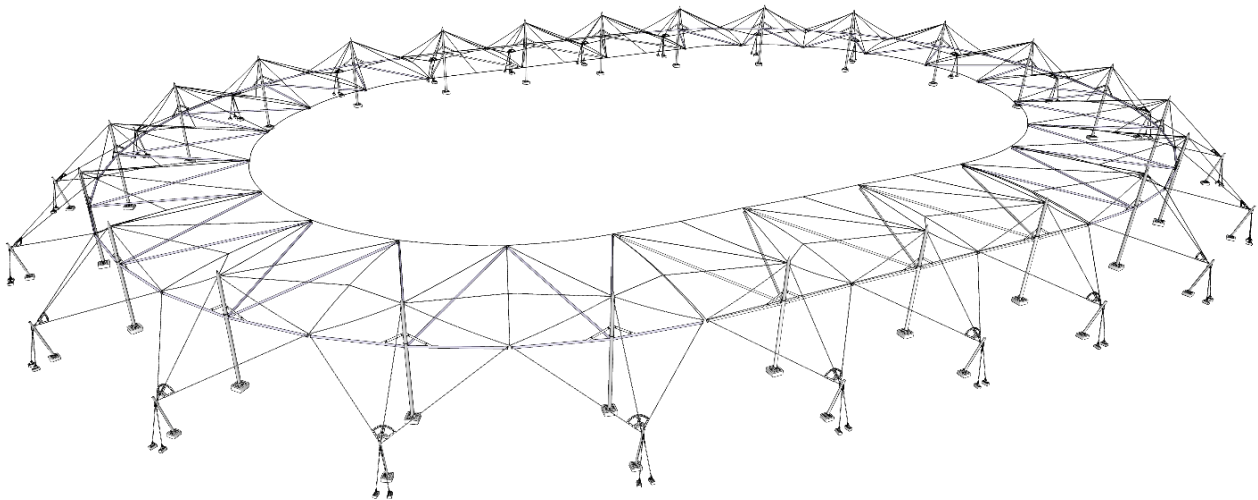


Fig.155 : Ossature de la couverture .vue axonométrique

- Nombre de Mats principal : 24
- Hauteur de Mats : 16,5 m
- Surface de tissu de PTFE Utilisé : 24 515 m²

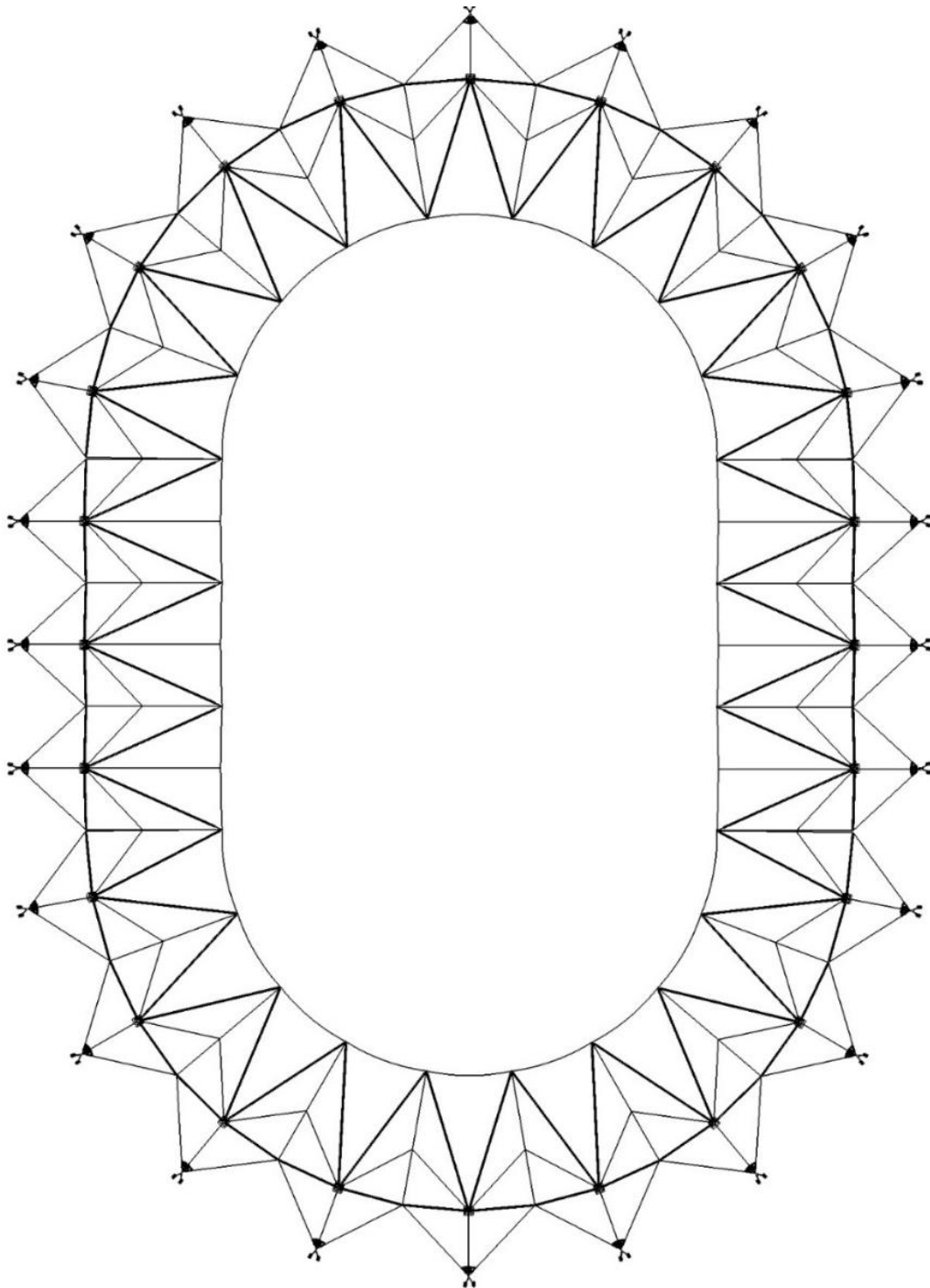


Fig. 156 : Ossature de la couverture .Vue en plan

IV.3.4. Avantages et inconvénients de la structure textile utilisé

Nous avons effectué une comparaison entre le système de couverture métallique le plus utilisé dans les stades ici en Algérie et le système de couverture que nous avons proposé pour le stade Zougari Tahar a Relizane , et cela afin de faire ressortir les différents avantages et inconvénients de chaque système .l'utilisation d'une structure textile .au stade Zougari Tahar, nous avons comparé notre couverture textile proposée avec une toiture métallique opaque.

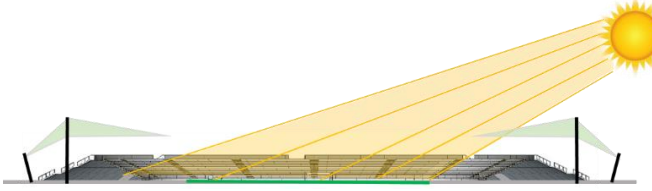
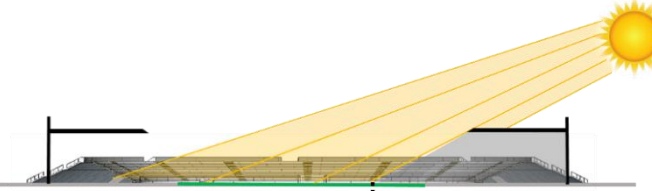
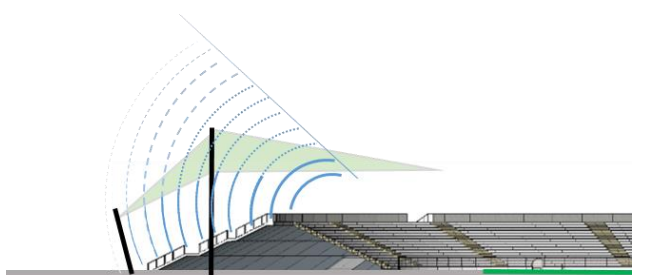
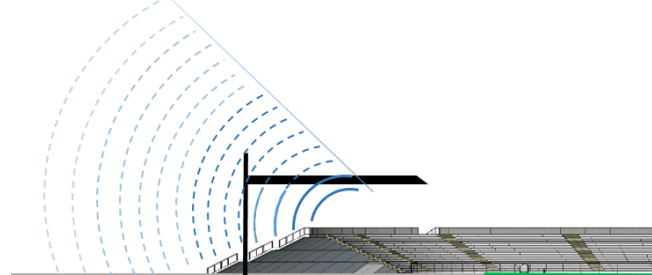
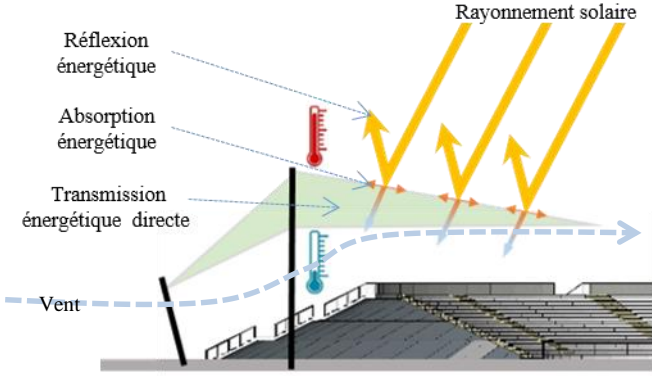
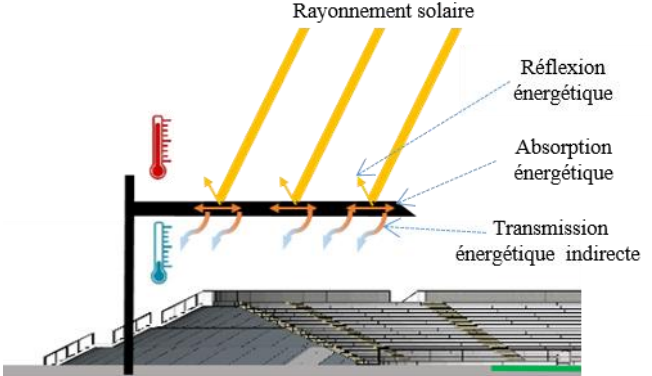
Structure textile	Structure métallique	
<p>-Structure textile : quelques kg/ m² (0,85 à 1,6 km /m²)</p> <p>-Surface de tissu de PTFE nécessaire : 24 515 m²</p> <p>-Poids estimatifs : 20,84 à 39,22 tonnes</p>	<p>-Structure métallique : 20 à 80 kg/ m²</p> <p>-Surface à couvrir : 11 190 m²</p> <p>-Poids estimatifs : 223,8 à 895,2 tonnes</p>	Poids propre
 <p>Zone ensoleillée</p> <p>-Une Solution pour éviter l'ombre sur le terrain de jeu</p>	 <p>Zone ensoleillée : Zone ombragée</p> <p>-Situation non acceptable pour les joueurs, les spectateurs et surtout pour la diffusion numérique de haute définition</p>	Confort visuel
 <p>- Une solution pour réduire l'impact sonore sur l'environnement</p>	 <p>-le métal n'est pas un bon isolant phonique</p>	Isolation phonique
 <p>Rayonnement solaire</p> <p>Réflexion énergétique</p> <p>Absorption énergétique</p> <p>Transmission énergétique directe</p> <p>Vent</p> <p>-le tissu PTFE utilisé à une faible isolation thermique, le confort thermique est assuré par l'effet d'aérodynamique provoqué par la forme de la couverture.</p>	 <p>Rayonnement solaire</p> <p>Réflexion énergétique</p> <p>Absorption énergétique</p> <p>Transmission énergétique indirecte</p> <p>-La transmission énergétique pour le toit opaque en métal est moins faible que pour le toit textile.</p>	Isolation thermique
<ul style="list-style-type: none"> - Autonettoyant (surface glissante) - Possibilité de personnalisé la couleur ou l'impression des motifs sur le tissu - Incombustible 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessite des peintures anti corrosion et des opérations de nettoyages. - Incombustible 	Autres

Tableau 5 : Comparaison entre la structure textiles et la structures métallique

Cout du projet : Dans notre structure textile, le tissu est la partie la plus importante. Le poids léger du tissu diminue l'exigence d'avoir des grands éléments porteurs. Une ossature légère en acier est capable de supporter la structure textile, la fabrication, la finition et l'installation peuvent être facilement contrôlées. Pour le tissu, il est relativement facile de l'emballer et transporter que d'autres matériaux. Dans la plupart des cas, il est coupé à la forme et à la taille souhaitées en usine et installé sur le site, Cela réduit considérablement le temps consommé sur le site. Donc, le temps de construction est beaucoup moins que d'autres méthodes de constructions.

La finalité de la conception avec tous les détails nécessaires et la bonne planification sont indiscutables. La phase d'étude du projet peut avoir un budget plus élevé que l'étude d'autres types de constructions. Mais le fait de réduire le temps de construction diminue également le coût total de l'ensemble du projet. Ainsi que d'autres dépenses d'exploitation de la construction (éclairage, climatisation, nettoyage, peinture, etc.)

IV .3.5. Finalité du projet

(Pour plus de photos voir annexe 3)

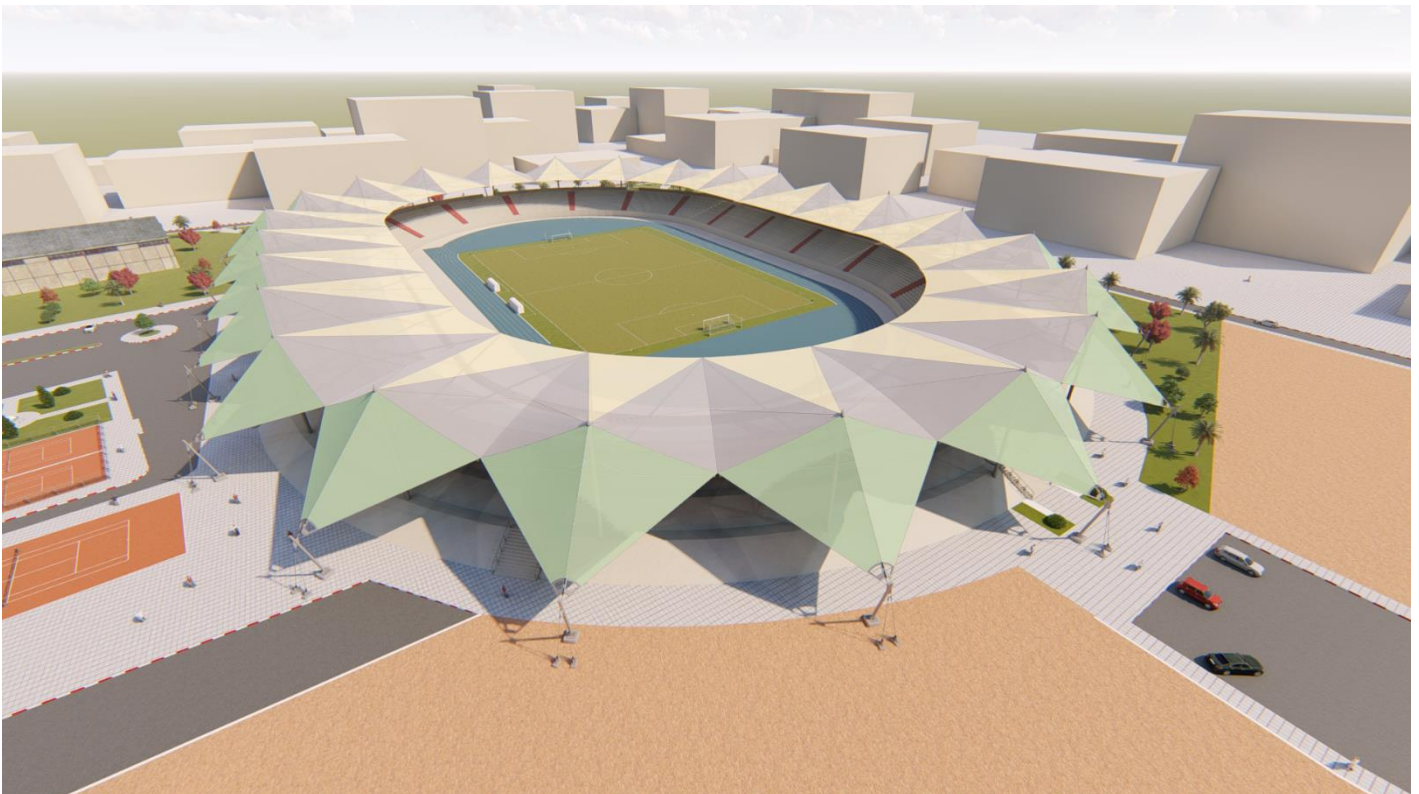


Fig.157 : Vue globale sur le stade

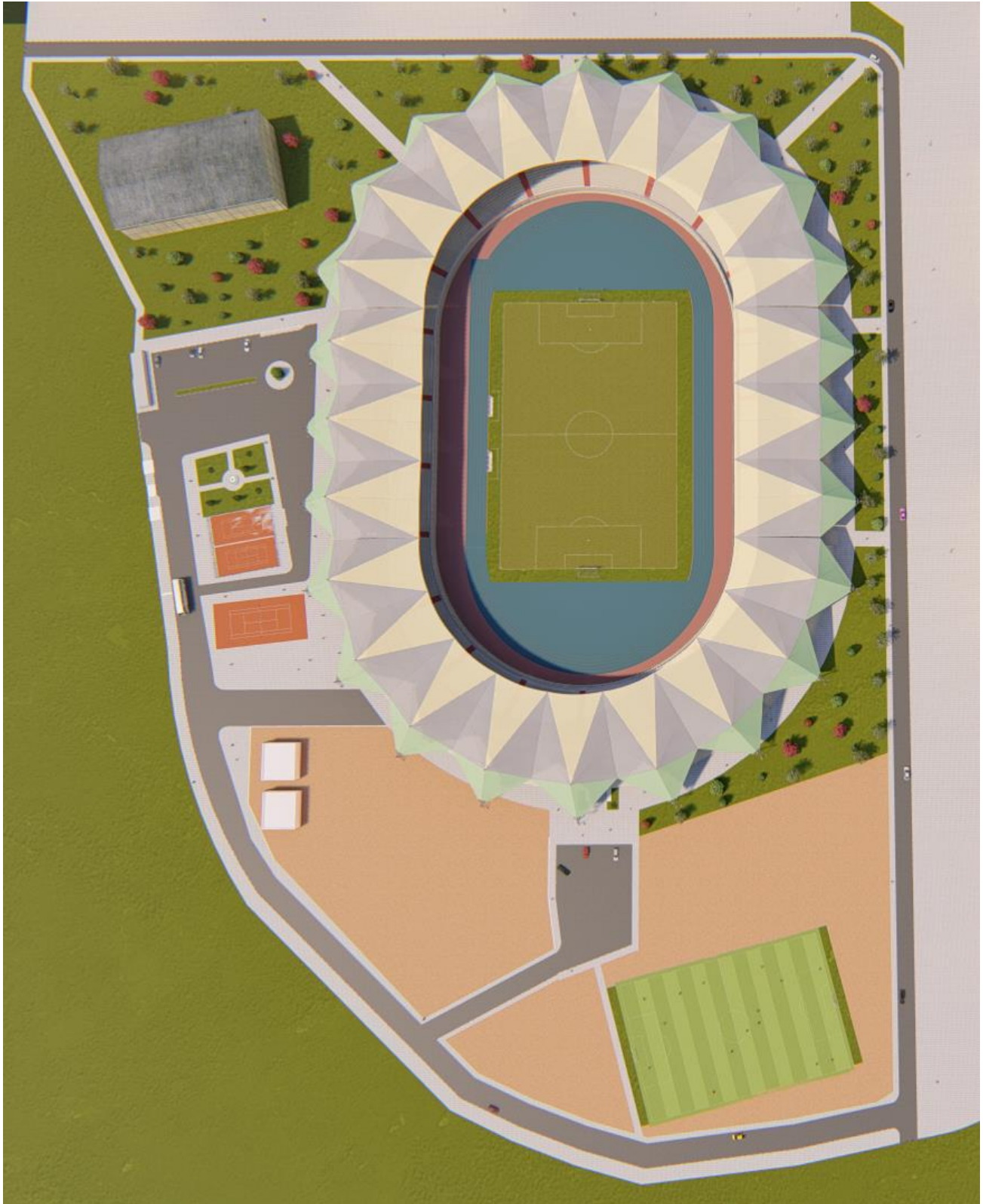


Fig.158 : Plan de masse du stade

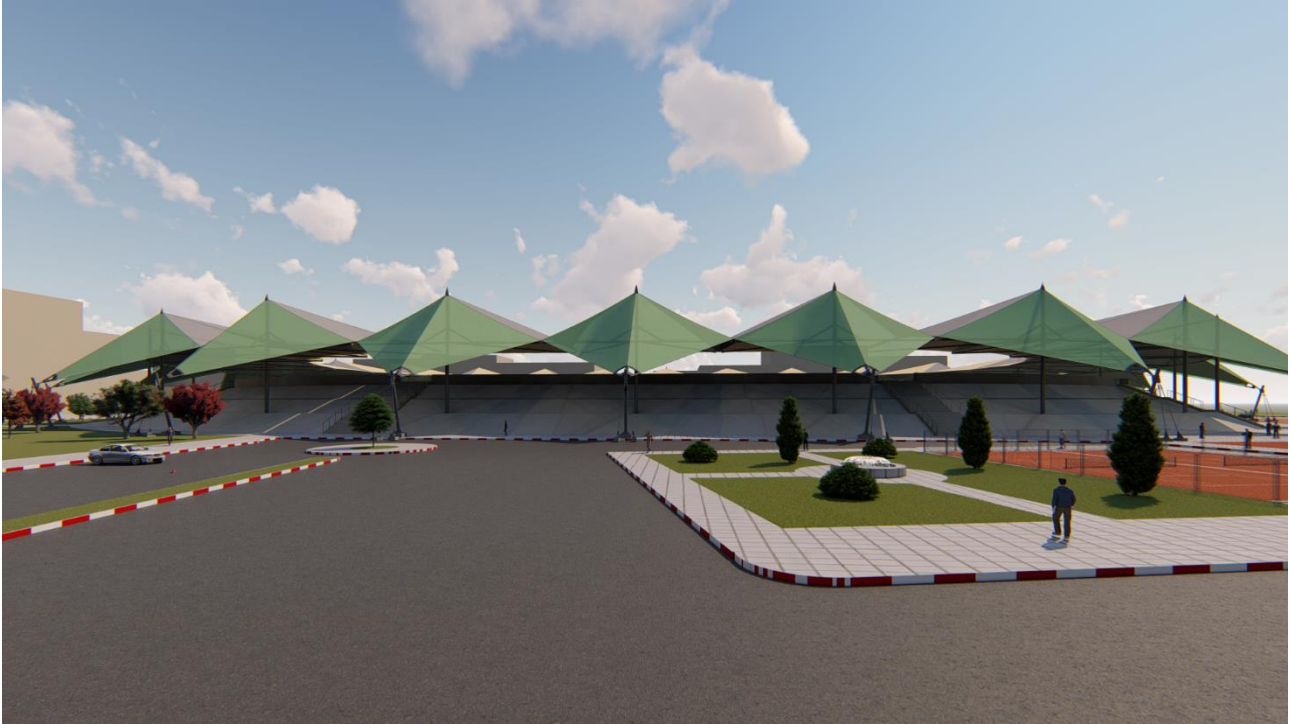


Fig.159 : Façade ouest du stade

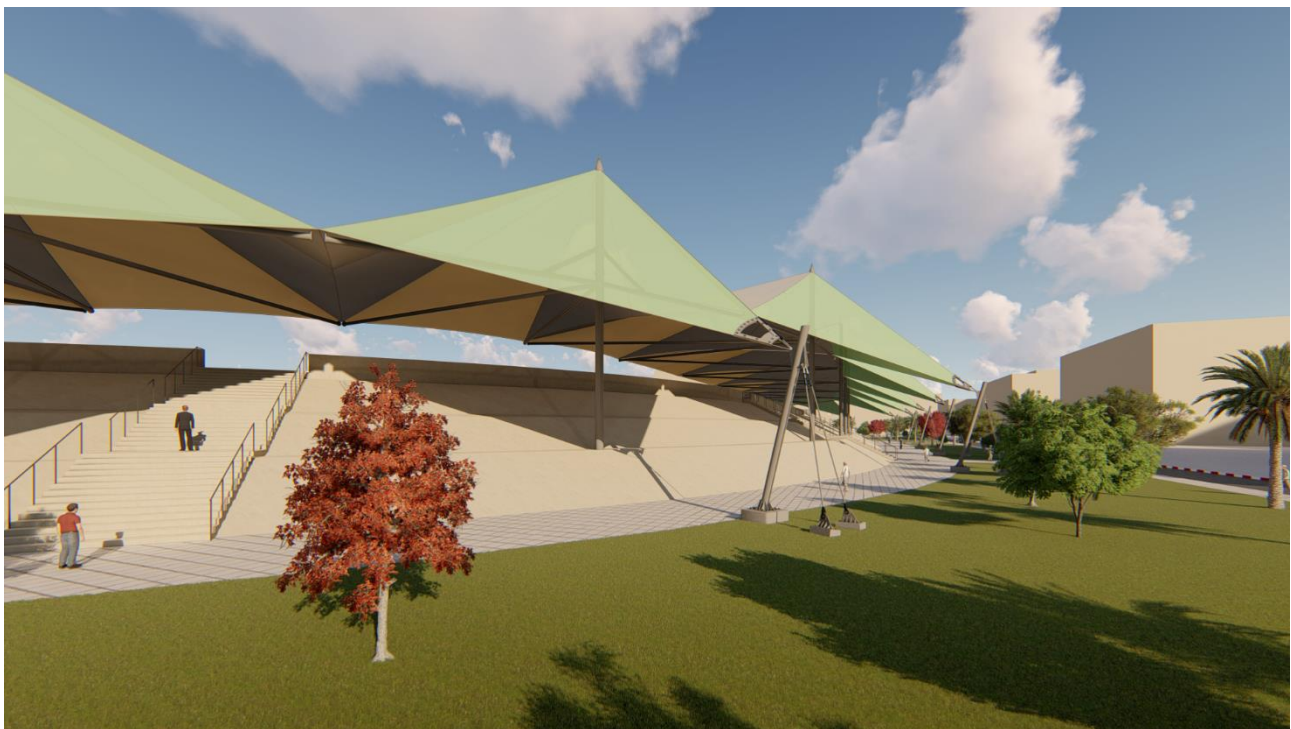


Fig. 160 : Vue sur façade sud du stade



Fig. 161 : Vue sur élément structurel. Le mat secondaire

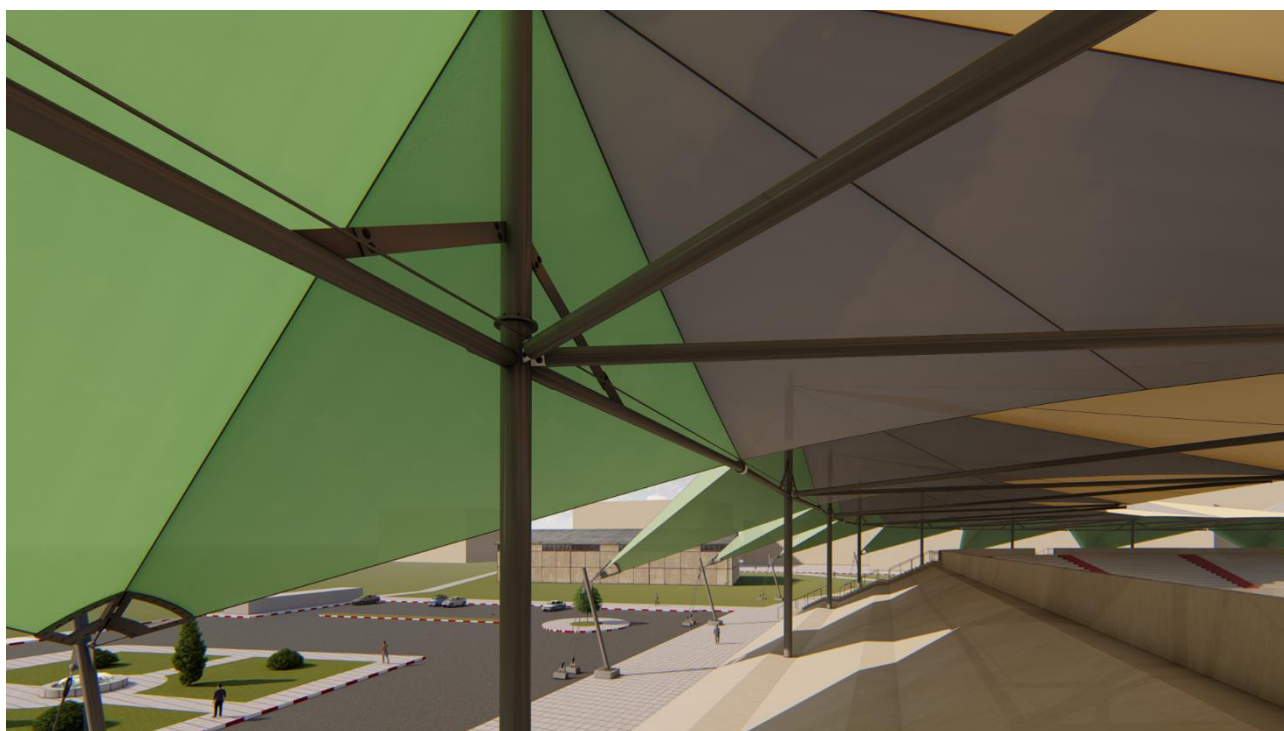


Fig. 162 : Vue sur élément structurel. Traitement d'un nœud structurel



Fig. 163 : Vue de l'intérieur .Tribunes couverts

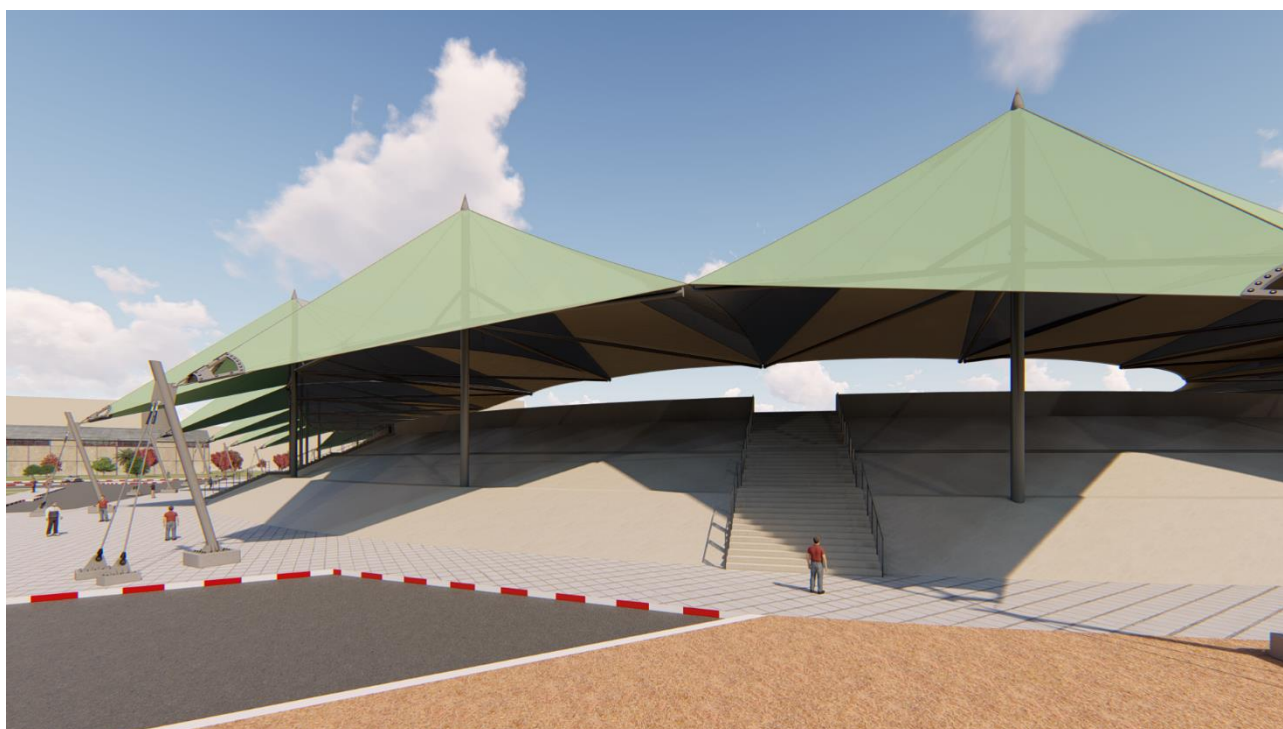


Fig. 164 : Vue sur une entrée vers les tribunes .façade sud-ouest

IV.4. Projet 2 : Aménagement urbain à El Annasser .Alger

IV.4.1. Présentation du site

El Annasser ou ex-Ruisseau lors de l'époque coloniale, est un quartier situé au croisement des communes de Belouizdad, d'Hussein Dey et de Kouba, faisant partie de l'agglomération de la ville d'Alger.

Ancien quartier de friches industrielles de la proche banlieue, il est en train d'être rénové autour d'une grande station de transport multimodale autour de la station de métro les fusillés ¹⁶⁹



Fig.165 :Vue satellite sur le quartier EL Annasser.Alger

IV.4.2. Présentation de l'assiette d'intervention

Coordonnées : 33°44'31.39 N 3°04'57,43 E
 36°44'36,59 N 3°05'03,54 E

Altitude : 18m

Nom : Places les fusillés

Limites

- Nord et nord-est : Chemin Fernane Hanafi
- Est : La cour de justice d'Alger
- Ouest : Avenue Mohamed BelKacemi
- Sud : Rue Mohamed Boudjatit



Fig. 166 : Place les fusillés

Nous avons choisi d'intervenir à cette place afin de résoudre des problèmes que nous avons relevé à travers plusieurs visites .Ces problèmes sont :

- Deux Bouche de métros non-protégés aux intempéries et exposés directement aux rayons solaires, cela a provoqué des pannes arrivé souvent de l'escalator électrique des bouches du métro.
- Les endroits aménagés pour la détente ne sont pas protégés du soleil

¹⁶⁹ [https://fr.wikipedia.org/wiki/El_Annasser_\(quartier\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/El_Annasser_(quartier)) Consulté le 11-02-2018

IV.4.3. Auvent de la bouche de métro N°1 (Sortie vers la place des Fusillés)

Nous avons proposé l'installation d'une ossature métallique légère recouverte par une toile en membrane de PVC, La toile est installée à une hauteur de 2,8 m afin de la protéger des actes de vandalismes .C'est une solution rapide, efficace et économique.



Fig. 167: Bouche de métro N°1 (sortie vers la place des fusillés)



Fig. 168 : Proposition de l'installation d'un auvent au bouche de métro N°1 (sortie vers la place des fusillés)

IV.4. 4. Auvent de la bouche de métro N°2 (Sortie vers la rue Mohamed Boudjatit)



Fig. 169 : Bouche de métro N°2 (sortie vers la rue Mohamed Boudjatit)



Fig.170 : Proposition de l'installation d'un auvent au bouche de métro N°2(sortie vers la rue Mohamed Boudjatit)

IV.4.5. Abri urbain



Fig.171 : Espace de détente non protégé



Fig.172 : Proposition d'installation d'un abri de repos

IV.5. Guide de réalisation d'une structure textile tendue.

La réalisation d'une structure textile (tendu ou gonflable) nécessite une bonne collaboration entre architectes et ingénieurs et entreprise de réalisation, de la première esquisse jusqu'à la réalisation de projet. Afin de faciliter la tâche aux architectes qui comptent faire appel aux matériaux textiles dans leur conception pour arriver à des projets qui matérialisent leurs concepts architecturaux et combinent entre les qualités, le confort et l'économie. Nous avons tenté d'élaborer un guide sur lequel l'architecte peut se baser, il contient les différentes étapes pour réaliser une structure textile tendue.

Principalement, il est nécessaire de passer par les étapes suivantes :

01 - Conception formelle

Les structures textiles sont toutes basées sur des formes simples (Hyperboliques, Coniques etc.) qui offrent une stabilité structurelle. Cette étape peut être effectuée par l'architecte (designer) à travers des maquettes d'études ou à l'aide d'un logiciel de dessin de basse (*Sketch up* par le fabricant Google par exemple).

-La modélisation numérique 3D ou la réalisation d'une maquette à l'échelle permet à l'architecte de concevoir et matérialiser son concept, en outre, ces éléments sont utiles pour évaluer les proportions et le meilleur emplacement pour les supports et le drainage etc.

2 - Choix des matériaux textiles

Le choix de types de membrane textile doit répondre aux plusieurs critères cités précédemment en II.3. tandis qu'il est nécessaire de tenir en compte l'emplacement du bâtiment et les conditions climatiques de la zone d'intervention pour pouvoir faire le bon choix du type de matériaux ainsi de choisir sa translucidité.

3-Conception structurelle

Dans cette étape l'architecte est censé choisir le type de structure nécessaire et déterminer les différents éléments de l'ossature, en collaboration avec les ingénieurs. La structure choisie doit assurer une sécurité structurelle en préservant l'aspect esthétique et fonctionnel du projet.

4-Dimensionnement de l'ossature

4.1 Phase d'analyse statique (mécanique)

Une fois l'enveloppe extérieure du bâtiment définie, il est nécessaire d'évaluer les efforts qui s'y appliquent. Comme pour toute construction l'ingénieur doit procéder à une analyse mécanique des membranes en action. Les actions extérieures principales sont climatiques (vent et neige) et elles seront combinées avec l'effet de la pré-tension interne. Plusieurs indications résultent de cette analyse :

- Déformation de la membrane : régit la déformation maximale (limitée par les codes en vigueur)
- Contrainte maximale de la membrane : détermine la résistance minimale du tissu et par conséquence valide le type de tissu choisi
- Direction des contraintes de la membrane : repère important pour le positionnement des lignes de soudure ou de couture.
- Forces internes maximales des câbles : permettent le choix des diamètres minimaux des câbles.
- Forces exercées sur les supports : nécessaires pour dimensionner et concevoir les principaux éléments structuraux (mâts et haubans, poutres cintrées, ancrage, etc.).

4.2 : Phase de l'analyse dynamique

L'objectif de l'analyse dynamique est l'évaluation de l'interaction entre les charges externes (pression du vent, neige) et la structure. Une déformation négligeable peut conduire à l'effondrement de la structure (exemple du centre Pompidou de METZ en France présenté en II.2.1) La précision et la fiabilité du logiciel de simulation ont considérablement augmenté ces dernier temps .Ils permettent une large utilisation pour la réalisation des essais en soufflerie.

-Dans les cas d'analyse des projets particuliers (leurs formes et tailles) Il est préférable de confirmer les résultats d'analyse à travers des essais de soufflerie sur tunnel à l'aide des maquettes simplifiées, Ce sont des essais qui nécessitent des instruments couteux.

5- Modélisation de la membrane

Les matériaux textiles généralement se fabriquent sous forme des rouleaux d'une largeur limité (souvent 3 m) .Donc, une modélisation précise des surface et des motifs des membranes est une étape importante pour éviter les erreurs .Nous parlons d'un passage d'une surface globale tridimensionnelle en des surfaces en deux dimensions.

Une fois cette phase est terminée, les dessins graphiques obtenus sont transmis aux entreprises en charge de la réalisation.

6- Installation au chantier, Montage

Les structures textiles sont plus vulnérables à l'échec pendant l'installation, parce qu'elles ne sont pas entièrement stables tant qu'elles n'ont pas été entièrement mises en place et tendues. Pour cette raison, les périodes d'installation de ces structures doivent être minimisées et les étapes de montage et installation doivent être bien planifiées.

Nous avons cité dans le deuxième chapitre que les composantes d'une structure textiles sont : Les supports, les éléments de connexion et les membranes .Les membranes textiles sont plus flexibles que les câbles et les éléments de connexion qui sont encore plus flexibles que les supports.

La façon la plus utile pour l'assemblage de ces composants est de suivre l'ordre de l'élément le plus rigide à l'élément le plus flexible ; commençant par les supports et se terminant par la membrane. Généralement, les cadres ou les mats sont installés en premier, avec les éléments structurels ; tel que les anneaux, qui peuvent être situés au sommet des supports verticaux .Ces éléments sont souvent mise en place avec des câbles de montage et des attaches provisoire jusqu'à l'installation et la connexion des câbles et des membranes textiles.

Les bandes de membrane textile sont généralement reliés entre eux selon les méthodes cités dans II.3.3 sur sol et soulevées en tant que grandes surfaces

Conclusion

Une brève lecture faite sur la production architecturale algérienne nous a permis de réaliser que celle-ci connaît plusieurs défaillances. La répétitivité, le manque d'esthétique et de créativité marquent nos constructions, dès lors, le cadre bâti est caractérisé par une médiocrité qui reflète principalement nos connaissances et savoirs en la matière. L'ensemble de ces paramètres ont induit à une ignorance et une absence presque totale de l'architecture textile en Algérie où l'intégration des textiles en architecture se limite en quelques projets d'aménagement extérieurs.

Par ailleurs, le questionnaire que nous avons mené auprès des spécialistes dans le domaine de l'architecture, l'ingénierie et le bâtiment, et l'analyse des résultats qui en découlent, qui reflètent la situation de l'architecture textile, nous a permis de confirmer les faits annoncés auparavant, à savoir la méconnaissance des matériaux textiles et leurs apports en architecture.

En effet, les essais d'intégration des structures textiles en des projets de différentes natures, à savoir projet architectural (couverture des tribunes du stade) et urbain (bouches de métro et auvent urbain) nous ont permis de vérifier les apports des matériaux textiles dans le domaine, ainsi, la comparaison faite entre le système de couverture métallique le plus utilisé dans les stades ici en Algérie et le système de couverture que nous avons proposé pour le stade Zouggari Tahar à Relizane nous a aidé à confirmer les différents avantages des structures textiles et de faire ressortir leurs inconvénients. Le fait de proposer l'intégration de l'architecture textile en de différents projets a permis de mieux appréhender la multifonctionnalité et multiples domaines d'utilisation de celle-ci.

Outre la vérification et la confirmation des apports de l'architecture textile, l'essai d'application nous a permis de conclure notre travail par un guide synthétique des différentes étapes à suivre et outils nécessaires pour la réalisation d'une structure textile en allant de la conception formelle et le choix des matériaux, le choix du système structurel adéquat et son dimensionnement jusqu'à la modélisation de la membrane et son montage. Ce guide peut être au service de différents acteurs dans le domaine du bâtiment et en particulier l'architecte concepteur, il permet dès lors de lever le flou existant autour des structures textiles et le processus de leur intégration en architecture.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion

La présente recherche a porté sur le thème de l'architecture textile qui se traduit par la fusion entre l'architecture et le textile, un matériau qui a depuis toujours maintenu une relation étroite avec l'homme et qui est actuellement vu d'un autre angle, l'homme lui a attribué de nouvelles fonctions et lui a intégré dans de nouveaux domaines, à savoir l'architecture, l'ensemble Textile-Architecture en réalité n'est pas un développement récent, après un aperçu historique nous pouvons dire que cette intégration des textiles en architecture s'est effectuée d'une manière différente, naturelle, depuis la sédentarisation de l'homme où ils ont servi d'abri et de protection, or son intégration dans les constructions ce n'est que récemment qu'elle a attiré l'attention des théoriciens, des architectes, des ingénieurs et des spécialistes des matériaux qui ont exprimé un intérêt de renouveler cette unification et de permettre aux textiles de donner naissance à de grands projets de nature différente, effectivement, après l'ensemble des exemples que nous avons abordé nous pouvons constater que l'architecture textile ne cesse d'évoluer, par la pratique, la perception des erreurs et en faisant recours aux avancées technologique elle s'impose progressivement dans le milieu de l'architecture et de la construction.

Si l'architecture textile gagne de l'importance c'est sans aucun doute suite aux avantages qu'elle offre, à travers notre mémoire nous avons pu faire ressortir et identifier un ensemble d'opportunités et apports de ces matériaux textiles en architecture, ceux-ci sont recherchés très souvent par les producteurs de l'espace, nous parlons ici des espaces libres qu'ils offrent suite à leur grande portée, leur légèreté et flexibilité qui permettent l'obtention de forme diverses et complexe sans présenter une surcharge pour le système structurel d'une part, et renforce la créativité des concepteurs d'une autre part en matérialisant leur différents concepts. La régulation de la lumière et la part de confort acoustique que ces matériaux offrent, leur aspect écologique ainsi que leurs gains en matière de temps et de cout sont aussi des avantages qui incitent les spécialistes dans le domaine du bâtiment à les intégrer dans leurs projets. En effet, ils sont aussi réputés pour leur sécurité et leur fiabilité, ce qui leur confère un attrait particulier pour les structures à grande échelle.

Notre travail a permis de démontrer aussi la multifonctionnalité des structures textiles et leurs champs d'application étendus, elles peuvent marquer leur présence à une échelle urbaine, à savoir dans les aménagements extérieurs ou elles offrent une protection et améliore aussi l'esthétique de la région par les formes multiples et fluides qu'ils permettent. Outre l'échelle de la ville, les structures textiles s'intègrent parfaitement aux différents types de construction et en particulier les équipements (stades, salles de sport, aéroport etc.). Grâce à leur transportabilité et leur rapidité de montage, les structures textiles ont affirmé leur place dans le domaine de l'architecture d'urgence.

C'est vrai que les structures textiles reflètent une simplicité et une austérité de l'extérieur mais en réalité il s'agit des systèmes complexes et composés de plusieurs éléments que nous avons parvenu à les identifier, outre l'ossature, les câbles et les éléments de connexion, les membranes textiles constituent la grande partie de la structure textile elle-même, elles existent sous différents types et modèle, en effet le choix des membranes ne peut pas se faire au hasard, cela dépend de plusieurs paramètres que nous avons abordé dans le deuxième chapitre de notre mémoire. Les structures textiles viennent comme réponse à des contraintes propres à chaque projet et le choix de la structure adéquate se fait selon le contexte du projet, son environnement et le concept à matérialiser.

Les structures textiles, comme nous pouvons constater à travers les exemples abordé, connaissent une vaste utilisation dans le monde, contrairement à notre contexte local ou nous remarquons que cette architecture est quasiment absente, cette situation nous a poussé à évaluer l'état de connaissance de l'architecture textile par les producteurs de l'espace eux-mêmes, à savoir, les architectes/étudiants en architecture, ingénieurs/ étudiants ainsi que les entreprises de réalisation, après l'analyse des résultats nous avons constaté que la méconnaissance de l'architecture textile et ses apports par les spécialiste dans le domaine a fait que son usage se limite à quelques aménagements extérieurs temporaires alors qu'elle peut apporter des réponses à la problématique de la qualité de la production architectural en Algérie qui subit une absence de l'esthétique dans l'environnement bâti et urbain .pour cela nous avons tenté l'application des structures textiles dans des projets à deux échelles différentes architecturale et urbaine, cette application a permis de confirmer les apports et les avantages des structures textiles mais aussi d'aborder ses points faibles.

Limites et perspectives de la recherche

Le thème de recherche abordé, soit l'architecture textile, est un sujet qui est largement étudié à l'échelle internationale, en revanche, dans notre contexte local il ne suscite pas assez d'attention , les avantages et les apports de cette architecture en plus de l'état de la production architecturale algérienne actuellement et les multiples défaillances qu'elle présente, fait que des perspectives et des pistes de recherches devraient être développées , nous en citerons quelques-unes :

- Dans notre mémoire de recherche nous nous sommes intéressés à mettre en lumière le sujet des structures textiles, d'appréhender déjà de quoi il s'agit et d'étudier de quelle façon elles sont intégrées en architecture et quelles sont leurs apports dans ce domaine, dès lors, nous n'avons pu parvenir à toucher à l'ensemble des aspects en relation avec le thème, plusieurs aspects et caractéristiques de cette architecture restent à développer et un travail plus

approfondi reste à faire, après avoir essayé d'aborder les apports des structures textiles en architecture, une réflexion plus globale sur l'architecture textile nous mène à s'interroger sur ses limites : **quelles sont les limites des structures textiles dans le domaine de l'architecture ?**

- Afin de rester à l'échelle de notre problématique posée et objectifs fixés, nous avons abordé brièvement la production architecturale en mentionnant l'état de l'architecture textile dans notre contexte, om celle-ci et pratiquement absente malgré ses avantages cités, cela nous mène dès lors à s'interroger :

Pourquoi l'architecture textile n'a pas pris sa place dans la production architecturale locale ? Quels sont les obstacles qui font face à l'intégration des structures textiles en architecture ici en Algérie ?

Bibliographie

Ouvrages :

- BATHIAS C. WOLF Claude. *Matériaux composites*. Paris, France:Dunod, 2009.
- BERGER Horst. *Light Structures, Structures of Light: The art and engineering of tensile architecture*. Basel ,Switzerland: Birkhauser, 1996.
- BERTHIER N. *Les techniques d'enquête en sciences sociales: Méthodes et exercices corrigés*. Paris: Armand Colin, 1998.
- BILLARD Alain. *De la construction à l'architecture : Les structures de hautes performance*. Paris. France: EYROLLES, 2015.
- BLANCHET, et al. *Les techniques d'enquête en sciences sociales*. Paris.France: Durnod, 2005.
- BOUDON P& DEHAYES P. *VIOLET-LE-DUC Le dictionnaire d'architecture*. Bruxelles.Belgique : Margada, 1979
- CHARLES De Linas. *Anciens Vêtements Sacerdotaux Et Anciens Tissus Conservés En France 1863*. Paris.France:Hachette, 2013.
- COUCHAUX, Denis. *Habitats nomades*. Paris, France : Anarchitecture, 2011.
- DUBOIS Daniel & BERGER Yves , *Les Indiens des Plaines*, Paris.France :Rocher, 2001
- DEPLAZES, Andrea. *Constructing architecture materials processes structures*. Basel, Switzerland : Birkhauser, 2005
- DESWARTE Sylvie, LEMOINE Bertrand ,*L'architecture et les ingénieurs. Deux siècles de réalisations*. Paris, France: Le Moniteur, 1997.
- DREW Philip. *Structures tendus, une nouvelle architecture*. Traduit par Christine Piot. Actes Sud, 2008.
- ENGELSMANN, S., S. PETERS, et V. SPALDING. *Plastique en architecture et construction*. Basel, Suisse: Birkhauser, 2010.
- GERHARD Mack. *Herzog & de Meuron 1. The Complete Works . Vol. 4*. Basel , Boston , Berlin,: Birkhäuser, 2008.
- HABERMANN, et R. GONZALO. *Architecture et efficacité énergétique*. Bâle, Suisse: Birkhauser, 2008.
- KATLENBACH Frank,*Translucent Materials*. Basel,Boston,Berlin: Birkhauser, 2004.
- KOTTAS Dimitris, *Architecture et construction :Le plastic*. Links, 2012.
- KOTTAS Dimitris, *Matériaux, impact et innovation*. Links, 2011.
- KRAUL Jacobo. *Structures gonflables*. Links, 2013.
- KRONENBURG Robert. *Flexible, une architecture pour répondre au changement*. Norma, 2007 .

- KRONENBURG Robert. *Houses in motion, history and developemnt of the protable building*. London, UK: Academy, 1995.
- KRUGER Sylvie, *Textile Architektur*. Berlin, Allemagne: Jovis, 2009.
- LE CORBISIER. *Vers une architecture*. Paris, France: Editions Arthaud Flammario, 2005.
- LE VAN Anh. *Structure : coques et membranes*. France: Ellipes, 2015.
- MACUAULAY D., *Une cité romaine*, Paris.France : Deux coqs d'or.1974
- MUTTONI Aurelio. *L'art des structures*. Traduit par Pierre-Alain Croset. Lausanne .suisse: Presses polytechnique et universitaire romandes, 2004.
- NAPPO Donato, et Stefania VAIRELLI. *Mobile architecture*. Paris, France: H.F.Ullmann, 2010.
- OTTO Frei. *Complete works: light weight construction natural design*. Berlin , Germany. Birkhauser, 2005
- QUEFFELEC, Ambroise, Dalila SMAALI, Valéry DEBOV, et Yacine DERRADJI. *Le français en Algérie. Lexique et dynamique des langues*, Louvain-la-Neuve. De Boeck-Duculot-AUF, 2002.
- SILVER, Pete, et Will MCLEAIN. *Comprendre simplement les techniques de conception*. Le Moniteur, 2014.
- TIMOSHENKO, S., et Krieger WOINOWSKY. *Theory of Plates and Shells* . New York, USA: McGRAW-HILL Book Company, 1989.
- VAN UFFELEN,Chris. *Fine fabric*. Braun, 2009.

Articles de journaux & revues :

- ADAMS Nicholas. « Skidmore, Owings & Merrill: SOM since 1936. » Milan.Italie : Electra Architecture, 2007
- BENDIXEN Cecilie. « La forme textile du son ». Copenhague, Danemark: Académie royale des beaux-arts, 2012.
- BLOCH Alexis « Expérimentation et modélisation du comportement des structures gonflables sous chargement aéroélastique aux états –limites » Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB)France 2015
- BRIDGENS B, GOSLING P,BORCHALL M. « Membrane material behaviour:concepts, practice and developements » The Structural Engineer, July 2004.
- BRIDGENS, B, A. COLMAN, P. GOSLING, G. JOU, et X. HSU. «Shear behaviour of architectural fabrics subjected to biaxial tensile loads.» Composites part 1: Applied science and manufacturing, 01-12-014 p.p163-174.
- BRIDGENS, Ben Nathan, BIRCHALL M., et P. GOSLING. «Tensile fabric structures: Concepts, practice & developements.» Structural Engineer, 20 7 2004: 21-27.
- DJEGHAR, Aicha. « L'architecte et la créativité dans la production architecturale en Algérie ». Constantine, Algérie: Science humaine, Université Mentouri, 2005.

- DREY Sabine & GABRIEL Andreas & et KALTENBACH Frank. «Hybrid forms of construction.» DETAIL: review of architecture, 2012.
- DUJIOANNI Jacques & CHESSA Miléna & MIGUET Laurent & BOURGUET V.«Construction textile.» Architecture et techniques, 14-12-2007 .Paris .France : Le moniteur 2007
- ESCOLIN, Bertrand. «Centre Pompidou Metz: le génie civil de la grande nef s'achève.» Le moniteur du travaux publics et du batiments, 12-05-2009
- FALK Jaeger, « Stadia for Brazil. Belo Horizonte, Manaus, Brasília + Rio de Janeiro » , Berlin .Allemagne : jovis Verlag .2014
- FOSTER, B.,& MOLLAERT.M. «Engineering fabric architecture.» European design guide for tensile surface structures: TensiNet, 2004: p.p 25-42.
- GARCIA, M. «Architecture + Textiles = Architextiles.» Architectural Design, 2006.
- HAPPOLD, Buro & Ian LIDDEL, et Paul WESBURY. «Design and Construction of the Millennium Dome, UK.» Structural Engineering International, 2000: p.p 172-176.
- HARRIGAN Peter « Riyad .Une oasis, son patrimoine, sa vision » Ed Kitty Carruthers Page 123
- HUNTINGTON. « Tensile fabric structures. Design, Analysis, and Construction » American Society of Civil Engineers, Ed.Reston 2007
- LE MOSQUET L. « Pavillon des Temps Nouveaux 1937 », Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne .Paris: 2005
- MCQUAID Matilda & Philip BEESLY. « Extreme textiles »: designing for high performance. Princeton Architectural Press, 2005.
- ONATE B.& BLETZINGER. « Textile Composites and Inflatable Structures V » .Barcelona.Spain : International Center for Numerical Methods in Engineering., 2011.
- POGREBIN Roben. «“Pritzker Prize for Frei Otto, German Architect, Is Announced After His Death.» New York Times, 03 2015.
- ROBERTS Fiona. «Joplin's own M.A.S.H: How remarkable tent hospital was set up less than a WEEK after tornado destroyed city's medical center.» Dailymail, 06 2011.
- SHAEFFER, R. « Tensioned Fabric Structures: A Practical Introduction ». New York, USA: American Society of Civil Engineers Press, 1996.
- WEBER Meike & SCHITTICH Christian. «DETAIL :Review of architecture and construction details :Roofs.» DETAIL, 2015: 88-94.

-حبيب, خديجة. «شؤون المسجد النبوي الشريف تعلن اكتمال مشروع المظلات العملاقة.» الشرق الأوسط, العدد 11577 (الاثنين 27 شعبان 1431 هـ 9 اغسطس 2010).

Guides, Lois, arrêtés et textes réglementaires :

- BLUM R. & BÖGNER H.& FORSTER B.& NEMOZ G. & FORSTER B.& MOLLAERT M. « European design guide for tensile surface structures: Testing methods and standards ». Bruxelles, Belgium: Tensinet, 2004.

-CAJOT L & MEYER U. & VASSART O.& ROBERT F. « Eurocodes: Background & Applications Structural Fire Design ». Luxembourg.Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2014.

- CHARLES R. & BOTTA R. & RUBEN R. « Stades de football, Recommandations et exigences techniques ». Publication officielle de la Fédération internationale de Football association 5e édition .Editions FIFA .Zurich, Suisse 2010

- STRANGHONER Natalie & UHLEMANN Jörg « Prospect for European Guidance for the Structural Design of Tensile Membrane Structures ». Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2016

- Norme européenne: EN ISO 899-1:2003

- Norme allemande : DIN 4102-1

- Norme française ; NF P 92 503-507

- Norme algérienne : NA 6901 :1982

- Norme européenne : EN 12385-10:2003

Documents internet :

- CHAMBON, René. « Velum du Colisée »(www.velario-colosseo-velarium-colosseum.com)

-CREMERS, J, et F. LAUCH. «PV FLEXIBLES –photovoltaics integrated in translucent PTFE and transparent ETFE membranes structures .» *SOLAR*. Janvier 2008.

(www.researchgate.net/publication/301561230) consulté 12-01-2018

-Detail. «Integration of Photovoltaics in Membrane Structures.» 01 05 2009

(www.detail-online.com/article/integration-of-photovoltaics-in-membrane-structures-13805)

- Fabric architecture mag. «Tension structure connection details.» *Fabric architecture*, 01-01-2010, (www.fabricarchitecturemag.com/2010/01/01/tension-structure-connection-details)

-FORSTER Aaron M. «Materials Testing Standards for Additive Manufacturing of Polymer Materials.» 2015.(www.dx.doi.org/10.6028/NIST.IR.8059)

-LANGON David .Pavillon Allemand,Expo67 /Frei Otto et Rolf Gutbrod .Archdaily ,27 Avril 2015 consulté le 23 oct 2017 (www.archdaily.com/623689/ad-classics-german-pavilion-expo-67-frei-otto-and-rolf-gutbrod)

-LUKE Fiederer.«AD Classics: Olympiastadion(Munich Olympic Stadium)»Archdaily.11-02-2011.(<https://www.archdaily.com/109136/ad-classics-munich-olympic-stadium-frei-otto-gunther-behnisch>)

-MOLLAERT, Marijke. «EXPO 1970 (OSAKA): FUJI GROUP PAVILION.» Tensinet. 2015. (www.tensinet.com/index.php/projects-database/projects?view=project&id=3765)

- JORDANA Sebastian « South Africa World Cup 2010: Moses Mabhida Stadium » .Publié en fevrier 2010 (<https://www.archdaily.com/44595/south-africa-world-cup-2010-moses-mabhida-stadium-gmp-architekten>)

- RASCH, SL. « Medina Haram Piazza». 08 07 2013. (<http://www.architectmagazine.com/project-gallery/medina-haram-piazza>)
- SESSOU Gagnon « Le Moses Mabhida Stadium » Publié le 17 janvier 2013 (<http://www.beninfootball.com/le-moses-mabhida-stadium>)
- VAHI, Zartarian. «Principe des structures architecturales légères, troisième partie: structure à membrane tendue.» 2007. (<http://www.co-création.net/architecture/livre-1-3>)
- WARMANN Catherine « *Moses Mabhida Stadium by GMP Architekten* » , (<https://www.dezeen.com/2010/06/04/moses-mabhida-stadium-by-gmp-architekten>)
- YINGYING Zhang, QILIN Zhang, ZHOU Chuanzhi ,ZHOU Ying « Mechanical properties of PTFE coated fabrics » , Journal of Reinforced Plastics and Composite ,2010 . PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY 2010 (<https://www.researchgate.net/publication/252385305>)

Mémoires de master , de magister & thèses :

- BECHTOLD M., *New technologies in architecture II & III : Computer - aided design and manufacturing techniques*. Harvard Graduate School of Design, 2003.
- HENRYSSON Erica , *Conceptual Design and Analysis of Membrane Structures* , Department of Applied Mechanics . Chalmers University of Technology. Göteborg, Suède 2012
- HERTZSCH, Eckhart, H. CRAWFORD, et H. ROBERT. *A life cycle energy comparison of textile and glass materials for building envelopes*. Australia: The University of Melbourne, 2010.
- LINTHOUT Thomas , *Form-finding and patterning of fabric structures using shape optimization techniques* , Faculty of Engineering and Architecture université de Gand.Belgique 2016
- MAURIN Bernard. *Morphologie des membranes textiles architecturales*. France: Université de Montpellier II, 1998.
- MAURIN Bernard. *Recherche de forme et conception de structures innovantes*. France: Université de Montpellier II, 2007.
- ONG, Chee Fatt. *Computer aided design of tension structures*. London, UK, civil engineering: City University, September 1992.
- RIOS Jairo , *Design and engineering of a fabric structure* Department of Civil and Environmental Engineering . New Jersey Institute of Technology .May 1999
- RISICATO Jean-Vincent , *Optimisation de l'architecture des fils dans une structure textile 3D pour le renforcement de pièces composites* .Université de Lille1 .France 2012
- ROBINSON, Gayl Sryeeta. *Environmental impact and performance of transparent building envelope materials and systems*. London, UK, mechanical engineering : Brunel University, Oct, 2003.
- VIGLO Patrick ,*Etude technique d'une structure métalo-textile à ossature en alliage d'aluminium* , Conservatoire national des arts et metiers .Paris 2013
- WIGGLESWORTH Ruth, *Architecture and Textiles*. Unitec Institute of Technology .New Zealand. 2010

Documents audiovisuel :

-Montage d'une yourte en Mongolie - Les passeurs de Cultures, YouTube, 3 octobre 2014
(<https://www.youtu.be/foOLuOF9ap0>) consulté le 21 -10-2017

- Burj Al Arab 7 Star Hotel Construction.. Mega structures Documentary. Réalisé par National Geographic 2015. (<https://www.youtube.com/watch?v=gBfzTQeWCv0>) Consulté le 25-11-2017

Sites internet :

www.allianz-arena.de

www.centrepompidou-metz.fr

www.cstb.fr

www.decoustics.ca/project-gallery/Medi-Restaurant

www.dubaiasitusedtobe.com

www.duol.eu.

www.edenproject.com

www.etferoof.com

www.fabricarchitect.com

www.fcbayern.com

www.fifa.com

www.firetc.net

www.french.alibaba.com

www.greatbuildings.com

www.hopkins.co.uk/projects/3/94/

www.iasoglobal.com

www.jeannouvel.com

-www.membranestructures.wordpress.com.

www.meteoblue.com

www.mmstadium.com

www.olympiapark.de

www.ptfe-fabrics.com

www.q-lab.com

www.soudureplastique.ma

www.specialstructures.com

www.stadiumguide.com

www.stationdebandol.com

www.structurae.info

www.tensinet.com

www.thenational.ae

www.theo2.co.uk

www.water-cube.com

www.zaha-hadid.com/architecture/chanel-art-pavilio

Annexes

Annexe 1 : Questionnaire

Questionnaire

Dans le cadre de la réalisation d'un mémoire de master de recherche à l'école polytechnique d'architecture et d'urbanisme ,dont l'intitulé est « L'architecture textiles » et dans l'objectif d'une meilleure connaissance des réalités contextuelles se rapportant au thème ,nous avons établi ce questionnaire destiné aux :

- Etudiants d'architecture et de génie civil
- Les pratiquants des métiers d'architectes et ingénieurs en génie civil
- Entreprises de réalisation dans le domaine du bâtiment

Nom et prénom :

E-mail :

1) Etes vous ?

- Etudiant (Année d'étude et université :)
- Architecte (depuis :)
- Ingénieur (depuis)
- (autre)

2) Classez en numérotant le type de projets que vous avez souvent conçu ou vous êtes en train de concevoir ?

- Habitat
- Equipement
- Aménagement urbain

3) Quel est le matériau que vous utilisez le plus pour **L'ossature** de vos projets ?

- pierre
- Béton armé
- métal
- Bois
- Autres . Le quel

Annexe 1 : Questionnaire

4) Quel est le matériau que vous utilisez le plus pour la réalisation des **parois** ?

- maçonnerie
- pierre
- Béton armé
- Bois
- Autres . Le quel

5) Quel est le matériau que vous utilisez le plus pour la réalisation des **couverture** ?

- Béton armé
- Bois
- Métal
- Autres . Le quel

6) Avez-vous une idée sur l'architecture textile ?

- Oui
- Non

7) Si oui , que connaissez –vous sur cette dernière ?

Annexe 1 : Questionnaire

8) Parmi les projets suivants ,pouvez- vous identifier ceux qui présentent une structure textile ?



















9) Avez-vous déjà utilisé ou projeté d'utiliser ce type de structure dans vos projets ?

Oui

Non

9-1) Si oui , Lesquels ?

.....

10) Connaissez-vous des réalisations en Algérie dont ce type de structure a été utilisé ?

Oui

Non

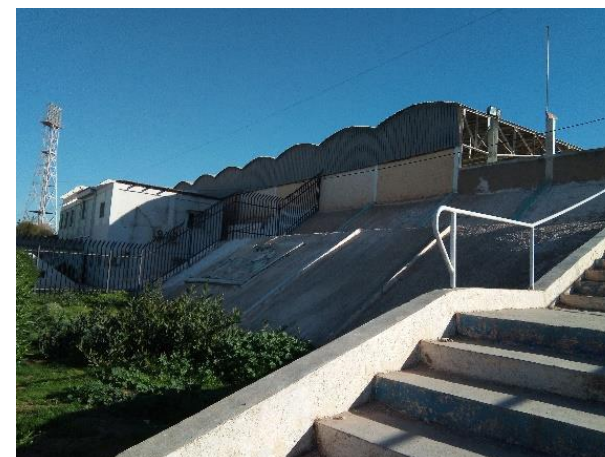
10-1) Si oui , citez quelques exemples ?

.....

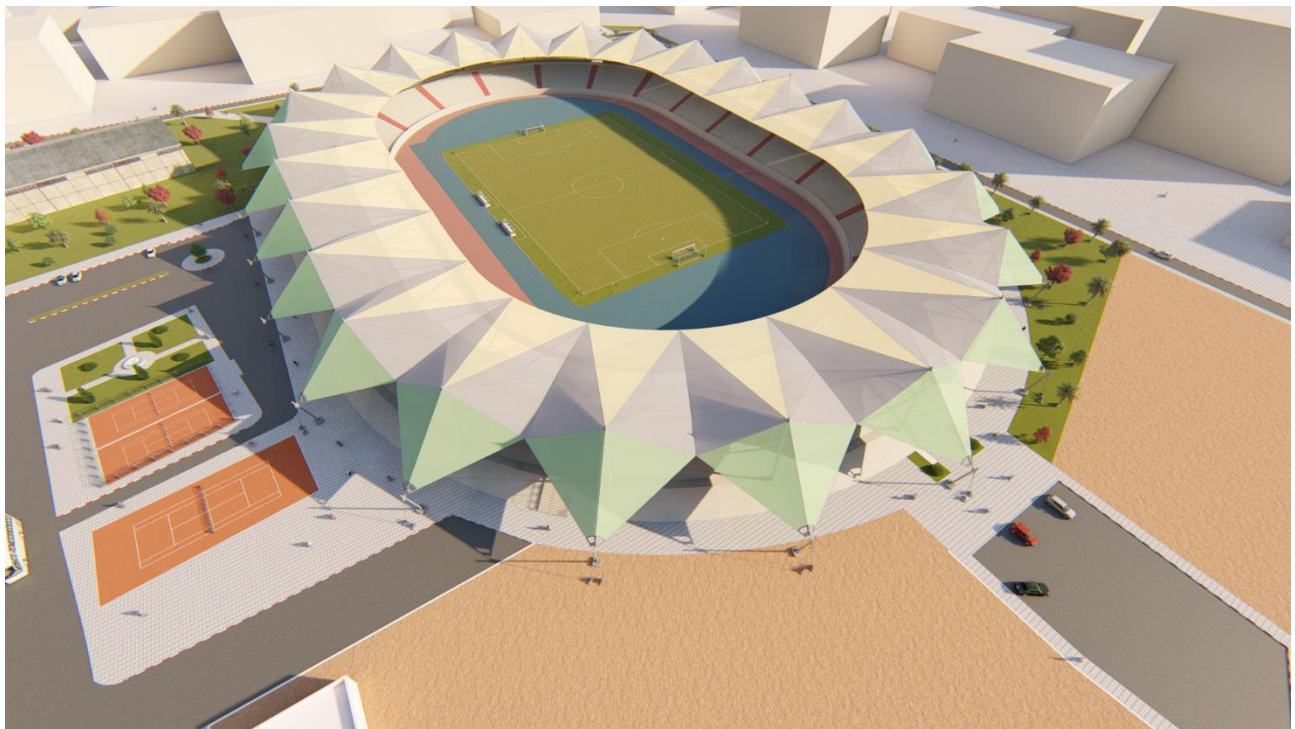
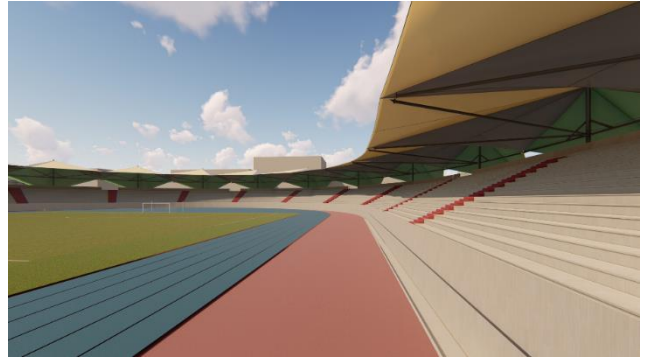
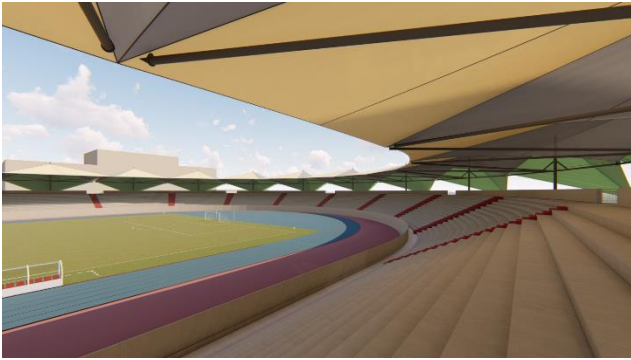
Annexe 1 : Questionnaire (réponses sur question N°7)

- 1) c'est tous ce qui est des couvertures tendues au moyen des toiles ou membranes performantes (pour le premier qui a commencé dans cette tendance c'était Frei Otto
- 2) c'est une structure légère .connue par l'utilisation de la toile et les membranz textilez ou même gonflable
- 3) C'est une technique qui consiste à utiliser la toile, tendue, comme parois ou couvertures.
- 4) Structure tendue , souple
- 5) elle met en œuvre des membranes performantes , souples , légères , résistantes , étanches , opaques ou translucides . elle est facile et rapide en réalisation , elle permet de réaliser les formes compliquées .
- 6) c'est l'utilisation d'une technique sur la base d'un matériau en toile textile
- 7) C'est une architecture qui utilise par exemple des toiles tendues utilisées généralement pour les recouvrements.
- 8) C'est une architecture des formes organique
- 9) Pas grand chose je crois qu'on utilise du textile comme matériaux pour les couvertures
- 10) Elle touche souvent les couvertures des constructions
- 11) c'est une structure tendue
- 12) Une architecture qu'on a loin de l'avoir en Algérie
- 13) cette achitecture est utilisée dans les grands projets qui nécessite des grandes portées comme dans les équipements sportifs; elle permet aussi de réaliser des formes originales et fluides ...
- 14) structure légère, mise en oeuvre facile, elle permet d'obtenir plusieurs variétés de formes
- 15) L'architecture textile met en oeuvre des membranes performantes, souple , léger..
- 16) une architecture qu'on peut modeler et qui permet d'avoir des formes différentes irrégulières
- 17) L'architecture textile utilise des membranes textiles, par exemple le PTFE. Ces membranes sont très compliquées et délicates à exécuter et mettre en place, rien qu'un pli peut définir une zone de faiblesse dans la membrane.
- 18) Selon mes connaissances, elle est souvent utilisé pour les couvertures surtout dans les espaces extérieurs ou bien pour protéger certains aménagements
- 19) le textile ou toile est un matériau de structure qui permet d'avoir des conceptions légères , maniables , avec un libre choix de formes .
- 20) pour couvrir des grandes surfaces telle que les équipements sportifs
- 21) il s'agit d'une structure en toile, qui permet d'avoir des formes souple ,l'un de ces avantages c'est sa légèreté par rapport au autre matériaux classiques

Annexe 2 : Photos du stade Zouggari Tahar à Relizane - Etat actuelle



Annexe 3 : Projet de couverture du stade Zougari Tahar à Relizane



Annexe 3 : Projet de couverture du stade Zouggari Tahar à Relizane

