

HigH POD: Cellule individuelle adaptée à l'environnement de haute montagne

L'exploration d'une matérialité textile pour l'obtention d'une architecture nomade

Essai (projet) soumis en vue de l'obtention du grade de M. Arch.



Marc-André Bouchard Fortin

Superviseur:

M. George Teysso

École d'architecture

Université Laval

2011

Résumé

High POD est un essai-projet qui s'interroge sur les répercussions du nomadisme et de l'altitude sur la création d'une architecture. En explorant les dimensions philosophiques, techniques et environnementales le projet vise à comprendre la relation intime se tissant entre le nomade, son habitat et son environnement immédiat. Que ce soit par la forme, l'organisation spatiale, la structure ou encore par le choix de la matérialité, le projet propose des solutions globales pour répondre aux exigences d'un milieu aussi hostile que celui de la haute montagne.

Membre du Jury

George Teyssot (Professeur)

Alessandra Ponte

André Potvin

Anne Carrier

Robert Boily



TABLE DES MATIÈRES

1. Introduction	1
2. L'Habitat nomade	2
2.1 L'habitat nomade comme objet philosophique	2
2.1.1 Le nomade; entre trajet et relais	2
2.1.2 L'habitat nomade, symbole de liberté	3
2.2 L'habitat nomade comme objet environnemental	6
2.2.1 La mobilité comme synonyme de pérennité	7
2.2.2 L'adaptation comme mode d'implantation	8
2.3 L'habitat nomade comme objet technique	9
2.3.1 Le mouvement une nécessité à atteindre	9
2.3.2 La légèreté comme idéal	10
2.3.2.1 La légèreté par l'exploration formelle	10
2.3.2.2 La légèreté par l'innovation structurelle	12
2.3.2.3 La légèreté par la recherche matérielle	17
3. Le Projet_Paramètres	19
3.1 Clientèle visée	19
3.2 Présentation générale	21
3.3 Contexte/Site d'intervention	21
3.3.1 Données géographiques	22
3.3.2 Données topographiques et spatiales	23
3.3.3 Données climatiques et environnementales	24
3.4 Programme	25



3.5 La Méthode	25
3.5.1 Analyse typologique de l'habitat en montagne	25
3.5.2 Analyse anthropomorphique de l'ascension.....	27
4. Le Projet _ Description	28
4.1 Configurations	28
4.2 Structure	30
4.3 Matérialité et détails.....	32
5. Conclusion	34
6. Bibliographie	35
7. Annexes	38

Table des figures

Figure 1: Plan programmatique d'une tente noire bédouin	2
Figure 2: Campement à l'université Duke	3
Figure 3: Cushicle par Micheal Webb	4
Figure 4: Campement Russe près du pôle Nord	5
Figure 5 : Astronaute en orbite	5
Figure 6: The good, the bad and the ugly	5
Figure 7: Microcompact Home par Horden Cherry Lee	6
Figure 8: RSSB Shelter par Buro Happold	7
Figure 9 : paraSite par Rakowitz	9
Figure 10 : Dymaxion House par Fuller	11
Figure 11 : Mountain Hardware Space Station Tent	11
Figure 12 : Abribus par Ulrich Müther	12
Figure 13 : Tente noire Bédouin	12
Figure 14 : Maillage du stade olympique de Munich	13
Figure 15 : Airquarium par Axel Thallemer	14
Figure 16 : Amphithéâtre par Jean Aubert	15
Figure 17 : Airtecture par Axel Thallemer	16
Figure 18 : Airtecture par Axel Thallemer, détail de jonction	16
Figure 19 : Cocoon par Festo	16
Figure 20 : Nemo Polar Pod	16
Figure 21: BC Place Stadium par PBK architects	17
Figure 22 : Schéma de fonctionnement du Gore-Tex	18
Figure 23 : Camp de base de l'Everest	21
Figure 24 : Camp 2 bondé sur l'Everest	23



Figure 25 : Élévations cellule unique	28
Figure 26 : Analyses anthropomorphiques	28
Figure 27: Camp de montagne	28
Figure 28 : Coupe Camp de base	29
Figure 29 : Plan camp de base	29
Figure 30 : Modules complémentaires	29
Figure 31 : Airquarium, Festo, Architecture pression interne	30
Figure 32 : Airtecture, Festo, Architecture double paroi	30
Figure 33 : Airbeam, Armée Américaine, Architecture arceaux gonflables	30
Figure 34 : Principes structuraux	31
Figure 35 : Axonométrie détails	32
Figure 36 : Axonométrie détails	33

1. Introduction

En quête de dépassement, de grand air ou simplement d'un répit de la vie effrénée de la ville, l'urbain est à l'heure actuelle tenté d'explorer des contrées toujours plus isolées. Pour ce faire, il transforme son habitat traditionnel en un microcosme individuel. Avec l'augmentation de l'intérêt pour les activités de haute montagne ainsi que les problèmes environnementaux qui en découlent, une question se pose; comment concevoir un habitat nomade adapté aux rigueurs de l'environnement montagnard?

Pour répondre à cette interrogation, ce travail propose de développer un abri transportable adapté à l'alpinisme. L'objet proposé devra prendre en considération les conditions de vie en haute montagne permettant ainsi de fournir des solutions techniques adaptées.

Pour bien saisir les enjeux inhérents à la conception d'un habitat mobile, une étude de la recherche peut informer ce sujet de trois manières : l'habitat nomade en tant qu'objet philosophique, l'architecture mobile comme objet environnemental et finalement la cellule mobile comme objet technique.

2. L'Habitat nomade

2.1 L'habitat nomade comme objet philosophique

Dans ce chapitre, on verra comment certains philosophes du 20^e siècle ont examiné le mode de vie nomade. Ensuite, on verra comment la culture populaire associe l'image du nomadisme à la quête de liberté.

2.1.1 Le nomade; entre trajet et relais

D'abord, le nomadisme est « un mode de vie comportant des déplacements continuels » (LAROUSE, 2007). Cette idée de déplacement est un thème que Deleuze et Guattari développent dans leur traité de nomadologie(1980). Pour eux, le nomade évolue « dans un espace lisse » (DELEUZE ET GUATTARI, 1980, p.472), libre des contraintes et barrières. Cette liberté qu'il entretient avec l'espace le pousse à vivre le déplacement comme une finalité et non un état temporaire. En mettant en parallèle le migrant et le nomade, Deleuze et Guattari (1980) expliquent comment leurs rapports aux territoires sont différents. Le migrant quitte son territoire pour améliorer sa situation. Il cherche un endroit pour se rétablir. Pour sa part,

le nomade circule à travers le territoire et l'utilise de façon cyclique (citons les chasseurs-cueilleurs qui récoltent ce que le lieu peut leur fournir et qui le quittent ensuite pour aller vers d'autres prés.). Le déplacement est donc le *modus operandi* du nomade.

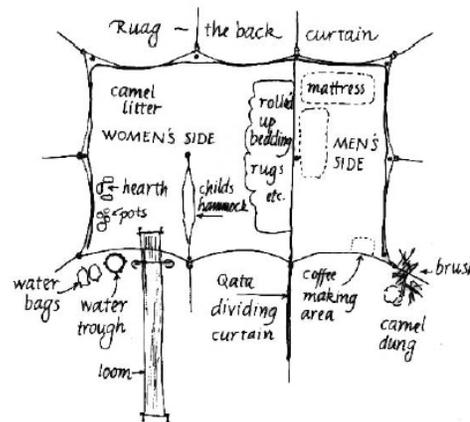


Figure 5: Plan programmatique d'une tente noir bédouin
Source : COWAN, 2002

Pour Deleuze et Guattari (1980), la vie du nomade est un amalgame de deux façons de vivre l'espace; celui de l'espace-trajet et celui de l'espace-relais. Pour imaginer cette idée, ils prennent exemple sur des peuples fondamentalement nomades comme les Bédouins

du Sahara L'espace-trajet est celui qui fournit la nourriture au troupeau, qui amène l'eau nécessaire à la subsistance. L'espace-relais est celui du retour à la structure familiale plus stricte et à la hiérarchisation des activités (COWAN, 2002). Le trajet est donc d'une importance égale, voire supérieure à celle de l'établissement dans un relais. Comme l'explique Cowan(2002), la cellule nomade acquiert une double importance. Elle doit s'adapter aux mouvements et aux modes de transport de son utilisateur. Elle doit aussi organiser la portion sédentaire de la vie nomade. En analysant l'architecture bédouine, Cowan (2002) montre que les structures utilisées servent à hiérarchiser les activités familiales (voir figure 1). Tout d'abord, en proposant un espace scindé en deux, la tente noire bédouine divise les rôles selon les sexes des occupants. Matelas et rideaux délimitent les espaces des hommes. Du côté des femmes, l'espace est divisé selon les tâches à l'aide de meubles ou de hamacs. L'utilisation de ces éléments flexibles encourage la création d'espaces délimités tout en facilitant le transport ultérieur. Somme toute, le nomade perçoit son environnement bâti de deux façons; à la fois poids à porter lors des trajets et source de stabilité lors de l'établissement des relais.

2.1.2 L'habitat nomade, symbole de liberté

Comme il a été vu précédemment, l'habitat nomade est intimement lié au déplacement dans l'espace et donc d'un sentiment de liberté. Cette facilité à vivre l'espace librement influence la vision populaire en l'associant au sentiment de liberté.

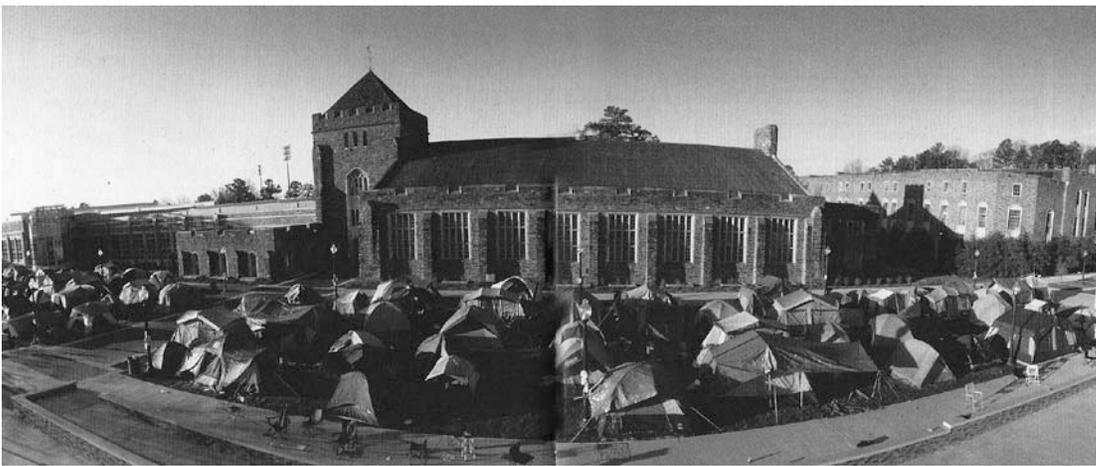


Figure 6: Campement à l'université Duke
Source : Hailey,2010

La revendication par exemple, a souvent été associée à l'habitat nomade. Nous avons qu'à penser aux militants prenant place devant le parlement armés de leurs tentes pour ainsi protester contre les hausses de taxation (KRONENBOURG, 2002). La genèse de cette association entre nomadisme et protestation remonte probablement au temps de Gengis Khan, où l'armée nomade cause la terreur de tous les rois. L'image du siège médiéval ne met-elle pas en exergue l'opposition entre architecture fixe et mobile? D'un côté l'assaillant prenant le contrôle d'un territoire en s'établissant sur de nouvelles terres. De l'autre, l'assiégé prisonnier de ses murs, coupé des ressources de l'extérieur. Peu étonnant



Figure 7: Cushicle par Micheal Webb

que Deleuze et Guattari (1980) réfère à l'image de la machine de guerre pour expliquer l'habitat nomade. C'est donc le caractère rapide et imprévisible de l'habitat nomade qui lui confère sa suprématie dans des situations de protestations. Outre dans les manifestations, l'habitat nomade est souvent associé à d'autres grands mouvements contestataires : les festivals. Attirés par une cause ou des groupes de musiques militants, les festivaliers prennent d'assaut les espaces désaffectés pour y établir leur campement.

D'autres activistes ont utilisé ce type de moyen de pression. Le collectif d'architecture Archigram ainsi que des artistes comme Jean-Paul Jungman et Antoine Stinco, se sont inspiré des principes de l'habitat nomade pour protester contre la fadeur de l'architecture en Europe à la fin des années soixante. Dans le but de se libérer des masses bétonnées du modernisme, ils proposent des environnements légers et mobiles faits de matières plastiques malléables. Pour eux, l'image d'un homme évoluant dans un ballon gonflé renvoie directement à cette idée du nomade originel, libre des contraintes de l'environnement bâti qui emprisonne le citoyen (DESSAUCE, 1999).

Cette expérience de la liberté on la retrouve aussi dans le lien serré qui s'est tissé entre l'habitat transportable et l'exploration de territoires inconnus. Les premiers récits de l'exploration des pôles ne sont-ils pas l'exemple parfait de cette quête de la liberté et de la découverte enfin rendue possible par l'habitat nomade? Quelques hommes partis avec des tentes rudimentaires qui atteignent les points les plus isolés de la planète. Les Soviétiques participent à la popularité de cette conquête. En s'établissant sur les banquises, ils découvrent une grande partie du territoire arctique. On peut aussi penser à l'iconographie associée au cow-boy qui va et vient à travers la plaine sans se soucier de l'endroit où il devra piquer son campement. La venue de l'exploration spatiale a aussi encouragé cette association entre l'habitat nomade comme vecteur de découverte. Les premières images retransmises par la NASA d'astronautes évoluant dans la capsule spatiale, ont nourri l'imaginaire collectif en associant cellule nomade et exploration.



Figure 8: Campement russe près du pôle Nord
Source : Hailey,2010

Figure 5 : Astronaute en orbite
Source : www.nevadaspacegrant.com



Figure 6: The good, the bad and the ugly
Source : www.hollywood.com



La quête d'évasion de la vie ordinaire est aussi à l'origine d'une tout autre catégorie d'habitat nomade : les maisons mobiles. Que ce soit sous la forme d'une roulotte, d'une

péniche ou même d'une banale tente, l'univers du camping et de la vie « on the road » a su animer les pensées de toute une génération (TOPHAM, 2004). Durant les années trente, c'est l'apparition des premières roulottes. Directement inspirées des progrès de l'aviation, ces roulottes portent des noms comme « AIRSTREAM CLIPPER» et se présentent sous les formes les plus aérodynamiques. C'est l'habitat qui glisse à travers le territoire! Plus tard, durant l'époque hippie, il est possible de quitter la vie maussade de la ville et voyager entre amis à bord de son vieil autobus remodelé. Ici, rien n'est parfait! Tout est bricolé voir bidouiller, mais peu importe! On est libre de faire ce que l'on veut et lorsque l'on veut!

Encore aujourd'hui, l'habitat transportable est au cœur des préoccupations lorsqu'il est question de liberté. À ce sujet, on constate une augmentation de la popularité de micromaisons. À mi-chemin entre le chalet traditionnel et la roulotte, ces petites structures offrent une plus grande souplesse dans leur utilisation. Des projets comme la « Microcompact Home» peuvent être installés derrière les voitures et déplacés régulièrement. En plus d'offrir à son

occupant un moyen de quitter la ville, la « Microcompact Home » est tout à fait autonome au niveau de ses apports énergétiques. On constate donc qu'à l'heure actuelle, les utilisateurs sont à la recherche d'évasion sans pour autant dénigrer les considérations environnementales.



Figure 7: Microcompact Home par Horden Cherry Lee
Source : www.gizmodo.com

2.2 L'habitat nomade comme objet environnemental

Le chapitre qui suit traite de la relation intime se créant entre l'établissement mobile et son milieu d'implantation. Cette analyse met en évidence comment l'élaboration de solution visant l'atteinte d'une architecture nomade fait écho à l'environnement dans lequel il se déploie.

2.2.1 La mobilité comme synonyme de pérennité

Dans un monde où la durabilité des ouvrages est souvent mise en doute, l'architecture mobile peut offrir une alternative pérenne. Comme le montre Kronenbourg (2002), la situation sociale et commerciale actuelle demande aux bâtiments une grande facilité à transformer leurs usages. Selon lui, avec ce désir de flexibilité vient la montée de l'architecture mobile. La réponse typique à un besoin d'architecture transitoire est de créer un bâtiment qui est détruit à la fin de sa vie utile. Or avec les considérations énergétiques et la pollution engendrée, plusieurs clients se tournent vers la commande de bâtiments portable qui aura une vie après l'usage initial (Kronenbourg, 2002).



Figure 8: RSSB Shelter par Buro Happold
Source : www.architen.com

Pour atteindre cet objectif de permanence, plusieurs projets d'architecture mobile utilisent des structures simples en tente ou en dôme recouvert d'une membrane textile. Par exemple, le «RSSB shelter» est un bâtiment qui vise à accueillir des rassemblements religieux annuels regroupant jusqu'à 25000 personnes. Afin d'y arriver, les ingénieurs du Buro Happold ont développé un abri démontable pouvant être remis en place chaque été. La particularité de cet abri ne réside pas principalement dans la conception d'une structure innovante; il est constitué d'une membrane tendue aux dessus de colonnes en structure triangulée. La particularité de cette structure se trouve plutôt au niveau de la logistique entourant son érection. Toutes les pièces ont été conçues pour permettre

l'assemblage par une équipe non spécialisée, et ce, en trois jours. Lorsque l'évènement annuel prend fin, le «RSSB shelter » est démonté et entreposé jusqu'à l'année suivante.

2.2.2 L'adaptation comme mode d'implantation

L'habitat mobile est avant tout un objet qui évolue dans un environnement. Ce qui le distingue des autres architectures est sa capacité à changer de lieu d'implantation. La conception d'une architecture mobile pose donc la question suivante : comment un environnement global peut-il influencer la production architecturale? Et comment cela diffère-t-il de la conception avec un site spécifique?

Pour illustrer cette différence, Deleuze et Guattari (1980) posent une comparaison intéressante en prenant pour exemple les sciences. D'un côté, ils placent les sciences de l'exactitude comme la physique ou les mathématiques; ce sont les sciences royales. On pourrait comparer ces sciences royales à l'architecture « traditionnelle »; un site et un programme sont agencés pour former un résultat optimal. Les points de vues, les vents, l'ensoleillement, tout est étudié pour insérer l'objet dans le site. D'un autre côté, Deleuze et Guattari posent une science dite mineur, axé sur la technique, une science de l'hypothèse réussie. Ils apparentent cette science à celle des nomades. Cette dernière ne vise pas l'atteinte de la perfection, mais plutôt l'obtention d'un niveau d'adaptation fonctionnel. Cette science nomade est comparable à l'architecture mobile.

L'architecture mobile est donc celle de l'adaptation, de la solution flexible. L'architecte ne perçoit plus le site comme un territoire calculé aux limites circonscrites.

L'environnement général est plutôt porteur d'opportunités et de défis qui influencent la conception de l'objet nomade.

L'architecture vernaculaire montre bien comment cette interaction s'établit. Prenons par exemple les igloos conçus par les Inuit du Grand Nord canadien. La forme architecturale tout entière se veut une adaptation aux caractéristiques physiques du milieu. Le profil bas de la structure permet de bien soutenir les forts vents présents sur les grandes étendues glacées. L'accès se fait en creusant sous le sol ce qui a pour but de couper tout risque de pénétration du vent dans l'igloo. L'environnement transforme

aussi le choix de l'approche constructive de l'habitat. L'igloo est formé de blocs de neige denses d'une cinquantaine de centimètres d'épaisseur. En plus d'assurer la solidité de la structure, ces blocs offrent une isolation permettant de vivre confortablement à l'intérieur (Kronenbourg, 2002). Cette relation de symbiose entre habitat mobile et milieu n'est pas exclusive aux projets d'architecture vernaculaire; des travaux



Figure 9 : paraSite par Rakowitz
Source : <http://images.businessweek.com>

comme « paraSITE » de l'artiste Américain Michael Rakowitz le prouvent bien. Dans sa recherche d'une architecture pour les démunies, il explore les possibilités et ressources de la ville. En constatant les sources de chaleur disponibles, il développe un moyen d'utiliser les sorties d'air des commerces environnants. Il utilise comme matériel des résidus plastiques facilement accessibles pour les démunis. En plus de fournir un abri imperméable et relativement chaud, le refuge se replie facilement pour être transporté. La création de ce type de réponse architectural passe donc par une fine compréhension du milieu dans lequel l'occupant évolue et d'une transposition de cette connaissance en innovations techniques. (ARCHITECTURE FOR HUMANITY, 2006)

2.3 L'habitat nomade comme objet technique

L'habitat est un objet comportant un fort caractère technique. Au fil des années, il est particulièrement influencé par d'autres disciplines que l'architecture. Délaissé par les architectes, l'habitat transportable est devenu durant de longues années le fief des ingénieurs qui voyaient en lui de grandes possibilités d'innovations.

2.3.1 Le mouvement une nécessité à atteindre

Dans cette section, il est question des différents moyens techniques qui ont surgi au fil des années dans la recherche du mouvement. À ce sujet, les travaux de Kronenbourg (2002) développent plusieurs approches visant la mobilité. Ce dernier distingue trois

catégories d'habitat portable : « Portable », « Relocatable » et « Demountable » (KRONENBOURG, 2002). L'habitat portable est celui qui se déplace en un tout intact. Pour y arriver, la structure est dotée d'appendices permettant le mouvement. Ce type d'architecture est courant dans le milieu du tourisme motorisé et s'apparente souvent à un véhicule. L'habitat déplaçable est constitué pour sa part d'une structure assemblée rapidement et qui peut ensuite être repliée et déplacée. Malgré l'installation nécessaire, cette forme d'habitat permet à l'utilisateur d'être libéré des voies de transports. On retrouve dans cette catégorie les structures vouées aux situations d'urgence, des refuges ou encore de l'équipement de plein air. Finalement, l'habitat démontable est associé aux projets de plus grandes envergures telles les scènes de spectacles pour les tournées. Ce type de projet demande habituellement une mise en œuvre beaucoup plus longue et de l'équipement sophistiqué. Elle requiert souvent pour son transport des camions et conteneurs.

2.3.2 La légèreté comme idéal

Vue par plusieurs comme le nerf de la guerre, la notion de légèreté est devenue au fil des années une obsession pour les concepteurs d'environnements nomades. La prochaine section explore comment cette quête du poids plume prend place dans l'univers de l'architecture tout comme dans ses disciplines connexes.

2.3.2.1 La légèreté par l'exploration formelle

Plusieurs designers ont développé des stratégies formelles pour diminuer le plus possible le poids de leurs structures. Pour Bucky Fuller, la solution à l'atteinte de la légèreté réside dans l'exploration de la sphère (KRONENBOURG, 2002). En partant du principe que la sphère permet le meilleur rapport aire/volume, le choix de la bulle minimise la quantité de ressources nécessaires. La simplicité de la forme libère l'espace interne, et la structure, contenue dans la périphérie, n'entrave pas les activités. La création d'une bulle légère demande à Fuller une structure soutenant de grandes portées et transférant les charges au pourtour de la forme. Il s'inspire donc du dôme géodésique de Walter Bauersfeld. Son travail lui permet de concevoir sa Dymaxion

House qui devient un modèle en terme d'architecture légère. L'utilisation de courtes sections d'aluminium régulières et d'attaches standardisées réduit la main-d'œuvre nécessaire et le temps de mise en œuvre. La régularité de la forme lui donne une grande résistance structurelle. La répartition des forces à travers toutes les membrures permet d'atteindre une grande rigidité; il est donc peu étonnant de retrouver le dôme géodésique dans des constructions demandant une forte résistance aux éléments extérieurs comme les stations radars en Antarctique.

Malgré ces avantages évidents, l'utilisation de volumes géodésiques comporte certains défis pour l'utilisation en architecture mobile. L'espace sphérique est très complexe à aménager; beaucoup de volume d'espace devient inutilisable parce que trop élevé. De plus, pour atteindre la forme géodésique une grande quantité d'éléments structuraux est nécessaire. Cette multiplication d'éléments augmente le poids et rend le transport plus laborieux. L'industrie de l'équipement de plein air s'est inspirée du dôme de Fuller pour l'élaboration de structures d'abri d'expédition. En retravaillant la géométrie de base, des compagnies comme « Mountain Hardware » proposent une structure réduisant le nombre de membrures tout en

Figure 10 : Dymaxion House par Fuller
Source : www.weirduniverse.net



Figure 11 : Mountain Hardware Space Station Tent
Source : www.mountainhardware.ca



conservant la rigidité initiale. Cette structure réduite combinée à l'utilisation de matériaux de fine pointe fournit un habit déplaçable léger.

Pour sa part, Ulrich Müther travaille sur des projets de voiles de béton et invente un langage formel qui exprime une certaine légèreté (HERWIG, 2003). L'analyse des

Figure 12 : Aribus par Ulrich Müther
Source : HERWIG, 2003



paraboles hyperboliques le mène à

concevoir des formes précontraintes optimisées. En utilisant cette approche, Müther distribue de façon optimale le poids sur sa structure ce qui lui permet de diminuer la charge de béton nécessaire tout en augmentant les portées franchies.

2.3.2.2 La légèreté par l'innovation structurelle

Les structures des bâtiments destinées à être déplacées portent en elles-mêmes un grand paradoxe; comment ce qui doit soutenir un bâtiment peut-il être léger? À ce sujet, on divise les différentes recherches en deux stratégies : les structures en tension et celles qui sont gonflables.

La relation entre l'établissement temporaire et l'approche en tension dure depuis longtemps. Depuis des milliers d'années, les Bédouins exploitent ce système constructif.

Elle est composée de plusieurs mats d'environ deux mètres et d'une grande toile faite à partir de peaux de dromadaire (KRONENBOURG, 2002). La structure est simple; les mats sont disposés de façon régulière et la toile est déposée au-dessus. Ensuite, la grande toile est tendue et encrée dans le sol à l'aide de branches ou de buissons enfouis dans le



Figure 13 : Tente noire Bédouin
Source : <http://nabeelfarah.tripod.com/id30.html>

sable. Lorsque le groupe quitte, tout est remballé et amené au site suivant. Les éléments structuraux étant difficiles à trouver, ils sont réduits au minimum.

D'une façon semblable, Frei Otto innovera dans ses recherches concernant l'optimisation des surfaces tendues. Pour y arriver, il développe un système structural permettant le franchissement d'immenses portées tout minimisant les appuis au sol. Ce système est composé d'immenses mats soutenant un maillage métallique flexible. Ce dernier est ensuite recouvert d'une membrane. Cette maille structurale de Otto permet la distribution optimale des forces dans la structure et le transfert de ses forces aux mats. Le stade olympique de Munich en est un des meilleurs exemples (HERWIG, 2003).

Malgré leurs allures légères, de telles structures posent plusieurs défis. On peut clairement s'interroger sur le poids réel de ces projets. Les ancrages de béton, les mats et tout le câblage d'acier nécessaire à la construction d'un bâtiment comme le stade olympique de Munich met sérieusement en doute la possibilité d'utiliser une telle structure dans un contexte de mobilité. De plus, l'élaboration de ce type d'ouvrage demande la participation d'une main-d'œuvre spécialisée et d'équipements complexes. Quel peut donc être la pertinence de telle structure dans la recherche d'habitats mobiles? Le maillage flexible proposé par Otto permet la création de forme s'adaptant facilement à plusieurs types d'environnements et offre avec ses portées impressionnantes une grande flexibilité d'usage.



Figure 14 : Maillage du stade olympique de Munich
Source : www.worldofstock.com

D'autres designers ont plutôt opté pour l'approche gonflable dans le but d'atteindre une structure légère. Une de ses plus célèbres utilisations provient du collectif d'architecture Archigram qui vers la fin des années soixante a commencé à élaborer des structures de vie individuelle tels le

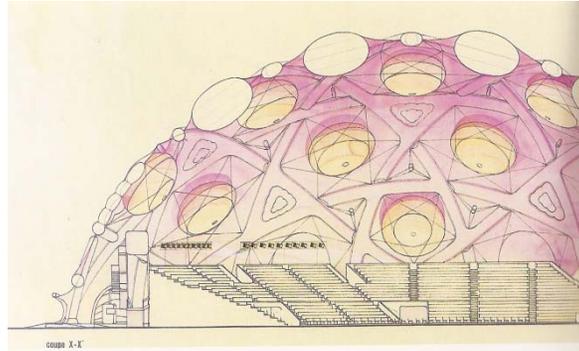


Figure 15 : Airquarium par Axel Thallemer
Source: www.remyc.com

Suitaloon et le Cushicle (DESSAUCE, 1999). Ces structures sommaires sont composées d'une paroi extérieure en plastique qui emprisonne l'utilisateur. Ce dernier met en place son abri en pompant de l'air à l'intérieur, ce qui finit par générer un espace habitable. En 2000, Axel Thallemer explore ce même principe à plus grande échelle avec son projet Airquarium. Il propose un dôme de huit mètres de haut par trente-deux mètres de diamètre. Airquarium s'ancre au sol à l'aide d'un ballast tubulaire rempli d'eau qui entoure la structure. Ce dernier contrebalance les charges de vents tout en permettant une mise en œuvre rapide et simplifiée. Airquarium fonctionne exactement comme ses prédécesseurs conçus par Archigram; on y accède en traversant un double sas qui scelle l'ouverture. Malgré sa grande simplicité au niveau formel et structurel, ce type de structure gonflable pose certains problèmes. L'utilisation de cette forme de structure gonflée est vulnérable aux forts vents. Le dôme aura tendance à se déformer voir à s'affaisser étant donné le manque de contreventement. Un moyen simple de régler ce problème est d'augmenter la pression intérieure. Ceci étant dit, la création d'un espace complètement scellé n'est pas adaptée dans des conditions de vent et de neige comme celles rencontrées en haute montagne. De plus, la phase de gonflage requiert un grand volume d'air. Le pompage manuel de cet air devient en altitude un exercice épuisant.

En tenant compte des limites de leurs prédécesseurs, les concepteurs de structures gonflables complexifient leur design et incorporent graduellement des éléments structuraux traditionnels. À ce sujet, Jean Aubert développe pour son projet de diplôme en 1967 un amphithéâtre itinérant pouvant accueillir jusqu'à cinq mille personnes. Pour y arriver, il s'inspire d'une structure en icosaèdre régulier. Chaque membrure de l'icosaèdre devient un élément structurel gonflé. Les faces extérieures sont fermées par des sections en textile transparent permettant la vue sur l'extérieur. La structure tout entière est retenue au sol par des câbles tendus (DESSAUCE, 1999).

Figure 16 : Amphithéâtre par Jean Aubert
Source: DESSAUCE, 1999



Ce savant mélange d'éléments en tension et d'éléments structuraux gonflés se retrouve dans l'Airctecture de Axel Thallemer. L'espace présenté détonne avec celui habituellement associé à l'architecture gonflable; un grand volume parallélépipédique dénudé de rondeurs caractéristiques. Pour y arriver, Thallemer propose des colonnes structurelles soufflées en forme de « Y » qui supportent de larges poutres gonflées. À une des extrémités du « Y » vient s'accrocher la poutre tandis que l'autre est reliée au sol par un câble en tension. Le câble rigidifie la structure tout en n'ajoutant pratiquement pas de poids. L'utilisation d'une structure composée d'éléments gonflés règle aussi la question de l'étanchéité. Dans le cas d'Airctecture la toiture et les murs sont simplement composés de membranes tendues sur la structure porteuse (HERWIG, 2003).



Figure 17 : Airtecture par Axel Thallemer
Source: HERWIG, 2003

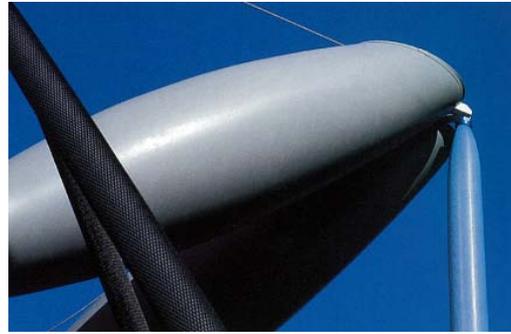


Figure 18 : Airtecture par Axel Thallemer, détail de jonction
Source: HERWIG, 2003

Ce type de structure composite est très présent dans le milieu de l'équipement de plein air.

Plusieurs compagnies ont élaboré des prototypes d'abris soutenus par des éléments gonflés. Festo, une entreprise spécialisée dans l'équipement pneumatique propose un abri individuel pouvant servir de tente. Inspiré de la forme d'un cocon, le prototype est composé d'un matelas gonflé et de quatre arceaux qui soutiennent une toile

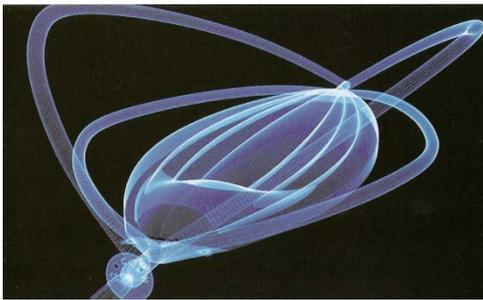


Figure 19 : Cocoon par Festo
Source: SIEGAL, 2002

protectrice. Constitués d'une feuille de plastique mince, les éléments structuraux permettent d'en réduire le poids (Siegal, 2002). De façon similaire, « Nemo Equipement » propose également une gamme de tentes utilisant des arceaux gonflés protégés par une gaine en tissu résistant. Non seulement l'utilisation de cette approche constructive permet de réduire le poids des structures, mais elle offre aussi une meilleure résistance aux vents. Contrairement aux tiges d'aluminium qui se cassent ou se déforment et rendent l'abri inutilisable, les arceaux gonflés se tordent et reprennent immédiatement leur forme. La mise en place est aussi grandement simplifiée, la toile n'a qu'à être étirée et fixée

Figure 20 : Nemo Polar Pod
Source: www.reviewoutdoorgears.com



au sol. Ensuite, plus qu'à pénétrer à l'intérieur et gonfler la structure à l'abri des intempéries.

2.3.2.3 La légèreté par la recherche matérielle

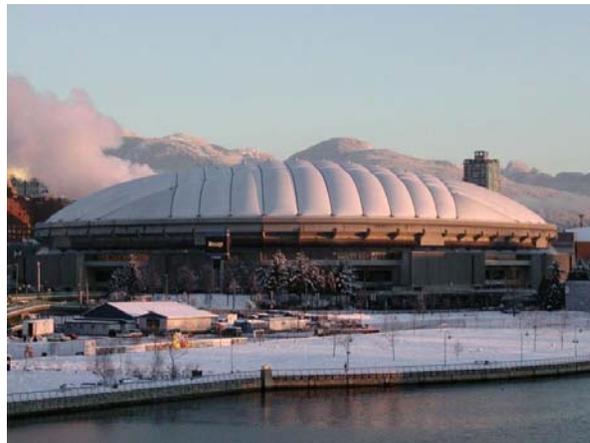
Bien que l'approche structurelle et formelle soit importante, le choix des matériaux reste un élément clé dans la construction d'un abri mobile léger. Ce choix n'est pas simple, les caractéristiques associées à une grande résistance ne sont pas souvent synonymes de poids minimal.

L'enveloppe en elle-même pose plusieurs défis; elle doit fournir protection tout en étant assez flexible pour être transportée. Cette double fonction ouvre la porte à l'utilisation des textiles.

Afin d'être utilisé dans l'enveloppe du bâtiment, un textile doit répondre à plusieurs caractéristiques : une grande force pour résister aux charges de vent et aux tensions subies lors de l'installation; une grande résistance à la déformation afin de conserver ses dimensions; une bonne stabilité thermique pour conserver ses attributs à toutes températures; une longue période de vie active; une résistance aux polluants, à l'eau et à la lumière et finalement un prix peu élevé. Le choix d'un type de tissage influence la tenue du textile. Un tissage des fibres deux par deux permettra de conserver plus de force dans les deux axes et évitera la déformation (ASHISH KUMAR, 2008).

Outre les caractéristiques physiques du textile, la composition des matériaux doit être prise en cause. À l'image d'une composition de mur classique, les textiles sont assemblés

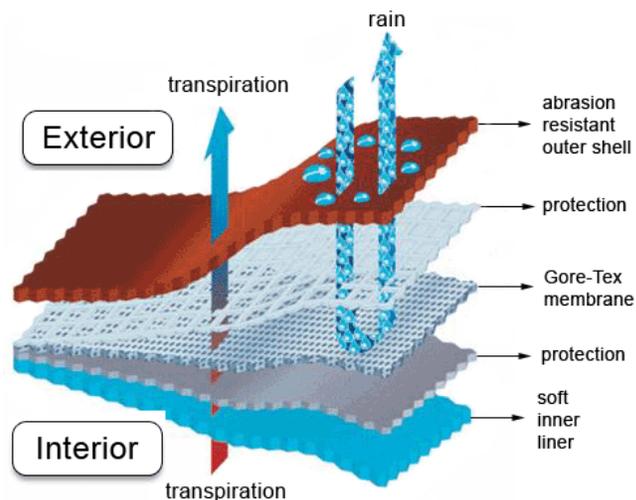
Figure 21: BC Place Stadium par PBK architects
Source: www.willgoto.com



en multiples couches. Plusieurs méthodes d'assemblage sont disponibles et influenceront sur le comportement des tissus. Les deux procédés principaux sont l'enduit et le laminage. Le laminage est une technique où deux textiles sont assemblés à chaud. Les membranes produites de cette façon performant très bien dans leurs fonctions de protection, mais elles sont particulièrement fragiles pour une utilisation dans le bâtiment. C'est pourquoi les enduits sont préconisés dans un usage architectural, car elle résiste beaucoup mieux aux intempéries. De plus, la mise en œuvre de ce type de produit est beaucoup plus simple; les soudures à chaud ne risquent pas d'endommager la structure du textile.

Le choix du type de membrane varie selon la structure utilisée. Dans le cas d'une membrane gonflée comme celle du BC Center à Vancouver, le PVC enduit de polyester a été choisi. Offrant une résistance aux intempéries et aux vents, cette membrane légère est d'une grande durabilité. Dans le cas d'éléments structuraux gonflés, la membrane choisie devra pouvoir soutenir une pression beaucoup plus grande. Des tubes structuraux comme ceux présents dans Airtecture de Axel Thallemer, soutiennent une pression allant jusqu'à 70 KPA et sont constitués d'une membrane en silicone recouverte d'un textile protecteur. De la même façon, les textiles choisis pour des utilisations en tension doivent soutenir des stress importants et c'est pourquoi les membranes en fibres de verre (aussi appelée PTFE) sont utilisées. Les PTFE offrent une grande résistance, mais sont plus

lourds. Ce type de textile a aussi l'avantage d'être compatible avec un nouveau procédé de laminage développé par le groupe W.L. Gore & Associates. Appelé Gore-Tex™, ce procédé permet d'inclure un film contenant des micropores. Ceux-ci servent à la gestion des fluides de



part et d'autre de la membrane; ils laissent évacuer la vapeur d'eau vers l'extérieur tout en protégeant contre les intempéries. Principalement utilisé dans le domaine du vêtement de travail et de plein air, ce procédé est graduellement intégré à la production architecturale (ASHISH KUMAR, 2008).

Outre les membranes, plusieurs éléments structuraux et de fondation d'un habitat mobile doivent être étudiés afin d'atteindre un poids optimal. À ce sujet, le monde de l'équipement sportif est porteur de plusieurs pistes en terme de choix de matériaux légers. Prenons par exemple le cyclisme; les avancées dans la fabrication des cadres de vélo nous font découvrir des matériaux révolutionnaires. L'utilisation de plus en plus généralisée de la fibre de carbone permet d'atteindre des cadres extrêmement rigides et nerveux tout en étant très légers. Ce type de matériel peut devenir intéressant pour un usage dans les systèmes de fixation au sol. Le travail avec les matériaux comme l'aluminium et le titane peut aussi devenir une solution pour des éléments structuraux cherchant à atteindre une flexibilité tout en minimisant le poids.

3. Le Projet_Paramètres

3.1 Clientèle visée

Avant d'aborder la question d'habitat nomade de montagne, il faut tout d'abord bien cerner qui est l'utilisateur premier de ce type d'installation. Qui est ce personnage mythique rêvant d'atteindre les plus hauts sommets? Afin de comprendre les besoins réels associés à ce type de pratique, une recherche dans le domaine du tourisme d'aventure a permis de cerner les caractéristiques et aspirations principales des participants.

Pour Swarbrooke (2003), l'aventure se définit principalement par les points suivants : le danger, les défis, une issue imprévisible, des récompenses anticipées, la nouveauté, la stimulation, la découverte, la concentration et des émotions contrastées. Pour lui, les

critères principaux qui poussent certains des clients à prendre part dans ce type d'expédition périlleuse sont dans l'ordre : le goût du risque, l'évasion, et le besoin de s'accomplir. C'est selon ces critères qu'il est capable de définir deux catégories de touristes; les « hard adventurers» (Swarbrooke, Beard, Leckie et Pomfret ,p.63) sont ceux qui nous intéresseront. Il les décrit comme étant à la recherche constante du dépassement et de l'amélioration. De plus, l'expérience du danger est si fondamentale pour ces derniers que l'absence de celle-ci peut causer un désintérêt total à la pratique de l'activité. Pour subvenir à ce désir d'aventure, l'alpiniste se place souvent en situation précaire (besoin de risque) à la montagne (besoin d'évasion). De cette façon, il lui est possible de se mettre au défi, tout en utilisant des compétences particulières qu'il aura développées durant ses longues périodes d'entraînement (besoin d'accomplissement).

Une autre caractéristique à observer est le rapport que l'alpiniste entretient avec son environnement. Selon Seigneur (2006), la communauté de grimpeur adopte une position très ambivalente face à l'aménagement des sites voués à la pratique de son sport. D'une part, ils sont conscients de l'importance de protéger les sites et tentent de minimiser le plus possible les traces laissées. À ce sujet, plusieurs sont adeptes de la philosophie « "Leave no traces" ». Cette loi non écrite stipule que le visiteur devrait en tout temps conserver le milieu intact. Ces préceptes entrent parfois en contradiction avec le désir absolu de performance; on n'a qu'à regarder les conditions des camps de bases de l'Everest et du K2 pour s'en rendre compte. Lorsque l'atteinte du sommet est en jeu, peu hésitent à laisser du matériel derrière eux pour se faciliter la tâche. Ce type de pratique engendre la dégradation rapide des sites, car étant donnée la difficulté d'accès, le nettoyage est quasi impossible. En voyant comment leur montagne se dégrade rapidement, certains cherchent à établir des façons pour sauver les écosystèmes. Certains proposent l'établissement de refuge plus permanent afin de régulariser l'accès aux sites et la gestion des déchets. Cette solution apparaît aux yeux de certains comme une tentative de domestiquer la montagne et la mettre au service du touriste grimpeur. La réponse réelle au problème se trouve probablement dans une hybridation des deux types d'habitat : mobile et permanent.

3.2 Présentation générale

La mission est de concevoir une cellule nomade adaptée aux rigueurs de l'environnement de haute montagne. En se basant sur les connaissances développées plus haut sur l'habitation mobile, le projet amène des solutions formelles et techniques favorisant la subsistance en altitude.

Suite à l'analyse de la clientèle visée et à la compréhension du mode de vie de cette dernière, le projet devra générer deux types d'espaces distincts. Pour répondre aux besoins vitaux des grimpeurs, une cellule compacte et légère est développée. Pour la compléter, une structure semi-permanente est conçue afin d'accommoder les activités communes inhérentes à l'expédition. Ces deux éléments fonctionnent de pair pour fournir protection et habitabilité.

De plus en tenant compte de la complexité de la vie en altitude et du type de terrain visité, elle doit fournir à la fois un abri versatile et adapté à l'environnement rigoureux. Elle doit être en mesure de répondre aux urgences éventuelles qui pourraient survenir durant une telle expédition.

Finalement, en explorant les possibilités techniques offertes par l'avancement des technologies, la cellule doit intégrer des méthodes constructives visant un poids minimal et ainsi une portabilité accrue.

3.3 Contexte/Site d'intervention

Figure 23 : Camp de base de l'Everest
Source: www.wikipedia.com



Comme vue plus haut, la conception d'une architecture mobile pose la question du site d'intervention. Dans le cas présent, l'environnement global de la haute montagne doit être évalué. Pour y arriver, l'analyse de site classique est transformée en une grille dynamique qui tient en compte des données géographiques, topographiques, spatiales, climatiques, environnementales et énergétiques. Ce croisement de données permet de tirer des objectifs de design guidant par la suite la création de l'abri.

Le mont Everest a été choisi à titre de site test à cause du nombre élevé d'ascensions y prenant place chaque année ainsi que de la grande disponibilité de la littérature y étant consacrée. De plus, la situation actuelle y est particulièrement catastrophique en ce sens ou l'augmentation effrénée du tourisme ainsi qu'une mauvaise gestion des déchets détériorent rapidement les conditions de ce milieu. Constatant les répercussions que ces pratiques ont pour leur montagne, les travailleurs de l'Everest commencent à adopter des façons de faire plus responsables envers leur environnement. En s'inscrivant dans ces démarches, la conception d'un prototype mieux adapté au sport et au milieu serait donc un atout intéressant pour le développement futur du site.

3.3.1 Données géographiques

La situation géographique des sites de hautes montagnes est ce qui les rend à la fois si attrayants et difficiles. L'accès devient souvent une expédition à part entière. Par exemple, le mont Everest est situé à quelques jours de marche du village le plus rapproché. Comme décrit par Krakauer (1997), ce trek d'approche comporte de longues journées de portage aidé par des sherpas et de leurs yaks. Cet éloignement a plusieurs conséquences sur l'aspect logistique des expéditions. Le matériel, la nourriture et le carburant nécessaire doivent être transportés jusqu'au site. Si l'on considère qu'une expédition typique sur l'Everest rassemble une dizaine de grimpeurs et dure une soixantaine de jours, la quantité de matériel à amener est colossale.

Durant cette approche, le voyageur prend aussi conscience de l'altitude. Variables selon la position sur la montagne, ses effets sont multiples et désastreux. La diminution des apports en oxygène augmente considérablement la fatigue musculaire. De plus, elle

diminue les aptitudes intellectuelles et fait épaissir le sang ce qui entraîne une baisse de la température corporelle. Ainsi, un habitat léger se mettant en place simplement et doté d'une bonne capacité à conserver la chaleur de l'occupant serait un atout pour une personne dans ce type de situation.

3.3.2 Données topographiques et spatiales

Il est évident que la montée d'un sommet comme celui de l'Everest entraîne le voyageur à travers plusieurs types de terrain. Mais quels sont ceux sur lesquels un alpiniste sera tenté de s'implanter? En temps normal, les campements sont définis à l'avance. Sur l'Everest, un camp de base est établi au pied de la montagne et quatre autres sont installés durant l'ascension. Ces derniers se situent souvent en terrain plat ou légèrement en pente. Par contre, lorsqu'il survient un problème, les alpinistes sont obligés d'improviser un bivouac. Dans ces situations, ils chercheront un endroit dans une dépression ou ils seront à l'abri du vent. D'autres caractéristiques varieront selon l'implantation sur la montagne. Par exemple, le sol du camp de base est recouvert de pierre de toute taille. En montant, on traverse des endroits où ce dernier est couvert de neige et parfois même de glace. Cette variation soulève des interrogations concernant le rapport au sol d'une structure adaptée à ce type de climat; les ancrages utilisés pour fixer l'abri devront permettre une grande versatilité. De plus, la position de l'occupant par rapport au sol doit être finement analysée; comment le positionner pour faire face à tous ces types de terrain?

Comme il a été souligné plus haut, les sites choisis pour installer les campements à la montagne sont à la fois rares et très convoités. L'espace disponible est donc très limité en termes de superficie. La multiplication des équipes sur ce type

Figure 24 : Camp 2 bondé sur l'Everest
Source: www.sports.espn.go.com



de site rend souvent la circulation très complexe et dangereuse. Une réflexion s'impose sur le besoin de compacité et d'adaptabilité de ces structures d'habitation; elles doivent à la fois pouvoir s'installer dans des endroits très exigus comme peuvent l'imposer les situations d'urgence ou même permettre l'agglomération autour d'une structure globale dans les camps de base.

3.3.3 Données climatiques et environnementales

Probablement l'élément le plus critique dans la conception d'un habitat de haute montagne, le climat est source de beaucoup de danger en altitude. On peut le décliner sous trois facteurs principaux; la température, le vent, les précipitations.

La température en haute altitude est une donnée qui fluctue rapidement et continuellement; elle peut chuter de plusieurs dizaines de degrés en l'espace de quelques heures. Les très basses températures ressenties par les occupants sont souvent la cause d'engelures et autres complications graves. L'architecture nomade doit jouer un rôle important afin d'éviter ce type de problème. Pour ce faire, des notions l'aération et l'isolation entreront dans les enjeux à accomplir.

Le vent est une autre donnée à prendre en considération. Pouvant atteindre régulièrement des vitesses supérieures à 150 km/h, les bourrasques peuvent être désastreuses pour un établissement en altitude. Considérant ce type d'information, le développement formel de la cellule d'habitation devra intégrer des notions d'aérodynamisme pour ainsi fournir un abri durable.

Les précipitations vécues à la montagne sont aussi un facteur dont il faut tenir compte. Il est fréquent que des accumulations de plusieurs centimètres de neige se fassent dans l'espace de quelques heures. La structure et la forme devront répondre à cette particularité en proposant des solutions évitant les surcharges désastreuses dues aux précipitations.

3.4 Programme

"Basic requirement for a camper's shelter: a protected back, an open front, a fireplace and a roof."

Richard Neutra

La cellule nomade étant un dérivé de l'habitation, elle doit intégrer des considérations programmatiques semblables à celle que l'on retrouverait dans un appartement par exemple. Ainsi, un espace pour dormir et cuisiner est essentiel. Ensuite, la gestion du matériel doit être analysée. Pour ce qui est des structures situées dans les camps de base, elles ont comme but premier de fournir un lieu de rassemblement pour les repas et réunion. Des pièces intermédiaires sont aménagées afin de faciliter le rangement.

3.5 La Méthode

3.5.1 Analyse typologique de l'habitat en montagne

Dans le but d'enrichir le programme de la cellule de montagne, une analyse typologique s'effectue en tenant compte des différentes altitudes et ce qu'on y retrouve comme type d'habitation. L'idée est de bien comprendre comment la différence d'élévation transforme l'architecture. Pour y arriver, l'environnement montagnard est divisé en trois hauteurs arbitraires; la basse, moyenne et haute montagne. On associe à chaque hauteur une typologie; le chalet, le refuge et le campement. Par la suite, les trois types sont évalués pour comprendre :

- l'infrastructure qui les connecte au sol
- la structure qui devient l'interface avec l'environnement extérieur
- la superstructure qui protège des précipitations

Lorsqu'on compare ces trois éléments, des constantes peuvent être tirées.

En ce qui concerne l'infrastructure, en basse altitude elle est souvent composée d'éléments massifs de béton coulé dans le sol. Cette installation vise le nivellement du

terrain tout en ouvrant la possibilité de soutenir des structures et superstructures complexes. Lorsqu'on s'élève au niveau du refuge de montagne, on constate que l'utilisation des pilotis est souvent préconisée. Cette solution beaucoup plus simple permet aussi de niveler le terrain tout en minimisant la quantité de matière/matériel nécessaire. Finalement, dans le cas des campements de montagne l'interface entre le participant et le sol se fait habituellement à travers une membrane textile robuste qui n'offre pas beaucoup de protection contre le froid.

En analysant la structure aux différentes altitudes, on constate aussi une réduction de la complexité suivant l'augmentation en élévation. En basse montagne, la structure principale des chalets est constituée d'éléments rigides de grande taille souvent de bois ou d'acier. Ces différents éléments soutiennent des structures de mur complexe comprenant des ouvertures qui deviennent l'interface avec l'extérieure. Dans le cas du refuge de montagne, les éléments constitutifs de la structure sont beaucoup restreints en taille et complexité. Principalement des poutres et poteaux métalliques, ils soutiennent des murs non isolés et comptant un nombre restreint d'ouvertures vers l'extérieur. Le camp de montagne est pour sa part supporté par de fins arceaux métalliques conçus pour soutenir les rigueurs du vent et de la neige. Les murs sont composés à l'aide de toiles (simple ou double) agissant comme barrière étanche. Le contact visuel avec l'environnement externe se fait par l'entremise de sections textiles transparentes.

Finalement, l'analyse des superstructures permet de constater qu'en basse altitude la toiture sert souvent de support à des mécanismes de productions d'énergie (éolienne ou solaire), tandis que cette pratique disparaît en moyenne et haute altitude. De plus, les ouvertures dans la superstructure ont tendance à disparaître lorsqu'on s'élève; elles passent de fenêtres complexes (chalet) à ouvertures d'aération en moyenne montagne et finalement elles sont quasi inexistantes dans les campements.

L'intérêt de cette analyse est de comprendre les besoins spécifiques des installations de montagnes et, par la suite, de tenter d'intégrer certains éléments retrouvés en basse

altitude aux structures de plus haute montagne. Cette intégration passe par l'exploration d'une matérialité nouvelle et légère.

3.5.2 Analyse anthropomorphique de l'ascension

Pour bien saisir les nécessités spatiales d'un alpiniste, le corps de l'athlète a été étudié. La journée typique est évaluée pour distinguer les positions du corps liées à l'exécution de certaines tâches ou activités. Quatre grandes postures ont été retenues et divisées en deux catégories. Les positions debout et assise sont considérées comme actives en ce sens ou elles sont habituellement liées à la préparation de l'équipement, aux travaux autour de la cellule, etc. Les positions couchées et allongées sont associées à la phase de repos de l'expédition.

Ainsi en prenant comme point de départ les différentes positions adoptées par le grimpeur il est possible d'établir une amplitude de mouvement créant ainsi une enveloppe d'espace minimale. Suite à cette analyse statique des postures durant l'ascension, une analyse dynamique est. En utilisant la caméra vidéo, le mouvement de transition est décomposé en une multitude d'images. Celles-ci sont par la suite superposées pour révéler le volume spatial nécessaire à cette transition.

Suite à l'élaboration de cette volumétrie, une maquette virtuelle et analogique est produite afin de faire le pont entre le développement de la forme et son impact sur le mouvement interne de l'occupant.

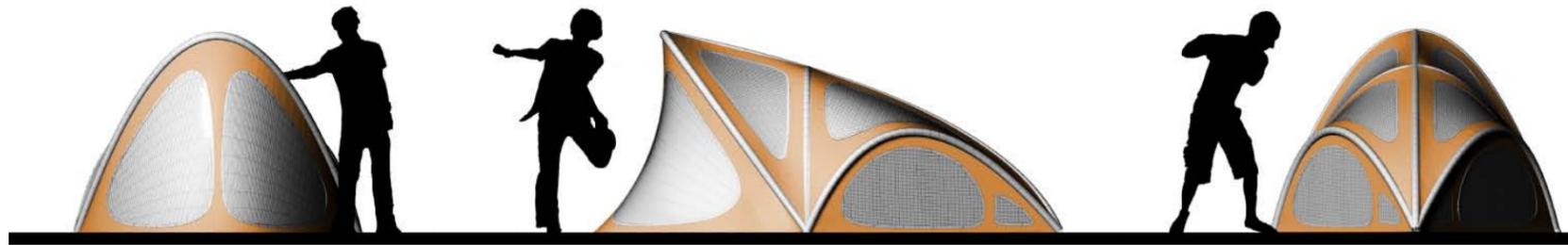


Figure 25 : Élévations cellule unique

4. Le Projet _ Description

4.1 Configurations

Cellule individuelle

Comme il a été vu précédemment, le défi de concevoir un environnement en haute altitude passe par la création d'une cellule versatile. À ce sujet, le projet propose donc une solution unique adaptable selon l'altitude. Ainsi, la cellule de base peut être utilisée comme une tente individuelle; elle fournit à la fois un espace et une habitabilité minimale pour son occupant. En se basant sur les analyses anthropomorphiques statiques et dynamiques, deux espaces principaux ont été créés pour accommoder les besoins de l'occupant. Délimités par des éléments gonflables, ces deux espaces permettent de créer une hiérarchisation des activités dans la cellule en délimitant une zone plus privée associée aux activités de repos et une zone plus publique pour les activités de préparation.

Camp de montagne

Lors d'une utilisation dans un camp de montagne, la cellule peut se combiner afin de former des ensembles pouvant abriter une dizaine de personnes. En plus d'augmenter la rigidité et la solidité des structures, cette configuration permet aux occupants d'avoir des espaces intermédiaires leur permettant de préparer l'équipement ou encore la nourriture de façon commune. Deux possibilités s'offrent aux grimpeurs quant aux configurations qu'il peut utiliser pour connecter les modules : il peut joindre les sections plus publiques ou privées tout dépendant la configuration du terrain et les besoins de l'expédition.

Figure 26 : Analyses anthropomorphiques

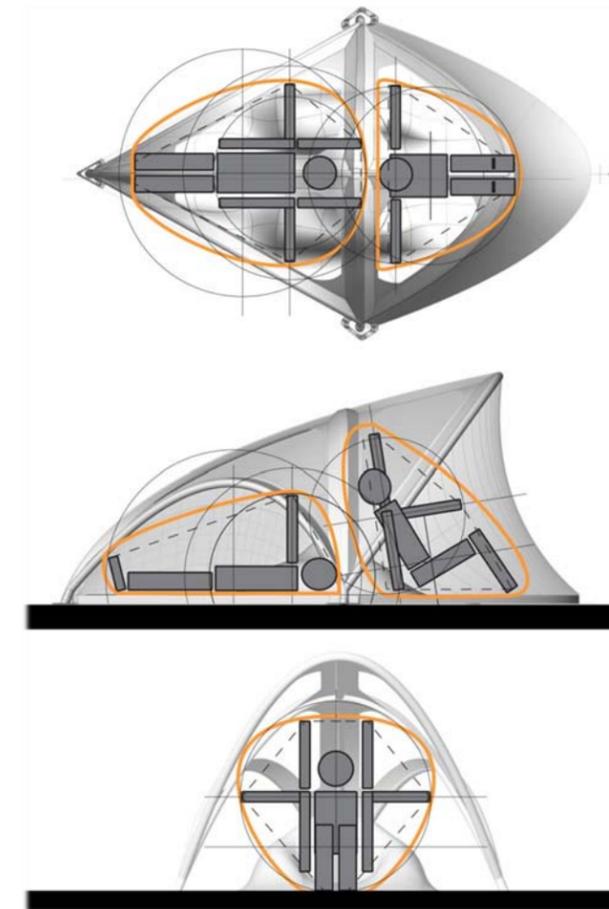


Figure 27 : Camp de montagne

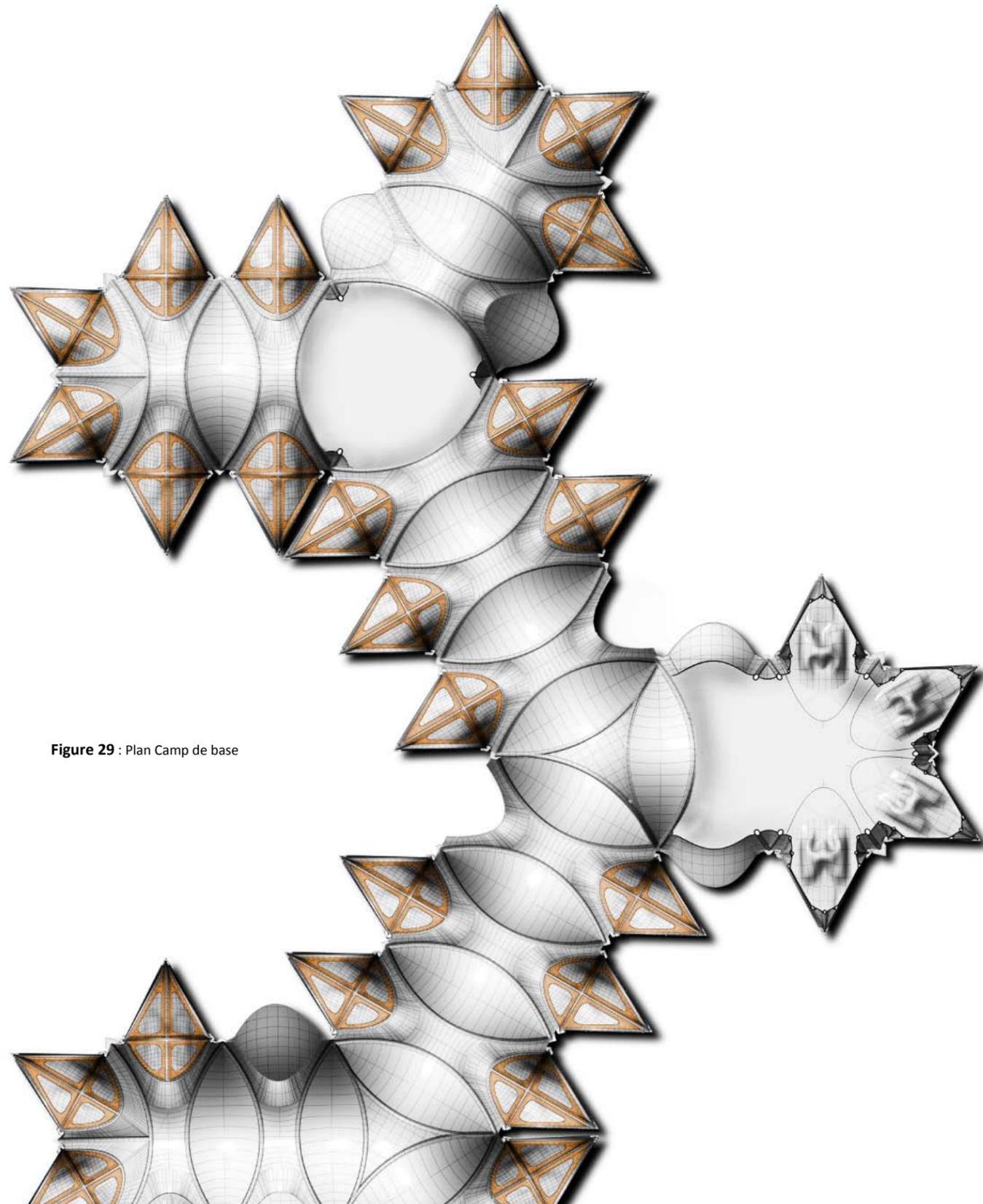


Figure 29 : Plan Camp de base

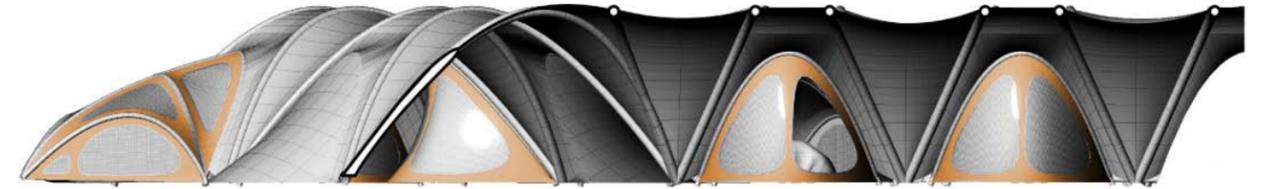


Figure 28 : Coupe Camp de base

Camp de base

Comme vue précédemment, la cellule de haute montagne devait être en mesure de fournir un habitat à plus grande échelle. En effet, lors de l'établissement d'un camp de base, les différentes équipes ont besoin d'un endroit de plus grandes dimensions pour laisser le matériel et les vivres, installer une cuisine plus substantielle ou encore pour faire des rencontres de planifications. Or la cellule portable individuelle n'est pas adaptée à ce type d'activités. Pour ce faire, des modules complémentaires ont été ajoutés afin de permettre une implantation en camp de base.

Ces sections au nombre de trois (la rotule, l'intermédiaire, et l'extrémité) modulent l'espace intérieur en créant des zones de rencontre ainsi que des ailes plus calmes favorisant le repos. Véritable « plug-in » en haute altitude, les modules complémentaires reçoivent les cellules individuelles pour former un tout transformable et versatile.

Dans un souci d'expansion, la structure globale a été réfléchi à l'image d'une arborescence permettant aux utilisateurs de la développer dans tous les sens, et ce, à l'infini. De plus, ce type d'implantation donne une grande latitude pour l'intégration dans un site; les gros obstacles naturels peuvent aisément être évités tout en n'affectant pas le fonctionnement du camp de base.



Figure 30 : Modules complémentaires

4.2 Structure

Comme il a été vu précédemment, plusieurs stratégies ont été développées pour tenter de minimiser le poids des structures architecturales. Dans le cas d'une architecture nomade par contre le défi présenté devient double; en plus d'être légère, la structure proposée doit être complètement démontable. Ce critère de transportabilité a donc orienté le choix vers une structure gonflable. Suite à ce choix, trois options s'offrent; la structure à parois simple, double ou à arceaux. En prenant en considération les problèmes de sas et d'étanchéité que peut entraîner une structure à parois simple, on devait écarter cette solution. La structure à parois double permet de fournir un abri fermé tout en étant relativement simple à gérer en conditions difficiles comme celle de la haute montagne. Par contre, c'est la structure à arceaux qui a été retenue, car tout en étant aussi efficace que la précédente, elle demande un volume d'air beaucoup moins grand.

Le système d'arceaux porteur est constitué d'une tubulure fabriquée en film de polyuréthane. Ce matériel a été choisi pour son imperméabilité à l'air, sa résistance aux perforations ainsi que pour sa grande élasticité. Ce type de configuration est utilisé depuis plusieurs années dans les cerfs-volants de "Kite surfin " et a donc déjà été éprouvé en situation de grand vent. En plus de soutenir les charges verticales en portant la toile et la neige, le système d'arceaux a pour fonction de se déformer lorsque les charges deviennent trop grandes. De cette manière, il évite de se casser et de rendre la cellule inutilisable.

Figure 31 : Airquarium,Festo
Architecture pression interne

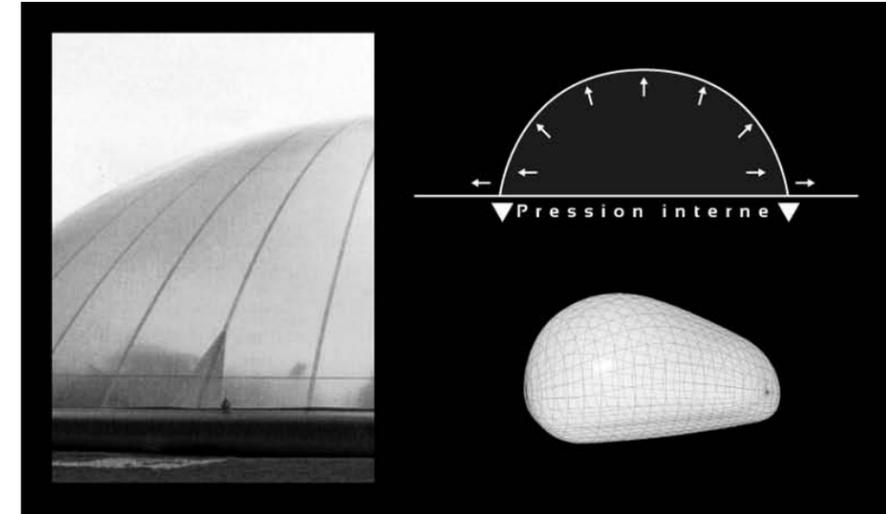


Figure 32 : Airtecture,Festo,
Architecture double paroi

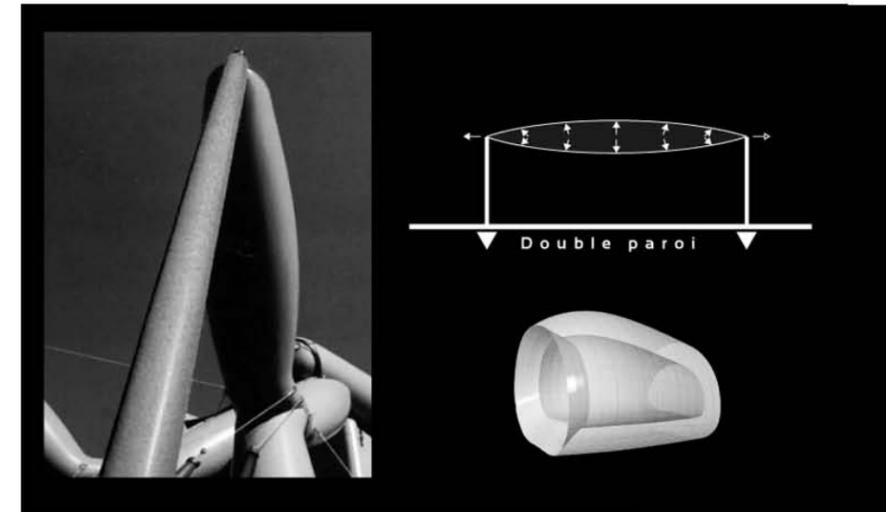


Figure 33 : Airbeam, Armée
Américaine, Architecture arceaux
gonflables

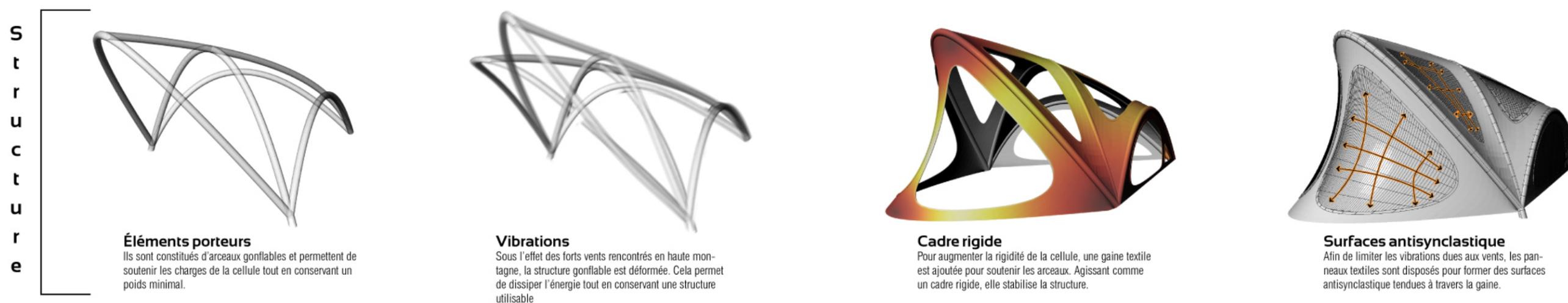


Rigidité

Afin d'atteindre un niveau de rigidité acceptable pour le type de condition climatique, plusieurs stratégies ont été mises en place. Tout d'abord, une gaine textile vient protéger les arceaux gonflables. En utilisant le textile en tension, elle permet de grandement stabiliser la structure. De plus, la forme développée pour cette gaine structurale permet d'augmenter la quantité de matière présente dans les joints. À la manière d'une grande rigide traditionnelle, cette opération vise à solidifier le système.

Une autre stratégie développée pour augmenter la rigidité de l'ensemble est la création de surfaces antisynclastique. Ce type de surface à double courbure est connu depuis longtemps des architectes. Ce type de surface utilisé de pair avec des matériaux textiles aide à éviter que les tissus ne battent au vent et se déchirent.

Figure 34 : Principes structuraux



4.3 Matérialité et détails

Une attention particulière a été portée lors de la conception des détails de la cellule. Afin de concevoir une structure réellement nomade, tout a été conçu à partir de matériaux flexibles ou textiles. En prenant comme point de départ cette considération, les différents éléments ont été divisés selon leurs fonctions spécifiques.

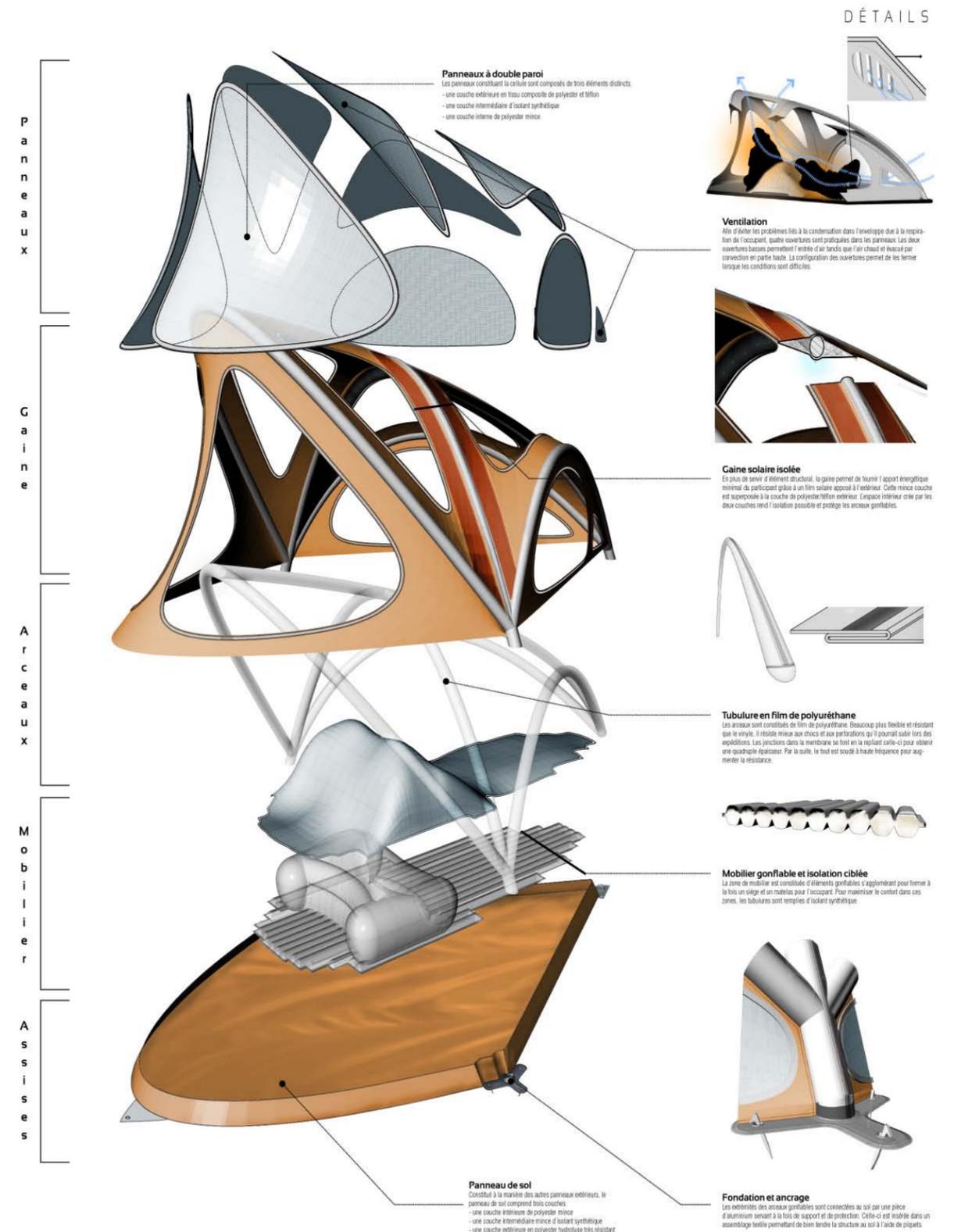
Panneaux

Les panneaux extérieurs sont composés de trois éléments textiles distincts. La couche située le plus à l'extérieur est en polyester stratifié d'une couche de téflon. Cette double couche sert de barrière aux éléments extérieurs; le polyester sert de support mécanique au téflon. Comme vue plus haut, la membrane de téflon agit comme régulateur pour les échanges d'eau dans la structure. Il laisse passer la vapeur d'eau vers l'extérieur, mais bloque l'entrée des précipitations. La seconde couche est constituée d'un isolant synthétique de type « Primaloft ». Le choix de ce type d'isolant plutôt qu'une fibre naturelle comme le duvet d'oie par exemple est motivé par son rendement, lorsque mouillé. Contrairement à la fibre naturelle qui perd toutes ses qualités isolantes lorsqu'humide, l'isolant synthétique conserve ses propriétés même s'il est trempé. Finalement, la couche intérieure est constituée d'un tissu polyester fin. Son rôle est de permettre l'évacuation de la vapeur d'eau tout en étant un support pour les deux autres couches.

Ventilation

Afin d'éviter les problèmes liés à la condensation dans l'enveloppe due à la respiration de l'occupant, quatre ouvertures sont pratiquées dans les panneaux. Les deux ouvertures basses permettent l'entrée d'air tandis que l'air chaud est évacué par convection en partie haute. L'aération a été conçue en fonction des activités de l'occupant; la partie privée de la cellule où le dégagement de chaleur sera moins intense est ventilée pour éviter la condensation durant la nuit. Dans la partie plus publique, les ouvertures au toit permettent d'évacuer la chaleur produite lors de la cuisson des aliments.

Figure 35 : Axonométrie détails



Gaine solaire isolée

Comme vue précédemment, une gaine solaire sert de renfort structurel aux arceaux gonflables. Cette gaine est dotée d'une bande de films solaires (silice amorphe) lui permettant de faire la collecte d'énergie solaire. En effet les grimpeurs étant complètement isolé de toute source électrique, un apport minimal en énergie est un élément primordial. Le film est superposé à la couche de polyester/téflon constituant l'extérieure de la gaine. L'espace intérieur créé par les deux couches rend l'isolation possible et protège les arceaux gonflables.

Mobilier gonflable et isolation ciblée

La zone de mobilier est constituée d'éléments gonflables s'agglomérant pour former à la fois un siège et un matelas pour l'occupant. Fabriqués à l'aide du même film polyuréthane que les arceaux, ils résistent à la perforation et protègent l'occupant du sol. Pour maximiser le confort dans ces zones tout en conservant un poids minimal, les tubulures sont remplies d'isolant synthétique.

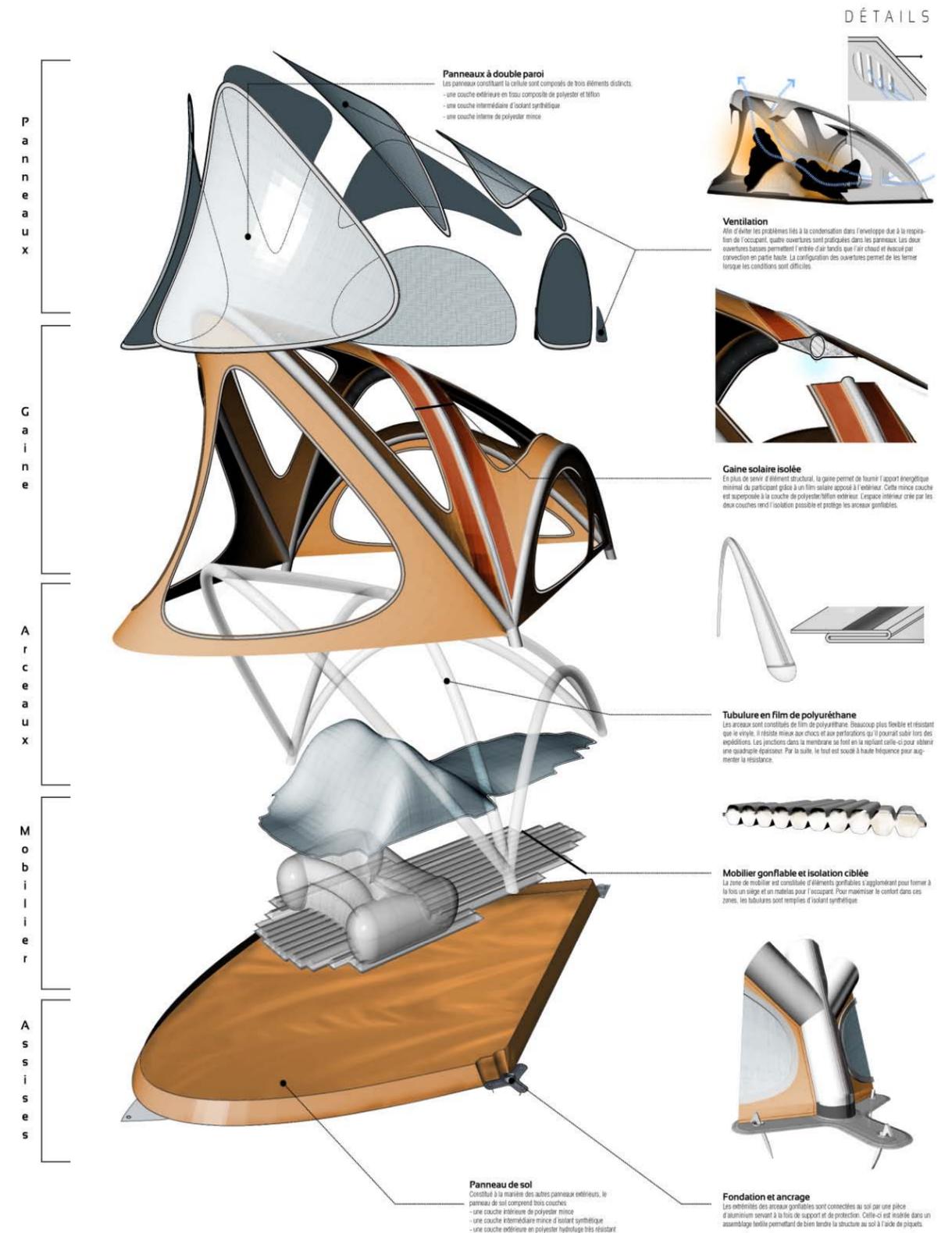
Fondation et ancrage

Les extrémités des arceaux gonflables sont connectées au sol par une pièce d'aluminium servant à la fois de support et de protection. Cette pièce a une double utilité; elle protège le bout de l'arceau tout en permettant de le positionner de façon parfaite. La pièce est insérée dans un assemblage textile permettant de bien tendre la structure au sol à l'aide de piquets.

Panneau de sol

Constitué à la manière des autres panneaux extérieurs, le panneau de sol comprend aussi trois couches. Une couche extérieure en polyester hydrofuge très résistant qui devient la barrière principale empêchant l'entrée d'eau. Une couche intermédiaire mince d'isolant synthétique pour couper le froid provenant de la neige sous la structure et finalement une couche intérieure de polyester résistant pour protéger l'isolant.

Figure 36 : Axonométrie détails



5. Conclusion

À la lumière de cet essai-projet, plusieurs points peuvent être soulevés.

Tout d'abord, la conception d'une architecture nomade pose plusieurs défis du point de vue idéologique. L'architecte doit concevoir un espace architectural adapté à un environnement global plutôt qu'à un site spécifique comme il est habitué. Cette recherche de la réponse générique le pousse à mieux comprendre l'utilisateur, son milieu et l'interaction entre les deux. De plus, l'échelle du présent projet amène l'architecte à mieux comprendre les mouvements dans un espace restreint et lui permet de travailler l'habitabilité à l'échelle du corps humain.

L'architecture nomade étant aussi une discipline très technique, elle pose des problèmes qui sont souvent reliés au domaine de l'ingénierie ou encore du design industriel. Tout au long du projet, les questions de portabilités et de légèreté ont été travaillées en symbiose avec la spatialité de la cellule.

La matérialité du projet fut aussi un grand défi. En décidant de travailler avec des matières textiles, il a fallu complètement revoir la grammaire architecturale du projet. En s'inspirant de disciplines de design connexe (la mode, les équipements sportifs et militaires, etc.), il a été possible de trouver des solutions adaptées aux environnements difficiles.

Il apparaît donc évident que tout au long du projet, les différents défis posés par la création d'une architecture mobile ont poussé la recherche dans des domaines extra architecturaux. Cette ouverture aux autres disciplines est souhaitable et elle a permis de développer des solutions différentes et mieux adaptées à une question toute simple et à la fois très complexe : Comment puis-je habiter en haut des montagnes?

6. Bibliographie

ARCHITECTURE FOR HUMANITY (éditeur), *Design like you give a damn: architectural responses to humanitarian crises*, Metropolis Books, New York, 2006, 333p.

BUNTING Dave et COOKE Carlton et O'HARA John, *Mountaineering training and preparation*, Human Kinetics, Champaign, 2010, 275p.

BROWN Gary, *Freedom and Transience of Space (Techno-nomads and transformers)*, in *Transportable environments 2; theory, context, design and technology*, Spon Press, New York, 2003, p.3-15.

COWAN Gregory, *Nomadology in architecture, ephemerality, mouvement and collaboration*, a dissertation submitted to the school of architecture, landscape architecture and urban design at the university of Adelaide in candidacy for the degree of Master of Architecture , Adelaide, South Australia, 2002, 156p.

COX M. Steven et FULSAAS Kris, *Mountaineering the freedom of the hills seventh edition*, The Mountaineers Books, Seattle, 2008, 575p.

DELEUZE Gilles et GUATTARI Félix, *Traité de nomadologie : la machine de guerre*, in *Capitalisme et schizophrénie, 2. Mille plateaux*, Minuit, Paris, 1980, p.434-527.

DESSAUCE Marc, *The inflatable moment pneumatics and protest in 68*, Princeton Architectural Press, New York, 1999, 146p.

HAILEY Charlie, *CAMPS, a guide to 21st-century space*, MIT Press, Cambridge, 2009, 544p.

HERWIG Oliver, *Featherweights Light mobile and floating architecture*, Prestel, New York, 2003, 160p.

KRAKAUER Jon, *Into thin air*, Anchor Books, New York, 1997, 404p.

KRONENBOURG Robert, *Houses in motion, The genesis, History and development of the portable building*, deuxième édition, Wiley-Academy, London, 2002, 168 p.

KRONENBOURG Robert, *Portable Architecture*, troisième édition, Princeton Architectural Press, London, 2003, 274 p.

LUPTON Ellen, *Skin surface substance + design*, Princeton Architectural Press, New York, 2002, 239 p.

NAi, *Parasite paradise, a manifesto for temporary architecture and flexible urbanism*, SKOR, Rotterdam, 2003, 188p.

NEDER Frederico, "Fuller Houses, R. Buckminster Fuller's dymaxion dwellings and other domestic adventures", Lars Müller Publishers, Baden, 2008, 240p.

PÉREZ-GOMEZ Alberto, "Polyphilo's Threshold: Alternatives for Nomadic Dwelling", in *Transportable environments 3; théorie, contexte, design and technologie*, Taylor and Francis Group, New York, 2006, p.2-9.

PINTO Roberto, *Lucy Orta*, Phaidon Press, Londres, 2003, 159p.

PRINGLE Patricia, "Carried Away! The spatial pleasure of transportability", in *Transportable environments 3; théorie, contexte, design and technologie*, Taylor and Francis Group, New York, 2006, p.53-60.

RICHARDSON Phyllis, *XS extrême : Grandes idées, petites structures*, Thames and Hudson, Paris, 2009, 224 p.

SCHWARTZ Hillel, *Torque: The Kinaesthetic of the Twentieth Century*, in *Incorporations*, Zone, New York, 1992, p.71-126.

SEIGNEUR Viviane, *Socio-anthropologie de la haute montagne*, l'Harmattan, Paris, 2006, 312 p.

SEN Ashish Kumar, *Coated Textiles: Principles and Applications, 2nd Ed.*, Technomic, Boca Raton, 2008, 258p.

SIEGAL Jennifer, *Mobile: the art of portable architecture*, Princeton Architectural Press, New York, 2002, 128 p.

SIEGAL Jennifer, *More mobile : portable architecture for today*, Princeton Architectural Press, New York, 2008, 143 p.

SLOTERDIJK Peter, « *Indoors : Architecture de l'écume* », in *Écumes Sphérologie plurielle*, Sphères III, Hachette Littératures, Paris, 2006, p.443-578.

SWARBROOKE John et BEARD Colin et LECKIE Suzanne et POMFRET Gill, *Adventure tourism the new frontier*, Butterworth-Heineman, Burlington, 2003, 354p.

TOPHAM Sean, *Move housse*, Prestel, Munich, 2004, 143 p.

VIESTURS Ed et ROBERTS David, *K2 life and death on the world's most dangerous mountain*, Broadway Books, New York, 2009, 342p.

Retour à l'établissement initial

Déplacement de l'établissement initial



S P E C I F I C I T É S

Solutions de design

G é n é r i q u e s



High POD

Cellules individuelles adaptées à la haute montagne
L'exploration d'une matérialité textile pour l'obtention d'une architecture nomade

ANALYSES

Élévation : Haute montagne
Typologie : **CAMPMENT DE HAUTE MONTAGNE**



Clientèle visée : Montagnard d'expérience
Durée : **Quelques jours en autonomie complète**

Élévation : Moyenne montagne
Typologie : **REFUGE**



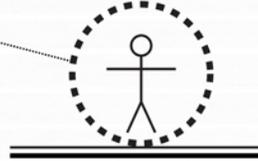
Clientèle visée: Amateurs avertis
Durée : **Quelques jours**

Élévation : Basse montagne
Typologie : **CHALET**



Clientèle visée : Grand public
Durée : **Plusieurs semaines**

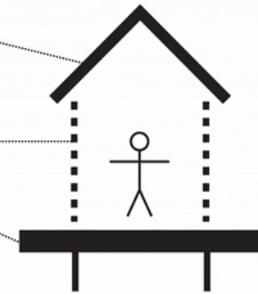
Superstructure :
Constituée d'éléments structuraux fins, elle sépare l'intérieur de l'extérieur à l'aide d'une toile. Elle fournit à l'occupant le nécessaire à une subsistance minimale



Superstructure :
Plus simple que pour le chalet, elle fournit une protection rigide et peut soutenir des dispositifs énergétiques

Structure :
Réduite au minimum, elle offre une protection des éléments tout en étant très rudimentaire

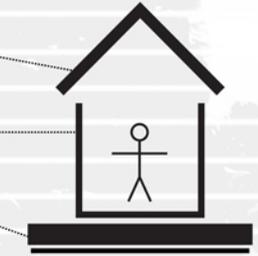
Infrastructure :
Souvent sur pilotis, elle permet de niveler le terrain tout en éloignant l'occupant du sol



Superstructure :
Éléments complexes permettant à la fois la tenue d'activités et l'entrée de lumière naturelle

Structure :
Structure lourde et permanente qui devient l'interface avec la montagne. Elle compte des percements complexes.

Infrastructure :
Implantation massive dans le sol à l'aide d'excavations permettant le nivellement des pentes.



Ascension
SOMMET



Étape 4

Acclimatation
CAMP DE MONTAGNE



Étape 3

Installation
CAMP DE MONTAGNE



Étape 2

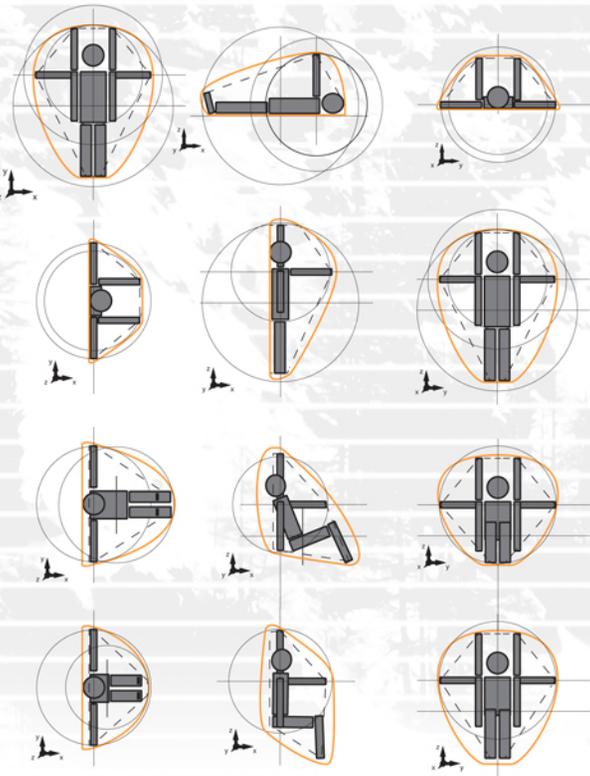
Installation
CAMP DE BASE



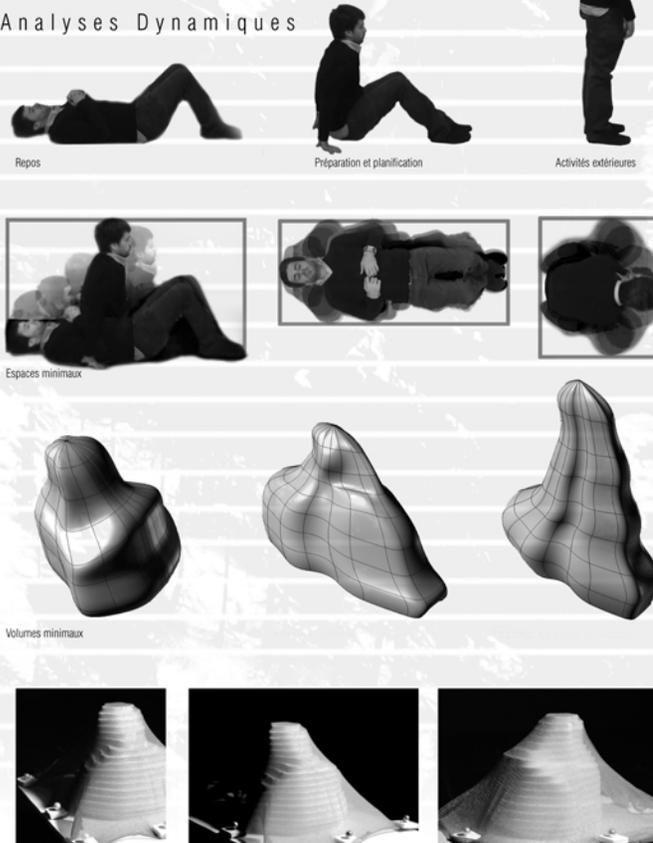
Étape 1

Analyses anthropomorphiques

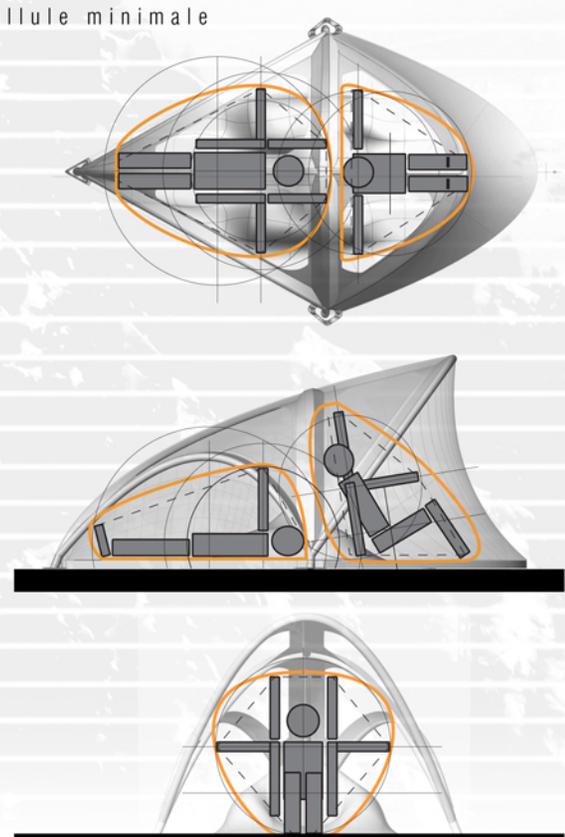
Analyses Statiques



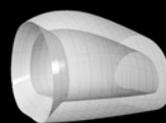
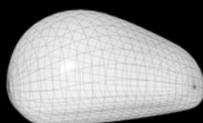
Analyses Dynamiques



Cellule minimale



G
o
n
f
l
a
b
l
e



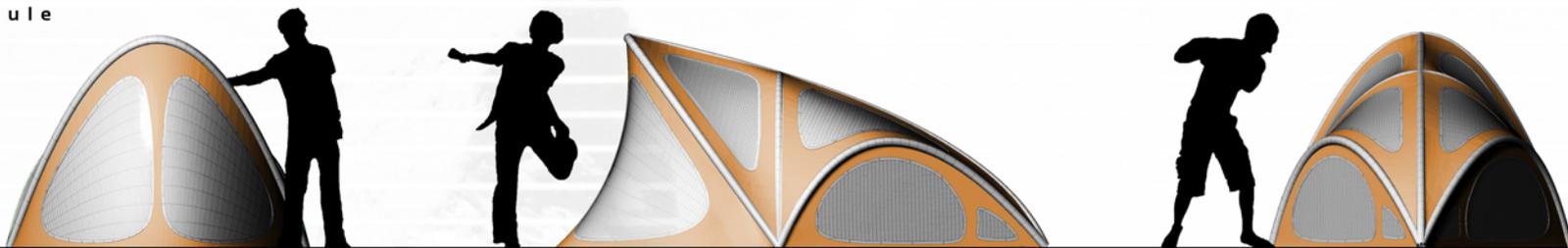
High POD

Cellules individuelles adaptées à la haute montagne
L'exploration d'une matérialité textile pour l'obtention d'une architecture nomade

CONFIGURATIONS



Cellule



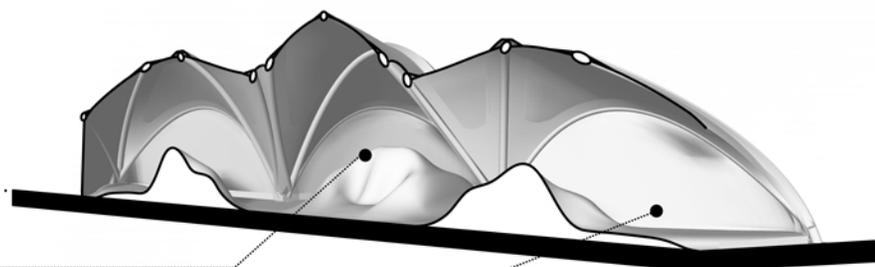
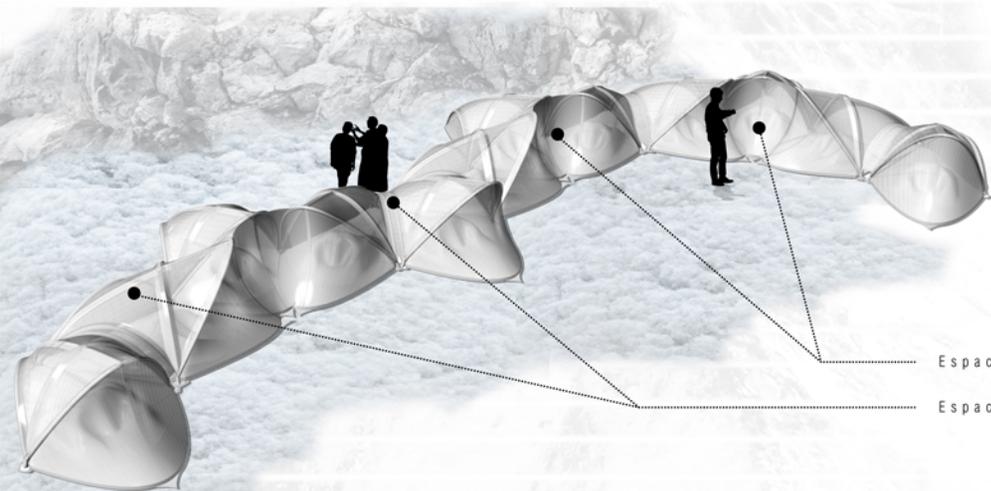
Élévation Avant

Latérale

Arrière



Camp de montagne



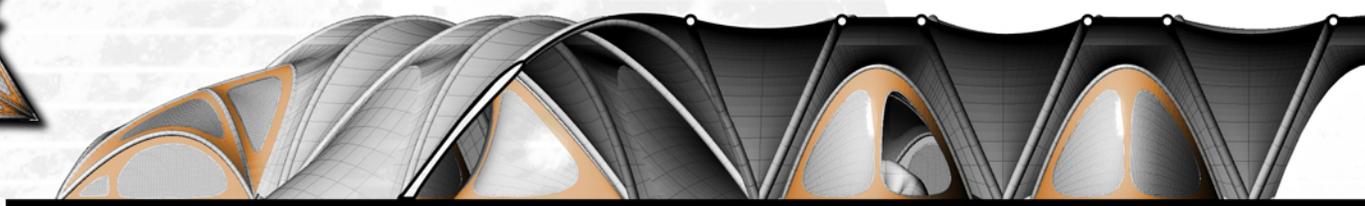
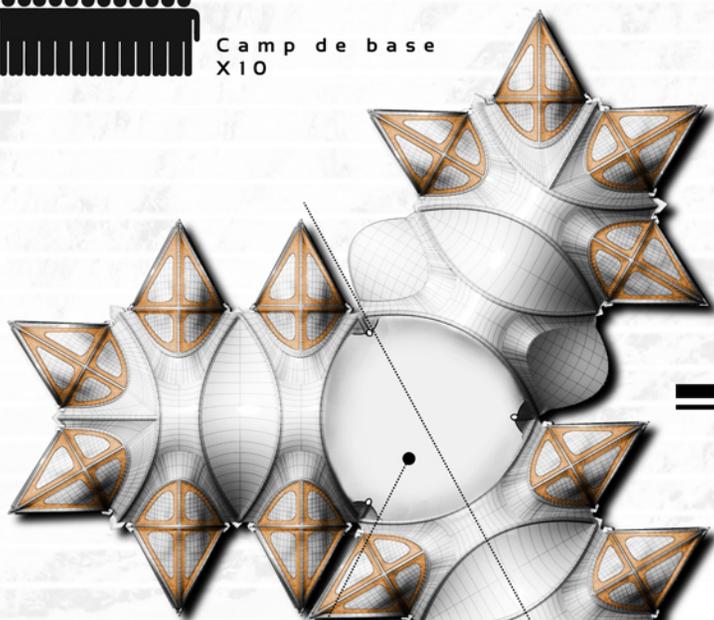
Espaces Communs

Espaces Privés



Camp de base X10

Coupe Camp de base



Modules Complémentaires

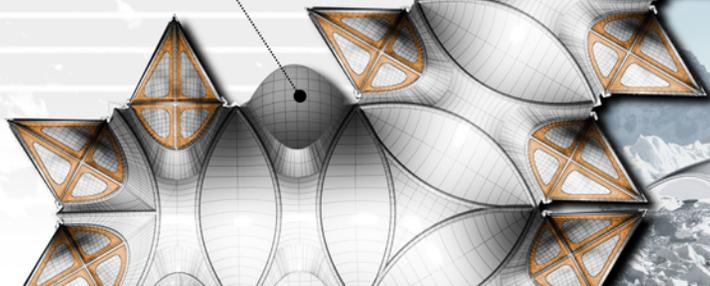


Espace de rencontre et planification

Aile de repos

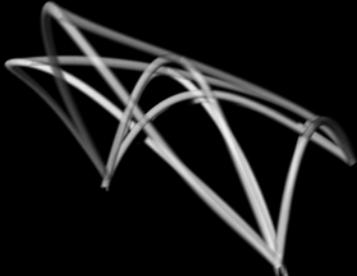
Entrée

Rangement

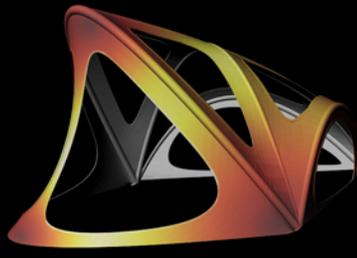




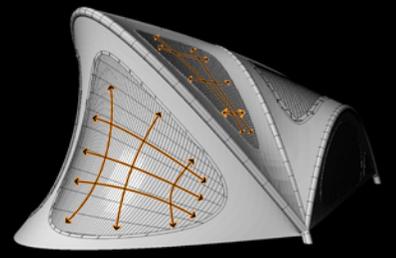
Éléments porteurs
Ils sont constitués d'arceaux gonflables et permettent de soutenir les charges de la cellule tout en conservant un poids minimal.



Vibrations
Sous l'effet des forts vents rencontrés en haute montagne, la structure gonflable est déformée. Cela permet de dissiper l'énergie tout en conservant une structure utilisable.



Cadre rigide
Pour augmenter la rigidité de la cellule, une gaine textile est ajoutée pour soutenir les arceaux. Agissant comme un cadre rigide, elle stabilise la structure.



Surfaces antisynclastique
Afin de limiter les vibrations dues aux vents, les panneaux textiles sont disposés pour former des surfaces antisynclastiques tendues à travers la gaine.

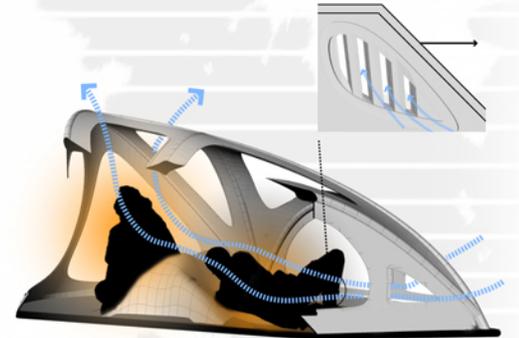
High POD

Cellules individuelles adaptées à la haute montagne
L'exploration d'une matérialité textile pour l'obtention d'une architecture nomade

DÉTAILS

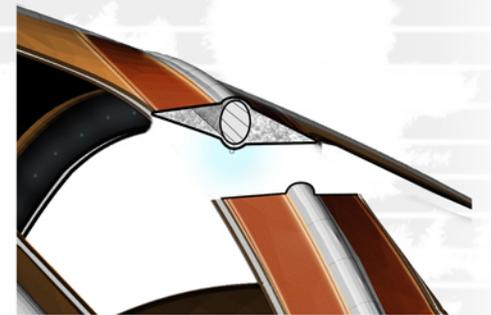
Panneaux à double paroi

Les panneaux constituant la cellule sont composés de trois éléments distincts:
- une couche extérieure en tissu composite de polyester et téflon
- une couche intermédiaire d'isolant synthétique
- une couche interne de polyester mince



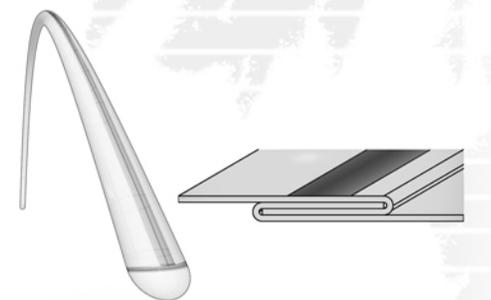
Ventilation

Afin d'éviter les problèmes liés à la condensation dans l'enveloppe due à la respiration de l'occupant, quatre ouvertures sont pratiquées dans les panneaux. Les deux ouvertures basses permettent l'entrée d'air tandis que l'air chaud est évacué par convection en partie haute. La configuration des ouvertures permet de les fermer lorsque les conditions sont difficiles.



Gaine solaire isolée

En plus de servir d'élément structural, la gaine permet de fournir l'apport énergétique minimal du participant grâce à un film solaire apposé à l'extérieur. Cette mince couche est superposée à la couche de polyester/téflon extérieur. L'espace intérieur créé par les deux couches rend l'isolation possible et protège les arceaux gonflables.



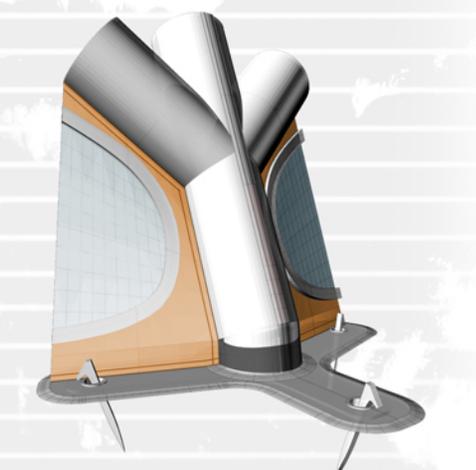
Tubulure en film de polyuréthane

Les arceaux sont constitués de film de polyuréthane. Beaucoup plus flexible et résistant que le vinyle, il résiste mieux aux chocs et aux perforations qu'il pourrait subir lors des expéditions. Les jonctions dans la membrane se font en repliant celle-ci pour obtenir une quadruple épaisseur. Par la suite, le tout est soudé à haute fréquence pour augmenter la résistance.



Mobilier gonflable et isolation ciblée

La zone de mobilier est constituée d'éléments gonflables s'agglomérant pour former à la fois un siège et un matelas pour l'occupant. Pour maximiser le confort dans ces zones, les tubulures sont remplies d'isolant synthétique.



Fondation et ancrage

Les extrémités des arceaux gonflables sont connectées au sol par une pièce d'aluminium servant à la fois de support et de protection. Celle-ci est insérée dans un assemblage textile permettant de bien tendre la structure au sol à l'aide de piquets.

Panneau de sol

Constitué à la manière des autres panneaux extérieurs, le panneau de sol comprend trois couches
- une couche intérieure de polyester mince
- une couche intermédiaire mince d'isolant synthétique
- une couche extérieure en polyester hydrofuge très résistant