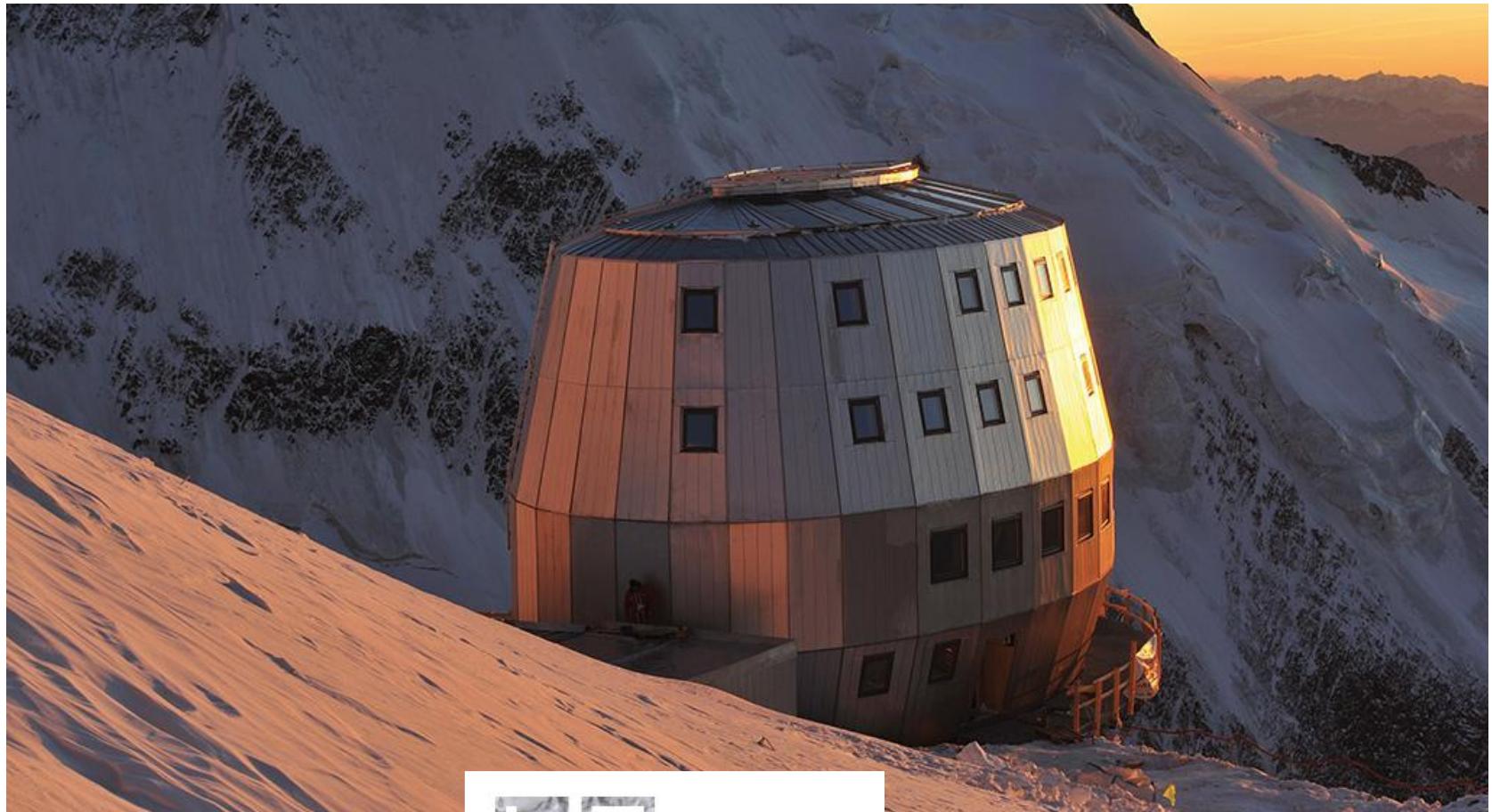


La construction du refuge du Goûter – St-Gervais-les-Bains

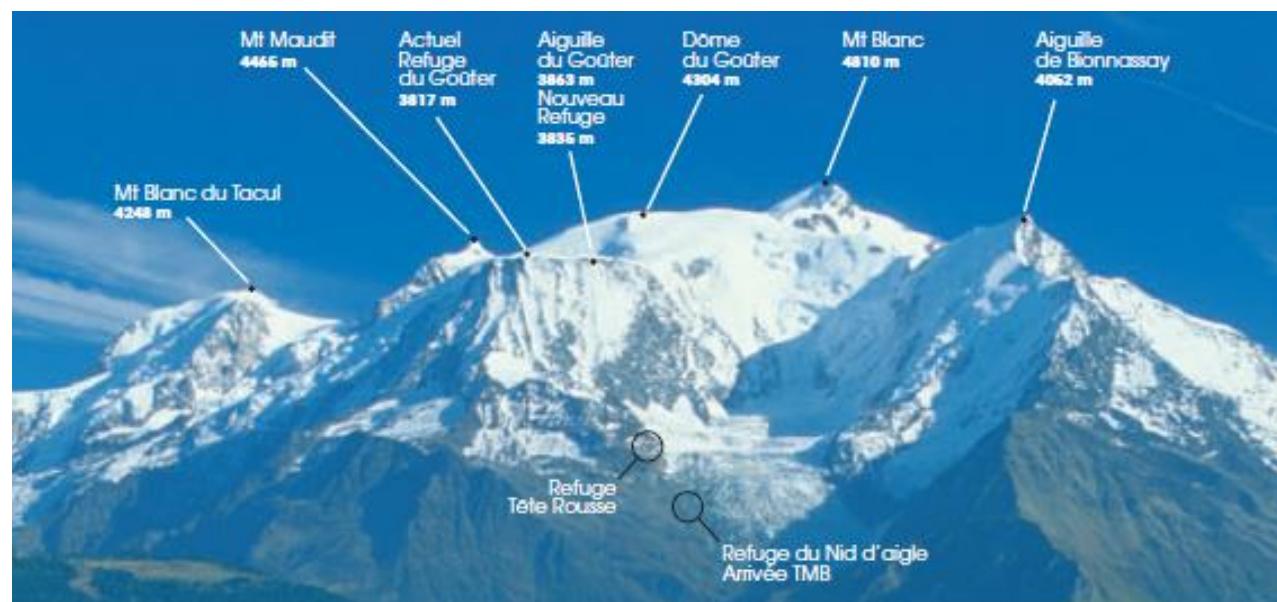


EPFL



LABORATORY OF
CONSTRUCTION
MATERIALS

Dr E. Boehm-Courjault
EPFL- LMC



Quelques chiffres...

Nouveau refuge du goûter :

- Construction de 2010 à 2012 : 5 mois par an (mai-octobre) → au total environ 15 mois de construction
- 3825 m d'altitude → l'un des refuges de haute montagne les plus élevés du monde
- Ouvert depuis 2013
- 720 m² sur 4 étages, 13 m de haut
- 120 couchages → 10'000 alpinistes accueillis entre juin et fin septembre chaque année

Quelques chiffres...

Etapes opérationnelles

- 5 juillet - 14 octobre 2010 : Terrassement, fondations, grille de base et plancher niveau -1.
- Eté 2011 : Structure bois, vêture, clos couvert et second œuvre
- Printemps-Eté 2012 : Finitions intérieures, équipements techniques, mobiliers. Réhabilitation de l'annexe.
- Juin 2012 : Mise en service.
- Eté 2013 : Démontage du refuge des années 60.

Coût estimatif des travaux 5 334 160 euros, décomposés en :

- Construction du nouveau refuge 5 086 278 euros
- Démolition de l'ancien refuge 159 448 euros
- Aménagement annexe 88 434 euros
- Coût total opération 6 500 000 euros inclus tous les frais de maîtrise d'ouvrage (études, contrôles...)

Historique

1ers abris construits dès le XIXème siècle.

Ancien refuge du Goûter construit dans les années 1960.



Ancien refuge du Goûter



Nouveau refuge du Goûter

Cahier des charges du nouveau bâtiment

- Bâtiment moderne, autosuffisant en eau, énergie, assainissement...
- Bâtiment s'intégrant bien dans le paysage
 - ↔ Etude architecturale, géotechnique, aérodynamique, structurelle
- Très bonne isolation thermique, résistance à la T car T comprises entre -40°C et +35°C tout au long de l'année, problèmes de dilatation thermique
 - ↔ Choix des matériaux
- Très grande résistance aux vents parfois violents ($> 250 \text{ km.h}^{-1}$)
 - ↔ Ancrage du bâtiment dans le sol, choix des matériaux
- Eviter l'accumulation de neige autour du refuge afin de ne pas en bloquer l'accès
 - ↔ Accumulation de neige uniquement à l'arrière
- Tout est transporté par hélicoptère
 - ↔ Choix des matériaux (poids)

Généralités

Etude aérodynamique en soufflerie

→ Construit en léger surplomb face au vent dominant pour avoir des façades balayées par le vent (1/3 en porte-à-faux)



- Forme d'œuf, profilée pour être aérodynamique
- Quelque soit la direction du vent, la neige s'accumule à l'arrière du bâtiment
- 250 m² de panneaux photovoltaïques pour production d'électricité, ventilation, production d'eau par fendoir à neige

1. Les fondations

Problématique : ancrage dans le sol

Utilisation du modèle de construction de Venise (pieux en bois immergés enfoncés dans le sol)

69 pieux en métal (haute résistance) enfoncés dans la roche.

Un seul endroit où l'implantation était possible (étude géotechnique).

Enfoncés entre 8 et 16 m de profondeur



1. Les fondations – les étapes

- Déroctage avec pelle-araignée pour enlever les 4m de roche friable et aplanir
- Forage de trous dans le permafrost
- Introduction des pieux métalliques dans la roche (8m)
- Injection de béton autour des pieux afin de combler les poches d'air (le béton est préparé dans la vallée puis transporté par hélicoptère jusqu'au chantier)



Problème : la température très basse pour la prise du béton !!

Solution ?

- Ajout de fils de cuivre dans le béton
 - Passage de courant dans les fils de cuivre
 - Dégagement de chaleur
 - Augmentation de la température et prise du béton correcte
- Moins de 10 m³ de béton utilisé

1. Les fondations – les étapes

- Construction d'une structure métallique par-dessus les pieux qui constitue les pilotis du bâtiment
Pieds en tripode pour reprendre les efforts horizontaux de la structure
(structure qui travaille en compression, en traction et en cisaillement)
- Pose de la plateforme de base de 200 m²



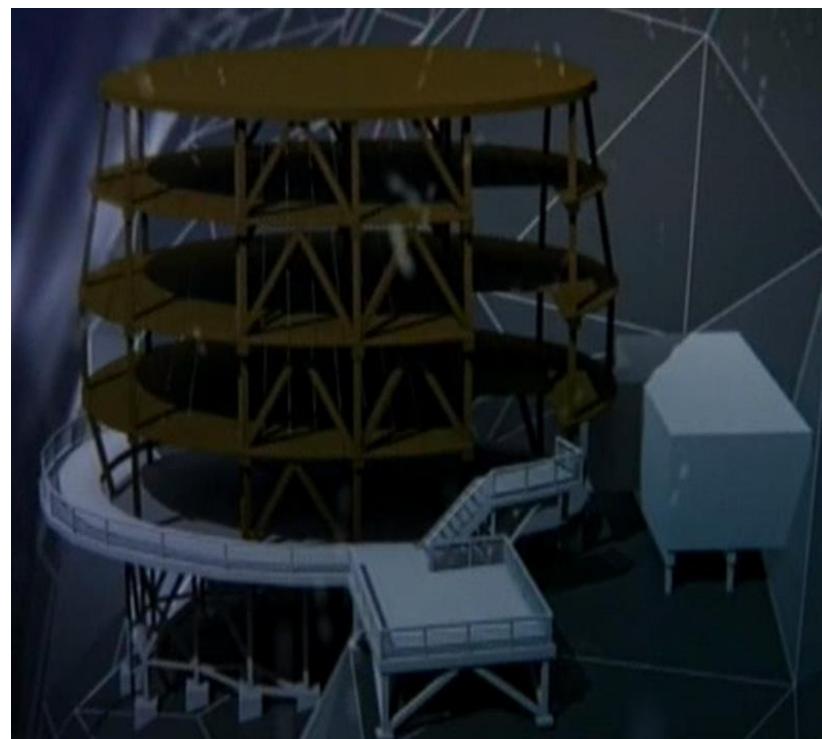
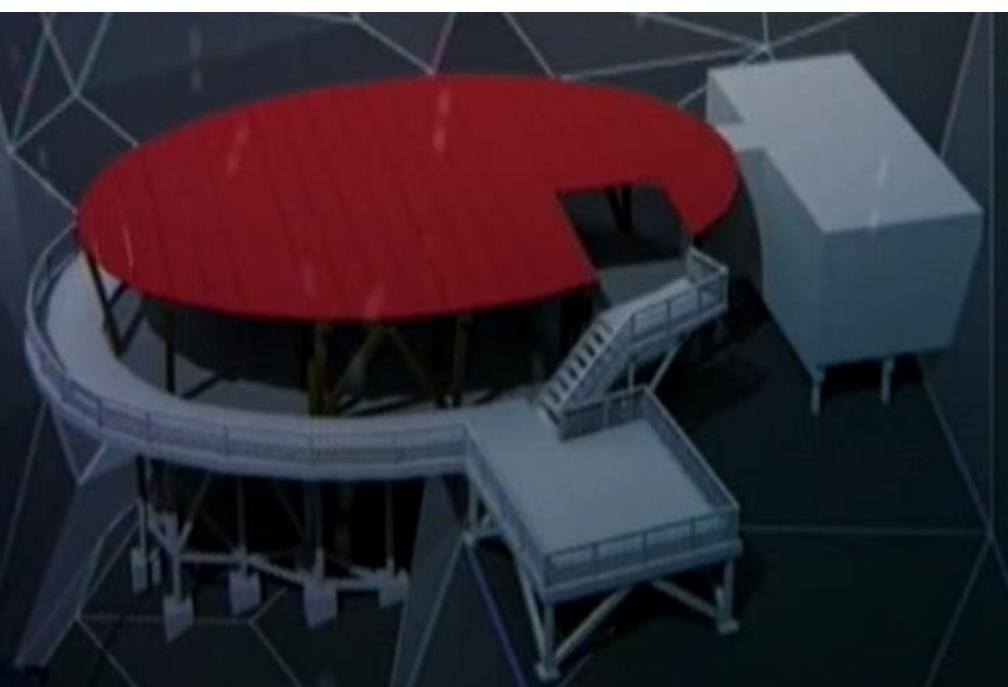
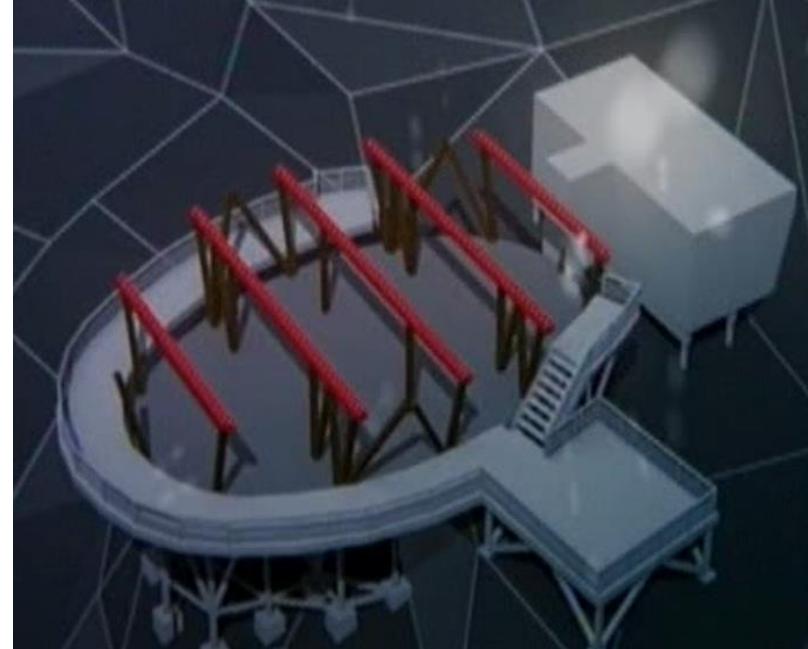
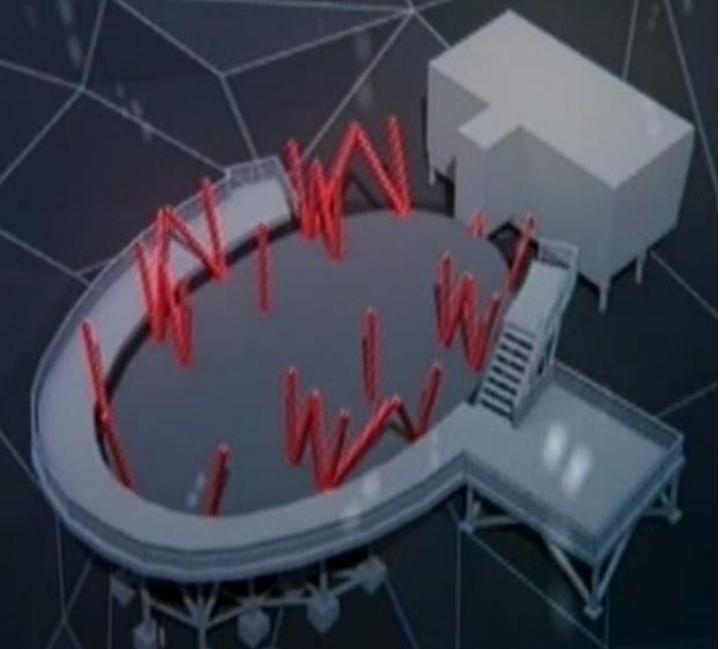
2. La structure

Problématique : structure très résistante mais légère, coefficient de dilatation minimal puisque amplitude thermique grande (-40°C → + 40°C)

Candidats ?

Structure bois (bois lamellé-collé de pin et d'épicéa, locaux et très résistants) choisie par rapport à l'acier pour plusieurs raisons :

- Poids : masse volumique faible (très léger, beaucoup plus que le béton ou l'acier), 20 à 30% de bois économisé par rapport aux mêmes pièces en massif
- Haute résistance (bois trié pour ne garder que les pièces à plus haute résistance)
- Lamellé-collé : scellement par résine
- Très faible dilatation thermique dans le sens longitudinal
- Assemblage facile si les pièces ont été découpées avec une grande précision (1/10^{ème} de mm)
- Résistance au feu (1 heure)
- Chaque élément ne devait pas dépasser 500kg, charge maximale qu'un hélicoptère peut hélitreuiller





Charpente



Panneaux latéraux



Toiture

3. Les planchers et plafonds

Problématique : pas de plancher béton car les quantités de béton à transporter auraient été trop importantes

Candidats pour les planchers ?

- Bois. Massif ou non ?
- Caissons creux autoportants, plus légers
- De petite taille pour être mis en œuvre par 2 personnes

Plafonds ?

- Recouverts de plâtre (pour des raisons de sécurité incendie)

4. Les façades

- **Isolation :** 30 cm de fibres de bois recyclées (Pavatex®) + membrane pare-vapeur
- **Fenêtres (55) :** Triple vitrage à lame d'argon et krypton
- **Revêtement :** Plaques d'acier inox ultra-fines (0,8 mm) peu réfléchissantes
 - ↔ Refuge parfaitement hermétique à toute infiltration de neige et protégé de l'humidité
 - ↔ Dilatation minimale en choisissant la composition de l'acier inox
- 95 m² de **panneaux photovoltaïques** (toiture + façades)

5. Fonctionnement du refuge

- **Eau** en suffisance

Problème : il ne pleut jamais car il gèle toute l'année

Solution : fendoir à neige utilisant la neige accumulée en quantité à l'arrière du refuge

24 000 litres d'eau peuvent être stockés sur place

- **Electricité** produite de manière autonome

Panneaux photovoltaïques sur façade et toit (95 m² au total)

- Retraitements des **eaux usées** (impact environnemental faible)

- Compactage des **déchets** (redescendus dans la vallée par hélicoptère)

Références

- « Mégastuctures au sommet : Chamonix », un film documentaire de Quentin Domart (production RMC Découvertes) - 2018
- « Le Nouveau Refuge du Goûter - une rencontre au sommet » :
https://www.youtube.com/watch?v=Ngmg1_OHVa8
- Wikipedia
https://fr.wikipedia.org/wiki/Refuge_du_Go%C3%BBter
- Cahiers Techniques du Bâtiment :
<https://www.cahiers-techniques-batiment.fr/article/refuge-du-gouter-une-construction-hors-normes-au-sommet-du-mont-blanc.19966>
- Plaquette du Club Alpin Français :
https://www.jpf-ducret.ch/sites/default/files/references/2013/refuge_du_gouter_plaquette.pdf